

EXAMEN FINAL

Paralelo: _____

Fecha: _____

COMPROMISO DE HONOR

Yo,....., al firmar este compromiso, reconozco que la presente actividad está diseñada para ser resuelta de manera individual, que puedo hacer uso de una calculadora ordinaria para cálculos aritméticos, un lápiz o esferográfico; que solo puedo comunicarme con la persona responsable de la recepción de la misma; y cualquier instrumento de comunicación que hubiere traído, debo apagarlo hasta finalizada la actividad, para esta actividad no consultaré libros, notas, ni apuntes adicionales a los que se entreguen junto con esta hoja, los temas debo desarrollarlos de manera ordenada.

Firmo al pie del presente compromiso, como constancia de haber leído y aceptado la declaración anterior.

FIRMA: _____

MATRÍCULA: _____

Profesores Ing. Cristian Salas, Ing. Pablo Daza e Ing. Bethy Merchán

RESULTADO: _____/100

INSTRUCCIONES ESPECÍFICAS PARA ESTE EXAMEN:

1. Lea cada pregunta atentamente hasta el final antes de responder.
2. Recuerde que la actividad es individual, y que estamos enmarcados en la cultura de la excelencia académica; por tanto: NO CONSULTE ni virtual ni físicamente ningún documento y no contacte a ninguno de sus compañeros, tampoco conteste ningún mensaje, evite la tentación de copiar y dejar copiar.
3. Cuando explique un tema, desarrolle sus respuestas con frases cortas y completas, si es muy largo, debe realizar una síntesis, no puede exceder de 4 líneas en cada caso.
4. Si tiene dudas o preguntas respecto del examen, pregunte directo al/a la profesor/a.
5. NO ES A LIBRO ABIERTO

SECCIÓN EJERCICIOS, SE PUEDE USAR CALCULADORA SENCILLA, SIN GRÁFICOS, NO PROGRAMABLE, RECUERDE LA SECUENCIA LÓGICA PARA RESOLVER EJERCICIOS.

EJERCICIO 1: Se tiene un reactor de mezcla completa para remover un cierto contaminante de concentración $A_0=230$ mg/l. La reacción es de segundo orden y se quiere lograr una eficiencia del 75%. El caudal es de $0,5$ m³/s.

- a) Calcule el tiempo de residencia y el volumen del reactor tomando en cuenta que $k=1,3$ /hora. (7 puntos)
- b) Calcule el tiempo de residencia y el volumen del reactor adoptando los mismos datos, pero asumiendo que el reactor es de flujo pistón (o tapón). (7 puntos)
- c) Explique brevemente por qué difieren las respuestas en a) y b). (6 puntos)

TABLA 6-6 ECUACIONES CINÉTICAS QUE CORRELACIONAN EL TIEMPO MEDIO DE RESIDENCIA t Y LA CONCENTRACIÓN DE REACTIVO $[A]$ EN REACTORES TFT Y TCM

Ecuación	Tipo de reacción		Tipo de reactor	
	Orden	Velocidad	Flujo de tapón	Flujo mixto
$A \rightarrow C$	0	$-k$	$kt = [A_0] - [A]$	$kt = [A_0] - [A]$
$A \rightarrow C$	1	$-k[A]$	$kt = \ln \frac{[A_0]}{[A]}$	$kt = \frac{[A_0]}{[A]} - 1$
$2A \rightarrow C$	2	$-k[A]^2$	$kt = \frac{1}{[A_0]} \left(\frac{[A_0]}{[A]} - 1 \right)$	$kt = \frac{1}{[A]} \left(\frac{[A_0]}{[A]} - 1 \right)$

EJERCICIO 2: En un reactor de mezcla completa circulan $1,3\text{m}^3/\text{s}$. Se agrega un coagulante llamado cloruro férrico a una concentración de 60mg/l . Se conoce que la remoción de sólidos es del 80%. La concentración de sólidos que entra al reactor es de 280mg/l .

- Indique cuál es el mecanismo de coagulación-floculación que corresponde a este caso y explíquelo brevemente. (7 puntos)
- Calcule la masa, en kg, de lodos totales que se acumulan cada día. (13 puntos)

Reacción de disolución de cloruro férrico en agua:



Pesos molares:

Hierro:	56 g/mol
Cloro:	36 g/mol
Oxígeno:	16 g/mol
Hidrógeno:	1g/mol

EJERCICIO 3: Se tiene un agua residual con los siguientes valores para la $DBO_5=230 \text{ mgO}_2/\text{l}$, $DQO=350 \text{ mgO}_2/\text{l}$ y $SST=240 \text{ mg/l}$.

- Indique y justifique la línea depuradora que usted propondría, si la normativa indica unos valores de descarga de $DBO_5=30 \text{ mgO}_2/\text{l}$, $DQO=50 \text{ mgO}_2/\text{l}$ y $SST=30 \text{ mg/l}$. Recuerde las observaciones iniciales que se debe plantear antes de realizar su propuesta de diseño. (18 puntos)
- Realice un esquema (flujo de proceso) donde se pueda observar los diferentes reactores con sus operaciones y procesos unitarios, así como el porcentaje de remoción de cada uno. (7 puntos)

A continuación, se presentan diversas fuentes bibliográficas que muestran porcentajes de remoción:

TABLA 5-6
Grado de tratamiento obtenido mediante diversas operaciones y procesos unitarios empleados en el tratamiento primario y secundario del agua residual*

Unidades de tratamiento	Rendimiento de eliminación del constituyente, porcentaje					
	DBO	DQO	SS	P ^b	N-Org ^c	NH ₃ -N
Rejas de barras	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Desarenadores	0-5 ^d	0-5 ^d	0-10 ^d	nulo	nulo	nulo
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Fangos activados (proceso convencional)	80-95	80-85	80-90	10-25	15-50	8-15
Filtros percoladores						
Alta carga, medio pétreo	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15
Carga muy alta, medio sintético	65-85	65-85	65-85	8-12	15-50	8-15
Biodiscos (RBCs)	80-85	80-85	80-85	10-25	15-50	8-15
Cloración	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo

^a Adaptado parcialmente de la bibliografía [10, 14].
^b Fósforo total.
^c N-Org = Nitrógeno orgánico.
^d Los límites superiores se corresponden con el caso en que no se lava la arena.

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales Metcalf & Eddy

Cuadro 9. Eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales
(Expresado en porcentaje)

PROCESO	DBO	DQO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS
Tratamiento preliminar			
Cribado fino	5-10	5-10	2-20
Cloración crudo o sedimentado	15-30	--	--
Tratamiento primario			
Sedimentación simple	25-40	20-35	40-70
Precipitación química	50-85	40-70	70-90
Tratamiento secundario			
Filtros percoladores	50-95	50-80	50-92
Lodos activados	55-95	50-80	55-95
Lagunas			
Primarias	75-85	60-70	85-95
Secundarias	90-95	80-70	85-95
Terciaria	85-95	60-70	85-95
Tratamiento avanzado			
Cloración aguas tratadas	-	-	-

Fuente: Ing. Ricardo Rojas CEPIS/OPS

Unidad de tratamiento	DBO	DQO	SST
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65
Lodos activados convencionales	80-95	80-95	80-90
Filtros percoladores	65-80	60-80	60-85
Sistemas anaerobios	65-80	60-80	60-70
Lagunas de estabilización			
- Anaerobias	50-70	-	20-60
- Facultativas	80-90	-	60-75
- Aerobias	80-95	-	85-95

Fuente: file:///D:/CLASES/20POR%20TEM/C3%81TICA/Aguas%20residuales.pdf

TABLA 3. Procesos de tratamiento y grados de remoción

PROCESO DE TRATAMIENTO	REMOCIÓN, %		REM., ciclos log ₁₀	
	DBO	Sólidos Suspendidos	Bacteria	Helminto
Sedimentación primaria	25 - 40	40 - 70	0 - 1	0 - 1
Lodos activados (a)	55 - 95	55 - 95	0 - 2	0 - 1
Filtros percoladores (a)	50 - 95	50 - 92	0 - 2	0 - 1
Lagunas aireadas (b)	80 - 90	(c)	1 - 2	0 - 1
Zanjas de oxidación (d)	90 - 98	80 - 95	1 - 2	0 - 1
Lagunas de estabilización (e)	70 - 85	(c)	1 - 6	1 - 4

- Precedidos y seguidos de sedimentación
- Incluye laguna secundaria
- Dependiente del tipo de lagunas
- Seguidas de sedimentación
- Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, período de retención y formas.

Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-1

EJERCICIO 4: En el proceso de desinfección de una planta de tratamiento de agua potable se necesita una remoción de virus de 2 ciclos log. El agua tiene una temperatura de 20°C y un pH=8. Calcule el tiempo de contacto, en minutos, para remover virus con:

- a) 2 mg/L de Cloro Residual Libre; (3 puntos)
- b) 2 mg/L de Dióxido de Cloro; y, (3 puntos)
- c) 2 mg/L Ozono. (3 puntos)

Al final, están unas tablas de valores CT para diferentes desinfectantes y condiciones del agua:

En función de los resultados anteriores, indicar:

- a) ¿Cuál de los 3 es más efectivo? (2 puntos)

- b) Calcule el volumen del reactor en cada caso si se tiene un caudal de $0,5 \text{ m}^3/\text{min}$ (4 puntos)

- c) ¿Cuál proceso sería más costoso? ¿Qué otro análisis realizaría usted para determinar cuál de ellos seleccionaría en su planta? (4 puntos)

- d) ¿A qué porcentaje de remoción corresponde a una remoción de 2 ciclos log? (1 punto)

Table 12-6 CT_{Tab} Values for Inactivation of Viruses by Free Chlorine

Temperature, °C	pH = 6-9			pH = 10		
	2-log	3-log	4-log	2-log	3-log	4-log
0.5	6	9	12	45	66	90
5	4	6	8	30	44	60
10	3	4	6	22	33	45
20	1	2	3	11	16	22
25	1	1	2	7	11	15

Source: Adapted from Reference 6.

Table 12-7 CT_{Tab} Values for Inactivation of *Giardia lamblia* Cysts and Viruses by Chlorine, Dioxide, Chloramine, and UV

Disinfectant	Log Inactivation of <i>Giardia lamblia</i> Cysts			Log Inactivation of Virus		
	0.5-log	1-log	2-log	2-log	3-log	4-log
Chlorine Dioxide^a						
Temperature, °C <1	10	21	42	8.4	25.6	50.1
5	4.3	8.7	17	5.6	17.1	33.4
10	4.0	7.7	15	4.2	12.8	25.1
20	2.5	5	10	2.1	6.4	12.5
25	2	3.7	7.3	1.4	4.3	8.4
Ozone						
Temperature, °C <1	0.48	0.97	1.9	0.9	1.4	1.8
5	0.32	0.63	1.3	0.6	0.9	1.2
10	0.23	0.48	0.95	0.5	0.8	1.0
20	0.12	0.24	0.48	0.25	0.4	0.5
25	0.08	0.16	0.32	0.15	0.25	0.3
Chloramine^b						
Temperature, °C <1	635	1270	2535	1243	2063	2883
5	365	735	1470	857	1423	1988
10	310	615	1230	643	1067	1491
20	185	370	735	321	534	746
25	125	250	500	214	356	497
UV						
				21	36	

^a Inactivation of viruses by chlorine dioxide at pH 6-9.
^b Inactivation of *Giardia lamblia* cysts by chloramine at pH 6-9.
 Source: Adapted from Reference 6.

Table 12-5 CT_{Tab} Values for Achieving Inactivation of *Giardia lamblia* Cysts by Free Chlorine Residual

pH and Temperature, °C	Free Chlorine, 1 mg/L			Free Chlorine, 2 mg/L			Free Chlorine, 3 mg/L		
	0.5-log	1-log	2-log	0.5-log	1-log	2-log	0.5-log	1-log	2-log
pH 6									
<1	25	49	99	28	55	110	30	60	121
5	18	35	70	19	39	77	21	42	84
10	13	26	53	15	29	58	16	32	63
20	7	13	26	7	15	29	8	16	31
25	4	9	17	5	10	19	5	11	21
pH 7									
<1	35	70	140	39	79	157	44	87	174
5	25	50	99	28	55	110	30	61	121
10	19	37	75	21	41	83	23	46	91
20	9	19	37	10	21	41	11	23	45
25	6	12	25	7	14	27	8	15	31
pH 8									
<1	51	101	203	58	115	231	64	127	255
5	36	72	144	41	81	162	45	89	179
10	27	54	108	30	61	121	34	67	134
20	14	27	54	15	30	61	17	34	67
25	9	18	36	10	20	41	11	22	45
pH 9									
<1	73	146	291	83	167	333	92	184	368
5	52	104	208	59	118	235	65	130	259
10	39	78	156	44	88	177	49	97	195
20	20	39	78	22	44	88	24	49	97
25	13	26	52	15	29	59	16	32	65

Source: Adapted from Reference 6.