



Anexo 1

Determinación del volumen total y obtención de muestras simples en el sitio de vertido actual

Objetivo

Obtener el caudal medio diario de aguas residuales generadas por la DICyG, así como la obtención de muestras para su caracterización en laboratorio, como necesidad de recaudación de información para la propuesta de este trabajo.

Metodología

Para la obtención del gasto medio del sitio de vertido actual, se programaron 5 días para la medición del caudal, cuyas muestras fueron obtenidas directamente del sitio de descarga, con un sistema improvisado, por medio del conteo de cubetas (10 litros cada una y llenas), anotando el número de ellas por período (1 hora) en un horario de 7:00 a 20:00 horas.

Además se obtuvo el volumen de la muestra (muestra compuesta) mezclando todas las muestras simples obtenidas durante el día y se conservaron a bajas temperaturas en una hielera (no más de 4 horas), posteriormente se llevaron a refrigeración en el laboratorio de ingeniería ambiental.

Al término de la jornada de trabajo se preparó la muestra compuesta para su análisis del día siguiente (4 litros aproximadamente), de acuerdo a los requerimientos de la persona encargada de laboratorio. Los resultados se muestran a continuación y en orden cronológico de las jornadas de trabajo programadas:

8 de noviembre de 2010

Hora	Número de cubetas vaciadas	Hora de obtención de la muestra	T [°C]	Volumen [l]	% Vol	Vol de la muestra (ml)
07:00 - 08:00	18	07:45	14	180	11.04	442
08:00 - 09:00	8	08:40	14	80	4.91	196
09:00 - 10:00	11	09:45	14	110	6.75	270
10:00 - 11:00	17	10:50	15	170	10.43	417
11:00 - 12:00	11	11:43	15	110	6.75	270
12:00 - 13:00	13	12:54	16	130	7.98	319
13:00 - 14:00	15	13:47	16	150	9.20	368
14:00 - 15:00	19	14:50	17	190	11.66	466
15:00 - 16:00	11	15:48	17	110	6.75	270
16:00 - 17:00	6	16:40	17	60	3.68	147
17:00 - 18:00	9	17:45	17	90	5.52	221
18:00 - 19:00	13	18:42	15	130	7.98	319
19:00 - 20:00	12	19:38	15	120	7.36	294
Total	163		Total	1630	100	4000



9 de noviembre de 2010

Hora	Número de cubetas vaciadas	Hora de obtención de la muestra	T [°C]	Volumen [l]	% Vol	Vol de la muestra (ml)
07:00 - 08:00	13	07:40	14	130	9.56	382
08:00 - 09:00	10	08:38	14	100	7.35	294
09:00 - 10:00	5	09:54	15	50	3.68	147
10:00 - 11:00	11	10:31	15	110	8.09	324
11:00 - 12:00	20	11:38	15	200	14.71	588
12:00 - 13:00	8	12:40	16	80	5.88	235
13:00 - 14:00	10	13:38	16	100	7.35	294
14:00 - 15:00	14	14:45	16	140	10.29	412
15:00 - 16:00	6	15:37	17	60	4.41	176
16:00 - 17:00	15	16:39	16	150	11.03	441
17:00 - 18:00	8	17:42	16	80	5.88	235
18:00 - 19:00	9	18:36	15	90	6.62	265
19:00 - 20:00	7	19:46	15	70	5.15	206
Total	136		Total	1360	100	4000

10 de noviembre de 2010

Hora	Número de cubetas vaciadas	Hora de obtención de la muestra	T [°C]	Volumen [l]	% Vol	Vol de la muestra (ml)
07:00 - 08:00	7	07:45	15	70	6.80	272
08:00 - 09:00	5	08:40	15	50	4.85	194
09:00 - 10:00	10	09:42	15	100	9.71	388
10:00 - 11:00	14	10:45	15	140	13.59	544
11:00 - 12:00	9	11:40	15	90	8.74	350
12:00 - 13:00	9	12:50	16	90	8.74	350
13:00 - 14:00	12	13:44	16	120	11.65	466
14:00 - 15:00	12	14:56	16	120	11.65	466
15:00 - 16:00	8	15:47	17	80	7.77	311
16:00 - 17:00	6	16:44	17	60	5.83	233
17:00 - 18:00	4	17:30	17	40	3.88	155
18:00 - 19:00	3	18:38	16	30	2.91	117
19:00 - 20:00	4	19:41	16	40	3.88	155
Total	103		Total	1030	100	4000



11 de noviembre de 2010

Hora	Número de cubetas vaciadas	Hora de obtención de la muestra	T [°C]	Volumen [l]	% Vol	Vol de la muestra (ml)
07:00 - 08:00	9	07:45	15	90	7.56	303
08:00 - 09:00	16	08:37	15	160	13.45	538
09:00 - 10:00	10	09:37	16	100	8.40	336
10:00 - 11:00	11	10:37	16	110	9.24	370
11:00 - 12:00	12	11:43	17	120	10.08	403
12:00 - 13:00	8	12:50	17	80	6.72	269
13:00 - 14:00	7	13:45	18	70	5.88	235
14:00 - 15:00	16	14:45	18	160	13.45	538
15:00 - 16:00	10	15:50	17	100	8.40	336
16:00 - 17:00	7	16:39	17	70	5.88	235
17:00 - 18:00	3	17:45	17	30	2.52	101
18:00 - 19:00	6	18:48	16	60	5.04	202
19:00 - 20:00	4	19:40	16	40	3.36	134
Total	119		Total	1190	100	4000

12 de noviembre de 2010

Hora	Número de cubetas vaciadas	Hora de obtención de la muestra	T [°C]	Volumen [l]	% Vol	Vol de la muestra (ml)
07:00 - 08:00	14	07:42	15	140	9.86	394
08:00 - 09:00	5	08:44	15	50	3.52	141
09:00 - 10:00	9	09:41	15	90	6.34	254
10:00 - 11:00	8	10:52	15	80	5.63	225
11:00 - 12:00	10	11:45	16	100	7.04	282
12:00 - 13:00	21	12:38	16	210	14.79	592
13:00 - 14:00	21	13:40	16	210	14.79	592
14:00 - 15:00	7	14:36	17	70	4.93	197
15:00 - 16:00	10	15:39	17	100	7.04	282
16:00 - 17:00	5	16:45	17	50	3.52	141
17:00 - 18:00	18	17:42	17	180	12.68	507
18:00 - 19:00	6	18:45	16	60	4.23	169
19:00 - 20:00	8	19:35	16	80	5.63	225
Total	142		Total	1420	100	4000



Resultados

Se determinó que en el sitio de vertido, el valor promedio de caudal de descarga por día, (de 7:00 a 20:00 hr) es de $1.326 \text{ m}^3/\text{d}$; además se propone un factor de seguridad de 1.3, debido a las pérdidas; es decir el caudal que no se recuperó entre cada vaciado de cada cubeta, y las filtraciones más profundas que no se captaron.

Finalmente tenemos un gasto de diseño de $1.7238 \text{ m}^3/\text{d}$, es decir:

$$Q * 1.3 = 1.326 \text{ m}^3/\text{d} * 1.3 = 1.7238 \text{ m}^3/\text{d}$$



Anexo 2

Caracterización del agua residual de la DICyG

Objetivo

Hacer la caracterización del agua residual generada por la DICyG, para la determinación de las concentraciones de ST, SST, SSD y las cantidades de oxígeno disuelto (OD_0) para la estimación de la DBO_5 .

Metodología

Para la determinación de la DBO se utilizó el método 5120 B del Estándar Methods (Dicromato de potasio).

La temperatura y el pH se determinaron por medio de los instrumentos del laboratorio disponibles en el Departamento de Ingeniería Ambiental.

Para la DBO y de acuerdo a nuestro objetivo se realizaron las pruebas correspondientes, sin embargo, para las muestras obtenidas los dos primeros días del programa de muestreo; es decir, los días 8 y 9 de noviembre, tuvieron que ser ajustados a la DBO de los 5 días ya que sus lecturas de oxígeno disuelto final fueron tomadas a los 6 y 7 días respectivamente. Para estas transformaciones se empleó el modelo matemático mostrado a continuación:

$$DBO_t = L_0(1 - e^{-kt})$$

donde:

t: Tiempo (días)

k: Constante de degradación, día⁻¹

L_0 : Demanda bioquímica última, mg/l

La constante de degradación a los 20 °C se propuso de 0.2779 (ver capítulo 7). Aunque es posible la obtención de esta constante por el método de mínimos cuadrados o diferenciales logarítmicas, no está en los alcances de este trabajo.

Para los SST y SSD se utilizó la norma mexicana NMX-AA-034-SCFI-2001. En el caso de los Sólidos Totales (ST), se empleó la relación de las deferencias de peso del crisol con muestra (evaporada), menos el peso del crisol sin muestra, entre el volumen de la muestra:

$$ST = \frac{W_{fcrisol} - W_{icrisol}}{V}$$



donde:

ST : Sólidos Totales, mg

$W_{icrisol}$: Peso del crisol a peso constante sin muestra, mg

$W_{fcrisol}$: Peso del crisol después de la evaporación completa de la muestra, mg

V : Volumen de la muestra, l

En el caso de los SST, se determinaron por la siguiente relación:

$$SST = \frac{W_{fgooch} - W_{igooch}}{V * D}$$

donde:

W_{igooch} : Peso del recipiente gooch a peso constante con filtro, mg

W_{fgooch} : Peso del recipiente gooch después de la filtración completa de la muestra, mg

V : Volumen de la muestra, l

%D : Porcentaje de dilución

A continuación se muestra el resumen de los resultados de las muestras analizadas en el laboratorio de Ingeniería Ambiental:



8 de noviembre de 2010

Parámetro	OD ₀ (mg/l)		OD ₇ (mg/l)		DBO ₇ (mg/l)
	% dilución	Lectura (9/11/2010)	Lectura (16/11/2010)	ΔOD (mg/l)	
DBO ₅	0.5	7.3	5.0	460	520
			4.4	580	
	1.0	7.2	3.4	380	325
			4.5	270	
Sólidos	Totales		760 mg/l	Vol =50 ml	Vol =20 ml
	Suspendidos Totales		180 mg/l	W _{igooch} =0.2439 g	W _{icrisol} =52.6949 g
	Suspendidos Disueltos		580 mg/l	W _{fgooch} =0.2457 g	W _{fcrisol} =52.7101 g
				%D =20%	ST =760 mg/l
			SST =180 mg/l		

DBO₇ promedio =423 mg/l

L₀ =493 mg/l

DBO₅ =370 mg/l

9 de noviembre de 2010

Parámetro	OD ₀ (mg/l)		OD ₆ (mg/l)		DBO ₆ (mg/l)
	% dilución	Lectura (10/11/2010)	Lectura (16/11/2010)	ΔOD (mg/l)	
DBO ₅	0.5	6.9	5.4	300	320
			5.2	340	
	1.0	6.8	3.9	290	275
			4.2	260	
Sólidos	Totales		835 mg/l	Vol =50 ml	Vol =20 ml
	Suspendidos Totales		280 mg/l	W _{igooch} =0.2647 g	W _{icrisol} =44.0766 g
	Suspendidos Disueltos		555 mg/l	W _{fgooch} =0.2675 g	W _{fcrisol} =44.0933 g
				%D =20%	ST =835 mg/l
			SST =280 mg/l		

DBO₆ promedio =298 mg/l

L₀ =367 mg/l

DBO₅ =275 mg/l



10 de noviembre de 2010

Parámetro	OD ₀ (mg/l)		OD ₆ (mg/l)		DBO ₅ (mg/l)	
	% dilución	Lectura (11/11/2010)	Lectura (16/11/2010)	ΔOD (mg/l)		
DBO ₅	0.5	6.9	5.1	360	340	
			5.3	320		
	1.0	6.9	2.8	410	405	
			2.9	400		
Sólidos	Totales		1125 mg/l		Vol =50 ml	Vol =20 ml
	Suspendidos Totales		330 mg/l		W _{igooch} =0.2579 g	W _{icrisol} =44.8982 g
	Suspendidos Disueltos		795 mg/l		W _{igooch} =0.2612 g	W _{fcrisol} =44.9207 g
					%D =20%	ST =1125 mg/l
				SST =330 mg/l		

DBO₅ =373 mg/l

11 de noviembre de 2010

Parámetro	OD ₀ (mg/l)		OD ₆ (mg/l)		DBO ₅ (mg/l)	
	% dilución	Lectura (12/11/2010)	Lectura (17/11/2010)	ΔOD (mg/l)		
DBO ₅	0.5	6.4	5.9	100	110	
			5.8	120		
	1.0	6.4	4.4	200	210	
			4.2	220		
Sólidos	Totales		895 mg/l		Vol =50 ml	Vol =20 ml
	Suspendidos Totales		300 mg/l		W _{igooch} =0.2391 g	W _{icrisol} =69.4959 g
	Suspendidos Disueltos		595 mg/l		W _{fgooch} =0.2421 g	W _{fcrisol} =69.5138 g
					%D =20%	ST =895 mg/l
				SST =300 mg/l		

DBO₅ =160 mg/l



12 de noviembre de 2010

Parámetro	OD ₀ (mg/l)		OD ₆ (mg/l)		DBO ₅ (mg/l)
	% dilución	Lectura (13/11/2010)	Lectura (18/11/2010)	ΔOD (mg/l)	
DBO ₅	0.5	5.7	4.9	160	150
			5.0	140	
	1.0	6.4	3.3	310	290
			3.7	270	
Sólidos	Totales		870 mg/l		Vol =50 ml
	Suspendidos Totales		270 mg/l		W _{igooch} =0.2524 g
	Suspendidos Disueltos		600 mg/l		W _{icrisol} =53.5915 g
					W _{fgooch} =0.2551 g
				%D =20%	W _{ferisol} =53.6089 g
				SST =270 mg/l	ST =870 mg/l
					Vol =20 ml

DBO₅ =220 mg/l

Resumen de resultados:

Día	DBO ₅ (mg/l)	ST (mg/l)	SST (mg/l)	SSD (mg/l)
8/11/2010	370	760	180	580
9/11/2010	275	835	280	555
10/11/2010	373	1125	330	795
11/11/2010	160	895	300	595
12/11/2010	220	870	270	600

Concentración media DBO₅ =280-287 mg/l (por redondeo en los decimales)

Concentración máxima DBO₅ =373 mg/l

Concentración mínima DBO₅ =160 mg/l



Glosario de términos

Ácidos: Sustancia que en disolución aumenta la concentración de iones de hidrógeno y se combina con las bases para formar las sales.

Álcali: Hidróxido metálico muy soluble en el agua, que se comporta como una base fuerte.

Anemófilo: El término se aplica a cualquier dispersión de esporas realizado por el viento.

Animales homeotérmicos: Aquellos que mantienen constante su temperatura y al margen de la temperatura ambiental.

Cationes: Un catión es un ion (sea átomo o molécula) con carga eléctrica positiva, es decir, ha perdido electrones. Los cationes se describen con un estado de oxidación positivo.

Cieno: Lodo blando que forma depósito en ríos, y sobre todo en lagunas o en sitios bajos y húmedos.

D₁₀: Diámetro efectivo, o sea el diámetro que corresponde a las partículas cuyo tamaño es mayor o igual que el 10 % en peso del total de partículas de un suelo.

Detritus: Resultado de la descomposición de una masa sólida en partículas.

DICyG: División de Ingeniería Civil y Geomática.

Entomófilo: Es un conjunto de caracteres de las flores destinados a atraer a un tipo particular de polinizador o conjunto de características de las flores polinizadas preferentemente por insectos.

FLS: Siglas para abreviar los humedales de flujo libre superficial.

FS: Siglas para abreviar los humedales de flujo subsuperficial.

Hibernación: La hibernación es un estado de hipotermia regulada, durante algunos días, semanas o meses, que permite a los animales conservar su energía durante el invierno.

Ictiofauna: Se llama ictiofauna al conjunto de especies de peces que existen en una determinada región biogeográfica.

Lixiviación: Tratar una sustancia compleja, como un mineral, con un disolvente adecuado para separar sus partes solubles de las insolubles.

Macrófitas: Las macrófitas son plantas superiores, algas, musgos macroscópicos, adaptadas a la vida en el medio acuático.



Oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto es un indicador de la contaminación del agua. Su solubilidad es función de la temperatura del agua, las sales o impurezas en el agua y la presión atmosférica. Es decir, el agua con una menor temperatura puede tener más oxígeno disuelto en ella que el agua con una mayor temperatura, asimismo una diferencia de los niveles de oxígeno varía con la profundidad del agua y dependiendo del contacto con la atmósfera. Además el oxígeno disuelto puede ser proporcionado por fenómenos de fotosíntesis.

Protoplasma: Es el lugar donde ocurre el metabolismo celular.

Protozoos: Son organismos animales microscópicos formados por una sola célula (unicelulares), heterótrofos, que viven en medios líquidos, son capaces de moverse y se reproducen por bipartición (la célula se divide en dos). Algunos de ellos pueden formar colonias.

Rotíferos: Constituyen un filo de organismos microscópicos (entre 0,1 y 0,5 mm) que habitan en aguas dulces, tierra húmeda, musgos, líquenes, hongos, e incluso agua salada.

ST: Sólidos Totales.

SSD: Sólidos Suspendidos Disueltos.

SST: Sólidos Suspendidos Totales.

T med: Temperatura media.

Tricoptera: Son un orden de insectos (con metamorfosis completa) cuyas larvas son acuáticas, y viven dentro de pequeños estuches en forma de tubo que ellas mismas fabrican a base de seda a la que adhieren granos de arena, restos vegetales.