

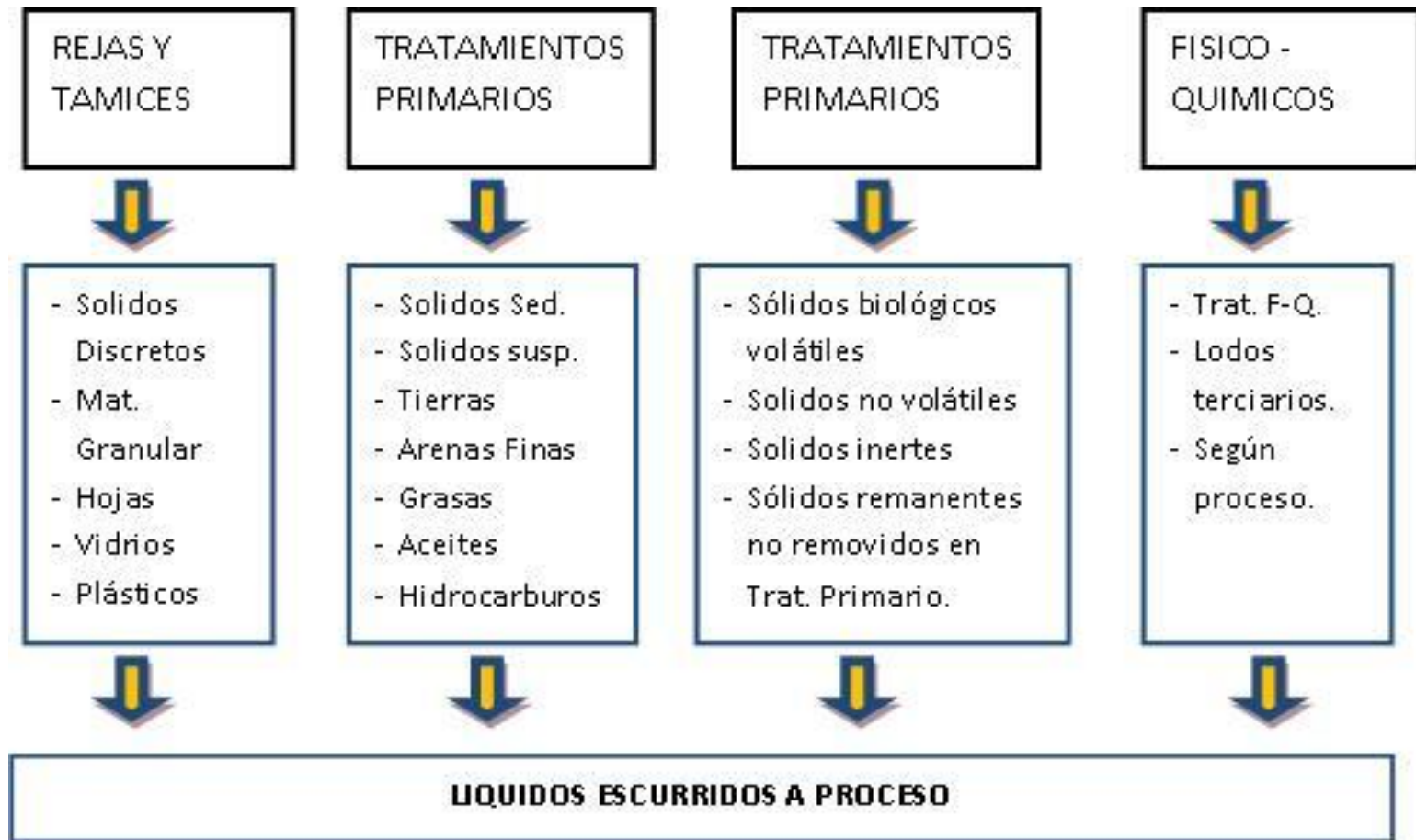
TRATAMIENTO DE LODOS:

Uno de los aspectos más importantes
en una planta de tratamiento

Índice de títulos:

1. FUENTES DE GENERACION DE LODOS
2. CARACTERISTICAS DE LOS LODOS
3. OBJETIVOS DE TRATAMIENTO
4. ACONDICIONAMIENTO DE LODOS
5. PROCESOS DE TRATAMIENTO
6. EJERCICIO
7. ESTABILIZACION AERÓBICA DE LODOS.

1. FUENTES DE GENERACION DE LODOS



2. CARACTERISTICAS DE LOS LODOS

- Barros primarios: sólidos sedimentados en el tratamiento primario. Sus características dependen del porcentaje de incidencia de volcamiento industrial. Básicamente esta compuesto por material fibroso y usualmente es más fácil de espesar y deshidratar. Si puede ser espesado en el clarificador primario su concentración puede variar entre 3 y 10%. (usualmente entre 3 y 4%)
- Barro biológico: removido en sedimentadores secundarios, compuesto principalmente de biomasa (principalmente bacterias) y sólidos orgánicos insolubles. Es un barro mucho mas difícil de deshidratar ya que contiene gran cantidad de agua interna (bound) y consistencia gelatinosa. Es evacuado de los procesos en concentraciones entre 0.5 y 3% (usualmente entre 0.5 y 0.8%).
- Barros químicos: producidos principalmente en tratamientos terciarios y físico-químicos. Contiene gran cantidad de coagulantes y/o floculantes tales como: polímeros orgánicos, sales de aluminio (sulfato de aluminio) y de hierro (cloruro férrico, sulfato ferroso). Por lo general fácil de espesar. Su facilidad de deshidratación dependerá de su composición. Barros con alto contenido de sales de aluminio son por lo general más deshidratar debido a su naturaleza gelatinosa.
- Otros: a) Lodos de DAF: con alto contenido de químicos dependiendo del tipo de tratamiento (contenido de solidos 2 al 4%). Lodos de digestores: dependiendo si es de origen aeróbico o anaeróbico. Bajo contenido de volátiles (50%)

Table 17.7 Primary sludge characteristics.

Parameter	Concentration (dry-weight basis)
Total solids	2.0–8.0
Total volatile solids, % of TS	60–80
Grease, % of TS	5.0–8.0
Phosphorus, % of TS	0.8–2.8
Protein, % of TS	20–30
Cellulose, % of TS	8–15
Nitrogen, % of TS	1.5–4.0
pH	pH 5.0–8.0

Evaluación de la cantidad de lodo generado:

Según la etapa y tipo de proceso de tratamiento se deben evaluar las cantidades de lodos a extraer de cada unidad. Algunos ejemplos:

Relación peso – volumen

El volumen del fango depende, principalmente, de su contenido de agua y solo ligeramente del carácter de la materia sólida. El contenido en agua se suele expresar en peso. Un fango del 10%, por ejemplo, contiene 90% de agua en peso. El volumen de un fango puede calcularse con la siguiente expresión:

$$V = \frac{M_s}{\rho_w S_{sl} P_s}$$

donde

M_s = peso de los sólidos secos, kg

ρ_w = densidad del agua, 1000 kg/m³ (a 5°C)

S_{sl} = peso específico del fango

P_s = fracción de sólidos expresada en tanto por uno

Así pues, para cálculos aproximados para un contenido dado en sólidos, es sencillo recordar que el volumen varía inversamente con el porcentaje de materia sólida contenida en el fango según esta relación:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \quad (\text{aproximadamente})$$

donde

V_1, V_2 = volúmenes de fango

P_1, P_2 = porcentajes de materia sólida

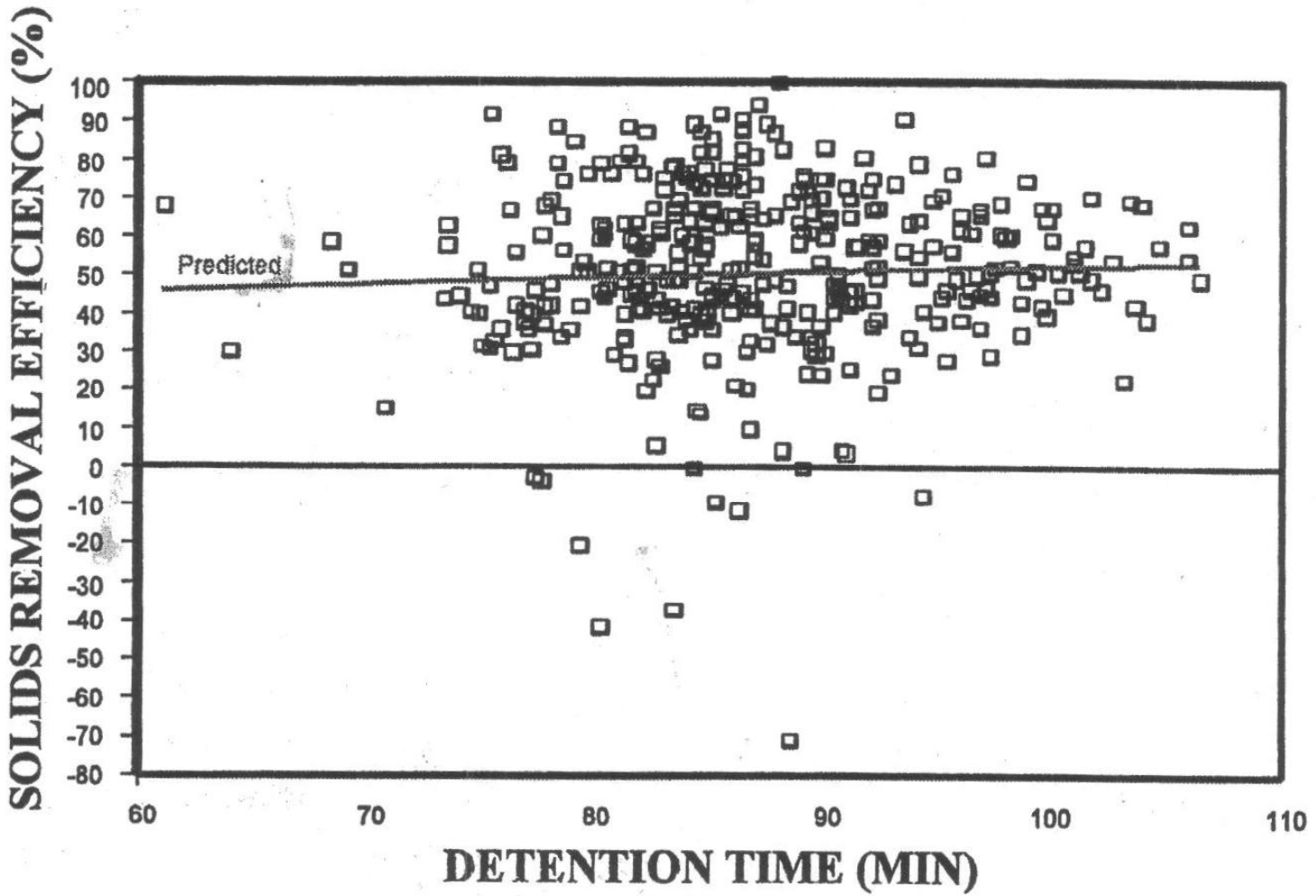


Figure 17.2 Primary-tank performance, Cedar Creek—daily data.

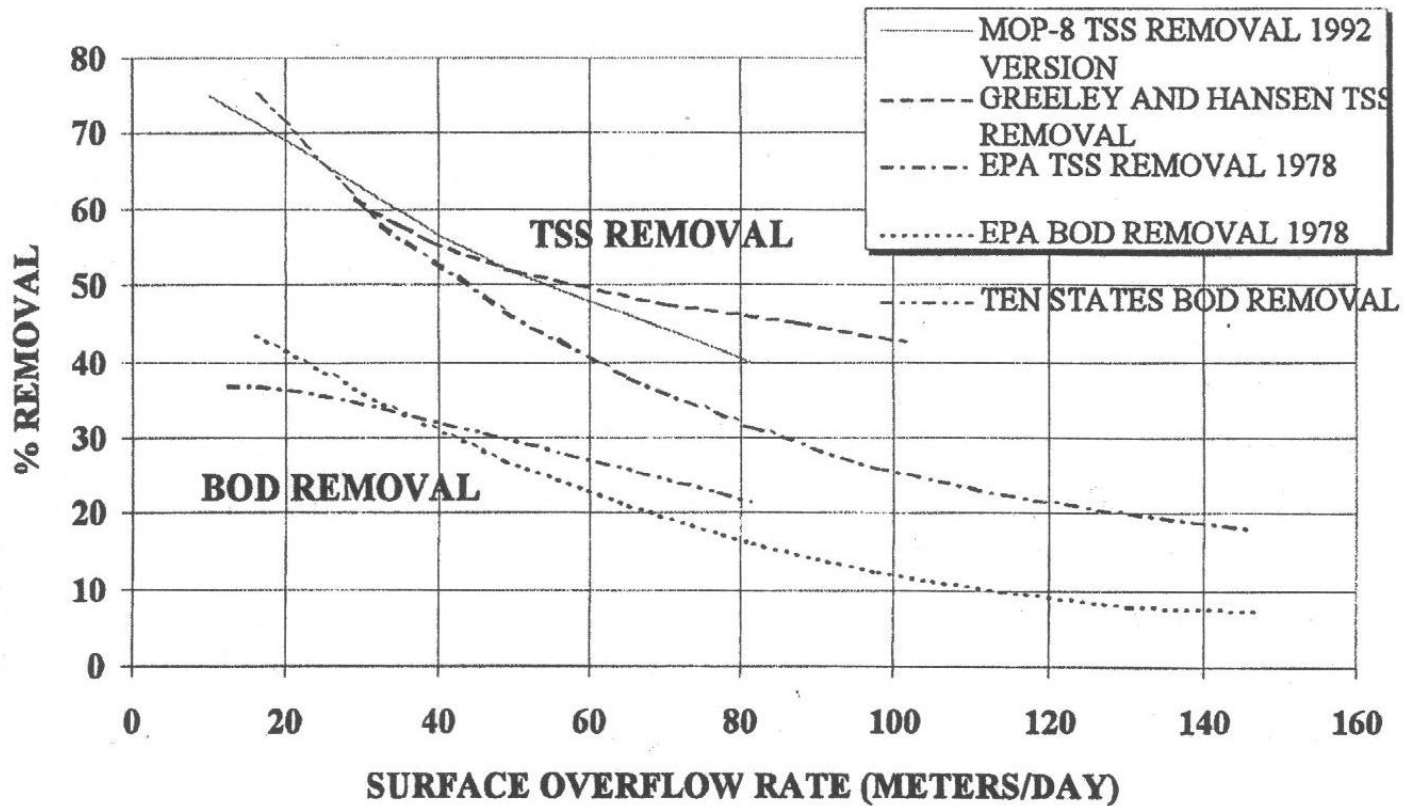


Figure 17.3 Primary treatment performance—TSS and BOD removal.

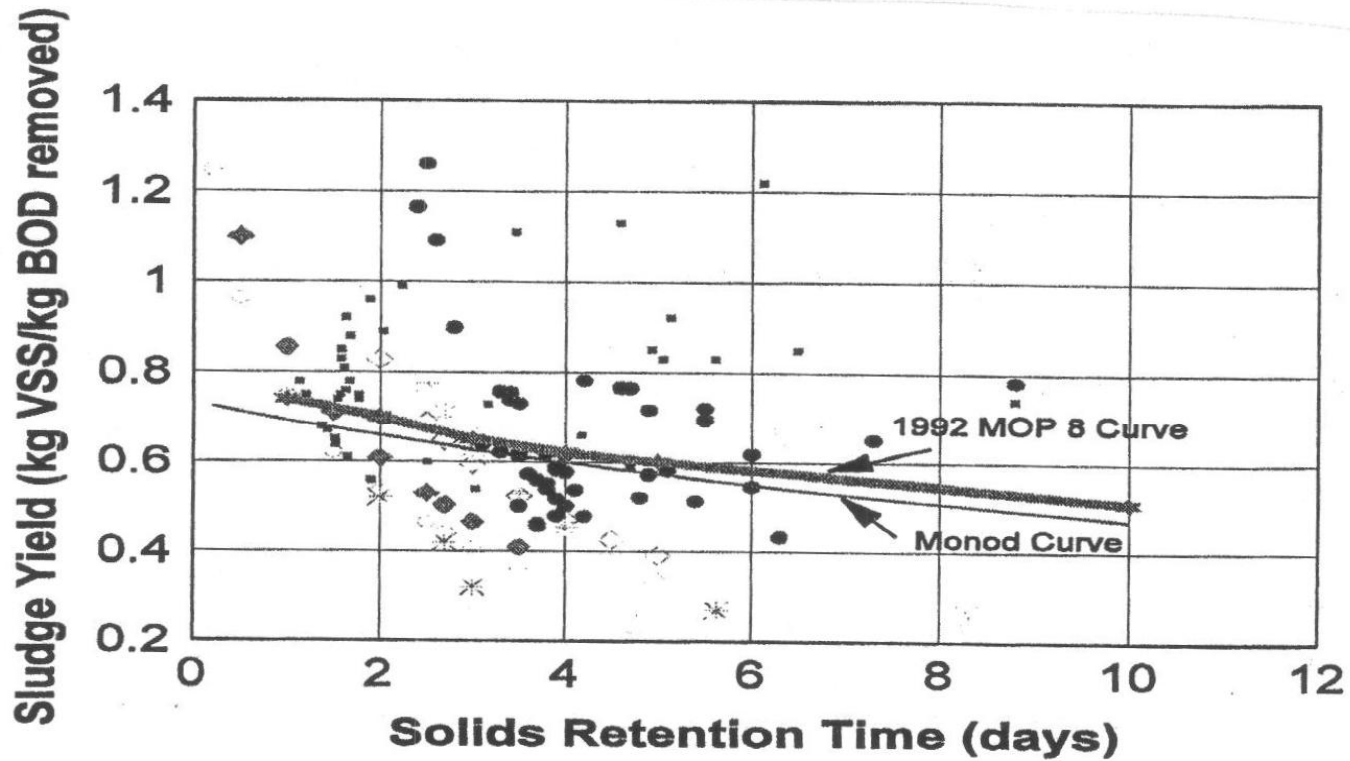


Figure 17.4 Sludge yield versus SRT (with primary treatment).

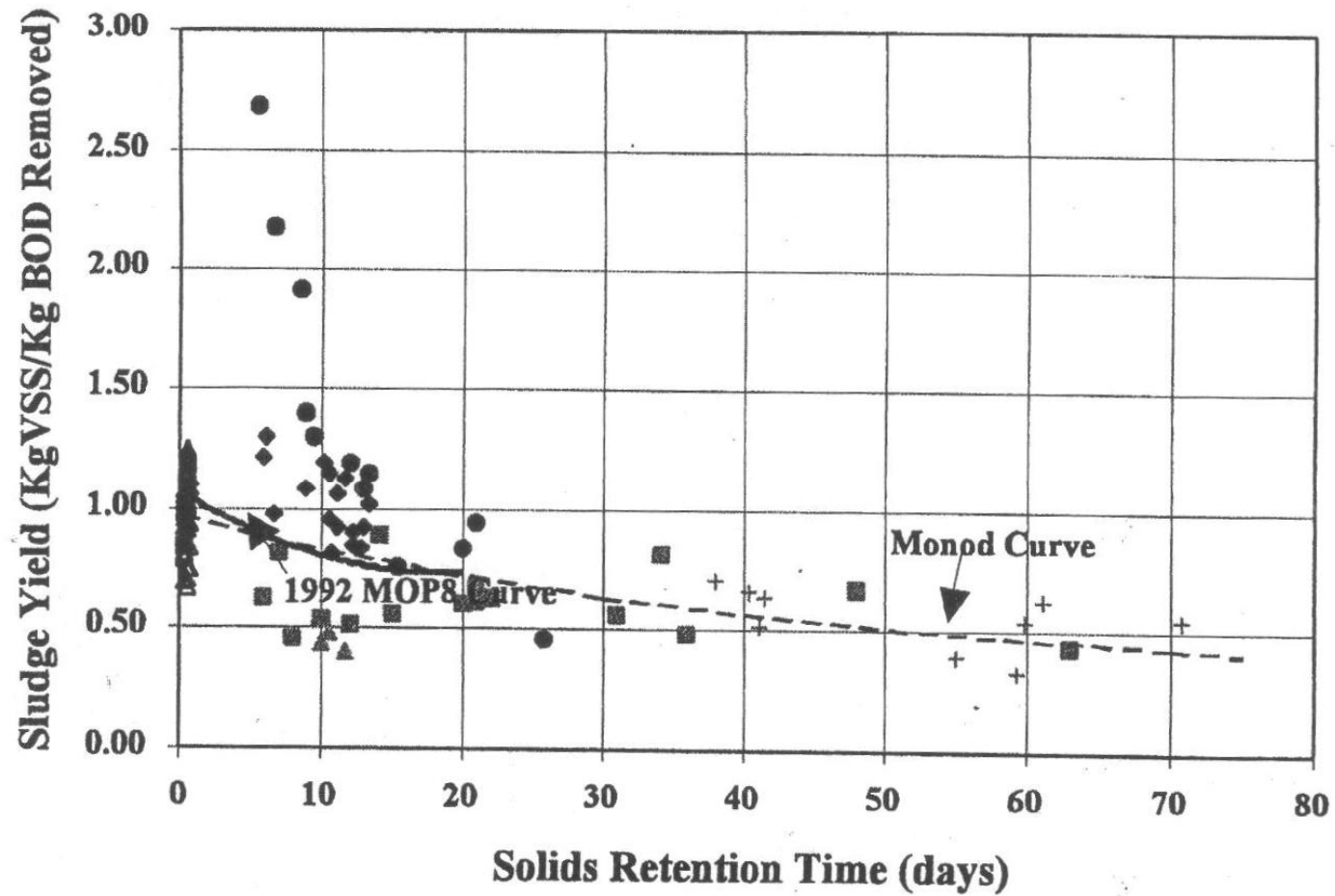


Figure 17.5 Sludge yield versus SRT (without primary treatment).

Una herramienta muy importante: BALANCE DE MASA

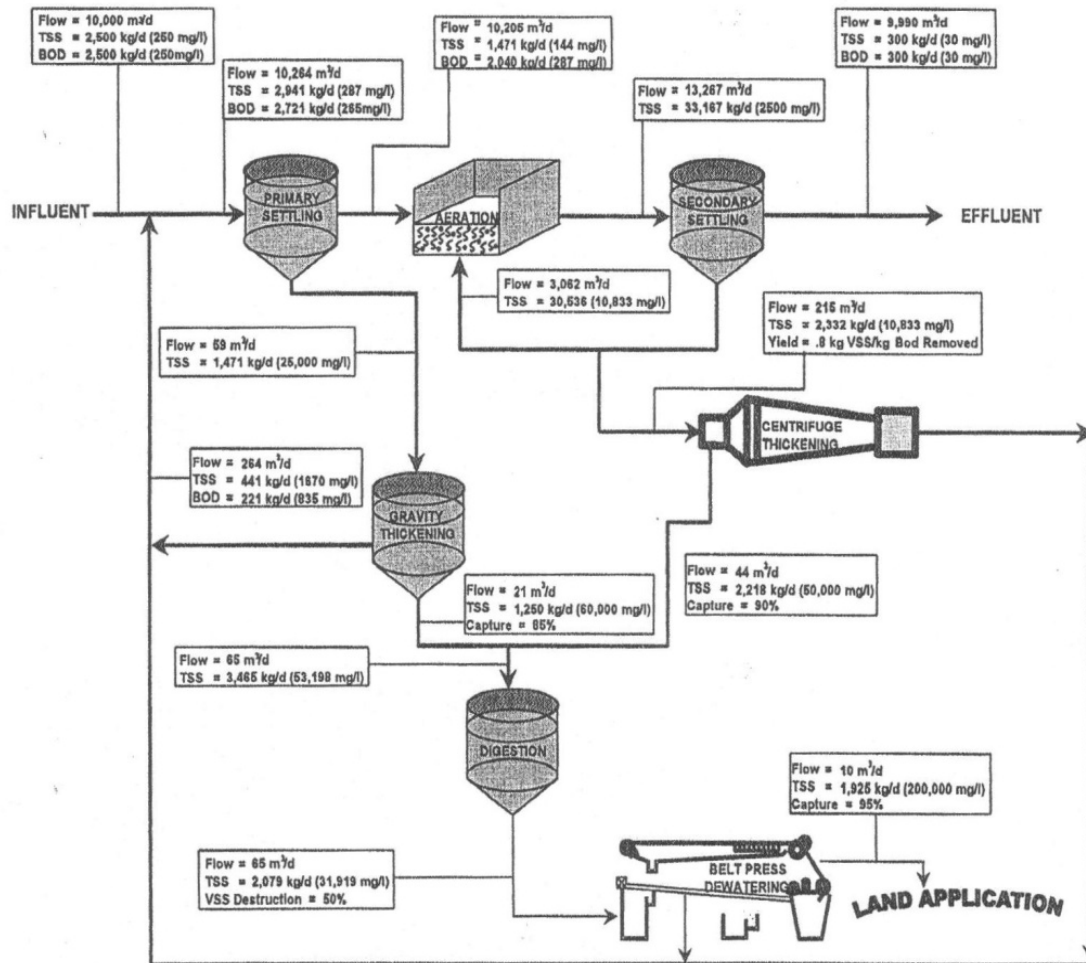


Figure 17.1 Typical solids balance (BOD = biochemical oxygen demand, TSS = total suspended solids, and VSS = volatile suspended solids).

**Valores típicos de la captura de sólidos para diversas instalaciones de proceso de fangos
(Fuente: Metcalf and Eddy – Desagües domésticos)**

Operación	Captura de sólidos %	
	Intervalo	Valor típico
Espesadores por gravedad		
Fango primario y fango activado en exceso	80-90	85
Fango primario únicamente	85-92	90
Espesadores por flotación		
Con productos químicos	90-98	92
Sin productos químicos	80-95	90
Elutriación	60-85	80
Filtración al vacío con productos químicos	90-98	96
Filtración a presión con productos químicos	90-98	96
Centrifugado		
Con productos químicos	80-98	92
Sin productos químicos	50-90	80

Valores típicos de la concentración de sólidos para las instalaciones de tratamiento de fangos de la tabla anterior (Fuente: Metcalf and Eddy – Desagües domésticos)

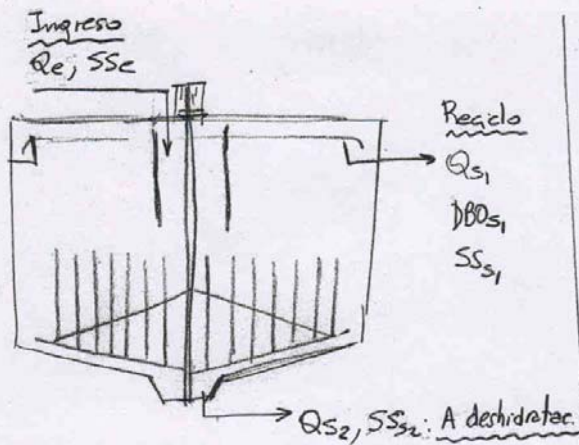
Operación	Concentración de sólidos %	
	Intervalo	Valor típico
Espesadores por gravedad		
Fango primario y activado en exceso	3-6	4
Fango primario únicamente	4-10	6
Espesadores por flotación		
Con productos químicos	3-7	5
Sin productos químicos	3-6	4
Filtración al vacío con productos químicos	15-30	20
Filtración a presión con productos químicos	20-50	36
Centrifugado		
Con productos químicos	10-35	18
Sin productos químicos	10-30	18

Concentraciones típicas de DBO y de sólidos en suspensión en los líquidos recirculados para diversas instalaciones de proceso de fangos (Fuente: Metcalf and Eddy – Desagües domésticos)

a – Se dispone de datos muy limitados

Operación	DBO, g/L		Sólidos suspendidos, mg/L	
	Intervalo	Valor típico	Intervalo	Valor típico
Espesamiento por gravedad				
Fango primario y activado en exceso	60-400	300	100-350	250
Fango primario	100-400	250	80-300	200
Espesado por flotación	50-400	250	100-600	300
Digestión anaerobia				
Convencional	500-5000	2000	3000-8000	5000
De alta carga	3000-10000	5000	4000-15000	10000
Digestión aerobia				
Líquido mezcla	200-1000	500	5000-30000	20000
Decantado o filtrado	50-150	50	40-1000	200
Tratamiento térmico, sobrenadante o filtrado ^a	3000-15000	7000	1000-5000	2000
Filtración al vacío ^a				
Fango no digerido	500-5000	1000	1000-5000	2000
Fango digerido	500-5000	2000	1000-20000	4000
Centrifugado ^a				
Fango no digerido	1000-10000	5000	2000-10000	5000
Fango digerido	1000-10000	5000	2000-15000	5000

BALANCE MASA - ESPESADOR



DATOS

- Purga desde sediment = 2000 kg SSV
- Conc. fondo sediment = 8000 mg/l = 0.8%
- Concentración fondo espes. = 3% (C)
- Captura de sólidos espesad = 90% (η)
- $\gamma \approx 1$
- $\frac{SSV}{SST} = 0.8$
- $[DBO] \approx 0.6[SSV]$

- Sólidos desde sedimentador: $SS_e = \frac{2000 \text{ kg SSV/d}}{0.8} = 2500 \text{ kg SS/d}$
- Caudal de ingreso = $Q_e = \frac{2500 \text{ kg SS}}{8000 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 10^{-3}} = 312,5 \text{ m}^3/\text{d}$
- Caudal barro espesado = $Q_{s2} = \frac{SS_e \times \eta}{\gamma \times C} = \frac{2500 \text{ kg/d} \times 0,9}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,03} = 75 \text{ m}^3/\text{d}$
- Caudal de retorno = $Q_{s1} = Q_e - Q_{s2} = 312,5 \text{ m}^3/\text{d} - 75 \text{ m}^3/\text{d} = 237,5 \text{ m}^3/\text{d}$
- Sólidos suspendidos al deshidratador = $SS_{s2} = 2500 \text{ kg/d} \times 0,9 = 2250 \text{ kg/d}$
- Sólidos suspendidos a cabeza de planta = $SS_{s1} = SS_e - SS_{s2} = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{d}} - 2250 \frac{\text{kg}}{\text{d}} = 250 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$
- DBO a cabeza de planta = $[SS] = \frac{SS_{s1}}{Q_{s1}} = \frac{250 \text{ kg SS/d} \times 1000 \text{ g/kg}}{237,5 \text{ m}^3/\text{d}} = 1052 \text{ mg/L}$
- $[DBO]_s \approx 1052 \text{ mg/L} \times 0,6 \left[\frac{DBO}{SSV} \right] \times 0,8 \left[\frac{SSV}{SST} \right] = 504,96 \text{ g/m}^3$
- Carga de DBO = $DBO_{s1} = 237,5 \text{ m}^3/\text{d} \times 504,96 \text{ g/m}^3 \times 10^{-3} \text{ kg/g} = 119,9 \text{ kg DBO/d}$

3. OBJETIVOS DE TRATAMIENTO:

- Reducción de materia degradable.
- Reducción de capacidad de lixiviado (escurrimiento de líquidos)
- Reducción de volumen de transporte
- Cumplimiento de las normativas de disposición final.

Consecuencias de no remover apropiadamente los lodos de una planta de efluente:

- Mal funcionamiento del proceso de tratamiento.
- Producción de olores.
- Incumplimiento de parámetros de volcamiento.

4. PROCESOS

- **ESPEADO :**
 - A gravedad
 - Flotación
 - Equipos especiales (p.e. espesador rotativo, de tablas, etc.)
- **ESTABILIZACION:**
 - Aeróbica.
 - Anaeróbica. (no tratado en este curso)
 - Química (p.e. cal, cloro) (no tratado en este curso)
- **DESHIDRATACION:**
 - Lechos de secado
 - Filtros prensa
 - Filtros a banda
 - Centrifuga
 - A tornillo
 - Otros
- **SECADO:**
 - Hornos
 - Luz solar
 - Otros

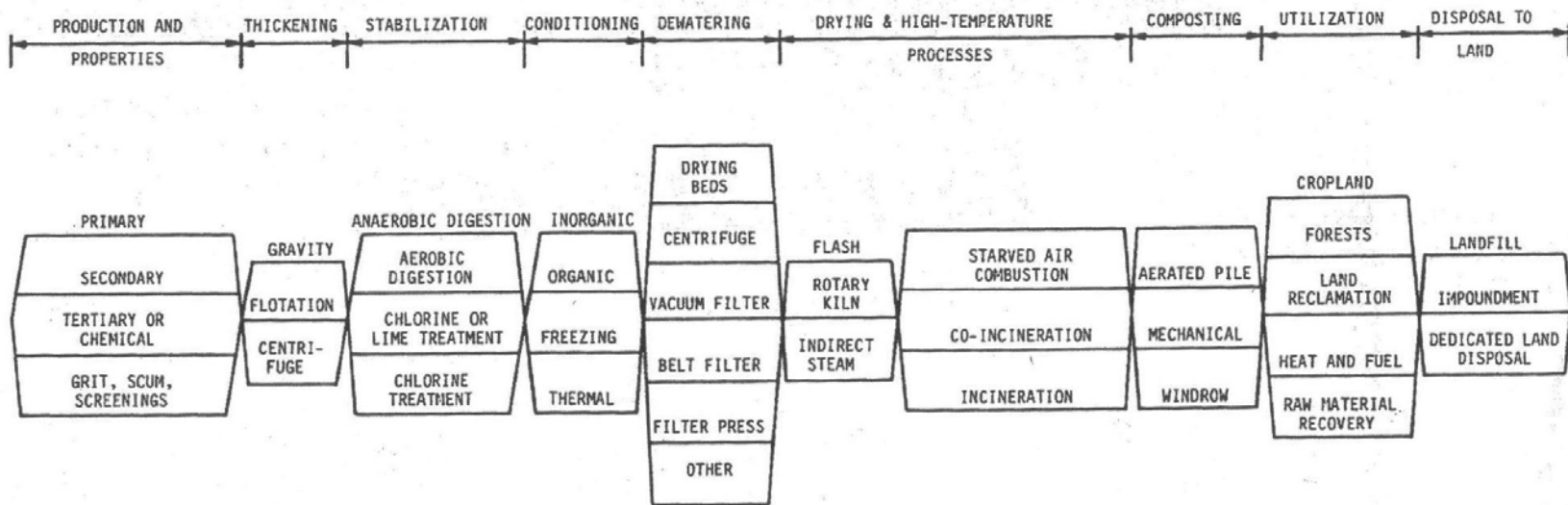


FIGURE 1.1—Classification of sludge treatment and disposal options.

Paso Previo: ACONDICIONAMIENTO:



Previo al proceso de deshidratado (y en muchos casos de espesado) se requiere un acondicionamiento previo con productos químicos para ayudar a la separación de la interfase sólido-líquido. Este proceso está afectado por la carga superficial de las partículas del barro en solución (usualmente negativa) que las tiende a mantener en suspensión. Los factores que usualmente afectan este proceso son: a) interacción electrostática (las partículas se repelen por igual carga), b) tamaño de partículas (partículas más pequeñas poseen densidad más baja y se mueven más rápidamente) c) temperatura o movimiento térmico (a mayor temperatura se incrementa el movimiento de las partículas).

Los productos químicos adicionados influyen principalmente la carga electrostática y el tamaño de partículas.

Se utilizan tanto sales inorgánicas (cloruro férrico, cal, etc) como productos orgánicos llamados polielectrolitos. Los polielectrolitos son polímeros solubles de alto peso molecular y son muy utilizados actualmente. En algunos casos, se utiliza primero la adición de una sal inorgánica seguida de la adición de polielectrolito. La principal ventaja de estos últimos es que se generan menor cantidad de lodos.

Table 2.2. Some typical chemical dosages for sludge thickening.

Sludge	Nature of sludge/dosage of chemical			
	Fresh		Anaerobic digested	
	FeCl ₃ (mg/L)	CaO (mg/L)	FeCl ₃ (mg/L)	CaO (mg/L)
Primary	1-2	6-8	1.5-3.5	6-10
Primary plus trickling filter	2-3	6-8	1.5-3.5	6-10
Primary plus activated	1.5-2.5	7-9	1.5-4.0	6-12
Activated	4-6	—	—	—



Disposición final

En función de los requerimientos de disposición, principalmente el grado de sequedad, se adoptará el método o equipo mas apropiado. Una referencia importante en nuestro país son los requerimientos adoptados por el CEAMSE.

Otras alternativas:

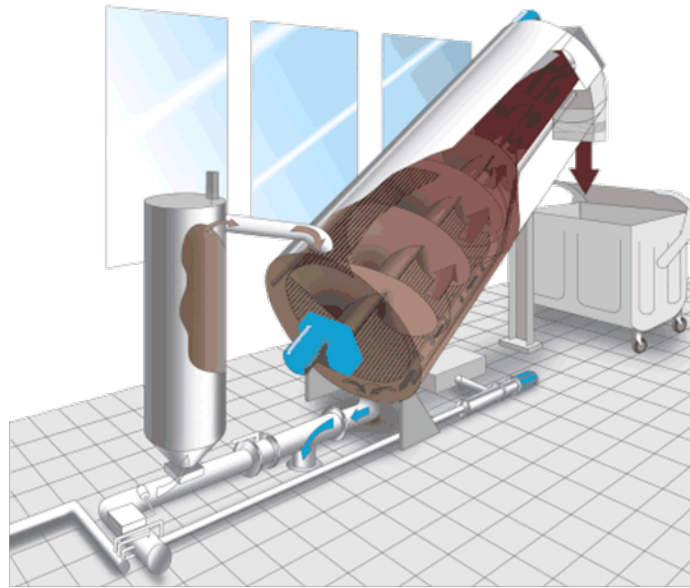
- Rellenos Sanitarios
- Rellenos Especiales
- Incineración
- Retiro por empresas especializadas
- Otros.

Sólidos Primarios



Equipamiento





Descarga de lodo

