

3
2ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO



Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"CUAUTITLAN"



Departamento de

"DISEÑO Y SIMULACION DE UN SISTEMA
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,
CON EL AUXILIO DE UNA CALCULADORA
PROGRAMABLE"

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a:

José de Jesús Arvizu Cruz

Director de Tesis:

M. C. MARIA LUISA ARIAS MENDOZA



México, D. F.

1988

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

- I INTRODUCCION.
- II GENERALIDADES.
- III PRETRATAMIENTO.
 - CANAL DE REJAS.
 - CANAL DESARENADOR.
 - VERTEDOR PROPORCIONAL.
- IV TRATAMIENTO PRIMARIO
 - PRUEBAS DE TRATABILIDAD.
 - DISERO.
- V TRATAMIENTO SECUNDARIO.
 - LAGUNA AEREADA.
 - LODOS ACTIVADOS.
 - ZANJA DE OXIDACION.
- VI APENDICE.
 - AJUSTE DE CURVAS.
- VII CONCLUSIONES.
- VIII BIBLIOGRAFIA.

Cada día crece más la preocupación por el cuidado de los recursos naturales, cuando los recursos naturales son limitados es de indispensable necesidad su protección y su máximo aprovechamiento.

Uno de estos recursos es el agua, el cual ha tenido que hacer frente a las demandas generadas por el desarrollo urbano, agropecuario e industrial y adicionalmente ha recibido los efluentes de aguas residuales, luego que estas áreas han utilizado este recurso indiscutible.

En nuestro país existen ciertas zonas críticas en las cuales esta disminuyendo rápidamente el recurso hidráulico, como consecuencia de la demanda en cantidad, motivada por la expansión de los grandes centros urbanos, del mejoramiento de la calidad requerida por las normas de salud pública y la mayor complejidad de los procesos industriales.

Cada día aumenta más la evacuación de aguas residuales en los ríos, lagos y mares al grado de que ya no se puede confiar a los fenómenos de autodepuración natural, el efecto de restablecer por sí solos las condiciones originales de este recurso y de lo cual depende la disponibilidad para un uso continuo y confiable. por lo cual, es necesario crear mecanismos para regular la contaminación de los residuos que son vertidos en los cuerpos receptores, uno de estos mecanismos puede ser la creación de plantas de tratamiento de aguas residuales que sirvan para ayudar en la regeneración del recurso natural.

En el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, así como la simulación de estos sistemas de tratamiento y dado el número de ecuaciones involucradas, han hecho necesario el empleo de equipos de computación para resol-

ver la gran cantidad de cálculos para el desarrollo de esta actividad.

La computación se ha transformado en una disciplina muy importante en la formación de técnicos y profesionales, debido a que proporciona al usuario una herramienta muy útil para resolver problemas que se presentan en el desarrollo de su actividad.

Dado lo complejo que puede resultar el diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales y la cantidad de recursos necesarios tanto técnicos, económicos y humanos, se pensó que con el avance que se ha tenido en el desarrollo de calculadoras programables, se podrían crear programas para diseñar y simular los equipos más elementales de una planta de tratamiento de aguas residuales, con un alto intervalo de confianza en la respuesta y que además operará en campo, como una referencia rápida, económica y de fácil uso.

Este trabajo es el resultado de una investigación sobre el desarrollo de sistemas sencillos de tratamiento, el cual fué desarrollado para funcionar como una aproximación en campo, es natural que por estas razones este trabajo tenga un alcance limitado.

Con este trabajo no se pretende en ningún momento sustituir publicaciones tan prestigiadas como las que se mencionan en la bibliografía y que constituyen una base inestimable para la elaboración de este trabajo, mas aún es recomendable que quien utilice este trabajo consulte las referencias mencionadas con lo cual tendrá una información mas amplia.

Debido a que el primer paso en el diseño de sistemas de tratamiento de agua lo constituye el conocimiento de la calidad del agua del influente, así como del cuerpo receptor, este trabajo parte de la consideración de que se conocen las principales características de estos.

Asimismo se recomienda para ser usado para aguas residuales principalmente

de origen municipal, debido a que las aguas residuales de origen industrial en muchos casos requieren de tratamientos selectivos de los contaminantes - que se desean ser removidos.

Se eligió la calculadora programable Hewlett-Packard, modelo 41-CV, debido a sus características técnicas (lenguaje sencillo, capacidad, manejo de datos, servicio y los equipos periféricos que puede utilizar).

El trabajo está organizado por temas, los cuales contienen una breve introducción, así como los criterios de diseño y las formulas empleadas, figuras y diseños de equipos típicos sencillos, diagrama de flujo así como el listado de cada programa y un manual de operación de cada programa.

Como ya se mencionó es necesario conocer las características del agua residual a tratar, así como las del cuerpo receptor de las aguas, en este trabajo se hace la suposición de que el cuerpo receptor lo constituye algún sistema donde existe autodepuración natural (acuifero, río, corriente o incluso un sistema de drenaje); ó que algún cuerpo donde no se desea contaminar con el efluente.

En el caso de las características del influente se debe tener presente que se han tenido que hacer algunas consideraciones con respecto a los rangos con que se manejan algunas variables dentro de los programas. Por este motivo a continuación se detallan los datos mínimos para alimentar los programas que constituyen el presente trabajo.

VARIABLE		RANGO	
QMAX	GASTO MAXIMO (L/C)	2,000	APROX.
T	TEMPERATURA DEL INFLUENTE (°C)	12 - 36	
D	DIAMETRO DE ARENA UNIGRANULAR (MM)	0.8- 6	
S	PESO ESPECIFICO DE ARENA UNIGRANULAR	1.0- 3.0	
SSO	SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL INFLUENTE (MG/L)	100- 2000	
SSÉ	SOLIDOS SOSTENIDOS EN EL EFLUENTE	10 - 100	
PH	PH DEL INFLUENTE	6.0- 8.0	
DOO	DEMANDA DE OXIGENO DEL INFLUENTE (MG/L)	7 (Mínimo)	
DBOSTO	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO EN EL INFLUENTE	100- 1000	
DBOST	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO EN EL EFLUENTE	10 - 100	

Es importante también aclarar que el desarrollo de este trabajo no contempla la remoción selectiva de contaminantes usualmente presentes en aguas residuales de origen industrial como lo son la presencia de los siguientes iones:

Hg, As, Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd.

Y que consideramos en todo caso presentes en concentraciones no mayores a 5 MG/L.

II GENERALIDADES

Basicamente el término aguas residuales se refiere al flujo de agua usado por una comunidad, EPA (Agencia de Protección Ambiental, por sus siglas en inglés) asegura que en promedio del total de agua usada por una comunidad, el 99.0 % en peso es técnicamente reciclable mediante un tratamiento adecuado, el restante 1.0 % en peso es materia disuelta o suspendida en el agua, y considerando los problemas sanitarios, ecológicos y de reuso presentes en cualquier comunidad, nos da una idea de la importancia que representa implementar los mecanismos adecuados de tratamiento de las aguas residuales que genera su área de influencia.

Desde el siglo pasado las aguas residuales generadas han sido tarea de estudio, cabe señalar que aunque se habfan construido diversas redes de saneamiento de aguas residuales desde los días del imperio Romano, el proyecto y construcción de este tipo de sistemas no experimentó desarrollo alguno hasta la década 1840-1850. El renacimiento comenzó en Hamburgo (Alemania) en 1842 debido a que por primera vez se diseñó un nuevo y completo sistema de acuerdo a las teorías más modernas de esa época debidas a la conducción de aguas residuales, teniendo en cuenta las necesidades de la comunidad. Ello supuso un avance espectacular considerando que los principios fundamentales en que se basó el diseño, son todavía hoy utilizados y que no se habfan empleado antes de aquella fecha.

Aunque la conducción de aguas residuales se remota a tiempos antiguos, el tratamiento de las mismas es relativamente reciente, ya que se inició al principio del actual siglo, el desarrollo de la teoría sobre gérmenes iniciado en la segunda mitad del siglo XIX por KOCH dio origen al comienzo de

una nueva época en la higiene, lo que provocó que se tomara conciencia del tratamiento de las aguas residuales de las comunidades.

El tratamiento y evacuación de aguas residuales recibió solamente alguna atención de tipo local y ocasional en Inglaterra, tras la construcción de los sistemas de alcantarillado como resultado de la epidemia de cólera de la primera mitad del siglo XIX.

A fines del siglo XIX el tratamiento y eliminación de aguas residuales en Estados Unidos no recibía tanta atención como en Inglaterra, ya que las molestias causadas por la evacuación de aguas residuales no eran tan grandes y también debido a las mayores superficies de terreno disponibles para su eliminación.

En 1887 se creó lo que quizá sea el primer intento en forma para crear una planta de tratamiento de aguas residuales, esto fue la puesta en marcha de la estación Lawrence, por el Massachusetts State Board of Health, creada para el estudio del tratamiento de aguas residuales. La influencia de la investigación realizada allí ha sido evidente y de gran alcance. Debido a la creciente demanda pública del tratamiento de aguas residuales y la imposibilidad de conseguir suficientes zonas para el tratamiento en el suelo, llevaron a la adopción de nuevos métodos intensivos de tratamiento, muchos de ellos se prepararon en la estación Lawrence y en la actualidad aún son utilizados.

Los métodos de tratamiento de aguas residuales en los que predomina la aplicación de principios físicos se conocen con el nombre de operaciones unitarias. Los métodos de tratamiento en los que la eliminación de contaminantes se efectúa por actividad química o biológica, se conocen como procesos unitarios. Los procesos y operaciones unitarias se agrupan para proporcionar lo que se conoce actualmente como tratamiento primario y secundario, en el

tratamiento primario se emplean operaciones de tipo físico, tales como filtrado y sedimentación, con la idea de eliminar los sólidos en flotación y sedimentables que se encuentran en las aguas residuales. En el tratamiento secundario se utilizan procesos biológicos para eliminar la materia orgánica principalmente y el término tratamiento terciario, se aplica a las operaciones y procesos utilizados para eliminar contaminantes que no se han visto afectados por el tratamiento primario o secundario.

Siguiendo este orden de ideas quedan distribuidos los temas a tratar de la siguiente manera:

- Pretratamiento
- Tratamiento Primario
- Tratamiento Secundario.

Los datos mínimos que se requieren para el diseño y la simulación están señalados en cada tema.

III PRETRATAMIENTO

- CANAL DE REJAS
- CANAL DESARENADOR
- VERTEDOR PROPORCIONAL

CANAL DE REJAS

- DISEÑO
- SIMULACION
- NOMENCLATURA
- DIAGRAMA DE FLUJO
- MANUAL DE OPERACION
- LISTADO*
- EJEMPLO

CANAL DE REJAS

En ocasiones el agua residual procedente de un sistema de colección ó de un alcantarillado, llega a la planta de tratamiento sin recibir algún pretratamiento, situación que hace necesario que dentro de las unidades de remoción se incluyan las de remoción de materia gruesa que arrastra el agua antes de proceder al tratamiento.

Una rejilla es un dispositivo con aperturas generalmente de tamaño uniforme, los elementos separadores pueden ser alambres, varillas o barras paralelas, tela metálica o placas perforadas y las aberturas pueden ser de cualquier forma, aunque generalmente son rectangulares.

Las rejas pueden ser fabricadas con barras de acero soldadas a un marco, el cual se coloca transversalmente al canal. Las barras están colocadas en forma vertical o con una pendiente de 30 a 80° respecto a la horizontal, para muchas comunidades es recomendable el uso de rejas de limpieza manual, debido a los gastos que se manejan, los cuales son mucho menores que los que corresponden en el caso de grandes ciudades. La longitud de la reja de limpieza no debe ser menor al tirante calculado para un caudal máximo. Los barrotes de la reja preferentemente no deben ser menores de 1 cm de ancho, por 15 cm de profundidad, por lo general las rejas van soldadas a unas varillas de separación situadas en la cara posterior, fuera del recorrido de algún rastrillo de limpieza de la rejilla.

El canal donde se ubica la reja debe proyectarse de modo que se evite la acumulación de arena y otros materiales pesados en el mismo antes y después de la reja, es recomendable achaflanar la unión con la paredes laterales, preferiblemente el canal deberá ser recto, perpendicular a la reja, para así procurar una distribución uniforme de los sólidos en la sección -

transversal al flujo y sobre la reja.

Con el objeto de proporcionar suficiente superficie de reja para la acumulación de basuras entre las operaciones de limpieza, es esencial que la velocidad de aproximación se limite a unos 0.55 m/s.

El área adicional necesaria para limitar la velocidad se puede obtener ensanchando el canal en la reja y colocando ésta con una inclinación más suave. Conforme se acumulan las basuras, obturando parcialmente la reja, aumenta la pérdida de carga, sumergiendo nuevas zonas a través de las cuales pasará el agua. El diseño estructural de la reja deberá ser el adecuado para -- evitar su rotura en caso de que llegue a taponarse totalmente, por esta razón generalmente se implementan dos canaletas, la segunda se incluye para mantenimiento o emergencia de alguna de ellas.

DISERO

En el diseño de un canal de rejás se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Se diseña para el gasto máximo (QMAX).
- La velocidad en el canal (VC) debe ser > 0.6 m/s, con el fin de evitar la sedimentación de partículas.
- La velocidad a través de las rejás (VR) debe ser < 0.85 m/s, a fin de evitar que el material a remover pase a través de las rejás.
- El diseño de una canal de rejás se basa en las siguientes fórmulas;

1) Area Transversal.

$$AT = \frac{QMAX}{VC} \quad (1)$$

2) Ancho del Canal (tentativo)

$$AC = \frac{AT}{H} \quad (2)$$

3) Número de Barras.

$$NBAR = [(AC) / (CB + EB)] \quad (3)$$

4) Número de Espacios

$$NESP = NBAR + 1 \quad (4)$$

5) Corrección del Ancho del Canal (AC) en función del número de barras

$$ACC = (NESP) (CB) + (NBAR) (EB) \quad (5)$$

6) Tirante Corregido.

$$HC = \frac{AT}{ACC} \quad (6)$$

7) Pendiente del Canal

$$VC = \frac{1}{N} (R^{2/3}) (S^{1/2}) \quad (7.a)$$

$$R = \frac{(HC) (ACC)}{2HC + ACC} \quad (7.b)$$

$$S = \left(\frac{(VC) (N)}{R^{2/3}} \right)^2 \quad (7.c)$$

8) Velocidad a Través de las Rejas

$$VR = \frac{Q_{MAX}}{(NESP) (CB) (HC) (1000)} \quad (8)$$

SIMULACION

Una vez diseñado el canal de rejillas para el gasto máximo, es conveniente conocer que pasa con el tirante, la velocidad en el canal y a través de las rejillas, cuando el gasto cambia.

1) Velocidad en el Canal

$$VCS = \frac{1}{N} (R^{2/3}) (S^{1/2}) \quad (9.a)$$

$$VCS = \frac{1}{N} \left(\frac{(HCS) (ACC)}{2HCS + ACC} \right)^{2/3} S^{1/2} \quad (9.b)$$

Debido a que N, ACC y S ya están especificadas en el dimensionamiento, tenemos que VCS está íntimamente relacionada con el tirante (HCS) que tendrá el líquido con el nuevo gasto, de tal manera que:

$$VCS = \frac{1}{N} (S^{1/2}) (ACC^{2/3}) [(HCS) / (2HCS + ACC)]^{2/3} \quad (9.c)$$

También por la ecuación de continuidad:

$$Q = (V) (A) \quad (10.a)$$

$$Q = (VCS) (HCS) (ACC) \quad (10.b)$$

Donde;

$$VCS = \frac{Q}{(HCS) (ACC)} \quad (9.d)$$

Sustituyendo VCS de la ecuación (9.d) en la ecuación (9.c), tenemos

$$\frac{Q}{\frac{1}{N} (S^{1/2}) (ACC^{5/3})} = (HCS) [(HCS) / (2HCS + ACC)]^{2/3} \quad (11)$$

En la ecuación (11), el lado izquierdo contiene parámetros conocidos, de -- tal manera que es posible conocer el tirante que se tendrá con un nuevo gasto (HCS), para ello se utiliza el método de prueba y error. Una vez determinado HCS, se determina VCS por medio de la ecuación (9.c).

2) Velocidad a través de las Rejas en la Simulación.

$$VRS = \frac{Q}{(NESP) (CB) (HCS) (1000)} \quad (12)$$

NOMENCLATURA:

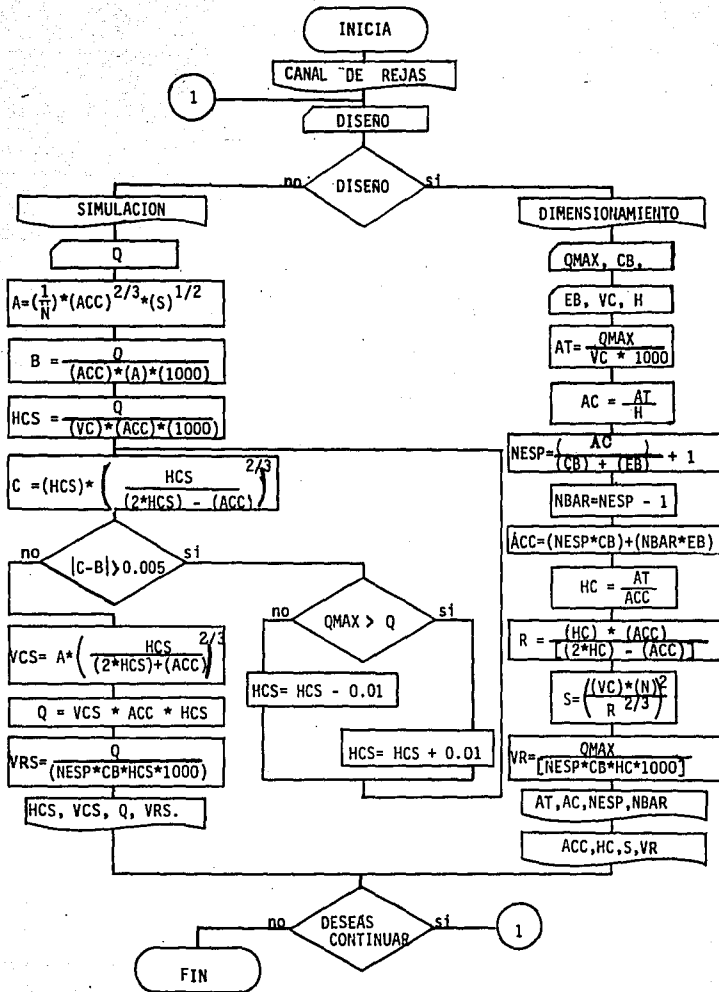
- AT Area Transversal, m²
- QMAX Gasto Máximo, l/s.
- VC Velocidad en el Canal, m/s,
- AC Ancho de Canal (tentativo), m,
- H Tirante Líquido, m,
- NBAR Número de Barras
- EB Espesor de Barras, m,
- CB Claro de Barras, m,
- NESP Número de Espacios.
- ACC Ancho del Canal Corregido, m,
- N Coeficiente de Manning, (0.013 para el cemento).

- R Radio Hidráulico, m.
- S Pendiente del Canal.
- VR Velocidad a través de las rejas, m/s.
- VCS Velocidad en el Canal en Simulación, m/s.
- HCS Tirante de Líquido en la Simulación, m.
- Q Gasto, l/s.
- V Velocidad del Líquido, m/s
- A Area, m².
- VRS Velocidad a través de las rejas en la simulación, m/s.

LISTADO DEL PROGRAMA

Antes de ingresar el programa a la calculadora, efectue la siguiente instrucción:

```
XEQ ALPHA SIZE ALPHA 015
```



01 LBL "BARRAS"	53 AVIEW	105 PSE
02 CLRG	54 PSE	106 RCL 05
03 FIX 2	55 RCL 09	107 2
04 "CANAL DE REJAS"	56 /	108 *
05 AVIEW	57 STO 04	109 RCL 02
06 PSE	58 " AC= "	110 +
07 " L/S"	59 ARCL X	111 RCL 05
08 ASTO 14	60 ARCL 11	112 RCL 02
09 " M2"	61 AVIEW	113 *
10 ASTO 10	62 PSE	114 /
11 " M"	63 RCL 02	115 1/X
12 ASTO 11	64 +	116 STO 04
13 " M/S"	65 LAST X	117 0,666666
14 ASTO 12	66 RCL 01	118 RCL 04
15 LBL 01	67 +	119 X<> Y
16 ADV	68 /	120 Y \uparrow X
17 "DISERO?"	69 1	121 RCL 03
18 PROMPT	70 +	122 0.013
19 ADV	71 INT	123 *
20 Ø	72 STO 06	124 /
21 X=Y?	73 FIX 0	125 1/X
22 GTO 02	74 "NESP= "	126 X \uparrow 2
23 "DIMENSIONAMIENT"	75 ARCL X	127 FIX 5
24 "0"	76 AVIEW	128 STO 07
25 AVIEW	77 PSE	129 " S= "
26 PSE	78 1	130 ARCL X
27 ADV	79 -	131 AVIEW
28 "QMAX L/S"	80 "NGAR= "	132 PSE
29 PROMPT	81 ARCL X	133 FIX 2
30 STO 00	82 AVIEW	134 RCL 00
31 "CB? M"	83 PSE	135 RCL 06
32 PROMPT	84 FIX 2	136 /
33 STO 01	85 RCL 02	137 RCL 01
34 "EB? M"	86 *	138 /
35 PROMPT	87 RCL 06	139 RCL 05
36 STO 02	88 RCL 01	140 /
37 "VC? M/S"	89 *	141 1000
38 PROMPT	90 +	142 /
39 STO 03	91 STO 02	143 " VR= "
40 "H? M"	92 " ACC= "	144 ARCL X
41 PROMPT	93 ARCL X	145 ARCL 12
42 STO 09	94 ARCL 11	146 AVIEW
43 ADV	95 AVIEW	147 PSE
44 RCL 00	96 PSE	148 GTO 01
45 RCL 03	97 RCL 08	149 LBL 02
46 /	98 /	150 "SIMULACION"
47 1000	99 1/X	151 AVIEW
48 /	100 STO 05	152 PSE
49 STO 08	101 " HC= "	153 ADV
50 " AT= "	102 ARCL X	154 "Q? L/S"
51 ARCL X	103 ARCL 10	155 PROMPT
52 ARCL 10	104 AVIEW	156 STO 09

157 ADV	209 ARCL 13
158 0.666666	210 ARCL 11
159 RCL 02	211 AVIEW
160 X<>Y	212 PSE
161 Y+X	213 XEQ "L"
162 RCL 07	214 RCL 08
163 SQRT	215 *
164 *	216 "VCS= "
165 0.013	217 ARCL X
166 /	218 ARCL 12
167 STO 08	219 AVIEW
168 RCL 09	220 PSE
169 RCL 02	221 RCL 02
170 /	222 *
171 RCL 08	223 RCL 13
172 /	224 *
173 1000	225 1000
174 /	226 *
175 STO 05	227 " Q= "
176 RCL 09	228 ARCL X
177 1000	229 ARCL 14
178 /	230 AVIEW
179 RCL 03	231 PSE
180 /	232 1000
181 RCL 02	233 /
182 /	234 RCL 06
183 STO 13	235 /
184 GTO 05	236 RCL 01
185 LBL 06	237 /
186 RCL 00	238 RCL 13
187 RCL 07	239 /
188 X<>Y	240 "VRS= "
189 X>Y?	241 ARCL X
190 GTO 04	242 ARCL 12
191 0.01	243 AVIEW
192 ST-13	244 PSE
193 GTO 05	245
194 LBL 04	246
195 0.01	
196 ST+13	
197 LBL 05	
198 XEQ "L"	
199 RCL 13	
200 *	
201 RCL 05	
202 -	
203 ABS	
204 0.005	
205 X<>Y	
206 X>Y?	
207 GTO 06	
208 "HCS= "	

EJECUCION DEL PROGRAMA: CANAL DE REJAS

Una vez alimentado el programa a la calculadora, se deberán efectuar los siguiente pasos para la ejecución del mismo.

TECLADO	PANTALLA
1. XEQ ALPHA BARRAS ALPHA	CANAL DE REJAS
2. Teclar el número que indicara si se desea efectuar el diseño o la simulación	DISENO?
- Teclar 1 si se va a diseñar.	
- Teclar 0 si se va a simular.	Número teclado
	Si se tecleo 1 efectuar los pasos 3-13
	Si se tecleo 0 efectuar los pasos 14-16
3. R/S	DIMENSIONAMIENTO
4. Teclar el valor del gasto máximo en l/s.	QMAX? L/S
5. R/S	Número teclado
6. Teclar el valor del espacio entre barras, m.	CB? M
7. R/S	Número teclado
8. Teclar el valor del espesor de barras en m.	EB? M
9. R/S	Número teclado
	VC? M/S

10. Teclar el valor deseado de la velocidad en el canal, en m/s.
11. R/S
12. Teclar el valor del tirante del agua deseado, m.
13. R/S

Número teclado

H? M

Número teclado

AT= M2

AC= M

NESP=

NBAR=

ACC=

HC= M

S=

VR= M/S

DISEÑO?

Si se va a efectuar un nuevo dimensionamiento
ó simulación, pasar al paso 2.

14. R/S
15. Teclar el valor del gasto a simular en l/s.
16. R/S

SIMULACION?

Q? L/S

Número teclado

HCS= M

VCS= M/S

Q= L/S

VRS= M/S

DISEÑO?

Si se va a efectuar un nuevo dimensionamiento o simulación, pasar al paso 2.

EJEMPLO DEL PROGRAMA : " BARRAS "

-- DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA:

CANAL DE REJAS
 DISEÑO? 1.00
 DIMENSIONAMIENTO

QMAX? L/S 1386.00
 CB? M 0.01905
 EB? M 0.0064
 VC? M/S 0.60
 H? M 1.30

-- RESPUESTA OBTENIDA: (DISEÑO)

AT= 2.31 M²
 AC= 1.78 M
 NESP= 71
 NBAR= 70
 ACC= 1.80 M
 HC= 1.26 M
 S= 0.00014
 VR= 0.78 M/S

DISEÑO ? 0.00
 SIMULACION
 Q? L/S 900.00

-- RESPUESTA OBTENIDA: (SIMULACION)

HCS= 0.91 M
 VCS= 0.54 M/S
 Q= 889.90 L/S
 VRS= 0.72 M/S

DESEAS CONTINUAR ? 1.00
 DISEÑO ? 0.00

SIMULACION
 Q? L/S 1386.00

HCS= 1.28 M
 VCS= 0.60 M
 Q= 1386.00 L/S
 VRS= 0.80 M/S

DESEAS CONTINUAR ? 0.00

FIN

CANAL DESARENADOR

- DISEÑO
- SIMULACION
- NOMENCLATURA
- DIAGRAMA DE FLUJO
- MANUAL DE OPERACION
- LISTADO
- EJEMPLO

CANAL DESARENADOR

La misión de los desarenadores es separar arenas, término éste que engloba a las arenas propiamente dichas y a la grava, cenizas y cualquier otra materia pesada que tenga velocidad de sedimentación o peso específico superiores a los de los sólidos orgánicos putrescibles del agua residual.

Los desarenadores deberán proteger los equipos mecánicos móviles de la abrasión y desgaste anormales, reducir la formación de depósitos pesados en los canales y conductos, así como la frecuencia de limpieza de los digestores que hay que realizar como resultado de excesivas acumulaciones de arena en tales unidades.

La mayor parte de los desarenadores se construyen en forma de canales alargados y de poca profundidad que capturan las partículas de peso específico de aproximadamente 2.65 y un diámetro promedio de 0.02 cm, la profundidad del flujo también se fija por el tamaño del elemento controlador del flujo en la descarga, excepto por el espacio asignado para almacenamiento de la arena en el fondo del mismo. así el fondo de canal se hace continuo con respecto al del elemento controlador de flujo.

La evacuación selectiva de las materias inertes pesadas se complica por las fluctuaciones en la velocidad de flujo, especialmente durante las grandes fluctuaciones que acompañan a las tormentas pluviales, por lo que se recomienda combinar la sedimentación de las partículas deseadas con una forma de arrastre hidráulico para la resuspensión de partículas no deseadas. El control hidráulico implica el suministro de área superficial adecuada y el mantenimiento de la velocidad de desplazamiento conveniente.

Las fluctuaciones en el flujo, requieren que se mantenga una relación de gasto : area, (Q/A) y una velocidad en el canal constantes. Por lo general se proporciona una solución intermedia al colocar un dispositivo para medir el flujo (por ejemplo un vertedor proporcional de flujo).

DISEÑO.

En el diseño de un canal desarenador se debe cumplir con los siguientes - requisitos:

- Se diseña para el gasto máximo (QMAX).
- La velocidad en el canal debe estar en el rango de 0.2-0.4 m/s.
- para controlar la velocidad en el canal es conveniente poner un dispositivo de regulación de flujo al final del canal, tal como un vertedor - Sutro, doble Sutro, medidor Parshall, etc.

El diseño de un canal desarenador se basa en la aplicación de las siguientes formulas:

- a) Area Superficial para un 100% de remoción

$$AS = \frac{Q_{MAX}}{(VC) (1000)} \quad (1)$$

- b) Area Superficial Corregida para la eficiencia requerida.

$$ASC = \frac{(AS) (EF)}{1000} \quad (2)$$

- c) Velocidad de Arrastre.

$$VA = \frac{8(\beta)(g)(D)[(S - 1)/(f)]^{1/2}}{1000} \quad (3)$$

- d) Area Transversal.

$$AT = \frac{Q_{MAX}}{(VA) (1000)} \quad (4)$$

- e) Ancho del Canal.

$$AC = \frac{AT}{H} \quad (5)$$

f) Largo del Canal.

$$LC = \frac{ASC}{AC} \quad (6)$$

g) Tiempo de retención.

$$TR = \frac{(H) (ASC) (1000)}{Q_{MAX}} \quad (7)$$

SIMULACION

Una vez diseñado el canal desarenador para el gasto máximo, es conveniente conocer cual será la eficiencia, el tirante y el tiempo de retención, cuando se varía el gasto.

a) Area Superficial.

$$ASS = \frac{Q}{(VS) (1000)} \quad (8)$$

b) Eficiencia

$$EFS = \frac{ASC}{ASS} \quad (9)$$

c) Area Transversal

$$ATS = \frac{Q}{(VA) (1000)} \quad (10)$$

d) Tirante.

$$HS = \frac{ATS}{AC} \quad (11)$$

e) Tiempo de Retención.

$$TRS = \frac{(HS) (ASC) (1000)}{Q} \quad (12)$$

NOMENCLATURA

- AS Area Superficial para el 100% de remoción, m^2
- QMAX Gasto máximo, l/s
- VS Velocidad de Sedimentación para el 100% de eficiencia, m/s, (se obtiene de la figura 1 anexa, para ello es necesario conocer D, s y la temperatura de trabajo).
- ASC Area Superficial Corregida para la eficiencia requerida, m^2
- EF Eficiencia Requerida, %
- VA Velocidad de Arrastre de partículas, m/s
- β Parámetro, 0.04 para arena unigranular
- g Gravedad, 9800 mm/seg^2
- D Diámetro de partícula, mm
- S Gravedad específica de la partícula
- f Coeficiente de rugosidad de Darcy, 0,03 para cemento.
- AT Area Transversal, m^2
- AC Ancho del Canal, m
- H Tirante del líquido, m
- LC Largo del Canal, m
- TR Tiempo de Retención, seg
- Q Gasto, l/s
- ASS Area Superficial en la Simulación, m^2
- EFs Eficiencia en la Simulación, %
- ATS Area Transversal en la Simulación, m^2
- HS Tirante en la Simulación, m
- TRS Tiempo de Retención en la Simulación, seg

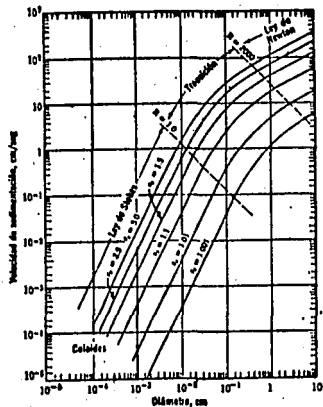


FIG. 1. Velocidades de asentamiento y elevación de partículas esféricas discretas en agua estática a 10°C. Para otras temperaturas, se multiplican los valores de Stokes por $\nu/(1.31 \times 10^{-3})$, en donde ν es la viscosidad cinemática a la temperatura establecida.

Viscosidad y densidad del agua
Cálculo de International Critical Tables, 1928 y 1929

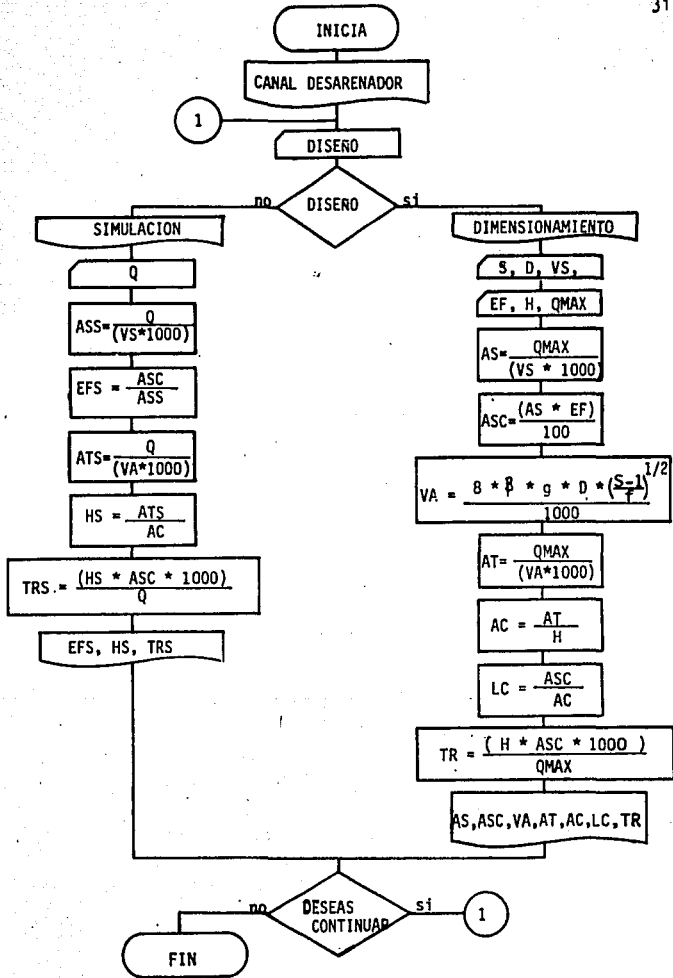
Temperatura, °C	Densidad ρ , γ (gramos/cm ³), también ρ	Viscosidad absoluta μ , centipoises ^a	Viscosidad cinemática ν , centistokes ^b	Temperatura, °F
0	0.99987	1.7921	1.7923	32.0
2	0.99997	1.6740	1.6741	35.6
4	1.00000	1.5676	1.5676	39.2
6	0.99997	1.4726	1.4726	42.8
8	0.99988	1.3872	1.3874	46.4
10	0.99973	1.3097	1.3101	50.0
12	0.99952	1.2390	1.2396	53.6
14	0.99927	1.1748	1.1756	57.2
16	0.99897	1.1156	1.1160	60.8
18	0.99862	1.0605	1.0618	64.4
20	0.99823	1.0087	1.0105	68.0
22	0.99780	0.9608	0.9629	71.6
24	0.99733	0.9161	0.9186	75.2
26	0.99681	0.8746	0.8774	78.8
28	0.99625	0.8363	0.8394	82.4
30	0.99568	0.8004	0.8039	86.0

^a 1 centipoise = 10⁻⁴ (gramos masa)/(cm)(seg). Para convertir a (lb fuerza)(seg)/
(pie cuadrado), multiplíquese centipoises por 2.088 × 10⁻⁶.

^b 1 centistoke = 10⁻² cm²/seg. Para convertir a (pie cuadrado)/(seg), multiplíquese centistokes por 1.073 × 10⁻⁴.

1 gramo/cm³ = 82.45 lb/pie cu.

FIGURA 1



LISTADO DEL PROGRAMA

Antes de ingresar el programa a la calculadora, efectue la siguiente instrucción.

XEQ ALPHA SIZE ALPHA 010

01 LBL "DESARE"	53 RCL 01	105 RCL 02
02 CLRG	54 /	106 *
03 FIX 2	55 1000	107 1000
04 "CANAL DESARENA"	56 /	108 *
05 "OR"	57 " AS= "	109 RCL 04
06 AVIEW	58 ARCL X	110 /
07 PSE	59 ARCL 06	111 " TR= "
08 " M2"	60 AVIEW	112 ARCL X
09 ASTO 06	61 Pse	113 ARCL 09
10 " M/S"	62 RCL 02	114 AVIEW
11 ASTO 07	63 *	115 PSE
12 " M"	64 100	116 GTO 01
13 ASTO 08	65 /	117 LBL 02
14 " S"	66 STO 02	118 ADV
15 ASTO 09	67 "ASC= "	119 "SIMULACION"
16 LBL 01	68 ARCL X	120 AVIEW
17 ADV	69 ARCL 06	121 PSE
18 "DISEÑO?"	70 AVIEW	122 ADV
19 PROMPT	71 PSE	123 "Q? L/S"
20 ADV	72 RCL 00	124 PROMPT
21 0	73 " VA= "	125 STO 04
22 X=Y?	74 ARCL X	126 " %"
23 GTO 02	75 ARCL 07	127 ASTO 03
24 "DIMENSIONAMIENT"	76 AVIEW	128 ADV
25 "Q"	77 PSE	129 RCL 01
26 AVIEW	78 1000	130 /
27 PSE	79 *	131 1000
28 ADV	80 RCL 04	132 /
29 "S?"	81 /	133 RCL 02
30 PROMPT	82 1/X	134 /
31 1	83 " AT= "	135 1/X
32 -	84 ARCL X	136 100
33 "D? MM"	85 ARCL 06	137 *
34 PROMPT	86 AVIEW	138 "EFS= "
35 *	87 PSE	139 ARCL X
36 SQRT	88 RCL 03	140 ARCL 03
37 0.323316	89 /	141 AVIEW
38 *	90 STO 05	142 PSE
39 STO 00	91 " AC= "	143 RCL 04
40 "VS? M/S"	92 ARCL X	144 RCL 00
41 PROMPT	93 ARCL 08	145 /
42 STO 01	94 AVIEW	146 1000
43 "EF? %"	95 PSE	147 /
44 PROMPT	96 RCL 02	148 RCL 05
45 STO 02	97 /	149 /
46 "H? M"	98 1/X	150 " HS= "
47 PROMPT	99 " LC= "	151 ARCL X
48 STO 03	100 ARCL X	152 ARCL 08
49 "QMAX? L/S"	101 ARCL 08	153 AVIEW
50 PROMPT	102 AVIEW	154 PSE
51 STO 04	103 PSE	155 RCL 02
52 ADV	104 RCL 03	156 *

157 1000
158 *
159 RCL 04
160 /
161 *TRS= "
162 ARCL X
163 ARCL 09
164 AVIEW
165 PSE
166 GTD 01
167 END

EJECUCIÓN DEL PROGRAMA: CANAL DESARENADOR

Una vez ingresado el programa a la calculadora, se deberán efectuar las siguientes instrucciones para la ejecución del mismo.

TECLADO	PANTALLA
1. XEQ ALPHA DESARE ALPHA	DESARENADOR
2. Teclar el número que indicará si se desea efectuar el diseño o la simulación.	DISERO?
- Teclar 1 si se va a diseñar	
- Teclar 0 si se va a simular	Número teclado
	Si se tecló 1 efectuar los pasos 3-15
	Si se tecló 0 efectuar los pasos 16-18
3. R/S	DIMENSIONAMIENTO
4. Teclar el valor de la gravedad específica de la partícula	S?
5. R/S	Número teclado
6. Teclar el valor del diámetro de la partícula, mm.	D? MM
7. R/S	Número teclado
8. Teclar el valor de la velocidad de sedimentación, m/s.	VS? M/S
9. R/S	Número teclado
	EF? %

TECLADO	PANTALLA
10. Teclrear el valor de la eficiencia requerida, %.	
11. R/S	H? M
12. Teclrear el valor del tirante requerido, m.	Número teclado
13. R/S	QMAX? L/S
14. Teclrear el valor del gasto máximo, en l/s.	Número teclado
15. R/S	AS= M2
	ASC= M2
	VA= M/S
	AT= M2
	AC= M
	LC= M
	TR= s
	DISEÑO?

Si se va a efectuar un nuevo diseño ó simulación, pasar al paso 2.

16. R/S	SIMULACION
	Q? L/S
17. Teclrear el valor del gasto a simular, en l/s.	Número teclado
18. R/S	EFS= %
	HS= M
	TRS= S
	DISEÑO?

Si se va a efectuar un nuevo diseño pasar al paso 2

EJEMPLO DEL PROGRAMA: " DESARE "

-- DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA:

CANAL DESARENADOR
DISERO?

DIMENSIONAMIENTO 1.00

S? 2.65
D? MM 0.25
VS? M/S 0.032
EF? % 70.00
H? M 1.80
QMAX L/S 1386.00

-- RESPUESTA OBTENIDA: (DISEÑO)

AS= 43.31 M²
ASC= 30.32 M²
VA= 0.21 M/S
AT= 6.67 M^c
AC= 1.85 M
LC= 16.35 M
TR= 39.38 S

DISERO ? 0.00

SIMULACION

Q? L/S 900.00

-- RESPUESTA OBTENIDA: (SIMULACION)

EFS= 97.80 %
HS= 1.17 M
TRS= 39.38 S

DESEAS CONTINUAR ?

DISERO ? 1.00

SIMULACION 0.00

Q? L/S 1386.00
EFS= 70.00 %
HS= 1.80 M
TRS= 39.38 S

DESEAS CONTINUAR ?

FIN 0.00

VERTEDEDOR PROPORCIONAL

VERTEDOR PROPORCIONAL

Para asegurar que la velocidad en el canal desarenador se encuentre en el rango de 0.2 a 0.4 m/s, es práctica común el poner un vertedor proporcional al final del canal, este vertedor puede ser de tipo SUTRO ó DOBLE SUTRO.

El presente programa calcula las dimensiones de un vertedor SUTRO ó DOBLE SUTRO, según se especifique, además para distintos tirantes de agua, se calcula el gasto que pasa por el vertedor.

DISENO

En el diseño de un vertedor proporcional SUTRO ó DOBLE SUTRO se deben considerar los siguientes requisitos

- Para el vertedor SUTRO se diseña con QMAX.
- Para el vertedor DOBLE SUTRO se diseña con 1/2 de QMAX

a) Gasto (SUTRO)

$$Q = [(B) (2ga)^{3/2} (h + 2/3 a)] \quad (1.a)$$

(DOBLE SUTRO)

$$Q = [(2B) (2ga)^{3/2} (h + 2/3 a)] \quad (1.b)$$

b) Distancia en el eje X

$$X = (B) [1 - (2/180) \text{ARC TAN} \sqrt{\frac{V}{a}}] \quad (2)$$

c) Base

$$B = \frac{Q}{(h + 2/3 a) \sqrt{2ga}} \quad (3)$$

d) Tirante

$$H = h = a$$

NOMENCLATURA

Q Gasto, l/s.

g Gravedad, 9.8 m/s.

a 0.0254 m (menor proporción de atorcamiento).

H Tirante, m.

B Base del vertedor, m.

Y Distancia en el eje Y, a partir de la base.

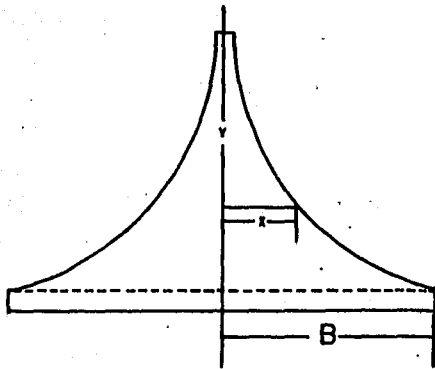
X Distancia en el eje X a partir del eje central.

h

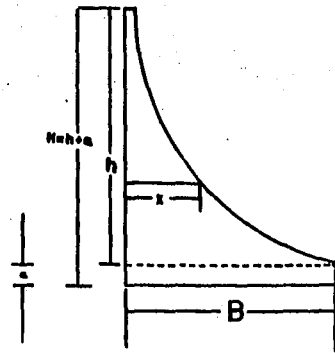
h = Y

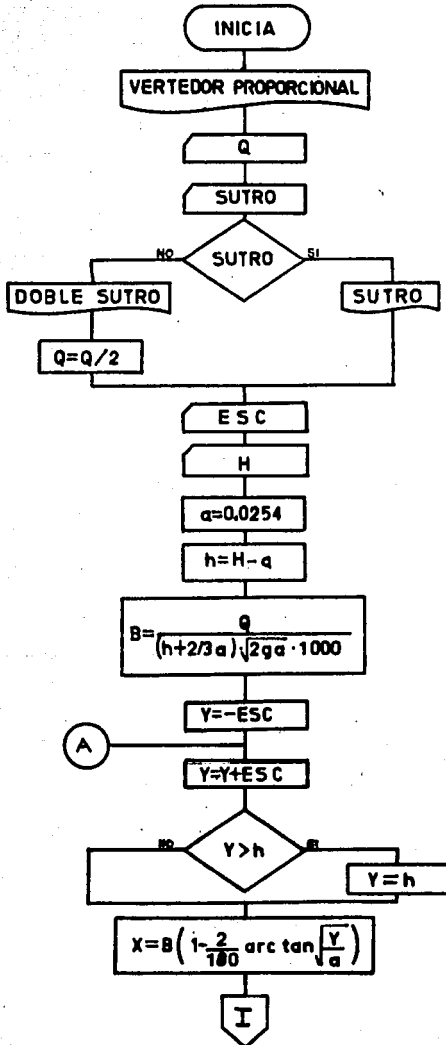
hMAX = YMAX = H - a

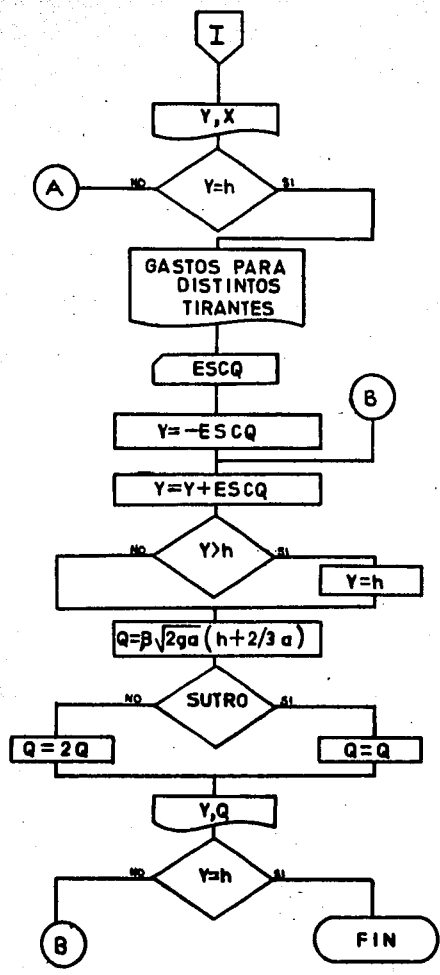
DOBLE SUTRO



SUTRO







EJECUCION DEL PROGRAMA: VERTEDOR PROPOCIONAL

Una vez alimentado el programa a la computadora, se deberán efectuar los siguientes pasos para la ejecución del mismo.

TECLADO	PANTALLA
1. XEQ ALPHA VERTED ALPHA	VERTEDOR QMAX? L/S
2. Teclar el valor del gasto máximo, en l/s.	Número teclado
3. R/S	SUTRO?
4. Teclar el valor que indicará si se va a efectuar el diseño de un SUTRO o DOBLE SUTRO.	Número teclado
- Teclar 1 si se va a diseñar SUTRO	SUTRO
- Teclar 0 si se va a diseñar un - DOBLE SUTRO	(si se tecló 1) DOBLE SUTRO (si se tecló 0)
5. R/S	ESC? Ch
6. Teclar el valor del incremento en - que se desea desarrollar Y, cm.	Número teclado
7. R/S	H? M
8. Teclar el valor del tirante máximo-	

TECLADO

PANTALLA

deseado en el vertedor, en m.

9. R/S

Número teclado

B= CM

Y1= CM

X1= CM

Y2= CM

X2= CM

(hasta que $Y = H - a$)

GASTOS PARA

DISTINTOS

TIRANTES

ESCQ? CM

10. Teclar el valor del incremento del tirante en que se desea se calculen valores del gasto, cm.

11. R/S

Número teclado

Y1= CM

Q1= L/S

Y2= CM

Q2= L/S

(hasta que $Y = H - a$)

LISTADO DEL PROGRAMA

Antes de ingresar el programa a la calculadora, efectue la siguiente instrucción:

XEQ ALPHA SIZE ALPHA 013

01 LBL "VERTED"	53 STO 03	105 ARCL 10
02 CLRG	54 ADV	106 AVIEW
03 FIX 2	55 "B= "	107 PSE
04 "VERTEDOR"	56 ARCL X	108 RCL 02
05 AVIEW	57 ARCL 10	109 RCL 05
06 PSE	58 AVIEW	110 X> Y?
07 ADV	59 PSE	111 GTO 09
08 " CM"	60 Ø	112 PSE
09 ASTO 10	61 STO 07	113 GTO 02
10 " L/S"	62 RCL 01	114 LBL 09
11 ASTO 11	63 CHS	115 "GASTOS PARA"
12 " = "	64 STO 05	116 AVIEW
13 ASTO 12	65 LBL 02	117 PSE
14 "QMAX? L/S"	66 RCL 01	118 "DISTINTOS TIRAN"
15 PROMPT	67 ST+07	119 AVIEW
16 STO 00	68 RCL 07	120 PSE
17 "SUTRO?"	69 1	121 "TES"
18 PROMPT	70 ST+07	122 AVIEW
19 STO 09	71 LBL 03	123 PSE
20 ADV	72 RCL 05	124 "ESCO? CM"
21 1	73 2.54	125 PROMPT
22 X=Y?	74 /	126 STO 01
23 GTO 01	75 SORT	127 PSE
24 "DOBLE SUTRO"	76 ATAN	128 Ø
25 AVIEW	77 0.011111	129 STO 07
26 PSE	78 *	130 RCL 01
27 RCL 00	79 CHS	131 CHS
28 2	80 1	132 STO 05
29 /	81 +	133 Ø
30 STO 00	82 RCL 03	134 STO 04
31 LBL 01	83 *	135 LBL 05
32 "SUTRO"	84 STO 06	136 RCL 01
33 AVIEW	85 LBL 04	137 ST+ 05
34 PSE	86 "Y"	138 RCL 07
35 ADV	87 RCL 07	139 1
36 "ESC? CM"	88 FIX 0	140 ST+ 07
37 PROMPT	89 ARCL X	141 LBL 06
38 STO 01	90 ARCL 12	142 RCL 04
39 "H? CM"	91 RCL 05	143 1.693333
40 PROMPT	92 FIX 2	144 +
41 2.58	93 ARCL X	145 0.07055778
42 -	94 ARCL 10	146 *
43 STO 02	95 AVIEW	147 RCL 03
44 1.693333	96 PSE	148 *
45 +	97 "X"	149 STO 08
46 70.557778	98 RCL 07	150 RCL 04
47 *	99 FIX 0	151 RCL 01
48 1/X	100 ARCL X	152 +
49 RCL 00	101 ARCL 12	153 STO 04
50 *	102 RCL 06	154 RCL 09
51 1000	103 FIX 2	155 ADV
52 *	104 ARCL X	156 1

157 X=Y?
158 GTO 07
159 RCL 00
160 2
161 /
162 STO 00
163 LBL 07
164 "Y"
165 RCL 07
166 FIX 0
167 ARCL X
168 ARCL 12
169 RCL 05
170 FIX 2
171 ARCL X
172 ARCL 10
173 AVIEW
174 PSE
175 "O"
176 RCL 07
177 FIX 0
178 ARCL X
179 ARCL 12
180 RCL 08
181 FIX 2
182 ARCL X
183 ARCL 11
184 AVIEW
185 PSE
186 RCL 02
187 RCL 05
188 X<>Y
189 X > Y?
190 GTO 05
191 PSE
192 LBL 08
193 "FIN"
194 AVIEW
195 PSE
196 END

EJEMPLO DEL PROGRAMA: " VERTED " "

-- DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA:

VERTEDOR

QMAX? L/S 1386.00

SUTRO ? 0.00

DOBLE SUTRO

ESC? CM 15.00

H? CM 165.00

-- RESPUESTA OBTENIDA: (DISEÑO)

B= 119.69 CM

Y1= 0.00

X1= 119.69

Y2= 15.00

X2= 29.75

Y3= 30.00

X3= 21.58

Y4= 45.00

X4= 17.78

Y5= 60.00

X5= 15.46

Y6= 75.00

X6= 13.87

Y7= 90.00

X7= 12.68

Y8= 105.00

X8= 11.76

Y9= 120.00

X9= 11.01

Y10=135.00

X10= 10.39

Y11=150.00

X11= 9.86

Y12=165.00

X12= 9.41

GASTOS PARA DISTINTOS TIRANTES

ESCQ? CM 10.00

-- RESPUESTA OBTENIDA: (SIMULACION)

Y1= 0.00 CM

Q1= 14.30 L/S

Y2= 10.00

Q2= 98.73

Y3= 20.00

Q3= 183.16

Y4= 30.00

Q4= 267.60
Y5= 40.00
Q5= 352.12
Y6= 50.00
Q6= 436.57
Y7= 60.00
Q7= 521.22
Y8= 70.00
Q8= 605.48
Y9= 80.00
Q9= 689.93
Y10= 90.00
Q10=774.39
Y11=100.00
Q11=858.84
Y12=110.00
Q12=943.29
Y13=120.00
Q13=1027.75
Y14=130.00
Q14=1112.20
Y15=140.00
Q15=1196.65
Y16=150.00
Q16=1281.11
Y17=160.00
Q17=1386.56
Y18=170.00
Q18=1450.02

IV TRATAMIENTO PRIMARIO

- **PRUEBAS DE TRATABILIDAD**
- **DISEÑO**

SEDIMENTACION PRIMARIA
PRUEBAS DE TRATABILIDAD

- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL
- PROCESAMIENTO DE DATOS
- NOMENCLATURA
- DIAGRAMA DE FLUJO
- MANUAL DE OPERACION
- LISTADO
- EJEMPLO

SEDIMENTACION PRIMARIA

PRUEBAS DE TRATABILIDAD

La sedimentación es un proceso empleado en el tratamiento de aguas residuales para remover sólidos en suspensión: estas partículas se sedimentan cuando la fuerza de gravedad vence a las fuerzas de viscosidad e inercia que actúan sobre el material suspendido.

El proceso puede ser categorizado de acuerdo a tres clasificaciones básicas:

- 1) SEDIMENTACION DIRECTA, donde las partículas mantienen su individualidad y no sufren cambios en tamaño, forma o densidad durante el proceso de sedimentación.
- 2) SEDIMENTACION FLOCULENTA, donde las partículas se aglomeran durante el proceso de sedimentación con un cambio consecuente en su gravedad específica y velocidad de sedimentación.
- 3) SEDIMENTACION ZONAL, donde la suspensión floculada forma una estructura y se sedimenta como una masa exhibiendo distintas interfases durante la sedimentación.

En forma general la sedimentación directa describe la sedimentación de partículas de arena, cascajo, etc. (desarenación); la sedimentación flocluenta describe la sedimentación de materiales orgánicos e inorgánicos suspendidos (sedimentación primaria); y la sedimentación zonal describe la sedimentación de lodos químicos concentrados y lodos biológicos activados (sedimentación secundaria).

En esta parte del trabajo deseamos tratar la sedimentación flocluenta o sedimentación primaria, contemplándose las otras formas de sedimentación en --

otras partes de este trabajo.

Dado que la velocidad de sedimentación de las partículas floculentas se incrementa conforme se sedimentan a través de la profundidad del tanque de sedimentación (ya que la gravedad específica de la partícula se incrementa por la coescencia), se tiene como resultado una sedimentación curvilínea que es difícil de definir matemáticamente, es por ello que se propone efectuar pruebas de tratabilidad a nivel laboratorio (o a nivel planta piloto) cuyos objetivos son el establecimiento de los parámetros básicos de diseño, las relaciones de:

- 1.- % de remoción de SS versus Tiempo de Sedimentación.
- 2.- % de remoción de SS versus Carga Superficial.

A continuación se presenta el procedimiento para llevar a cabo las pruebas de tratabilidad, el procesamiento que deberán tener los datos para la obtención de los parámetros básicos de diseño y por último, se establece un programa que nos ayuda a efectuar rápidamente el procesamiento de datos.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La operación del sistema experimental puede llevarse a cabo de acuerdo a los siguientes lineamientos;

- a) Determinación del gasto y características del agua residual (principalmente SS y DBO).
- b) Implementación de una columna de sedimentación, como la mostrada en la figura
- c) Colección de muestras de agua residual conteniendo cuando menos tres diferentes concentraciones de SS que abarquen el rango esperado de fluctuación.

Efectúe cada uno de los siguientes pasos para cada una de las muestras de agua residual colectadas.

- Llene la columna de sedimentación con la muestra de agua residual, proporcione agitación a fin de obtener una concentración uniforme en la columna.
- Permita que el agua residual sedimente y tome muestras en cada uno de los puntos de muestreo a intervalos de tiempo predeterminados.
- Analice el contenido de SS de cada una de las muestras colectadas en la columna.

PROCESAMIENTO DE DATOS

El siguiente esquema facilita la obtención de los parámetros básicos de diseño, mediante el procesamiento ágil y adecuado de los datos obtenidos en el procedimiento experimental.

- 1.- Tabule los datos obtenidos en el procedimiento experimental como se muestra en la figura A.
- 2.- Conforme la tabla 1 calcule, para cada profundidad de muestreo, el porcentaje de sólidos remanentes en suspensión de acuerdo a:

$$\% \text{ REM} = \frac{\text{SS}}{\text{SSO}} \times 100 \quad (1)$$

determine también la fracción de sólidos removidos mediante:

$$\% \text{ REMOV} = 100 - \% \text{ REM} \quad (2)$$

- 3.- Construya una gráfica de % de SS removidos (% REMOV) VS Tiempo (T),-- figura 1.
- 4.- A partir de la figura 1, determine los valores de T correspondientes a los valores seleccionados de % REMOV, para cada una de las 4 profun-

- medidas de muestreo. Tabulense dichos resultados conforme a la tabla 2.
- 5.- De los valores reportados en la tabla 2 construya el perfil de la gráfica de sedimentación, figura 2.
 - 6.- De la figura 2 y para una profundidad de 2.3 m leanse los valores de T correspondientes a 10, 20, 30, 40, 50 y 70 de SS removidos y tabulense según la tabla 3.
 - 7.- Como un agua residual contiene partículas con diferentes velocidades de sedimentación, partículas con una velocidad de sedimentación V_S ó mayor ($V_S = H/T$) son completamente removidas, mientras que las partículas con velocidad de sedimentación menor, V_1 ($V_1 < V_S$), son removidas a una razón de;

$$\frac{V_1}{V_S} = \frac{h}{H} \quad (3)$$

por lo que el % de remoción total está dado por

$$\% \text{ REMOC} = \% \text{ REMOV} + \sum (h/H) \Delta \% \text{ REMOV} \quad (4)$$

Para ilustrar la obtención de este % de remoción total considere uno de los valores de T de la tabla 3 ($T = 26.8 \text{ min}$) y la profundidad de sedimentación de 2,3 m; de acuerdo a estos datos y a la figura 2 el 40 % de los sólidos son completamente removidos. Considere ahora las partículas que están en el rango de 40 - 70 % de remoción, las cuales son removidas en la proporción V_1/V_S o en la proporción de la profundidad promedio h_1 a la profundidad total de sedimentación H , (h_1/H); si tomamos incrementos del 10% ($\Delta \% \text{ REMOV}$), las profundidades promedio se determinan al leer en la figura 2 las profundidades h_1 correspondientes a $T = 26.8 \text{ min}$ y su interpretación sería con la intercepción con los perfiles de sedimentación del 50, 60 y 70%. Por lo tanto, para el primer incremento del 10 % tenemos que la intercepción de $T = 26.8$ y

el perfil de sedimentación del 50% nos da como resultado una $h_1 = 0.98$, por lo que para este primer intervalo el % de sólidos removidos será:
 $(h_1/H) \Delta \% \text{ REMOV} = (0.98 / 2.3) \times 10 = 4.26 \%$

De la misma forma, se determinan para los subsecuentes intervalos de 10 % sus profundidades promedio y se obtienen los % de sólidos removidos correspondientes. Por lo tanto el % de remoción total para un cualquier tiempo T está dado por;

$$\% \text{ REMOC} = \% \text{ REMOV} + (h_1/H)(10) + (h_2/H)(10) + \dots \quad (5)$$

Para $T = 26.8$ min tendremos entonces que:

Porcentaje de remoción total para 26.8 min,

100 % de remoción a 30 %	30.00 %
1er. intervalo (50%) - $(0.98/2.3)(10)$	4.26 %
2do. intervalo (60%) - $(0.60/2.3)(10)$	2.60 %
3er. intervalo (70%) - $(0.45/2.3)(10)$	1.52 %
Remoción total después de 26.8 min	38.38 %

Se efectúan cálculos similares para los demás tiempos de sedimentación listados en la tabla 3, los resultados finales se resumen en la tabla 4.

- 8.- A partir de la tabla 4 se prepara la gráfica básica de diseño correspondiente a % de SS removidos (%REMOC) contra Tiempo de Sedimentación (T), tal como se muestra en la figura 3.
- 9.- Determinense las velocidades de sedimentación y las cargas superficiales mediante la elaboración de la tabla 5, para lo cual se utilizan las siguientes fórmulas;

$$VS = (60) (H / T) \quad (6)$$

$$CS = (24) (VS)$$

$$(7)$$

- 10.- A partir de la tabla 5 se elabora la segunda gráfica básica de diseño - correspondiente a % de SS removido (% REMOC) contra Carga Superficial (CS), tal como se muestra en la figura 4.
- 11.- Las figuras 3 y 4 son los resultados del procesamiento de datos del diseño experimental de sedimentación primaria, como ya se mencionó estas dos gráficas nos proporcionan los parámetros básicos para el diseño de un sedimentador primario.

CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA

El presente programa efectúa el procesamiento de los datos resultantes del diseño experimental, proporcionando toda la información (tablas y figuras) que se generan al desarrollar los 11 pasos considerados en el procesamiento, para la elaboración de este programa se tuvieron que realizar algunas consideraciones, las cuales se irán mencionado conforme se discutan cada uno de los 11 pasos involucrados en el procesamiento de datos.

- 1.- La información contenida en la tabla A constituye la alimentación del programa, en ella se encuentran los datos necesarios para la ejecución del programa.
 - a) El programa se diseñó para manejar la información de hasta 10 juegos de datos de tiempo de sedimentación y 4 profundidades de muestreo, esto es hasta 40 datos de concentraciones de SS. Primeramente hay que decirle al programa cuantos tiempos de sedimentación y cuantas profundidades de muestreo consideramos en nuestro diseño experimental. (ver ejecución del programa).
 - b) Se necesita alimentar al programa con el valor de la concentración

inicial de SS

- b) También se necesita proporcionar a que profundidades se encuentran los puntos de muestreo considerado, los tiempos a los que se tomaron las muestras y por último, las concentraciones de SS que se obtuvieron al analizar las muestras.
- 2.- Se efectúan todos los pasos estipulados para este paso, dando como resultado la generación y exhibición de la tabla 1.
- 3.- Aquí se presenta la primera consideración en la elaboración del programa; manejando datos reales se encontró que al graficar el % de SS removidos contra el Tiempo de sedimentación, figura 1, las curvas resultantes se comportaban de acuerdo a la ecuación de la forma:

$$Y = \frac{X}{a + bX} \quad \delta \quad \% \text{ REMOV} = \frac{T}{a + bT}$$

De acuerdo a esto a los datos de la tabla 1 se le aplica el método de mínimos cuadrados y se obtienen los parámetros de la ecuación: a y b, aún más, también se determina el coeficiente de correlación (r), que nos ayuda a decidir si la consideración de ajustar las curvas en cuestión, es válida.

Como resultado del ajuste se obtiene una ecuación para cada una de las curvas de la figura 1 y de acuerdo a estas ecuaciones se generan datos para graficar la curva de ajuste.

- 4.- Utilizando adecuadamente las ecuaciones establecidas en el paso anterior para cada una de las profundidades de muestreo se determinan los valores de T correspondientes a valores de % REMOV de 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70%, esto es:

$$T = \frac{(a) \cdot (\% \text{ REMOV})}{1 - (b) \cdot (\% \text{ REMOV})}$$

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 2.

- 5.- Aquí se presenta la segunda consideración importante en la elaboración del programa: al graficar las profundidades de muestreo contra el tiempo de sedimentación para obtener el perfil de sedimentación de la figura 2, se encontró que las curvas resultantes también se comportaban de acuerdo a la ecuación

$$Y = \frac{X}{a + bX}$$

Mejorando su correlación cuando se cambian los ejes coordenados; en general, la correlación es mejor cuando el eje de las X se grafican números menores y en el eje de las Y números mayores que los del eje X.

De acuerdo a lo anterior, las curvas correspondientes a 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70% de sólidos removidos se ajustaron por medio de mínimos cuadrados a fin de obtener ecuaciones de la forma:

$$T = \frac{\text{PROF}}{a + b \cdot \text{PROF}}$$

Al igual que en el paso 3 se obtienen y se exhiben para cada ecuación sus correspondientes valores de a y b, así como su coeficiente de correlación: así mismo, se generan datos para graficar dichas curvas

- 6.- De acuerdo las ecuaciones obtenidas en el paso anterior, en cada una de ellas se sustituye PROF = 2.3 m y se obtienen los valores correspondientes del tiempo de sedimentación para 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70% de sólidos removidos, dichos resultados se presentan mediante la tabla número 3.
- 7.- Manejando adecuadamente las ecuaciones obtenidas en el paso 5, se obtienen los % de remoción total para cada uno de los tiempos de sedimentación obtenidos en el paso anterior, mediante el siguiente esquema: -

la ecuación de ajuste se transforma para tener;

$$\text{PROF} = \frac{aT}{1 - bT}$$

De tal manera que al sustituir T en cada una de las 7 ecuaciones, se obtienen las profundidades promedio necesarias para calcular la sedimentación que tienen las partículas con $V_1 < V_S$.

El programa exhibe para cada tiempo de sedimentación los % de remoción en que incurrir los diferentes intervalos de remoción. Los resultados finales, tiempo de sedimentación y % de remoción total, se exhiben la tabla 4.

- 8.- La curva de la figura 3 también se comporta de acuerdo a la ecuación de la forma:

$$Y = \frac{X}{a + bX} \quad \text{o} \quad \% \text{ REMOC} = \frac{T}{a + bT}$$

Por lo que los datos de la tabla 4 se le aplican mínimos cuadrados y se obtienen los parámetros a y b y el coeficiente de correlación, r: - también de acuerdo a la ecuación de ajuste se generan datos para graficar la curva de ajuste.

- 9.- De acuerdo a las formulas utilizadas en este paso, se calculan las velocidades de sedimentación y las cargas superficiales para los distintos tiempos de sedimentación: los resultados se resumen en la tabla 5.
- 10.- También mediante la utilización de datos reales se encontró que es posible ajustar la curva de la figura 4 a una ecuación de la forma:

$$Y = a + \frac{b}{X}$$

También la correlación cuando se cambian los ejes coordenados y se utiliza:

$$CS = a + \frac{b}{\% \text{ REMOC}}$$

Al aplicar mínimos cuadrados a los datos de la tabla 5 se obtienen los parámetros a y b, así como el coeficiente de correlación: también se generaron, de acuerdo a la ecuación de ajuste, valores para graficar la curva de ajuste.

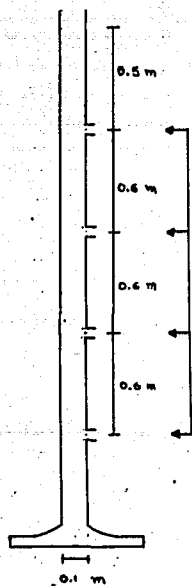
- 11.- Las figuras 3 y 4 constituyen los parámetros básicos de diseño de un sedimentador primario, las ecuaciones de ajuste de dichas curvas (sus parámetros a y b) será utilizadas en el capítulo de diseño de sedimentadores primarios, por lo que se deberá tener presente que:

FIGURA	ECUACION DE AJUSTE	PARAMETROS
3	$\% \text{ REMOC} = \frac{T}{a1 + (b1)(T)}$	a1, b1
4	$\% \text{ REMOC} = \frac{b2}{CS - a2}$	a2, b2

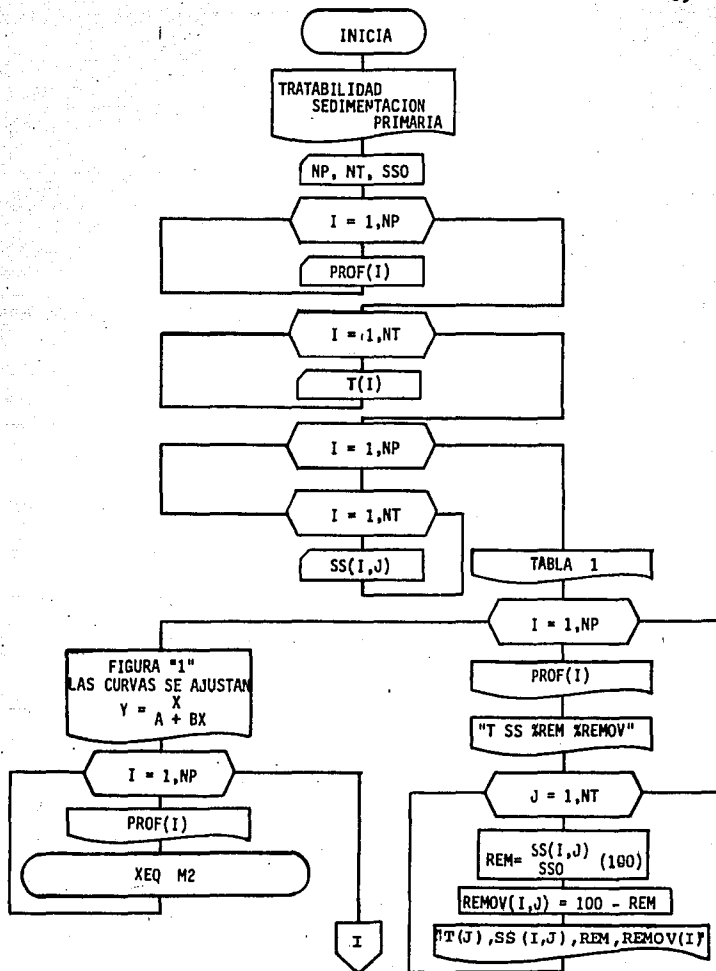
NOMENCLATURA

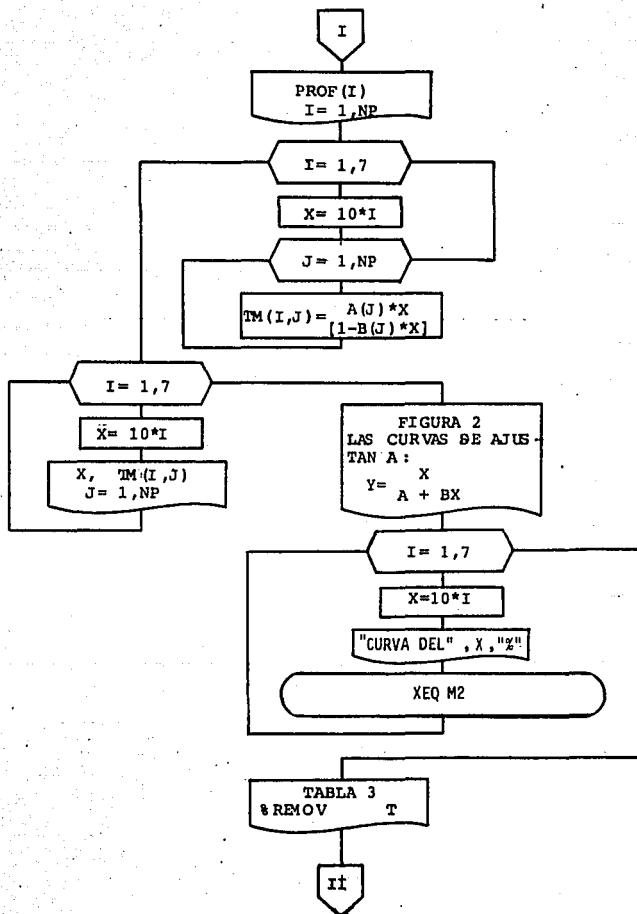
SS	Concentración de sólidos suspendidos, mg/L.
SSO	Concentración inicial de sólidos suspendidos, mg/l
%REM	Porcentaje inicial de sólidos remanetes, %.
%REMOV	Porcentaje de sólidos removidos, %.
T	Tiempo de sedimentación, min.
VS	Velocidad de sedimentación, m/h.
H	Profundidad total de sedimentación, m.
V1	Velocidad de sedimentación menor a vs, m/h

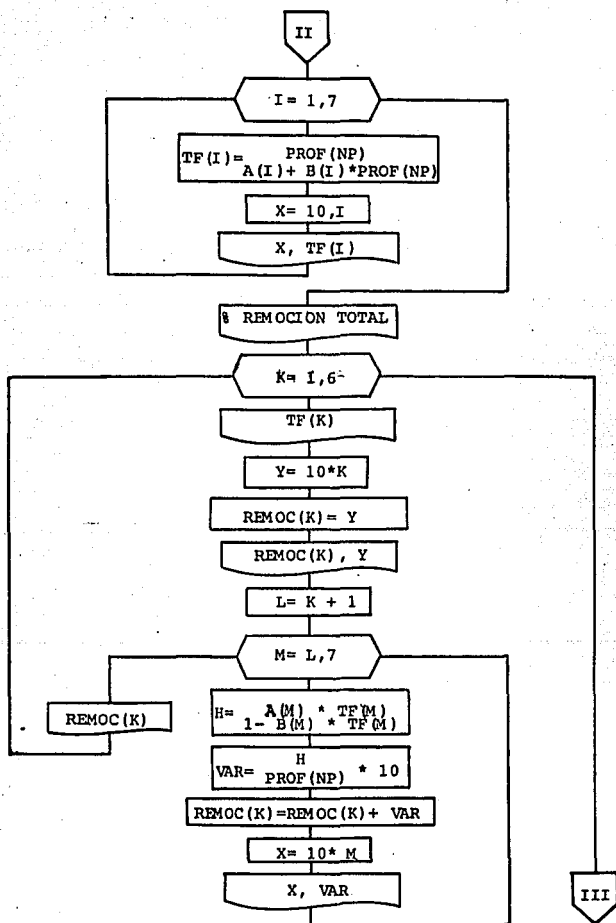
h	Profundidad promedio de sedimentación, m.
%REMO	Porcentaje de remoción total de SS, %.
Δ%REMO	Incrementos de % de SS removidos
PROF	Profundidad de sedimentación, m.
CS	Carga superficial, M3 / M2 - d.

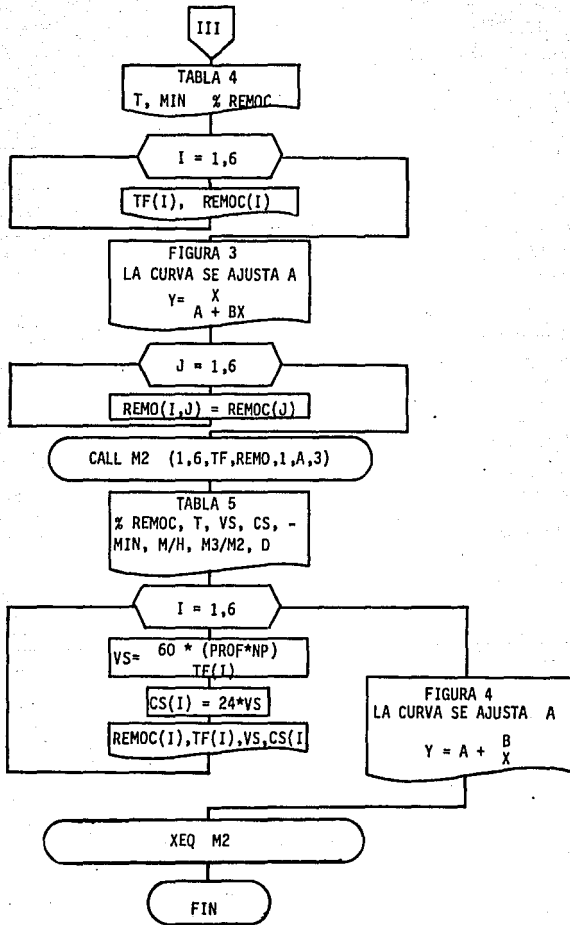


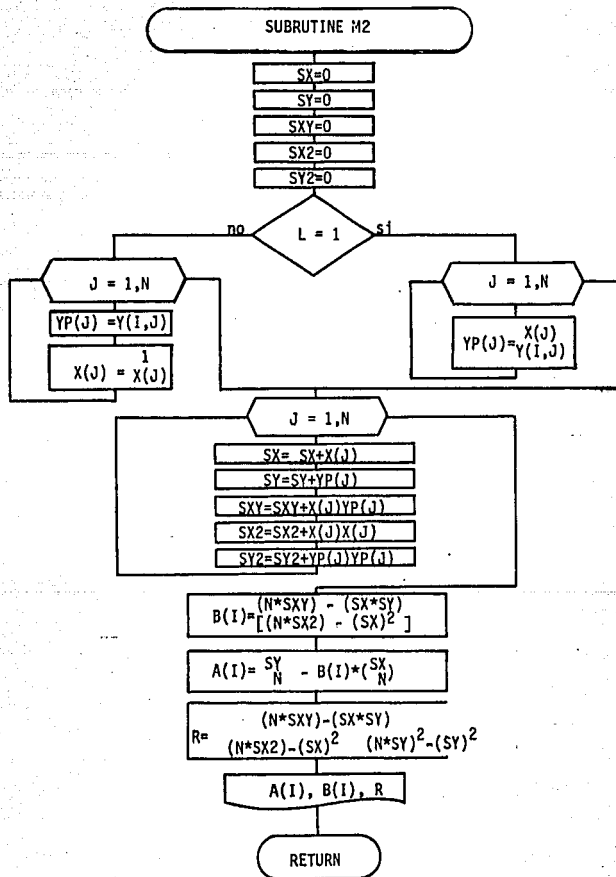
COLUMNA DE SEDIMENTACION











LISTADO DEL PROGRAMA

Antes de introducir los datos a la calculadora, ejecute la siguiente instrucción:

XEQ ALPHA SIZE ALPHA 077

01 LBL "TRATSP"	53 RCL 60	105 ARCL IND 62
02 CLRG	54 INT	106 RCL IND 61
03 CF 24	55 "T"	107 FIX 1
04 ADV	56 ARCL X	108 " "
05 "TRATABILIDAD"	57 " ? MIN"	109 ARCL X
06 AVIEW	58 PROMPT	110 RCL 00
07 PSE	59 STO IND 63	111 /
08 "SEDIMENTACION"	60 ISG 60	112 100
09 AVIEW	61 GTO 02	113 "
10 PSE	62 LBL 03	114 " "
11 "PRIMARIA"	63 rcl 61	115 ARCL X
12 XEQ "V"	64 INT	116 CHS
13 REG 70	65 STO 62	117 100
14 FIX 0	66 RCL 58	118 +
15 "NP?"	67 STO 60	119 STO IND 61
16 PROMPT	68 LBL 04	120 " "
17 STO 55	69 1	121 ARCL X
18 1000	70 ST+ 63	122 AVIEW
19 /	71 RCL 60	123 PSE
20 1	72 INT	124 ISG 60
21 +	73 "SS"	125 GTO 07
22 STO 57	74 ARCL 62	126 ISG 59
23 STO 59	75 ARCL X	127 GTO 06
24 STO 61	76 " ? MG/L"	128 1
25 STO 62	77 PROMPT	129 XEQ "Q"
26 "NT?"	78 STO IND 63	130 CF 00
27 PROMPT	79 ISG 60	131 XEQ "AB"
28 STO 56	80 GTO 04	132 RCL 57
29 1000	81 ISG 61	133 RCL 59
30 /	82 GTO 03	134 RCL 55
31 1	83 1	135 RCL 56
32 +	84 XEQ "U"	136 +
33 STO 58	85 RCL 55	137 STO 61
34 STO 60	86 RCL 56	138 CF 01
35 "SSO? MG/L"	87 +	139 LBL 08
36 PROMPT	88 STO 61	140 XEQ "P"
37 STO 00	89 LBL 06	141 XEQ "M2"
38 LBL 01	90 RCL 55	142 RCL 58
39 1	91 STO 62	143 STO 60
40 ST+ 63	92 XEQ "P"	144 LBL 09
41 RCL 62	93 "T SS Y "	145 RCL 60
42 INT	94 " %REMOV"	146 INT
43 "PROF"	95 AVIEW	147 STO 65
44 ARCL X	96 PSE	148 XEQ "M2"
45 " ? M"	97 RCL 58	149 ISG 60
46 PROMPT	98 STO 60	150 GTO 09
47 STO IND 63	99 LBL 07	151 XEQ "BA"
48 ISG 62	100 1	152 ISG 59
49 GTO 01	101 ST+ 61	153 GTO 08
50 LBL 02	102 ST+ 62	154 SF 01
51 1	103 FIX 0	155 2
52 ST+ 63	104 " "	156 XEQ "U"

157 "%REMOV TM"	209 +	261 10.0601
158 " IN"	210 RCL 66	262 STO 59
159 AVIEW	211 /	263 26
160 PSE	212 1/x	264 STO 00
161 FIX 1	213 STO IND 63	265 LBL 39
162 0	214 " "	266 1
163 STO 62	215 ARCL X	267 ST+ 00
164 RCL 57	216 ISG 59	268 RCL 59
165 STO 59	217 GTO 18	269 INT
166 " "	218 " "	270 FIX 0
167 LBL 38	219 AVIEW	271 " "
168 1	220 PSE	272 ARCL X
169 ST+ 62	221 ISG 60	273 " "
170 " "	222 GTO 17	274 FIX 2
171 ARCL IND 62	223 2	275 ARCL IND 00
172 ISG 59	224 XEQ "Q"	276 AVIEW
173 GTO 38	225 XEQ "AB"	277 PSE
174 " M"	226 10.0701	278 ISG 59
175 AVIEW	227 STO 59	279 GTO 39
176 PSE	228 12	280 ADV
177 26	229 STO 61	281 " % REMOC"
178 STO 63	230 RCL 57	282 XEQ "V"
179 10.0701	231 STO 58	283 10
180 STO 60	232 26	284 RCL 75
181 LBL 17	233 STO 00	285 /
182 RCL 55	234 STO 56	286 STO 54
183 RCL 56	235 0	287 10.0601
184 +	236 STO 55	288 STO 74
185 STO 61	237 LBL 19	289 24
186 RCL 57	238 0	290 STO 63
187 RCL 59	239 STO 63	291 4
188 FIX 0	240 1	292 STO 00
189 " "	241 ST+ 56	293 LBL 22
190 ARCL 60	242 RCL 59	294 12
191 FIX 1	243 INT	295 STO 60
192 LBL 18	244 FIX 0	296 1
193 1	245 ADV	297 ST+ 00
194 ST+ 63	246 "CURVA DEL"	298 ST+ 63
195 ST+ 61	247 ARCL X	299 RCL 74
196 RCL 60	248 " %"	300 INT
197 INT	249 AVIEW	301 STO 59
198 STO 65	250 PSE	302 STO IND 00
199 RCL IND 61	251 XEQ "M2"	303 5
200 *	252 XEQ "BA"	304 /
201 STO 66	253 STO IND 56	305 ST+ 60
202 1	254 ISG 59	306 RCL IND 63
203 ST+ 61	255 GTO 19	307 STO 68
204 RCL IND 61	256 3	308 FIX 2
205 RCL 65	257 XEQ "U"	309 ADV
206 *	258 "%REMOV T,MIN"	310 "T= "
207 CHS	259 AVIEW	311 ARCL X
208 1	260 PSE	312 " MIN"

313 AVIEW	367 ISG 74	421 26
314 PSE	368 GTO 22	422 STO 61
315 RCL 59	369 4	423 10
316 FIX 0	370 XEQ "U"	424 STO 62
317 " "	371 " T,MIN XREMO"	425 LBL 27
318 ARCL X	372 AVIEW	426 1
319 " %"	373 PSE	427 ST+ 60
320 FIX 2	374 FIX 2	428 ST+ 61
321 ARCL X	375 26	429 ST+ 62
322 AVIEW	376 STO 59	430 FIX 1
323 PSE	377 4	431 " "
324 RCL 74	378 STO 60	432 ARCL IND 60
325 10.01	379 10.0601	433 10
326 +	380 STO 61	434 RCL 54
327 STO 70	381 LBL 24	435 /
328 LBL 23	382 1	436 60
329 RCL 70	383 ST+ 59	437 *
330 INT	384 ST+ 60	438 RCL IND 61
331 FIX 0	385 " "	439 " "
332 " "	386 ARCL IND 59	440 ARCL X
333 ARCL X	387 " "	441 /
334 " %"	388 ARCL IND 60	442 " "
335 1	389 AVIEW	443 ARCL X
336 ST+ 60	390 PSE	444 24
337 RCL IND 60	391 ISC 61	445 *
338 RCL 68	392 GTO 24	446 STO IND 62
339 *	393 3	447 " "
340 STO 71	394 XEQ "Q"	448 ARCL X
341 1	395 XEQ "AB"	449 AVIEW
342 ST+ 60	396 1.006	450 PSE
343 RCL IND 60	397 STO 58	451 ISG 59
344 RCL 68	398 12	452 GTO 27
345 *	399 STO 61	453 4
346 CHS	400 26	454 XEQ "Q"
347 1	401 STO 63	455 SF 00
348 +	402 STO 55	456 XEQ "AB"
349 RCL 71	403 4	457 1.006
350 /	404 STO 00	458 STO 58
351 1/X	405 XEQ "M2"	459 17
352 RCL 54	406 XEQ "BA"	460 STO 61
353 *	407 5	461 4
354 ST+ IND 00	408 XEQ "U"	462 STO 63
355 FIX 2	409 "XREMO T VS"	463 STO 55
356 " "	410 " CS"	464 10
357 ARCL X	411 AVIEW	465 STO 00
358 AVIEW	412 PSE	466 XEQ "M2"
359 PSE	413 " MIN M/H"	467 XEQ "BA"
360 ISG 70	414 " M3/M° - D"	468 ADV
361 GTO 23	415 AVIEW	469 "FIN"
362 "TOTAL"	416 PSE	470 XEQ "V"
363 ARCL IND 00	417 1.006	471 REG 11
364 " %"	418 STO 59	472 CF 00
365 AVIEW	419 4	473 CF 01
366 PSE	420 STO 60	474 SF 29

475 RTN	529 +	583 /
476 LBL "U"	530 GTO 13	584 1/X
477 ADV	531 LBL 29	585 STO 75
478 FIX 0	532 RCL IND 63	586 RCL 64
479 " TABLA	533 1/x	587 X Y?
480 ARCL X	534 STO 53	588 GTO 15
481 XEQ "V"	535 +	589 RCL 74
482 RTN	536 RCL 53	590 STO 69
483 LBL "Q"	537 +	591 RCL 73
484 ADV	538 LBL 13	592 STO 68
485 FIX 0	539 ISG 67	593 RCL 75
486 "FIGURA"	540 GTO 12	594 STO 64
487 ARCL X	541 RCL 75	595 LBL 15
488 XEQ "V"	542 RCL 74	596 RTN
489 RTN	543 *	597 LBL "P"
490 LBL "M2"	544 RCL 70	598 RCL 59
491 FS? 01	545 RCL 72	599 INT
492 GTO 40	546 *	600 STO 66
493 RCL 55	547 -	601 ADV
494 STO 63	548 STO 62	602 FIX 0
495 RCL 56	549 RCL 75	603 "PROF"
496 RCL 66	550 RCL 71	604 ARCLX
497 *	551 *	605 " = "
498 +	552 RCL 70	606 FIX 2
499 STO 00	553 X + 2	607 ARCL IND X
500 LBL 40	554 -	608 " M"
501 0	555 STO 67	609 AVIEW
502 STO 70	556 RCL 75	610 PSE
503 STO 71	557 RCL 73	611 RTN
504 STO 72	558 *	612 LBL "AB"
505 STO 73	559 RCL 72	613 " LAS CURVAS"
506 STO 74	560 X + 2	614 AVIEW
507 STO 75	561 -	615 PSE
508 RCL 58	562 STO 71	616 " SE AJUSTAN A"
509 STO 67	563 RCL 62	617 AVIEW
510 LBL 12	564 RCL 67	618 PSE
511 1	565 /	619 FS? 00
512 ST+ 63	566 STO 74	620 GTO 10
513 ST+ 00	567 RCL 70	621 "Y= X/[A+BX]"
514 RCL 67	568 *	622 GTO 28
515 INT	569 RCL 75	623 LBL 10
516 RCL 65	570 CHS	624 "Y=A + B/X"
517 X=Y?	571 /	625 LBL 28
518 GTO 13	572 RCL 72	626 AVIEW
519 FS? 00	573 RCL 75	627 PSE
520 GTO 29	574 /	628 RTN
521 0	575 +	629 LBL "V"
522 RCL IND 00	576 STO 73	630 AVIEW
523 X=Y?	577 RCL 67	631 PSE
524 1 E 09	578 SORT	632 " "
525 RCL IND 63	579 RCL 71	633 AVIEW
527 1/X	580 SORT	634 PSE
528 RCL IND 63	581 *	635 RTN
526 /	582 RCL 62	636LBL "BA"

637 FIX 4
638 1
639 ST+ 61
640 RCL 68
641 STO IND 61
642 "A= "
643 ARCL X
644 AVIEW
645 PSE
646 1
647 ST+ 61
648 RCL 69
649 STO IND 61
650 "B= "
651 ARCL X
652 AVIEW
653 PSE
654 "R= "
655 ARCL 64
656 AVIEW
657 PSE
658 -2
659 STO 64
660 STO 65
661 FIX 1
662 " X Y"
663 AVIEW
664 PSE
665 RCL 55
666 STO 62
667 RCL 58
668 STO 67
669 LBL 16
670 1
671 ST+ 62
672 RCL IND 62
673 STO 75
674 " "
675 ARCL X
676 FS? 00
677 GTO 36
678 RCL 75
679 RCL 69
680 *
681 RCL 68
682 +
683 RCL 75
684 /
685 1/X
686 GTO 37
687 LBL 36
688 RCL 69

689 RCL 75
690 /
691 RCL 68
692 +
693 LBL 37
694 " "
695 ARCL X
696 AVIEW
697 PSE
698 ISG 67
699 GTO 16
700 RTN
701 END

EJECUCION DEL PROGRAMA: SEDIMENTACION PRIMARIA
PRUEBAS DE TRATABILIDAD

Una vez ingresado el programa a la calculadora, se debran efectuar las siguientes instrucciones para la ejecución del mismo.

TECLADO	PANTALLA
1. XEQ ALPHA TRATSP ALPHA	TRATABILIDAD SEDIMENTACION PRIMARIA NP?
2. Tecle el número de puntos de muestreo de la columna de sedimentación.	Número teclado
3. R/S	NT?
4. Teclee el número de tiempo considerado en la tarea para la toma de muestras.	Número teclado
5. R/S	SSO? MG/L
6. Tecleee el valor de la concentración inicial de SS e n la columna de sedimentación, mg/l.	Número teclado
7. R/S	
8.	PROFI? M
9. Teclee el valor de la profundidad a la que se encuentra el punto de muestreo i, m.	Número teclado

PANTALLA	TECLADO
<p>10. R/S</p> <p>Ejecute los pasos 8 - 10 hasta ingresar las profundidades a las que se encuentran los NP puntos de muestreo.</p>	
<p>11.</p> <p>12. Teclee el valor del tiempo al que se realiza la tomade muestras J, min.</p>	<p>TJ? MIN</p> <p>Número teclado</p>
<p>13. R/S</p> <p>Ejecute los pasos 11-13 hasta ingresar los valores de los NT tiempos de muestreo.</p>	
<p>14.</p> <p>Empieza la lectura de las concentraciones de SS encontradas para cada uno de los NP puntos de muestreo y los NT tiempos de muestreo: i representa el punto de muestreo 1,2,...,NP; j representa el tiempo de muestreo 1,2,...,NT.</p>	<p>SS ij? MG/L</p>
<p>15. Teclee el valor de la concentración de SS indicada, mg/l.</p>	<p>Número teclado</p>
<p>16. R/S</p> <p>Ejecute los pasos 14-16 hasta ingresar las NP por NT concentraciones de SS.</p>	
<p>17.</p>	<p>TABLA 1</p> <p>PROF1= M</p> <p>T SS Y. %REMOV</p>

TECLADO

PANTALLA

La calculadora empieza a mostrar la
 tabla 1, considerando los NP puntos
 de muestreo.

19.

FIGURA 1

LAS CURVAS

SE AJUSTAN A

$$Y = X/(A+BX)$$

PROFI= M

A=

B=

R=

X Y

La calculadora empieza a mostrar los
 parámetros de ajuste a las curvas de
 la figura 1, considerando cada uno -
 de los puntos de muestreo.

TABLA 2

%REMOV T,MIN

FIGURA 2

LAS CURVAS

SE AJUSTAN A

$$Y=X/(A+BX)$$

CURVA DEL %

TECLADO

PANTALLA

A=

B=

R=

X

Y

La calculadora empieza a mostrar los
parámetros de ajuste de la curva de
la figura 2, para 10, 20, 30,.. 70 %
de sedimentación.

24.

TABLA 3

%REMOV

T

%REMOC

T=

MIN

10%

20%

30%

40%

50%

60%

70%

TOTAL

%

25.

Se muestran los resultados de practicar la
metodología presentada en el paso 7 para la
obtención del % de remoción total para los

TECLADO

PANTALLA

tiempos T de la tabla 3.

26.

TABLA 4

T,MIN %REMOC

27.

FIGURA 3

LAS CURVAS

SE AJUSTAN A

 $Y=X/(A+BX)$

A=

B=

R=

X

Y

Se muestran los parámetros de ajuste a la
curva de la figura 3.

TABLA 5

%REMOC	T	VS	CS
	MIN	M/H	M3/M2-H

29.

FIGURA 4

LAS CURVAS

SE AJUSTAN A

 $Y=A + BX$

A=

B=

TECLADO

PANTALLA

81

30.

R=

X

Y

.

.

FIN

FIGURA A

DATOS DE SEDIMENTACION DE LABORATORIO

SSo = 200 mg/l

TIEMPO (min)	CONCENTRACION DE	SS A LAS	PROFUNDIDADES	INDICADAS
5	164	180	185	186
15	110	128	140	148
25	80	100	118	128
35	58	78	97	106
45	42	62	80	92

TABLA 1

CALCULO DE LAS FRACCIONES DE SOLIDOS REMANENTES Y REMOVIDOS A LAS PROFUNDIDADES INDICADAS.

TIEMPO T	SS REMANENTES SS	% REMANENTES % REM	% REMOVIDOS % REMOV
PROFUNDIDAD 0.416 M			
5	164	82	18
15	110	55	45
25	80	40	60
35	58	29	71
45	42	21	79
PROFUNDIDAD 1.000 M			
5	180	90	10
15	128	64	36
25	100	50	50
35	78	39	61
45	62	31	69
PROFUNDIDAD 1.630 M			
5	185	92.5	7.5
15	140	70	30
25	118	59	41
35	97	48.5	51.5
45	80	40	60
PROFUNDIDAD 2.300 M			
5	186	93	7
15	148	74	26
25	128	64	36
35	106	53	47
45	92	46	54

FIGURA 1

SOLIDOS REMOVIDOS VS TIEMPO.

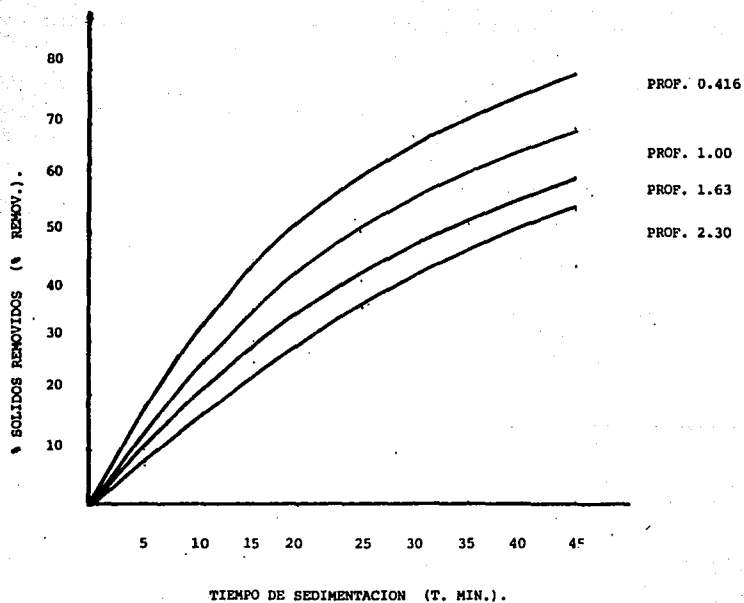


TABLA 2
VALORES DE T CORRESPONDIENTES A VALORES SELECCIONADOS
DE % REMOV.

% REMOV	PROFUNDIDADES			
	0.416	1.00	1.62	2.30
10	2.4	3.3	4.2	5.1
20	5.2	7.1	9.3	11.2
30	8.5	11.8	15.5	18.6
40	12.7	17.5	23.1	27.8
50	17.9	24.7	33.0	39.5
60	24.7	34.0	45.9	55.1
70	33.8	46.5	63.9	76.6

FIGURA 2

PERFIL DE SEDIMENTACION.

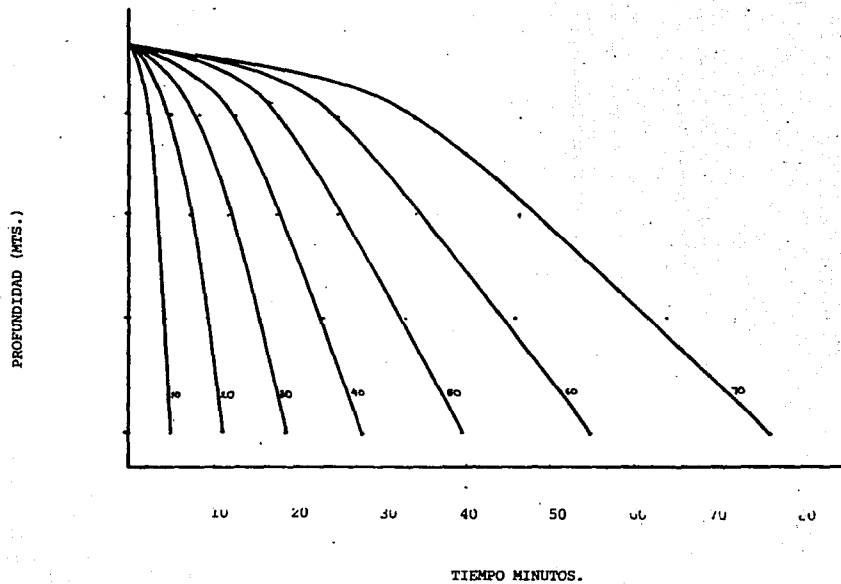


TABLA 3
 TIEMPOS DE SEDIMENTACION PARA
 2.30 M DE PROFUNDIDAD

% REMCV	T
10	4.91
20	10.78
30	17.94
40	26.83
50	38.20
60	53.24
70	74.10

TABLA 4
 % DE REMOCION TOTAL

T	% REMOC
4.91	14.63
10.78	27.19
17.94	38.32
26.83	48.26
38.20	57.08
53.24	64.58

FIGURA 3

88

% REMOCION TOTAL VS TIEMPO

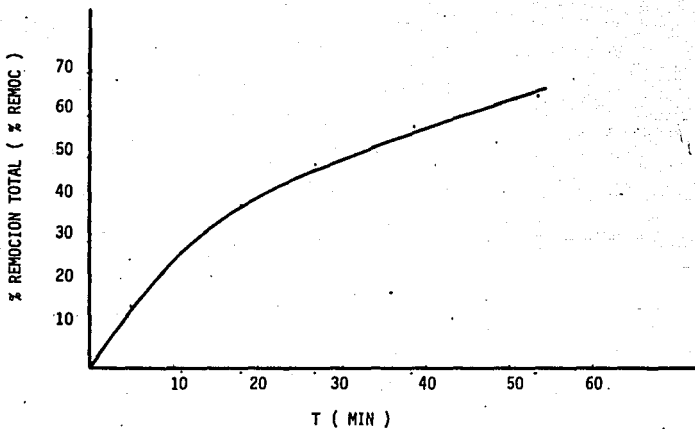


FIGURA 4

% REMOCION TOTAL VS CARGA SUPERFICIAL

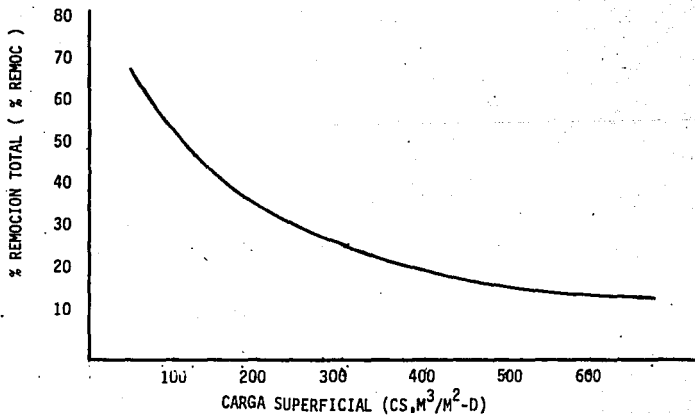


TABLA 5

CARGAS SUPERFICIALES

% REMOCION	TIEMPO	VELOCIDAD DE SEDIMENTACION	CARGA SUPERFICIAL
% REMOC	T MIN	VS M/HR	CS M ³ /M ² -D
14.6	4.9	28.1	674.5
27.2	10.8	12.8	307.1
38.3	17.9	7.7	184.7
48.3	26.8	5.1	123.4
57.1	38.2	3.6	86.7
64.6	53.2	2.6	62.2

" TRATSP "

Creado para el procesamiento de datos de las Pruebas de tratabilidad.

Datos alimentados al programa

NP	4	
NT	5	
SSO	200	MG/L
PROF1	0.41	
PROF2	1.00	
PROF3	1.63	
PROF4	2.30	
T1	5.0	MIN
T2	15.0	
T3	25.0	
T4	35.0	
T5	45.0	
SS11	164	MG/L
SS12	110	
SS13	80	
SS14	58	
SS15	42	
SS21	180	
SS22	128	
SS23	100	
SS24	78	
SS25	62	
SS31	185	
SS32	140	
SS33	118	
SS34	97	
SS35	80	
SS41	186	
SS42	148	
SS43	128	
SS44	106	
SS45	92	

Respuesta obtenida

TABLA 1

PROF1= 0.42 M

T	SS	Y	% REMOV
5	164.0	82.0	18.0
15	110.0	55.0	45.0
25	80.0	40.0	60.0
35	58.0	29.0	71.0
45	42.0	21.0	79.0

PROF2= 1.00 M

T	SS	Y	% REMOV
5	180.0	90.0	10.0
15	128.0	64.0	36.0
25	100.0	50.0	50.0
35	78.0	39.0	61.0
45	62.0	31.0	69.0

PROF3= 1.63 M

T	SS	Y	% REMOV
5	185.0	92.5	7.5
15	140.0	70.0	30.0
25	118.0	59.0	41.0
35	97.0	48.5	51.5
45	80.0	40.0	60.0

PROF4= 2.30 M

T	SS	Y	% REMOV
5	186.0	93.0	7.0
15	148.0	74.0	26.0
25	128.0	64.0	36.0
35	106.0	53.0	47.0
45	92.0	46.0	54.0

FIGURA 1

LAS CURVAS SE AJUSTAN A

$$Y = X / (A + BX)$$

PROF1= 0.42 M

A= 0.2176

B= 0.0079

C= 0.9997

X	Y
5.0	19.50
15.0	44.70
25.0	60.40
35.0	71.10
45.0	78.80

PROF2= 1.00

A= 0.3016

B= 0.0078

C= 0.9997

X	Y
5.0	14.70
15.0	35.80
25.0	50.30
35.0	60.90
45.0	68.80

PROF3= 1.63 M

A= 0.3889

B= 0.0082

C= 0.9931

X	Y
5.0	11.60
15.0	29.30
25.0	42.10
35.0	51.80
45.0	59.40

PROF4= 2.30 M

A= 0.4665

B= 0.0082

C= 0.9888

X	Y
5.0	9.90
15.0	25.40
25.0	37.20
35.0	46.50
45.0	53.90

TABLA 2

XREMOV	T, MIN			
	PROFUNDIDADES			
	0.4	1.0	1.6	2.3 M
10	2.4	3.3	4.2	5.1
20	5.2	7.1	9.3	11.2
30	8.5	11.8	15.5	18.6
40	12.7	17.5	23.1	27.8
50	17.9	24.7	33.0	39.5
60	24.7	34.0	45.9	55.1
70	33.8	46.5	63.9	76.6

FIGURA 2

LAS CURVAS SE AJUSTAN A

$$Y=X/(A+BX)$$

CURVA DEL 10%

A= 0.1376

B= 0.1438

R= 0.9827

X	Y
0.4	2.1
1.0	3.6
1.6	4.4
2.3	4.9

CURVA DEL 30%

A= 0.0386

B= 0.0398

R= 0.9812

X	Y
0.4	15.9
1.0	12.9
1.6	16.0
2.3	17.9

CURVA DEL 50%

A= 0.0187

B= 0.0180

R= 0.9786

X	Y
0.4	15.9
1.0	27.2
1.6	33.9
2.3	38.2

CURVA DEL 20%

A= 0.0633

B= 0.0652

R= 0.9820

X	Y
0.4	4.6
1.0	7.8
1.6	9.6
2.3	10.8

CURVA DEL 40%

A= 0.0262

B= 0.0259

R= 0.9801

X	Y
0.4	21.8
1.0	19.2
1.6	23.8
2.3	26.8

CURVA DEL 60%

A= 0.0138

B= 0.0128

R= 0.9764

X	Y
0.4	21.8
1.0	37.6
1.6	47.1
2.3	53.2

CURVA DEL 70%

A= 0.0102

B= 0.0090

R= 0.9730

X	Y
0.4	29.7
1.0	51.8
1.6	65.2
2.3	74.1

TABLA 3

%REMOV	T,MIN
10	4.91
20	10.78
30	17.94
40	26.83
50	38.20
60	53.24

%REMOB

T= 4.81 MIN

10% 10.00

20% 1.99

30% 1.02

40% 0.64

50% 0.44

60% 0.31

70% 0.23

TOTAL 14.63 %

T=10.78 MIN

20% 20.00

30% 3.12

40% 1.70

50% 1.09

60% 0.75

70% 0.53

TOTAL 27.19 %

T= 17.94 MIN
 30% 30.00
 40% 3.81
 50% 2.16
 60% 1.39
 70% 0.95
 TOTAL 38.32 %

T= 26.83 MIN
 40% 40.00
 50% 4.23
 60% 2.45
 70% 1.58
 TOTAL 48.26 %

T= 38.20
 50% 50.00
 60% 4.48
 70% 2.60 ,
 TOTAL 57.08 %

T= 53.24
 60% 60.00
 70% 4.58
 TOTAL 64.58 %

TABLA 4

TMIN	%REMO
4.91	14.63
10.78	27.19
17.94	38.32
26.83	48.26
38.20	57.08
53.24	64.58

FIGURA 3

LAS CURVAS SE AJUSTAN A

$$Y=X/(A+BX)$$

$$A = 0.2867$$

$$B = 0.0101$$

$$C = 1.0000$$

X	Y
4.9	14.6
10.8	27.3
17.9	38.4
26.8	48.2
38.2	56.9
53.2	64.7

TABLA 5

%REMOC	T	VS	CS
	MIN	M/H	M3/M2-D
14.6	4.9	28.1	674.5
27.2	10.8	12.8	307.1
38.3	17.9	7.7	184.7
48.3	26.8	5.1	123.4
57.1	38.2	3.6	86.7
64.6	53.2	2.6	62.2

FIGURA 4

LAS CURVAS SE AJUSTAN A

$$Y = A + B/X$$

$$A = -116.7909$$

$$B = 11566.7394$$

$$R = 1.0000$$

X	Y
14.6	673.9
27.2	308.5
38.3	185.1
48.3	122.9
57.1	85.9
64.6	62.3

SEDIMENTACION PRIMARIA

DISERO

- DISERO
- SIMULACION
- NOMENCLATURA
- DIAGRAMA DE FLUJO
- MANUAL DE OPERACION
- LISTADO
- EJEMPLO

SEDIMENTACION PRIMARIA

DISEÑO

La sedimentación primaria es un proceso físico mediante el cual se eliminan los sólidos sedimentables de las aguas de tratamiento, los cuales se extraen en forma continua o intermitente, con el fin de no dar un margen de tiempo para que se desarrolle una descomposición anaerobia.

Los tanques de sedimentación pueden ser de forma rectangular o circular y están acondicionados con elementos que permitan eliminar los sólidos sedimentados dentro del tanque, se diseñan principalmente a partir de los datos obtenidos en las pruebas de laboratorio.

En este trabajo se presenta el diseño de un sedimentador primario con una forma circular, esto es con el objeto de generalizar más el tema.

Para fines de escalamiento, la eficiencia del proceso en un tanque de sedimentación real, es reducida debido a estar presentes fenómenos como la turbulencia, los cortos circuitos e interferencias en las entradas o salidas del agua, el efecto neto de estos factores da como resultado un decremento en la carga superficial y un incremento en el tiempo de retención sobre los valores obtenidos de las pruebas de laboratorio, ambos aspectos se consideran al diseñar un sedimentador, afectando los parámetros en cuestión mediante factores de escalamiento.

Los principales parámetros a considerar en el diseño de un sedimentador primario, así como los valores comúnmente utilizados son:

Profundidad	2.2 - 3.6 m
Tiempo de Retención	1.0 - 2.0 hr
Carga superficial	36.0 - 50.0 m ³ /m ² - d
Remoción de SS	40.0 - 60.0 %

DIMENSIONAMIENTO

Dado un gasto de agua residual (Q) con un contenido promedio de sólidos suspendidos (SSO), los cuales deben ser removidos a un nivel de eficiencia dado (EFIC):

- 1.- SS en el efluente

$$SSE = \frac{(SSO)(100 - EFIC)}{100} \quad (1)$$

- 2.- SS removidos

$$SSR = SSO - SSE \quad (2)$$

- 3.- Carga superficial

Utilizando la figura 4 resultante de las pruebas de tratabilidad, determine la CS correspondiente a la eficiencia de remoción requerida (EFIC).

- 4.- Carga Superficial de Diseño.

$$CSD = \frac{CS}{FECS} \quad (3)$$

donde FECS = 1.25 - 1.75

- 5.- Tiempo de Retención

Utilizando la figura 3 resultante de las pruebas de tratabilidad determine el TR correspondiente a la eficiencia de remoción requerida (EFICS).

- 6.- Tiempo de Retención de Diseño.

$$TRD = (TR) (FET) \quad (4)$$

donde FET = 1.25 - 1.75

- 7.- Area.

$$AREA = \frac{(86.4) (Q)}{CSD}$$

8.- Diametro

$$DIAM = [(4) (AREA) / (3.1416)]^{1/2} \quad (6)$$

9.- Profundidad

$$PROF = [(0.06) (Q) (TRD) / (AREA)] \quad (7)$$

10.- Volumen

$$VOL = (AREA) (PROF) \quad (8)$$

11.- Tiempo de retención efectivo

$$TRE = [(V) / (0.06) (Q)] \quad (9)$$

12.- Carga de lodos

$$CARGA = (0.0864) (SSR) (Q) \quad (10)$$

13.- Gasto a purgar

$$QLODOS = (CARGA) / [(0.0864) (SSP)] \quad (11)$$

donde SSP = 12000 - 15000 mg/l

SIMULACION

El aumento o disminución de nuestro gasto traerá como consecuencia cambios en la eficiencia del sedimentador:

14.- Carga superficial

$$CS = [(86.4) (Q) / (AREA)] \quad (12)$$

15.- Carga superficial corregida

$$CSC = (CS) (FECS) \quad (13)$$

16.- Eficiencia

De acuerdo al valor de CSC, determine la eficiencia correspondiente a partir de la figura 4 de las pruebas de tratabilidad.

17.- SS en el efluente

$$SSE = [(SSO) (100 - EFIC) / (100)] \quad (1)$$

18.- SS removidos

$$SSR = SSO - SSE \quad (2)$$

19.- Tiempo de retención efectivo

$$TRE = (V) / [(0.06) (Q)] \quad (9)$$

20.- Carga de lodos

$$CARGA = (0.0864) (SSR) (Q) \quad (10)$$

21.- Gasto a purgar

$$QLODOS = [(CARGA) / (0.0864) (SSP)] \quad (11)$$

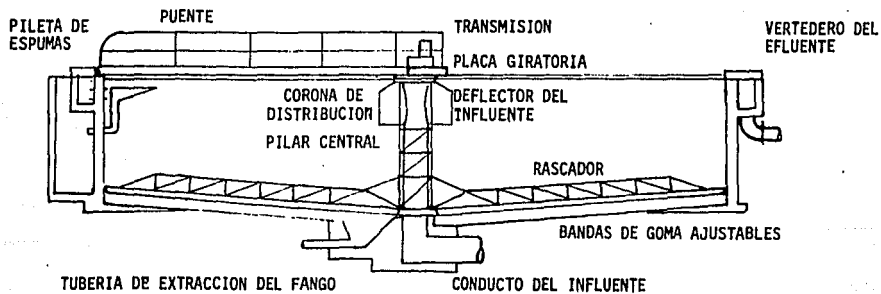
CONSIDERACIONES SOBRE EL PROGRAMA

Para obtener los requerimientos de los pasos 3,5 y 16 el programa opera considerando:

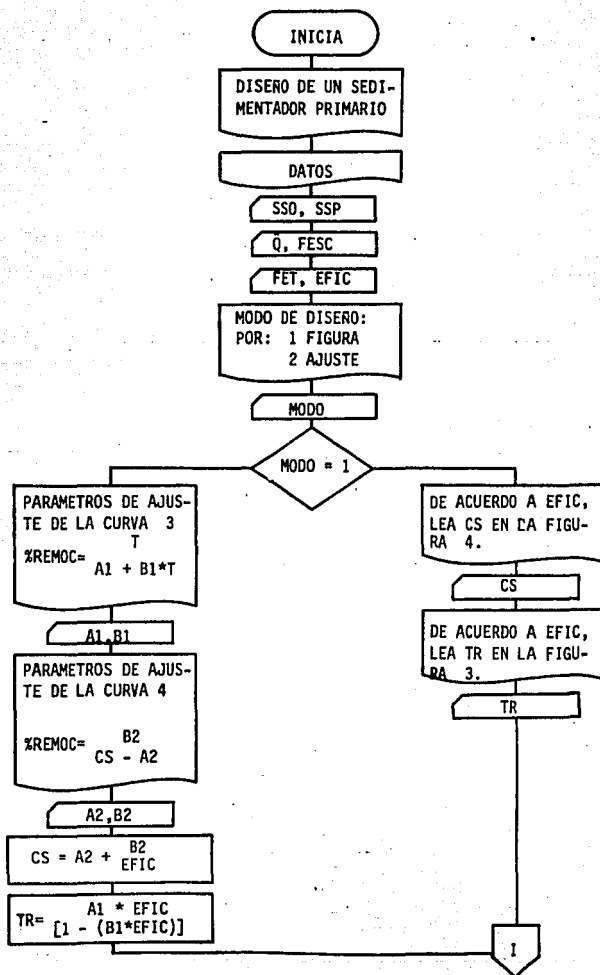
- a) Que el operador desea obtener los datos de CS, TR y EFIC directamente de las figuras 3 y 4, productos del procesamiento de datos de las --- pruebas de tratabilidad.
- b) Que el operador desea utilizar parámetros de ajuste de las curvas de las figuras mencionadas, productos estos del desarrollo establecido - en el desarrollo del tema correspondiente a pruebas de tratabilidad.

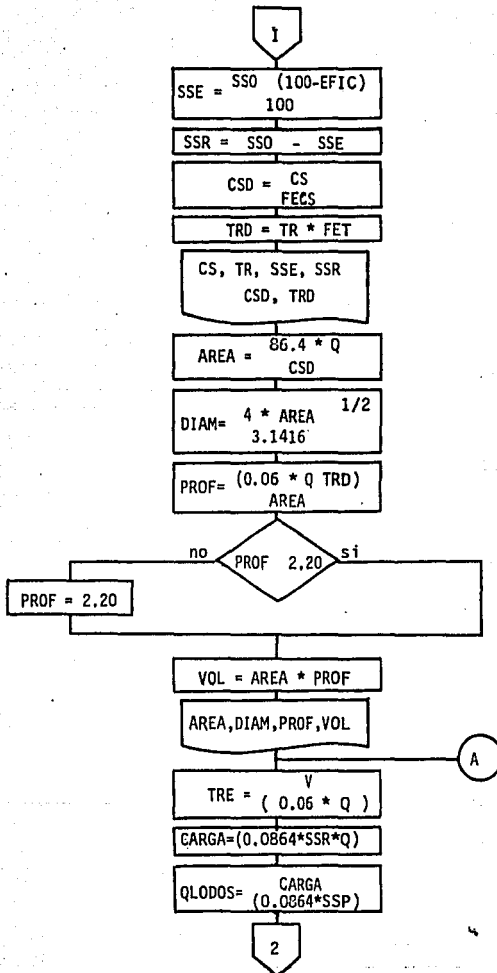
NOMENCLATURA

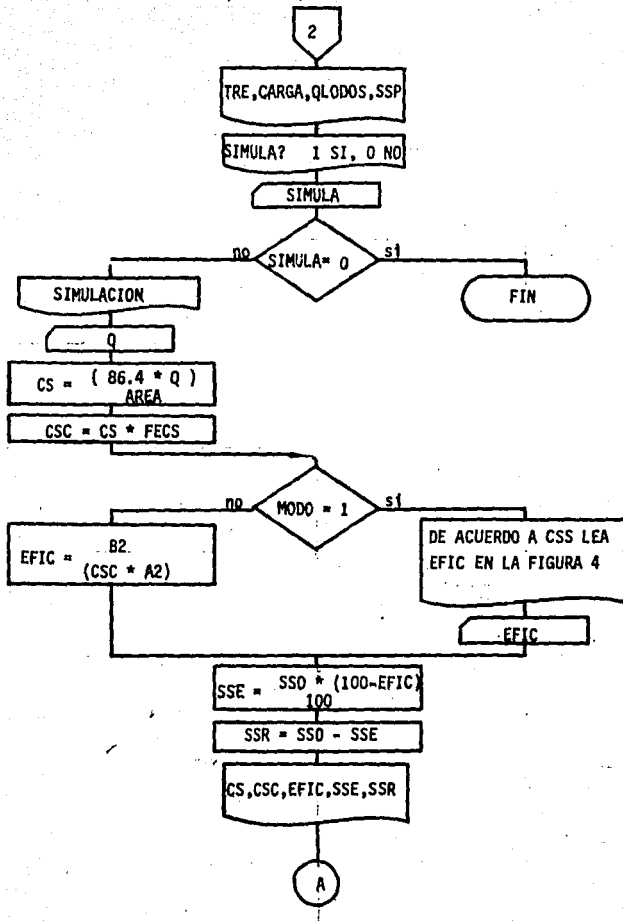
- Q Gasto del agua residual, l/s.
- SS Concentración de sólidos suspendidos, mg/l.
- SSO Sólidos suspendidos en el influente, mg/l.
- SSE Sólidos suspendidos en el efluente, mg/l.
- SSR Sólidos suspendidos a remover, mg/l.
- SSP Sólidos suspendidos en la purga, mg/l.
- EFIC Eficiencia de remoción de SS, %.
- CS Carga superficial, $m^3 / m^2 \cdot d$.
- CSD Carga superficial de diseño, $m^3 / m^2 \cdot d$.
- CSC Carga superficial corregida, $m^3 / m^2 \cdot d$.
- TR Tiempo de retención, min.
- TRD Tiempo de retención de diseño, min.
- TRE Tiempo de retención efectivo, min.
- AREA Area del sedimentador, m^2 .
- DIAM Diámetro del sedimentador, m.
- PROF Profundidad del sedimentador, m.
- VOL Volumen del sedimentador, m^3 .
- CARGA Carga diaria de sólidos a remover, Kg/d.
- QLODOS Gasto de la purga de lodos, l/s.
- FET Factor de escalamiento para el tiempo de retención.
- FECs Factor de escalamiento para la carga superficial



SEDIMENTADOR PRIMARIO TIPICO







EJECUCION DEL PROGRAMA: SEDIMENTACION PRIMARIA

DISEÑO

Una vez ingresado el programa a la calculadora se deberán efectuar las siguientes instrucciones para su ejecución;

TECLADO	PANTALLA
1.- XEQ ALPHA DISSP ALPHA	DISEÑO DE UN SEDIMENTADOR
	PRIMARIO
	DATOS
	SS0? MG/L
2.- Teclar el valor de la concentración de sólidos suspendidos en el influente, en mg/l.	Número teclado
3.- R/S	SSP? MG/L
4.- Teclee el valor de la concentración de sólidos suspendidos en la purga, - en mg/l.	Número teclado
5.- R/S	Q? L/S
6.- Teclar el valor del gasto a tratar, en l/s.	Número teclado
7.- R/S	FET?
8.- Teclar el valor del factor de escalamiento para el tiempo de retención que desea trabajar, 1.25 - 1.75	Número teclado
9.- R/S	FECS?

TECLADO	PANTALLA
10.- Teclar el valor del factor de escalamiento para la carga superficial con que se desea trabajar, 1.25-1.75	Número teclado
11.- R/S	MODO DE DISEÑO? POR 1 FIGURA 2 AJUSTE MODO?
12.- Si se va a utilizar directamente a las figuras 3 y 4, marque el número 1. Si se va a utilizar los parámetros de ajuste de dichas figuras, teclee el número 2.	Número teclado
Si en el número 12 tecleó el no. 1, ajuste los pasos 13-16, si en el paso 12 tecleó el No. 2, ajuste los pasos 17-24.	
13.- R/S	DE ACUERDO A EFIC= LEA CS EN LA FIG 4 CS? M3/M2-D
14.- Teclee el valor de la carga superficial leído en la figura 4, en - - - $m^3 / m^2 - d$	Número teclado
15.- R/S	DE ACUERDO A EFIC LEA TR EN LA FIGURA 3 TR? MIN

TECLADO	PANTALLA
<p>16.- Teclee el valor del tiempo de retención leído en la figura 3, en min. Continúe con el paso 25</p>	Número teclado
17.- R/S	<p>PARAMETROS DE AJUSTE DE LA CURVA 3 $\% \text{ REMOC} = T / A1 + B1T$ A1?</p>
<p>18.- Teclee el valor A1, resultante del ajuste realizado a la curva 3 en el capítulo de pruebas de tartabilidad</p>	Número teclado
19.- R/S	B1?
<p>20.- Teclee el valor de B1, resultante del ajuste realizado a la curva 3 en el capítulo de pruebas de tratabilidad</p>	Número teclado
21.- R/S	<p>PARAMETROS DE AJUSTE DE LA CURVA 4 $\% \text{ REMOC} = B2 / CS - A2$ A2?</p>
<p>22.- Teclee el valor de A2, resultante del ajuste realizado a la curva 4 en el capítulo de pruebas de tratabilidad.</p>	Número teclado
23.- R/S	B2?

TECLADO

PANTALLA

24.- Teclee el valor de B2, resultante del	- Número tecleado
25.- R/S	RESULTADOS
	SSE= MG/L
	SSR= MG/L
	CS= M3/M2-D
	CSD= M3/M2-D
	TR= MIN
	TRD= MIN
	AREA= M2
	DIAM= M
	PROF= M
	VOL= M3
	TRE= MIN
	CARGA= KG/D
	CONC FINAL LODO
	SSP= MG/L
	QLODO= L/S
26.-	SIMULA? ISI,ONO
27.- Si se desea conocer el comportamiento del sedimentador al aplicar diferentes gastos, teclee el número 1. Si no se desea conocer dicho comportamiento, teclee el número 0.	Número tecleado
28.- R/S	

Si en el paso 27 tecleó el número 1,

TECLADO

PANTALLA

ejecute los pasos 29-35, Si en el
paso 27 tecleó el número 0, ejecute
el paso 37.

29.-

SIMULACION

Q? L/S

30.- Teclee el valor del gasto similar, en
1/s.

Número teclado

31.- R/S

CS= M3/M2-D

CSC= M3/m2-D

Si en el paso 12 tecleó el número 1,
ejecute los pasos 32-35, si en el pa
so 12 tecleó el número 2, ejecute el
paso 35.

32.-

DE ACUERDO A

CSC=

LEA EFIC EN LA

FIGURA 4

EFIC? %

33.- Teclee el valor de la eficiencia leída
en la figura 4, en %

34.- R/S

35.-

EFIC= %

SSE= MG/L

SSR= MG/L

TRE= MIN

TECLADO	PANTALLA
36.-	CARGA= KG/D CONC FINAL LODO SSP= MG/L QLODO= L/S SIMULA? 1SI,0NO
Si tecleó el número 1, regrese al paso 26, si tecleó 0, siga al paso 37.	
37.-	FIN

LISTADO DEL PROGRAMA

Antes de ingresar el programa a la calculadora efectue la siguiente ins--
trucción:

XEQ ALPHA SIZE ALPHA 017

01 LBL "DISSP"	53 "MODO?"	105 ASTO 15
02 FIX 2	54 PROMPT	106 "EFIC="
03 " MG/L"	55 STO 12	107 ASTO 16
04 ASTO 13	56 ADV	108 XEQ "T"
05 "M3/M2"	57 1	109 "CS?"
06 ASTO 14	58 X=Y?	110 ARCL 14
07 ADV	59 GTO 04	111 " D"
08 XEQ "P"	60 3	112 PROMPT
09 "DISEÑO DE UN"	61 XEQ "R"	113 STO 11
10 AVIEW	62 "%REMOG=T/[A1+B1]"	114 3
11 PSE	63 " T "	115 "TR"
12 "SEDIMENTADOR"	64 AVIEW	116 ASTO 15
13 AVIEW	65 PSE	117 XEQ "T"
14 PSE	66 "A1?"	118"TR? MIN"
15 "PRIMARIO"	67 PROMPT	119 PROMPT
16 AVIEW	68 STO 00	120 STO 00
17 PSE	69 "B1?"	121 LBL 05
18 XEQ "P"	70 PROMPT	122 ADV
19 CF 29	71 STO 01	123 "RESULTADOS"
20 ADV	72.4	124 AVIEW
21 "DATOS"	73 XEQ "R"	125 PSE
22 AVIEW	74 "%REMOG=B2/[CS-A]"	126 XEQ "P"
23 PSE	75 " 2]"	127 XEQ "S"
24 XEQ "P"	76 AVIEW	128 RCL 11
25 "SSO?"	77 PSE	129 "CS"
26 ARCL 13	78 "A2?"	130 ARCL X
27 PROMPT	79 PROMPT	131 ARCL 14
28 STO 04	80 STO 02	132 " D"
29 "SSP?"	81 "B2?"	133 AVIEW
30 ARCL 13	82 PROMPT	134 PSE
31 PROMPT	83 STO 03	135 RCL 07
32 STO 10	84 RCL 08	136 /
33 "Q? L/S"	85 /	137 STO 11
34 PROMPT	86 RCL 02	138"CSD=" "
35 STO 05	87 +	139 ARCL X
36 "FET?"	88 STO 11	140 ARCL 14
37 PROMPT	89 RCL 08	141 " D"
38 STO 06	90 RCL 01	142 AVIEW
39 "FECS?"	91 *	143 PSE
40 PROMPT	92 CHS	144 RCL 00
41 STO 07	93 1	145 "TR=" "
42 "EFIC? %"	94 +	146 ARCL X
43 PROMPT	95 RCL 08	147 " MIN"
44 STO 08	96 /	148 AVIEW
45 ADV	97 RCL 00	149 PSE
46 "MODO DE DISEÑO?"	98 /	150 RCL 06
47 AVIEW	99 1/X	151 *
48 PSE	100 STO 00	152 STO 00
49 "POR: 1 FIGURA"	101 GTO 05	153 "TRD=" "
50 " 2 AJUSTE"	102 LBL 04	154 ARCL X
51 AVIEW	103 4	155 " MIN"
52 PSE	104 "CS"	156 AVIEW

157 PSE	209 LBL 02	261 86.4
158 86.4	210 RCL 00	262 *
159 RCL 05	211 RCL 05	263 RCL 01
160 *	212 /	264 /
161 RCL 11	213 0.06	265 "CS= "
162 /	214 /	266 ARCL X
163 STO 01	215 "TRE= "	267 ARCL 14
164 "AREA= "	216 ARCL X	268 " D"
165 ARCL X	217 " MIN"	269 AVIEW
166 " M2"	218 AVIEW	270 PSE
167 AVIEW	219 PSE	271 RCL 07
168 PSE	220 RCL 09	272 *
169 4	221 RCL 05	273 STO 11
170 4	222 *	274 STO 08
171 3.1416	223 0.0864	275 "CSC= "
172 /	224 *	276 ARCL X
173 SQRT	225 "CARGA= "	277 ARCL 14
174 "DIAM= "	226 ARCL X	278 " D"
175 ARCL X	227 " KG/D"	279 AVIEW
176 " M"	228 AVIEW	280 PSE
177 AVIEW	229 PSE	281 RCL 12
178 PSE	230 "CONC FINAL LODO	282 1
179 0.06	231 AVIEW	283 X=Y?
180 RCL 05	232 PSE	284 GTO 07
181 *	233 RCL 10	285 RCL 11
182 RCL 02	234 "SSP= "	286 RCL 02
183 *	235 ARCL X	287 -
184 RCL 01	236 ARCL 13	288 RCL 02
185 /	237 AVIEW	289 /
186 2.2	238 PSE	290 1/X
187 X<>Y	239 /	291 STO 08
188 X > Y?	240 0.0864	292 "EFIC= "
189 GTO 01	241 /	293 ARCL X
190 2.2	242 "OLODO= "	294 " %"
191 "SE RECOMIENDA"	243 ARCL X	295 AVIEW
192 "USAR"	244 " L/S"	296 PSE
193 AVIEW	245 AVIEW	297 GTO 08
194 PSE	246 PSE	298 LBL 07
195 LBL 01	247 ADV	299 "CSC= "
196 "PROF= "	248 "SIMULA? ISI,ONO"	300 ASTO 16
197 ARCL X	249 PROMPT	301 "EFIC= "
198 " M"	250 ADV	302 ASTO 15
199 AVIEW	251 0	303 4
200 PSE	252 X=Y?	304 XEQ "T"
201 RCL 01	253 GTO 05	305 "EFIC? %"
202 *	254 "SIMULACION"	306 PROMPT
203 STO 00	255 AVIEW	307 STO 08
204 "VOL= "	256 PSE	308 LBL 08
205 ARCL X	257 XEQ "P"	309 XEQ "S"
206 " M3"	258 "Q? L/S"	310 GTO 02
207 AVIEW	259 PROMPT	311 LBL 03
208 PSE	260 STO 05	312 "FIN"

313	AVIEW	365	ARCL X
314	PSE	366	ARCL 13
315	SF 29	367	AVIEW
316	RTN	368	PSE
317	XEQ "P"	369	CHS
318	" "	370	RCL 04
319	AVIEW	371	+
320	PSE	372	STO 09
321	RTN	373	"SSR= "
322	LBL "R"	374	ARCL X
323	ADV	375	ARCL 13
324	"PARAMETROS DE"	376	AVIEW
325	AVIEW	377	PSE!
326	PSE	378	RTN
327	"AJUSTE DE LA"	379	END
328	AVIEW		
329	PSE		
330	FIX 0		
331	"CURVA"		
332	ARCL X		
333	AVIEW		
334	PSE		
335	FIX 2		
336	RTN		
337	LBL "T"		
338	ADV		
339	"DE ACUERDO A"		
340	AVIEW		
341	PSE		
342	" "		
343	ARCL 16		
344	ARCL 08		
345	AVIEW		
346	PSE		
347	FIX 0		
348	"LEA"		
349	ARCL 15		
350	" EN LA FIGURA"		
351	ARCL X		
352	AVIEW		
353	PSE		
354	PSE		
355	FIX 2		
356	LBL "S"		
357	100		
358	RCL 08		
359	-		
360	RCL 04		
361	*		
362	100		
363	/		
364	"SSE= "		

DISEÑO DE UN SEDIMENTADOR PRIMARIO

DATOS

SSO? MG/L 200.00
 SSP? MG/L 15000.00
 Q? L/S 250.00
 FET? 1.50
 EFIC?-% 50.00
 FECS? 1.50

MODO DE DISEÑO ?

POR: 1 FIGURA, 2 AJUSTE

MODD ? 2.0

PARAMETROS DE AJUSTE DE LA CURVA 3 $\%REMOC = T/[A1 + B1T]$

A1? 0.2867

B1? 0.0101

PARAMETROS DE AJUSTE DE LA CURVA 4 $\%REMOC = B2/[CS + A2]$

A2? -116.79

B2? 11566.74

RESULTADOS

SSE= 100.00 MG/L

SSR= 100.00 MG/L

CS= 114.54 M3/M2-D

CSD= 76.36 M3/M2-D

TR= 28.96 MIN

TRD= 43.44 MIN

AREA= 282.86 M2

DIAM= 18.98 M

PROF= 2.30 M

VOL= 651.59 M3

TRE= 43.44 MIN

CARGA=2160.00 KG/D

CONC FINAL LODO

SSP= 15000.00 MG/L

QLODO= 1.67 L/S

SIMULA? ISI,ONO

1.00

SIMULACION?

Q? L/S 300.00

CS= 91.64 M3/M2-D

CSC= 137.45 M3/M2-D

EFIC= 45.49 %

SSE= 109.01 MG/L

SSR= 90.99 MG/L

TRE= 36.20 MIN

CARGA=2358.44 KG/D

CONC FINAL LODO

SSP= 15000.00 MG/L

QLODO= 1.82 L/S

SIMULA? ISI,ONO

0

FIN

V TRATAMIENTO SECUNDARIO

- LAGUNA AERADA
- LODOS ACTIVADOS
- ZANJA DE OXIDACION

LAGUNA AEREADA

- FORMULACION

LAGUNA AEREADA

LAGUNA DE MADURACION

- NOMENCLATURA

- DIAGRAMA DE FLUJO

- MANUAL DE OPERACION

- LISTADO

- EJEMPLO

LAGUNA AEREADA

Una laguna aereada es un sistema de tratamiento biológico que puede tener desde 1.0 hasta 4.0 m. de profundidad, la aereación del licor mezclado es realizada por medio de unidades mecánicas superficiales

Las diferencias fundamentales entre el sistema de lodos activados y una laguna aereada mecánicamente es que no existe recirculación de lodos biológicos en esta última y su nivel de sólidos es función de las características del de secho y del tiempo de retención celular.

El nivel de sólidos está entre 80 y 300 mg/l y el tiempo de retención celular entre 3 y 15 días; el nivel de energía necesario para el mezclado de una laguna aereada es 10 veces menor que para lodos activados, estando en un rango de 1 - 6.6 HP/ 1000 m³, mientras que para lodos activados es de 66 HP/1000 m³.

Generalmente el efluente de la laguna es llevado a una laguna de maduración para remover los sólidos biológicos y bacterias fecales que lleva el efluente de la laguna aereada, usualmente la laguna de maduración tiene una profundidad de 1.0 m.

Un modelo que representa el funcionamiento de las lagunas aereadas mecánicamente, es un reactor completamente mezclado sin recirculación de sólidos.

Se considera que los residuos líquidos llegan al reactor con gasto constante y se mezclan instantánea homogéneamente con la masa líquida que contiene el reactor. El gasto del efluente es igual al gasto de entrada y la concentración de sólidos biológicos del efluente y licor mezclado son iguales.

En el presente programa se efectúa el cálculo y simulación de una laguna aereada precedida de laguna de maduración.

El dimensionamiento de la laguna aereada y de la laguna de maduración se efectua de acuerdo a las dos siguientes situaciones;

- Con restricción de área
- Sin restricción de área.

- LAGUNA AEREADA.

1) Temperatura de la Laguna

$$TW = \frac{(A)(F)(TA) + (Q)(TI)(86.4)}{(A)(F) + (Q)(86.4)} \quad (1)$$

2) Constante de Remoción Biológica

$$K = (KT)(TETA)^{TW-T} \quad (2)$$

$$TETA = 1.135 \text{ para } TW \quad 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$TETA = 1-056 \text{ para } TW \quad 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3) Volumen

$$V = (A)(H) \quad (3)$$

4) Tiempo de Retención

$$TR = \frac{V}{(Q)(86.4)} \quad (4)$$

5) Relación Alimento/ Microorganismos

$$F/M = \frac{S_0}{(XA)(TR)} \quad (5)$$

6) DBO_5 Soluble en el efluente

$$SE = \frac{S_0 + (K)(XA)(TR)(SN)}{1 + (K)(XA)(TR)} \quad (6)$$

7) Eficiencia

$$EF = \frac{S_0 - SE}{S_0} (100) \quad (7)$$

8) Nivel real de SSVLM

$$XAP = \frac{X_0 + (AX)(S_0 - SE)}{1 + (TR)(BX)} \quad (8)$$

9) Edad de Lodos

$$TS = \frac{(XAP)(TR)}{(XAP - X0)} \quad (9)$$

10) Relación de DBO por SSVLM

$$\Psi = (0.513)(2.71828)^{-(0.04)(TS)} \quad (10)$$

11) DBO Total en el Efluente

$$DBO_5^T = SE + (\Psi)(XAP) \quad (11)$$

12) Requerimientos de Oxígeno

$$RRV = \frac{(AP)(Q)(86.4)(SO - SE) + (BP)(XA)(V)}{24000} \quad (12)$$

13) Capacidad de Aereador

$$N = (NO) \left(\frac{CSW - CL}{CS} \right) (ALFA) (1.024)^{(TW - 20)} \quad (13)$$

14) Potencia Requerida

$$HP = \frac{RRV}{N} \quad (14)$$

15) Distribución de Potencia

$$HP/1000 \text{ m}^3 = \frac{HP}{V} (1000) \quad (15)$$

- LAGUNA DE MADURACION

1) DBO Total en el Efluente

$$LP = \frac{600}{(0.18)(HM) + (8)} \quad (16)$$

2) Eficiencia de Remoción Orgánica

$$ERM = \frac{(LO - LP)}{LO} (100) \quad (17)$$

3) Constante de Remoción Orgánica

$$KM = 0.0432 \text{ EXP } (0.0957)(TM) \quad (18)$$

4) Tiempo de Retención

$$TRM = \frac{(LO - LP)}{(LP)(KM)} \quad (19)$$

5) Volumen

$$VM = (Q)(TRM)(86.4) \quad (20)$$

6) Area

$$AM = \frac{VM}{AM} \quad (21)$$

7) Eficiencia de Remoción Bacteriológica

$$ERB = (100) \left(1 - \frac{1}{(KB)(TRM)+1} \right) \quad (22)$$

KB = 1.5 en invierno

KB = 2.0 en verano

NOMENCLATURA

- LAGUNA AEREEADA

Q Gasto, l/s.

A Area, m².

H Tirante, m.

V Volumen, m³.

TR Tiempo de Retención, dfa.

TA Temperatura Ambiente, °C.

TI Temperatura del Influyente, °C.

TW Temperatura de la Laguna, °C.

SO DBO₅ soluble en el influente, mg/l.

SE DBO₅ soluble en el efluente, mg/l.

SN DBO₅ soluble no biodegradable, mg/l.

EF Eficiencia de remoción, %.

XO Sólidos suspendidos volátiles (SSV) en el influente, mg/l.

XA Sólidos suspendidos volátiles en la laguna (SSVLM), mg/l.

XAP Concentración real de SSVLM, mg/l.

F/M Relación Alimento/ Microorganismos, mg DBO₅ soluble/ mg SSV - dfa.

RRV Requerimientos de oxígeno, Kg O₂ / Hr.

TS Edad del Lodo, dfa.

Contribución de DBO₅ total de los microorganismos, mg DBO₅ total/ mg SSV.

KT Constante de reacción a T °C, 1/dfa.

K Constante de reacción a TW °C, 1/dfa.

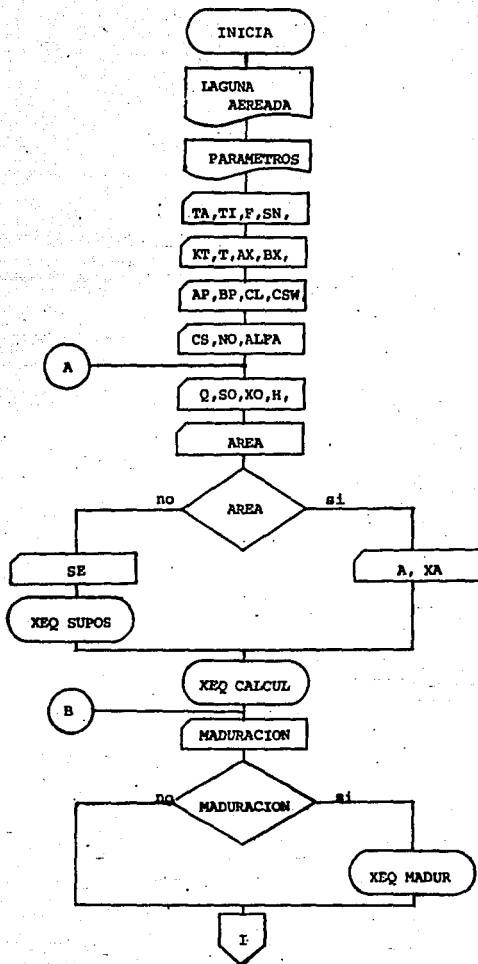
TETA Constante de Arrhenius.

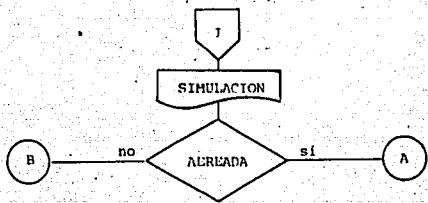
AX Constante de crecimiento de microorganismos, mg células producidas/ mg -
DBO₅ soluble removida.

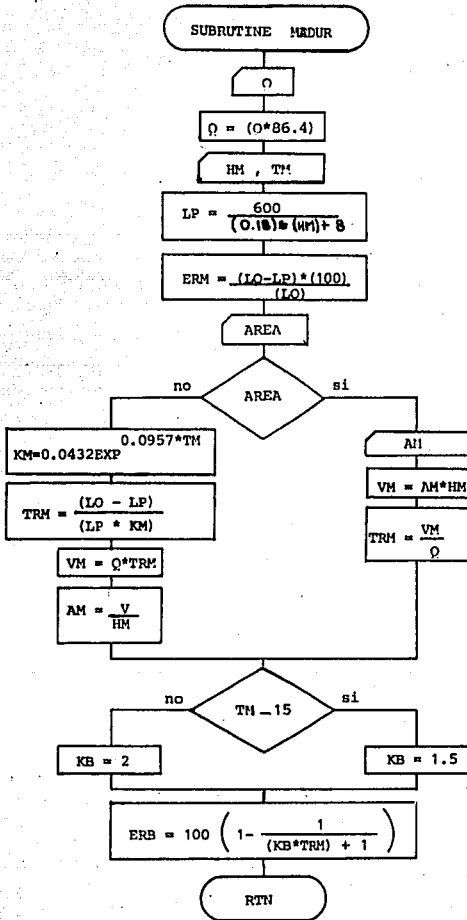
- BX Tasa de respiración Endogena, 1/dfa.
- AP Fracción de sustrato que se oxida, mg O₂ oxidados/ mg DBO₅ soluble removida.
- BP Fracción de SSV que se oxida, mg O₂ oxidados/ mg SSV oxidados- dfa.
- F Factor de proporcionalidad para la transferencia de calor entre el medio ambiente y la laguna, m/ dfa.
- N Transferencia de oxígeno en condiciones de campo, Kg O₂ / HP - Hr.
- NO Transferencia de Oxígeno en condiciones estandar, Kg O₂ / HP-Hr.
- CSW Concentración de saturación de Oxígeno en el desecho, mg/l.
- CS Concentración de saturación de Oxígeno en el agua limpia, mg/ l.
- CI Concentración de Oxígeno en la laguna, mg/l.
- ALFA Coeficiente de transferencia de Oxígeno.

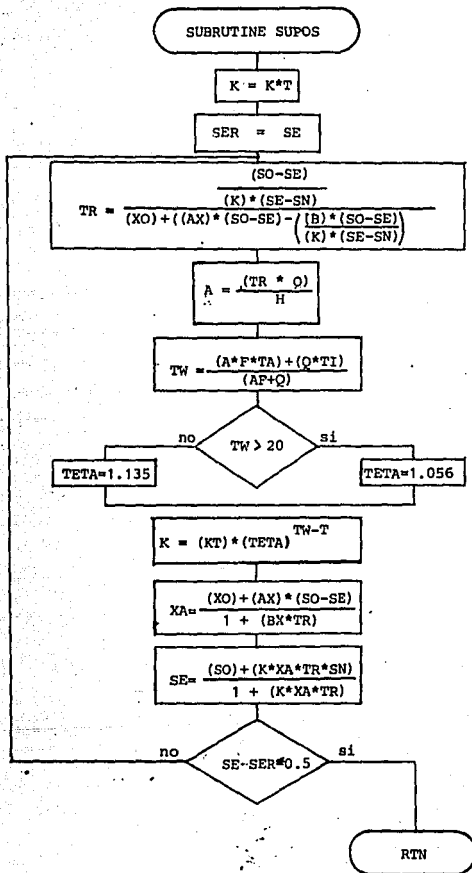
- LAGUNA DE MADURACION

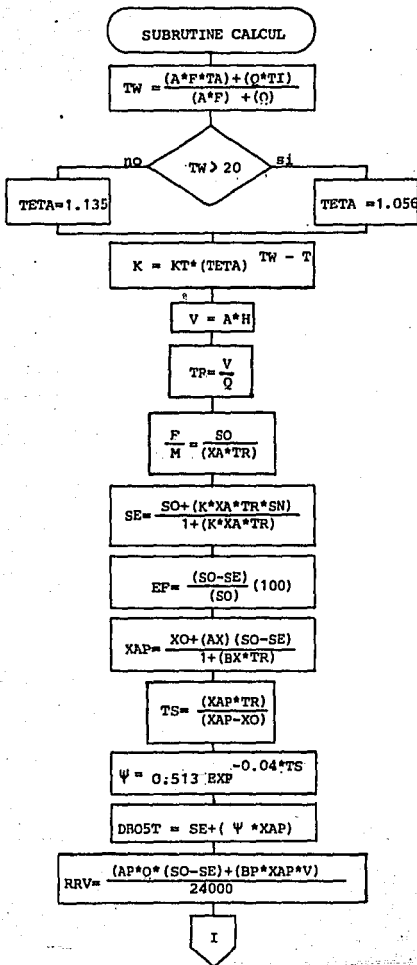
- LP Concentración de DBO₅ total en el efluente, mg/l.
- HM Tirante, m.
- ERM Eficiencia de remoción organica, %.
- LO Concentración de DBO₅ total en el efluente, mg/l.
- KM Constante de remoción orgánica, 1/dfa.
- TM Temperatura de la Laguna, °C.
- TRM Tiempo de retención, dfa.
- VM Volumen, m³
- Q Gasto, l/s.
- AM Area, m².
- ERB Eficiencia de remoción bacteriológica, %.
- KB Constante de remoción bacteriológica, 1/dfa.

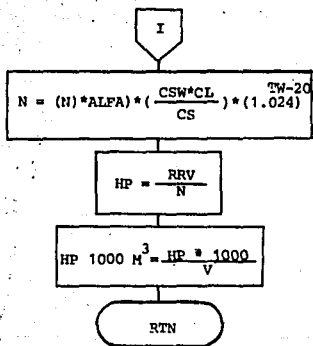












EJECUCION DEL PROGRAMA : LAGUNA AEREADA

Una vez alimentado el programa a la calculadora, deberán efectuarse los siguientes pasos para su ejecución.

TECLADO	PANTALLA
1. XEQ ALPHA LAGAER ALPHA	LAGUNA AEREADA PARAMETROS
2. Teclar el valor de la temperatura del ambiente, °C.	TA? °C
3. R/S	Número teclado
4. Teclar el valor de la temperatura del influente, °C	TI? °C
5. R/S	Número teclado
6. Teclar el valor del factor de proporcionalidad, m/d.	F? M/D
7. R/S	Número teclado
8. Teclar el valor de la DBO_5 soluble no biodegradable, mg/l.	SN? MG/L
9. R/S	Número teclado
10. Teclar el valor de la constante de remoción orgánica, 1/dfa	KT? 1/D
11. R/S	Número teclado
12. teclar el valor de la temperatura a la cual reporto KT, °C.	T? °C
13. R/S	Número teclado
	AX? MG/MG

TECLADO

PANTALLA

14. Teclar el valor de la constante de crecimiento de microorganismos, mg de células producidas/mg de DBO_5 soluble removida	Número teclado BX? 1/D
15. R/S	
16. Teclar el valor de la tasa de respiración endógena, 1/dfa.	Numero teclado AP? MG O2/ MG
17. R/S	
18. Teclar el valor de la fracción del sustrato que se oxida, mg de O_2 oxidados/mg de DBO_5 soluble removida.	Número teclado BP? 1/D
19. R/S	
20. Teclar el valor de los SSV que se oxidan, mg O_2 oxidados/mg de SSV oxidados- <u>dfa</u> .	Número teclado CSW? MG/L
21. R/S	
22. Teclar el valor de la concentración de oxígeno de saturación en el desecho, mg/l.	Número teclado CL? MG/L
23. R/S	
24. Teclar el valor de la concentración de oxígeno en la laguna, mg/l.	Número teclado CS? MG/L
25. R / S	
26. Teclar el valor de la concentración de saturación en el agua limpia, -- mg/l	Número teclado

TECLADO

PANTALLA

27. R/S	NO? KG O ₂ /HP-HR
28. Teclar el valor de la transferencia de oxígeno en condiciones estandar, - Kg O ₂ /HP-Hr.	Número teclado
29. R/S	ALFA?
30. Teclar el valor del coeficiente de transferencia de oxígeno.	Número teclado
31. R/S	Q? L/S
32. Teclar el valor del gasto, l/s.	Número teclado
33. R/S	SO? MG/L
34. Teclar el valor de la concentración de la DBO ₅ soluble en el influente, mg/l.	Número teclado
35. R/S	XO? MG/L
36. Teclar el valor de la concentración de SSV en el influente, mg/l.	Número teclado
37. R/S	H? M
38. Teclar el valor del tirante deseado en la laguna, m.	Número teclado
39. R/S	AREA? ISI, ONO
40. Teclar el número que indicará si el área es conocida o hay que calcularla: - Teclar 1 si se conoce el área - Teclar 0 si no se conoce el área	Número teclado

TECLADO

PANTALLA

Si se tecleo 0 efectuar los pasos 41-43

Si se tecleo 1 efectuar los pasos 44-48

41. R/S

AREA LAGUNA

DESCONOCIDA

SE? MG/L

42. Teclear el valor de la concentración de DBO_5 soluble requerida en el efluente, mg/l.

Número tecleado

43. R/S

A = M2

Después de imprimir el área, continua con la impresión de las características del dimensionamiento, paso 48.

LAGUNA AEREADA

CONOCIDA

A? M2

45. Teclear el valor del área de la laguna, m^2 .

Número tecleado

46. R/S

XA? MG/L

47. Teclear el valor de la concentración de SSV deseada en la laguna, mg/l.

Número deseado

48. R/S

TW= °C

K= 1/D

V= M3

TR= DIA

F/M= 1/D

SE= MG/L

TECLADO

PANTALLA

50.

51. Teclar el número que indicara si se desea obtener la laguna de maduración;

- Teclar 1 si se desaeen los datos para una laguna de maduración

- Teclar 0 si no se desan los datos de una laguna de maduración

52. R/S

Si se tecló 1 efectuar los pasos 53-63

Si se tecló 0 efectuar el paso 64

53. Teclar el valor del gasto, l/s.

54. R/S

55. Teclar el valor de la temperatura

EF= %

XAP= MG/L

TS= DIA

Y=

DBO₅T= MG/L

RRV= KG02/HR

N= KG02/HP-HR

HP=

HP/1000 M3

MADURACION? ISI, ONO

Número teclado

LAGUNA DE

MADURACION

Q? L/S

Número teclado

TM? °C

TECLADO	PANTALLA
54. R/S	TM? °C
55. Teclar el valor de la temperatura en la laguna, °C.	Número teclado
56. R/S	HM? M
57. teclar el valor del tirante deseado en la laguna, m.	Número teclado
58. R/S	AREA? ISI,ONO
59. Teclar el numero que indicara si el área es conocida o hay que calcularla:	/
- Teclar 1 si se conoce el área	
- Teclar 0 si el área se desconoce.	Número teclado
Si se tecléo 1 efectuar los pasos 60-62	
Si se tecléo 0 efectuar el paso 63	
60. R/S	AREA MADURACION
	CONOCIDA
	AM? M2
61. Teclar el valor del área de la laguna de maduración, m ²	Número teclado
62. R/S	
Una vez ingresada, el área de la laguna de maduración se efectua el paso 63.	
63. R/S	AREA MADURACION
	DESCONOCIDA
	LO= MG/L
	LP= MG/L

TECLADO

PANTALLA

64.

65. Teclar el numero que indicara si se desea simular la laguna areada:

- Teclar 1 si se desea simular la laguna areada.

- Teclar 0 si no se desea simular la laguna areada.

ERM= %

TRM= DIA

VM= M3

AM= M2

ERB= %

S I M U L A C I O N

AEREAADA? ISI, ONO

Si se tecléo 1 efectuar los pasos 32-48

Si se tecléo 0 efectuar los pasos 50-65

LISTADO DEL PROGRAMA

Antes de ingresar el programa a la calculadora, ejecute la siguiente instrucción:

XEQ ALPHA SIZE ALPHA 035

01 "LAGAER"	53 STO 06	105 STO 20
02 ADV	54 "AN? MG/MG"	106 "AREA? ISI,ONO"
03 XEQ "P"	55 PROMPT	107 PROMPT
04 "LAGUNA AEREADA"	56 STO 07	108 "AREA LAGUNA"
05 AVIEW	57 "BX?"	109 AVIEW
06 PSE	58 ARCL 13	110 PSE
07 XEQ "P"	59 PROMPT	111 0
08 "PARAMETROS"	60 STO 08	112 X=Y?
09 AVIEW	61 "AP? MGO2/MG"	113 GTO 02
10 PSE	62 PROMPT	114 "CONOCIDA"
11 " OC"	63 STO 09	115 AVIEW
12 ASTO 12	64 "BP?"	116 PSE
13 " 1/D"	65 ARCL 13	117 "A?"
14 ASTO 13	66 PROMPT	118 ARCL 14
15 " M2"	67 STO 10	119 PROMPT
16 ASTO 14	68 "CSW?"	120 STO 21
17 " M3"	69 ARCL 24	121 "XA?"
18 ASTO 15	70 PROMPT	122 ARCL 24
19 " DIA"	71 "CL?"	123 PROMPT
20 ASTO 16	72 ARCL 24	124 STO 22
21 " MG/L"	73 PROMPT	125 GTO 03
22 ASTO 24	74 -	126 LBL 02
23 " %"	75 "CS?"	127 "DESCONOCIDA"
24 ASTO 28	76 ARCL 24	128 AVIEW
25 " kg/L"	77 PROMPT	129 PSE
26 ASTO 30	78 /	130 "SE?"
27 "HR"	79 "NO?"	131 ARCL 24
28 ASTO 32	80 ARCL 30	132 PROMPT
29 "HP-HR"	81 ARCL 33	133 STO 23
30 ASTO 33	82 PROMPT	134 XEQ "SUPOS"
31 "TA?"	83 *	135 LBL 03
32 ARCL 12	84 "ALFA"	136 XEQ "CALCUL
33 PROMPT	85 PROMPT	137 LBL 20
34 STO 00	86 *	138 ADV
35 "T1?"	87 STO 11	139 "MADURACION, ISI"
36 ARCL 12	88 ADV	140 " ONO"
37 PROMPT	89 LBL 01	141 PROMPT
38 STO 01	90 "Q? L/S"	142 1
39 "F? M/D"	91 PROMPT	143 X=Y?
40 PROMPT	92 86.4	144 XEQ "MADUR"
41 STO 02	93 *	145 ADV
42 "SN?"	94 STO 18	146 "S I M U L A C I"
43 ARCL 24	95 "SO?"	147 " O N"
44 PROMPT	96 ARCL 24	148 AVIEW
45 STO 03	97 PROMPT	149 PSE
46 "KT?"	98 STO 19	150 XEQ "P"
47 ARCL 13	99 "XO?"	151 ADV
48 PROMPT	100 ARCL 24	152 "AEREADA? ISI,ONO"
49 STO 05	101 PROMPT	153 PROMPT
50 "T?"	102 STO 04	154 0
51 ARCL 12	103 "H? M"	155 X=Y?
52 PROMPT	104 PROMPT	156 GTO 20

157 ADV	208 AVIEW	259 GTO 13
158 XEQ "P"	209 PSE	260 LBL 12
159 "LAGUNA AEREADA"	210 0	261 1.5
160 AVIEW	211 X=Y?	262 STO 25
161 PSE	212 GTO 10	263 LBL 13
162 XEQ "P"	213 "CONOCIDA"	264 RCL 25
163 ADV	214 AVIEW	265 RCL 27
164 GTO 01	215 PSE	266 *
165 RTN	216 "AM?"	267 1
166 LBL "MADUR"	217 ARCL 14	268 +
167 ADV	218 PROMPT	269 1/X
168 XEQ "P"	219 STO 21	270 CHS
169 "LAGUNA DE	220 RCL 20	271 1
170 AVIEW	221 *	272 +
171 PSE	222 STO 26	273 100
172 "MADURACION"	223 RCL 18	274 *
173 AVIEW	224 /	275 STO 29
174 PSE	225 STO 27	276 FIX 2
175 XEQ "P"	226 GTO 11	277 ADV
176 ADV	227 LBL 10	278 "LO= "
177 "Q? L/S"	228 "DESCONOCIDA"	279 ARCL 36
178 PROMPT	229 AVIEW	280 ARCL 24
179 86.4	230 PSE	281 AVIEW
180 *	231 RCL 34	282 PSE
181 STO 18	232 0.0957	283 "LP= "
182 "TM?"	233 *	284 ARCL 23
183 ARCL 12	234 E ↑ X	285 ARCL 24
184 PROMPT	235 0.0432	286 AVIEW
185 STO 34	236 *	287 PSE
186 "HM? M"	237 RCL 23	288 "ERM= "
187 PROMPT	238 *	289 ARCL 17
188 STO 20	239 RCL 36	290 ARCL 28
189 0.18	240 RCL 23	291 AVIEW
190 *	241 -	292 PSE
191 8	242 /	293 "TRM= "
192 +	243 1/X	294 ARCL 27
193 600	244 STO 27	295 ARCL 16
194 /	245 RCL 18	296 AVIEW
195 1/X	246 *	297 PSE
196 STO 23	247 STO 26	298 "VM= "
197 CHS	248 RCL 20	299 ARCL 26
198 RCL 36	249 /	300 ARCL 15
199 +	250 STO 21	301 AVIEW
200 RCL 36	251 LBL 11	302 PSE
201 /	252 RCL 34	303 "AM= "
202 100	253 15	304 ARCL 21
203 *	254 X<>Y	305 ARCL 14
204 STO 17	255 X<=Y?	306 AVIEW
205 "AREA? 1S1,ONO"	256 GTO 12	307 PSE
206 PROMPT	257 2	308 "ERB= "
207 "AREA MADURACION"	258 STO 25	309 ARCL 29

310 ARCL 28	363 CHS	416 PSE
311 AVIEW	364 RCL 19	417 RCL 17
312 PSE	365 +	418 RCL 18
313 RTN	366 STO 17	419 *
314 LBL "CALCUL"	367 RCL 19	420 RCL 09
315 XEQ "TW"	368 /	421 *
316 ADV	369 100	422 STO 17
317 "TW= "	370 *	423 RCL 22
318 ARCL 34	371 "EF= "	424 RCL 26
319 ARCL 12	372 ARCL X	425 *
320 AVIEW	373 ARCL 28	426 RCL 10
321 PSE	374 AVIEW	427 *
322 FIX 4	375 PSE	428 RCL 17
323 "K= "	376 RCL 17	429 +
324 ARCL 25	377 STO 29	430 24000
325 ARCL 13	378 XEQ "XA"	431 /
326 AVIEW	379 STO 31	432 STO 29
327 PSE	380 "XAP= "	433 "RRV= "
328 FIX 2	381 ARCL X	434 ARCL X
329 RCL 21	382 ARCL 24	435 ARCL 30
330 RCL 20	383 AVIEW	436 ARCL 32
331 *	384 PSE	437 AVIEW
332 STO 26	385 RCL 27	438 PSE
333 "V= "	386 *	439 RCL 34
334 ARCL X	387 RCL 31	440 20
335 ARCL 15	388 RCL 04	441 -
336 AVIEW	389 -	442 1.024
337 PSE	390 /	443 X<Y
338 RCL 18	391 "TS= "	444 Y † X
339 /	392 ARCL X	445 RCL 11
340 STO 27	393 ARCL 16	446 *
341 "TR= "	394 AVIEW	447 "N= "
342 ARCL X	395 PSE	448 ARCL X
343 ARCL 16	396 -0.04	449 ARCL 30
344 AVIEW	397 *	450 ARCL 33
345 PSE	398 2.71828	451 AVIEW
346 RCL 22	399 X<Y	452 PSE
347 *	400 Y † X	453 RCL 29
348 RCL 19	401 0.513	454 /
349 /	402 *	455 1/X
350 1/X	403 "Y= "	456 "HP= "
351 "F/M= "	404 ARCL X	457 ARCL X
352 ARCL X	405 AVIEW	458 AVIEW
353 ARCL 13	406 PSE	459 PSE
354 AVIEW	407 RCL 31	460 RCL 26
355 PSE	408 *	461 /
356 XEQ "SE"	409 RCL 23	462 1000
357 STO 23	410 +	463 *
358 "SE= "	411 STO 36	464 "PH/1000M3= "
359 ARCL X	412 "DBOST= "	465 ARCL X
360 ARCL 34	413 ARCL X	466 AVIEW
361 AVIEW	414 ARCL 24	467 PSE
362 PSE	415 AVIEW	468 RTN

469	LBL	"TW"	521	/	573	RTN
470	RCL	21	522	STO 17	574	LBL "SE"
471	RCL	02	523	RCL 08	575	RCL 22
472	*		524	*	576	RCL 25
473	RCL	00	525	CHS	577	*
474	*		526	RCL 29	578	RCL 27
475	RCL	18	527	RCL 07	579	*
476	RCL	01	528	*	580	STO 17
477	*		529	-	581	RCL 03
478	+		530	RCL 04	582	*
479	RCL	21	531	+	583	RCL 19
480	RCL	02	532	RCL 17	584	+
481	*		533	/	585	RCL 17
482	RCL	18	534	1/X	586	1
483	+		535	STO 27	587	+
484	/		536	RCL 18	588	/
485	STO	34	537	*	589	RTN
486	20		538	RCL 20	590	LBL "P"
487	X<>Y		539	/	591	"-----"
488	X>Y?		540	STO 21	592	AVIEW
489	GTO	05	541	XEQ "TW"	593	PSE
490	1.135		542	XEQ "XA"	594	RTN
491	STO	25	543	XEQ "SE"	595	END
492	GTO	06	544	RCL 23		
493	LBL	05	545	-		
494	1.056		546	ABS		
495	STQ	25	547	0.5		
496	LBL	06	548	X<>Y		
497	RCL	34	549	X<=Y?		
498	RCL	06	550	GTO 07		
499	-		551	GTO 08		
500	RCL	25	552	LBL 07		
501	X<>Y		553	ADV		
502	Y + X		554	"A= "		
503	RCL	05	555	ARCL 21		
504	*		556	ARCL 14		
505	STO	25	557	AVIEW		
506	RTN		558	PSE		
507	LBL	"SUPOS"	559	RTN		
508	RCL	05	560	LBL "XA"		
509	STO	25	561	RCL 29		
510	LBL	08	562	RCL 07		
511	RCL	23	563	*		
512	CHS		564	RCL 04		
513	RCL	19	565	+		
514	+		566	RCL 27		
515	STO	29	567	RCL 08		
516	RCL	23	568	*		
517	RCL	03	569	1		
518	-		560	+		
519	RCL	25	561	6		
520	*		562	STO 22		

RESULTADOS

LAGUNA AEREA

PARAMETROS

TA? OC	18.00	
TI? OC	25.00	
F? M/D	00.51	
SN? MG/L	3.00	
KT? 1/D	0.072	
T? OC	27.00	
AX? MG/MG	0.805	
BX? 1/D	0.077	
AP? MGD2/MG	0.99	
BP? 1/D	0.509	
CSW? MG/L	8.50	
CL? MG/L	1.00	
CS? MG/L	8.38	
NO? KGO2/HP-HR		
	1.588	
ALFA?	0.71	
Q? L/S	1000.0	
SO? MG/L	250.0	
XO? MG/L	125.00	
H? M	3.00	
AREA? 1 SI, 0 NO		0.00

AREA LAGUNA DESCONOCIDA

SE? MG/L	11.00
----------	-------

A=	51518.33 M2
TW=	23.37 OC
K=	0.0591 1/D
V=	154554.98 M3
TR=	1.79 DIA
F/M=	0.56 1/D
SE=	11.10 MG/L
EF=	95.56 %
XAP=	278.98 MG/L
TS=	3.24 DIA
Y=	0.45
DBO5T=	136.78 MG/L
RRV=	1714.00 KGO2/HR
N=	1.09 KGO2/HP-HR
HP=	1568.19
HP/1000M3=	10.16

MADURACION? 1 SI, 0 NO 1.00

LAGUNA DE MADURACION

Q? L/S 1000.00
 TM? OC 24.00
 HM? M 2.00
 AREA? 1 SI, 0 NO 0.00

AREA DE MADURACION DESCONOCIDA

LO= 136.78 KG/L
 LP= 71.77 MG/L
 ERM= 47.53 %
 TRM= 2.11 DIA
 VM= 182205.02 M3
 AM= 91102.51 M2
 ERB= 60.83

S I M U L A C I O N

AEREADA? 1 SI, 0 NO 0.00

MADURACION? 1 SI, 0 NO 1.00

LAGUNA DE MADURACION

Q? L/S 1000.00
 TM? OC 24.00
 HM? M 1.00
 AREA? 1 SI, 0 NO 1.00

AREA DE MADURACION CONOCIDA

AM? M2 91102.51

LO= 136.78 MG/L
 LP= 73.35 MG/L
 ERM= 46.37 %
 TRM= 1.05 DIA
 VM= 91102.51
 AM= 91102.51
 ERB= 67.83 %

S I M U L A C I O N

AEREADA? 1 SI, 0 NO 1.00

LAGUNA AEREADA

Q? L/S 1250.00
 SO? MG/L 250.00
 XO? MG/L 125.00
 H? M 3.00
 AREA? 1 SI, 0 NO 1.00

AREA LAGUNA CONOCIDA

A? M2 51518.33
 XA? MG/L 278.90

TW= 23.63 OC
 K= 0.0599 1/D
 V= 154554.99 M3
 TR= 1.43 DIA
 F/M= 0.63 1/D
 SE= 12.91 MG/L
 EF= 94.83 %
 XAP= 284.50 MG/L
 TS= 2.55 DIA
 Y= 0.46
 BB05T= 144.70 MG/L
 RRV= 1924.77 KG02/HR
 N= 1.10 KG02/HP-HR
 HP= 1750.10
 HP/1000M3= 11.32

MADURACION? 1 SI, 0 NO 1.00

LAGUNA DE MADURACION

Q? L/S 1250.00
 TM? OC 24.00
 HM? M 2.00
 AREA? 1 SI, 0 NO 1.00

AREA DE MADURACION CONOCIDA

AM? M2 91102.51

LO= 144.70 MG/L
 LP= 71.77 MG/L
 ERM= 50.40 %
 TRM= 1.69 DIA
 VM= 182205.02
 AM= 91102.51
 ERB= 77.14 %

LÓDOS ACTIVADOS

- DIMENSIONAMIENTO
- SIMULACION
- NOMENCLATURA
- DIAGRAMA DE FLUJO
- MANUAL DE OPERACION "
- LISTADO
- EJEMPLO

LODOS ACTIVADOS

El proceso de lodos activados es un sistema de tratamiento continuo en el cual organismos biológicos son mezclados con agua residual, siendo posteriormente separados en un clarificador, una porción del lodo concentrado es reciclado y mezclado con agua residual adicional.

Este proceso puede proporcionar un efluente con 15 a 100 mg/l de DBO_5 , dependiendo de los compuestos bioresistentes del agua residual.

Este proceso se originó al observar que cuando un agua residual, doméstica ó industrial, era aerada durante cierto tiempo, el contenido de materia orgánica se reducía, formándose al mismo tiempo un lodo floculento. El examen microscópico de este lodo revela que está formado por una población heterogénea de microorganismos, la cual cambia constantemente en respuesta a la variación de la composición del agua residual y de las condiciones ambientales

Los microorganismos presentes son bacterias unicelulares, hongos, algas, protozoarios y rotíferos, siendo las bacterias las más importantes, presentándose en todos los tipos de procesos biológicos de tratamiento.

Debido a que las aguas industriales domésticas contienen muchas impurezas que inhiben un sistema biológico, estas deben ser removidas antes de someter dichas aguas a un tratamiento secundario.

Altas concentraciones de sólidos suspendidos descargados directamente a un proceso biológico secundario, normalmente bajan la eficiencia del proceso, debido a que reducen la fracción de sólidos biológicos activos o produce una demanda excesiva de oxígeno. Para evitar esto, el material suspendido deberá ser previamente removido por medio de unidades de sedimentación o flotación; por otro lado, si el agua residual contiene altas cantidades de material co-

loidal, este debe ser removido mediante una coagulación química previa a la sedimentación o flotación.

Las grasas y aceites también producen efectos adversos sobre los procesos de tratamiento secundario, por lo que también deberá contemplarse su remoción -- previa.

Estando la supervivencia de los microorganismos limitada a un rango de pH-- de 6.5 a 7.8, es necesaria la neutralización previa del agua residual cuando esta es ácida o alcalina.

En la figura se muestra el esquema de un proceso de lodos activados convencional; las características de operación se muestran en el capítulo correspondiente a Zanjas de Oxidación.

El presente programa efectúa el dimensionamiento y simulación de un sistema de Lodos Activados; bajo las siguientes condiciones:

DIMENSIONAMIENTO

El flujo de materia para un sistema de lodos activados se puede apreciar en la figura .

- 1) Tasa de Retención.

$$R = \frac{(XVA) - (AX)(SF - SE) + (BX) \frac{(SF - SE)}{K(SE - SN)} - (XVF)}{(XVR - XVA)} \quad (1)$$

- 2) Tiempo de Retención,

$$TR = \frac{(SF - SE)}{(K)(XVA)(SE - SN)(1 + R)} \quad (2)$$

- 3) BDO₅ soluble en la Alimentación Combinada.

$$SO = \frac{(SF) + (R)(SE)}{(1 + R)} \quad (3)$$

- 4) Relación Alimento/Microorganismos.

$$\frac{F}{M} = \frac{(SO)}{(XVA)(TR)} \quad (4)$$

- 5) Gasto en la Alimentación Combinada.

$$Q = (QF)(1 + R) \quad (5)$$

- 6) Volumen de Reactor

$$V = (Q)(TR)(86.4) \quad (6)$$

- 7) Producción de Lodos como SSV.

$$AXVN = (AX)(SO - SE)(Q)(0.0864) - (BX)(XVA)(V)(10^{-3}) \quad (7)$$

- 8) SSV en la Alimentación combinada.

$$XVO = \frac{(XVF) + (R)(XVR)}{(1 + R)} \quad (8)$$

- 9) Revisión de la producción de lodos como SSV.

$$PROD. = (XVA - XVO) \quad (9.a)$$

$$AXVC = (PROD)(Q)(0.0864) \quad (9.b)$$

$$\% = \frac{AXVC}{AXVN} \quad (9.c)$$

- 10) Gasto en el Drenado de Lodos.

$$Q'' = \frac{(AXVN) + (QF)(XVF - XVE)(0.0864)}{(XVR - XVE)(0.0864)} \quad (10)$$

- 11) Gasto en el efluente.

$$Q' = (QF - Q'') \quad (11)$$

- 12) Producción de SSV Totales

$$AXVT = [(AXVN) + (QF)(XVF)(0.0864) - (Q')(XVE)](0.0864) \quad (12)$$

- 12) Producción de Lodos como SSNV.

$$AXNV = (QF)(XNVF - XNVE)(0.0864) + (Q'')(XNVE)(0.0864) \quad (13)$$

- 14) Producción Total de Lodos.

$$AXT = AXVT + AXNV \quad (14)$$

- 15) Revisión de SSV en el Efluente

$$XNVE = \frac{(QF) (XNVF) (0.0864) - (AXNV)}{(Q') (0.0864)} \quad (15)$$

- 16) SSV en la Recirculación.

$$XNVR = \frac{AXNV}{(Q'') (0.0864)} \quad (16)$$

- 17) SSV en la Alimentación Combinada.

$$XNVO = \frac{(XNVF) + (R) (XNVR)}{(1 + R)} \quad (17)$$

- 18) Requerimientos de Oxígeno.

$$RRV = \frac{(AP) (SO - SE) (Q) (86.4) + (BP) (XVA) (V)}{24000} \quad (18)$$

- 19) Transferencia Unitaria de Aereador.

$$N = (NO) (ALFA) \left(\frac{CSW - CL}{CS} \right) (1.024)^{(TW - 20)} \quad (19)$$

- 20) Potencia Requerida.

$$HP = \frac{RRV}{N} \quad (20)$$

- 21) Distribución de Potencia.

$$\frac{HP}{1000} = \frac{HP}{V} (1000) \quad (21)$$

SIMULACION

Una vez diseñado el sistema, a fin de cuantificar las características resultantes cuando las condiciones de entrada varían, se tomó como base la siguiente condición:

" La cantidad de SSV a recircular, y por consiguiente los SSV/m, está en -- relación directa a la carga orgánica alimentada ".

Esta condición se expresa matemáticamente mediante las siguientes formulas;

22) Tasa de Recirculación.

$$R' = R' \frac{(QF') (SF')}{(QF) (SF)} \quad (22)$$

23) SSV en el reactor.

$$XVA' = \frac{(SF' SE) (86.4)}{(V / QF') (K) (SE - SN)} \quad (23)$$

24) SSV en la recirculación.

$$XVR' = \frac{(XVA') - (AX)(SF' - SE) + \frac{BX}{K} \frac{SF' - SE}{(SE - SN)} - XVF}{R'} + (XVA') \quad (24)$$

Determinados los parámetros anteriores, la simulación se continua utilizando las ecuaciones 2 al 21 estipuladas para el dimensionamiento.

NOMENCLATURA

1. Gastos (l/s.)

QF Alimentación (corriente 1)

QF' Alimentación en la simulación

QR Recirculación (corriente 6)

- R Tasa de recirculación ($R = QR/QF$)
- R' Tasa de recirculación en la simulación
- Q Alimentación combinada (corriente 2)
- Q' Efluente (corriente 4)
- Q" Drenado de lodos (corriente 5)

2. Concentración de DBO_5 Soluble (mg/l)

- SF En la alimentación
- SF' En la alimentación de la simulación
- SO En la alimentación combinada
- SE En el efluente
- SN No biodegradable

3. Concentración de SSV (mg/l)

- XVF En la alimentación
- XVO En la alimentación combinada
- XVA En el reactor
- XVA' En el reactor en la simulación
- XVR En la recirculación
- XVR' En la recirculación en la simulación
- XVE En el efluente

4. Concentración de SSNV (mg/l)

- XNVF En la alimentación
- XNVO En la alimentación combinada
- XNVA En el reactor

XNVR En la recirculación

XNVE En el efluente

5. Producción de Lodos (kg/dfa)

AXVN Producción neta de SSV

AXVT Drenado total de SSV

AXNV Drenado de SSV

AXT Drenado total de lodos

AXVC Revisión de la producción de lodos como SSV

6. Parámetros

K Constante cinética de remoción biológica, 1/dfa.

AX Constante de crecimiento de microorganismos, mg de células producidas/mg de DBO_5 soluble removida.

BX Tasa de respiración endógena, 1/dfa.

AP Fracción de DBO_5 soluble que se oxida, mg de O_2 oxidados/mg de soluble re movida.

BP Fracción de SSV que se oxida, mg de O_2 oxidados/ mg de SSV-dfa.

V Volumen del reactor, m^3 .

TR Tiempo de retención considerando el gasto de la alimentación combinada, dfas.

F/M Relación alimento/microorganismos, mg de DBO_5 soluble/ mg SSV-dfa.

% Porcentaje de acierto en la revisión de la producción de lodo como SSV.

RRV Requerimientos de oxígeno, $kg O_2/ hr.$

N Transferencia de oxígeno del aerador en condiciones de campo, $kg O_2 /- hr.$

- NO Transferencia de oxígeno del aereador en condiciones estandar, kg O₂/-hr.
- ALFA Coeficiente de transferencia de oxígeno.
- CS Concentración de saturación de oxígeno en agua blanca, mg/l.
- CL Concentración de oxígeno en el reactor, mg/l.
- CSW Concentración de saturación de oxígeno en el desecho, mg/l.
- TW Temperatura en el reactor, °C.
- HP Potencia requerida.
- HP Distribución de potencia en cada 1000 m³ de reactor.
1000m³

FIG. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL FLUJO DE MATERIA EN UN SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

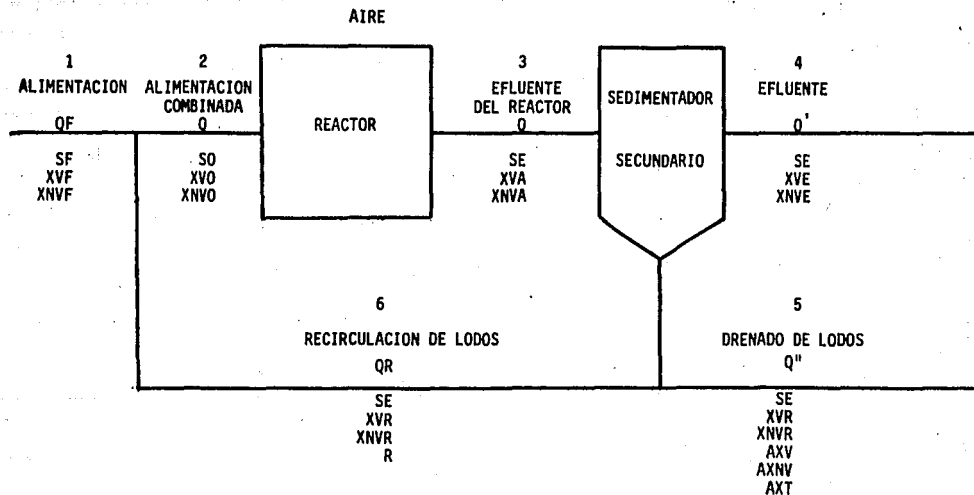
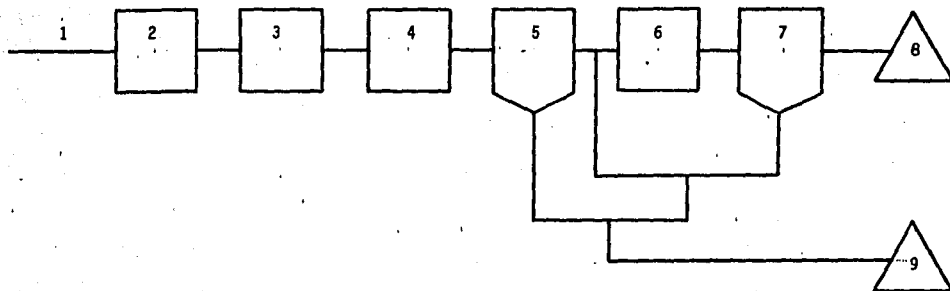
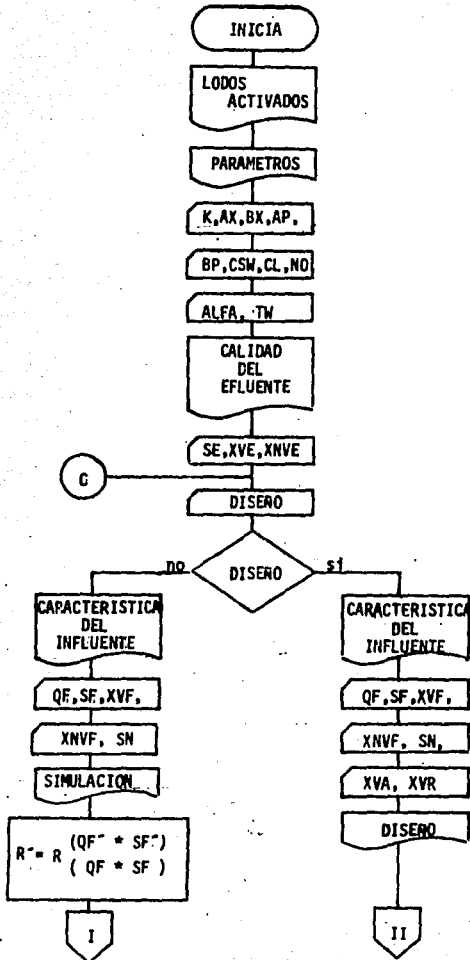


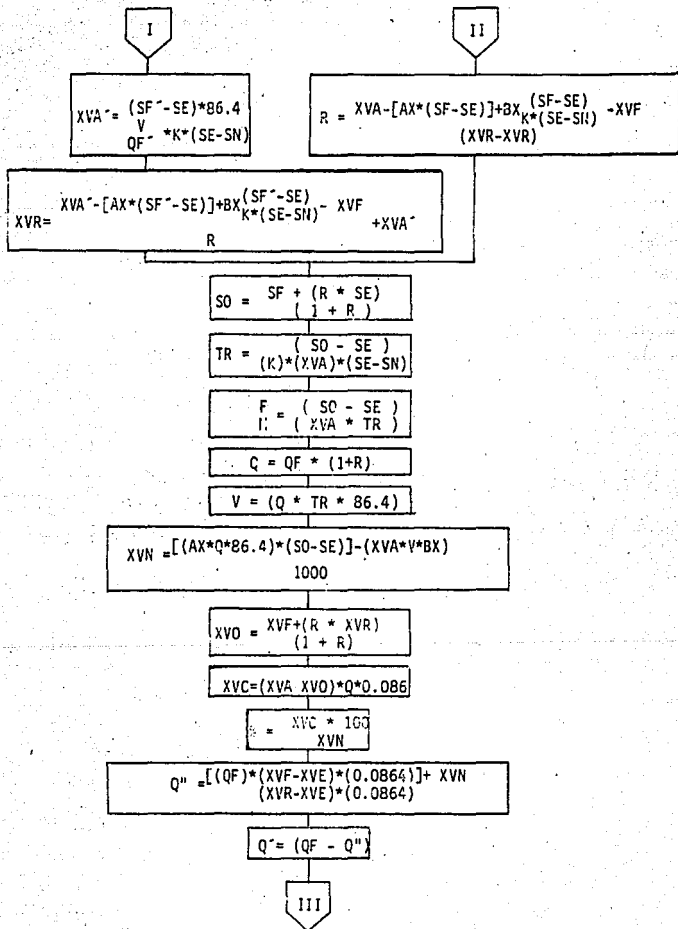
FIG. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA TÍPICO DE TRATAMIENTO SECUNDARIO

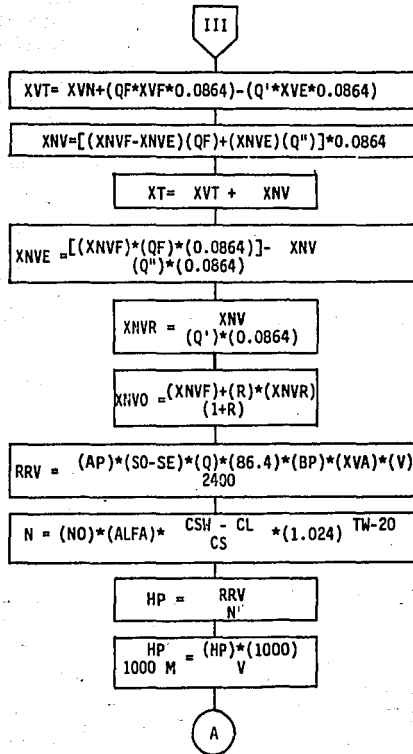


- 1 AGUA RESIDUAL CRUDA
- 2 CANAL DE REJAS
- 3 CANAL DESARENADOR
- 4 MEDIDOR DE FLUJO
- 5 SEDIMENTADOR PRIMARIO
- 6 REACTOR
- 7 SEDIMENTADOR SECUNDARIO
- 8 DISPOSICION DE AGUA TRATADA
- 9 MANEJO Y DISPOSICION DE Lodos

- FLUJO DE AGUA
- FLUJO DE Lodos
- SISTEMA BASICO DE
- Lodos ACTIVADOS







EJECUCION DEL PROGRAMA: LODOS ACTIVADOS

Una vez ingresado el programa a la calculadora, se deberán efectuar los siguientes pasos para su ejecución:

TECLADO	PANTALLA
1. XEQ ALPHA LODAC ALPHA	LODOS ACTIVADOS PARAMETROS
2. Teclar el valor de la constante cinética de remoción biológica, 1/dfa.	K? 1/D Número teclado
3. R/S	AX? MG/MG
4. Teclar el valor de la tasa de crecimiento de microorganismos, mg de células producidas / mg de DBO_5 soluble removida.	Número teclado
5. R/S	'BK? 1/D
6. Teclar el valor de la tasa de respiración endógena, 1/d.	Número teclado
7. R/S	AP? MG O2 / MG
8. Teclar el valor de la fracción de la DBO_5 soluble se oxida, mg de O_2 oxidados / mg de DBO_5 soluble removida.	Número teclado
9. R/S	BP? 1/D
10. Teclar el valor de la fracción de --SSV que se oxida, mg de O_2 oxidados/-mg de SSV - dfa.	Número teclado

TECLADO	PANTALLA
11. R/S	CSW? MG/L
12. Teclar el valor de la concentración de saturación de oxígeno en el dese-cho, mg/l.	Número teclado
13. R/S	CL? MG/L
14. Teclar el valor de la concentración de oxígeno requerido el reactor, mg/l.	Número teclado
15. R/S	CS? MG/L
16. Teclar el valor de la concentración de saturación de oxígeno en agua --blanca, mg/l.	Número teclado
17. R/S	NO? KG02/HP-HR
18. Teclar el valor de la transferencia de oxígeno del aereador en condicio-nes estandar, kg O ₂ / HP-Hr.	Número teclado
19. R/S	ALFA?
20. Teclar el valor del coeficiente de transferencia de oxígeno.	Número teclado
21. R/S	TEMP? OC
22. Teclar el valor de la temperatura -en el reactor, °C.	Número teclado
23. R/S	CALIDAD DEL EFLUENTE
24. Teclar el valor de la concentración	SE? MG/L

PANTALLA	TECLADO
de DBO_5 soluble requerida en el efluente, mg/l.	Número teclado
25. R/S	XVE? MG/L
26. Teclar el valor de la concentración de SSV requerida en el efluente, mg/l	Número teclado
27. R/S	XNVE ? MG/L
28. Teclar el valor de la concentración de SSNV requerida en el efluente, mg/l.	Número teclado
29. R/S	DISERO? ISI, ONO
30. Teclar el número que indicara se se va a diseñar o a sim-lar: - Teclar 1 se se va a diseñar - teclar o si se va a simular	Número teclado
31. R/S	CARACTERISTICAS DEL INFLUENTE QF? L/S
32. Teclar el valor del gasto del in----fluente, l/s.	Número teclado
33. R/S	SF? MG/L
34. Teclar el valor de la concentración de DBO_5 soluble en el influente, mg/l	Número teclado
35. R/S	XVF? MG/L
36. Teclar el valor de la concentración de SSV en el influente, mg/l	Número teclado

DECLARADO

PANTALLA

DXVN=	KG/D
XVO =	MG/L
DXVC=	KG/D
% =	
Q" =	L/S
Q' =	L/S
DXVT=	KG/D
DXNV=	KG/D
DXT =	KG/D
XNVE=	MG/L
XNVR=	MG/L
XNVO=	MG/L
RRV =	KGO2/HR
N =	KGO2/HP-HR
HP	
HP/1000M3=	
DISERO 1SI, ONO	

va a asimilar ejecute los pasos 30-42

va a diseñar nuevamente, comfense en

baso 1

37. R/S	XRVF? MG/L
38. Teclar el valor de la concentración de SSNV en el influente, mg/l.	Número teclado
39. R/S	SN? MG/L
40. Teclar el valor de la concentración de DBO_5 soluble no biodegradable, mg/l	Número teclado
41. R/S	XVA? MG/L

Si en el paso 30 se tecleo 1, efectuar los pasos 42-45

Si en el paso 30 se tecleo 0, efectuar el paso 46

42. teclar el valor de la concentración de SSV deseables en el reactor, mg/l	Número teclado
43. R/S	XVR? MG/L
44. Teclar el valor de la concentración de SSV deseables en la recirculación mg/l.	Número teclado
45. R/S	DIMENSIONAMIENTO

Pasar al paso 47 para impresión de resultados

46.	SIMULACION
	XVA = MG/L
	XVR = MG/L
47.	R =
	SO = MG/L
	TR = DIA
	TR = HR
	F/M = 1/D
	Q = L/S
	V = M3

LISTADO DEL PROGRAMA

Antes de ingresar el programa a la calculadora, ejecute la siguiente instrucción:

XEQ ALPHA SIZE ALPHA O35

01 LBL "LODAC"	53 "CL?"	105 "DEL INFLUENTE"
02 CLRG	54 ARCL 27	106 AVIEW
03 FIX 2	55 PROMPT	107 PSE
04 XEQ "L"	56 -	108 ADV
05-"LODOS ACTIVADOS"	57 "CS?"	109 "QF?"
06 AVIEW	58 ARCL 27	110 ARCL 24
07 PSE	59 PROMPT	111 PROMPT
08 XEQ "L"	60 /	112 STO 08
09 "1/D"	61 "NO?"	113 "SF?"
10 ASTO 23	62 ARCL 28	114 ARCL 27
11 "L/S"	63 ARCL 31	115 PROMPT
12 ASTO 24	64 PROMPT	116 STO 09
13 "M3"	65 *	117 "XVF?"
14 ASTO 25	66 "ALFA?"	118 ARCL 27
15 "KG/D"	67 PROMPT	119 PROMPT
16 ASTO 26	68 *	120 STO 10
17 "MG/L"	69 STO 33	121 "XNVF?"
18 ASTO 27	70 "TEMP?"	122 ARCL 27
19 "KGO2/KG"	71 PROMPT	123 PROMPT
20 ASTO 28	72 20	124 STO 11
21 "HR"	73 -	125 "SN?"
22 ASTO 29	74 1.024	126 ARCL 27
23 "DIA"	75 X Y	127 PROMPT
24 ASTO 30	76 Y X	128 STO 34
25 "HP-HR"	77 ST* 33	129 ADV
26 ASTO 31	78 ADV	130 0
27 ADV	79 "CALIDAD DE EFLU"	131 RCL 07
28 "PARAMETROS"	80 "ENTE"	132 X=Y?
29 AVIEW	81 AVIEW	133 GTO 02
30 PSE	82 PSE	134 RCL 08
31 ADV	83 ADV	135 RCL 09
32 "KG?"	84 "SE?"	136 *
33 ARCL 23	85 ARCL 27	137 STO 12
34 PROMPT	86 PROMPT	138 "XVA?"
35 STO 2	87 STO 04	139 ARCL 27
36 "AX? MG/MG"	88 "XVE?"	140 PROMPT
37 PROMPT	89 ARCL 27	141 STO 13
38 STO 00	90 PROMPT	142 "XVR?"
39 "BX?"	91 STO 05	143 ARCL 27
40 ARCL 23	92 "XNVE?"	144 PROMPT
41 PROMPT	93 ARCL 27	145 STO 14
42 STO 01	94 PROMPT	146 ADV
43 "AP? MGO2/MG"	95 STO 06	147 "DIMENSIONAMIENT"
44 PROMPT	96 LBL 01	148 "0"
45 STO 02	97 ADV	149 AVIEW
46 "BP?"	98 "DISEÑO? ISI,ONO"	150 PSE
47 ARCL 23	99 PROMPT	151 XEQ "L"
48 PROMPT	100 STO 07	152 ADV
49 STO 03	101 ADV	153 XEQ "R"
50 "CSN?"	102 "CARACTERISTICAS"	154 RCL 14
51 ARCL 27	103 AVIEW	155 RCL 13
52 PROMPT	104 PSE	156 -

157	RCL 15	209	AVIEW	261	ARCL
158	/	210	PSE	262	AVIEW ²³
159	1/X	211	LBL 03	263	PSE
160	STO 16	212	RCL 17	264	RCL 17
161	STO17	213	"R= "	265	1
162	GTO 03	214	ARCL X	266	+
163	LBL 02	215	AVIEW	267	RCL 08
164	"SIMULACION"	216	PSE	268	*
165	AVIEW	217	RCL 04	269	"Q= "
166	PSE	218	*	270	ARCL X
167	XEQ "L"	219	RCL 09	271	ARCL 24
168	ADV	220	+	272	AVIEW
169	RCL 08	221	RCL 17	273	PSE
170	RCL 09	222	1	274	RCL 19
171	*	223	+	275	*
172	RCL 12	224	/	276	86.4
173	/	225	STO 18	277	*
174	RCL 16	226	"SO= "	278	STO 20
175	*	227	ARCL X	279	"V= "
176	STO 17	228	ARCL 27	280	ARCL X
177	RCL 04	229	AVIEW	281	ARCL 25
178	RCL 34	230	PSE	282	AVIEW
179	-	231	RCL 04	283	PSE
180	RCL 20	232	/	284	RCL 09
181	*	233	RCL 32	285	RCL 04
182	RCL 08	234	/	286	-
183	/	235	RCL 13	287	RCL 00
184	86.4	236	/	288	*
185	/	237	RCL 04	289	RCL 08
186	RCL 32	238	RCL 34	290	*
187	*	239	-	291	0,0864
188	RCL 09	240	/	292	+
189	RCL 04	241	STO 19	293	STO 15
190	-	242	"TR= "	294	RCL 01
191	/	243	ARCL X ARCL 30	295	RCL 13
192	1/X	244	ARCL 30	296	*
193	STO 13	245	AVIEW	297	RCL 20
194	"XVA= "	246	PSE	298	*
195	ARCL X	247	24	299	1000
196	ARCL 27	248	*	300	/
197	AVIEW PSE	249	"TR= "	301	ST-15
198	XEQ "R"	250	ARCL X	302	"DXVN= "
199	RCL 15	251	ARCL 29	303	ARCL 15
200		252	AVIEW	304	ARCL 26
201	RCL 17	253	PSE	305	AVIEW
202	/	254	RCL 18	306	PSE
203	RCL 13	255	RCL 13	307	RCL 14
204	+	256	/	308	RCL 17
205	STO 14	257	RCL 19	309	*
206	"XVR= "	258	/	310	RCL 10
207	ARCL X	259	"F/M= "	311	+
208	ARCL 27	260	ARCL X	312	RCL 17
		261	ARCL 23		

313	1	365	ARCL 24	418	AVIEW
314	+	366	AVIEW	419	PSE
315	/	367	PSE	420	RCL 08
316	"XVO=" "	368	CHS	421	RCL 11
317	ARCL X	369	RCL 08	422	*
318	ARCL 27	370	+	423	0.0864
319	AVIEW	371	STO 22	424	*
320	PSE	372	"Q"= "	425	RCL 18
321	CHS	373	ARCL X	426	-
322	RCL 13	374	ARCL 24	427	RCL 22
323	+	375	AVIEW	428	/
324	RCL 08	376	PSE	429	0.0864
325	*	378	0.0864	430	/
326	RCL 17	379	RCL 05	431	"XNVE=" "
327	1	380	*	432	ARCL X
328	+	381	ST- 15	433	ARCL27
329	*	382	RCL 08	434	AVIEW
330	0.0864	383	0.0864	435	PSE;
331	*	384	*	436	RCL 18
332	"DXVC=" "	385	RCL 10	437	RCL 21
333	ARCL X	386	*	438	/
334	ARCL 26	387	ST+ 15	439	0.0864
335	AVIEW	388	"DXVT=" "	440	/
336	PSE	389	ARCL 15	441	"XNVR=" "
337	RCL 15	390	ARCL 26	442	ARCL X
338	/	391	AVIEW	443	ARCL 27
339	100	392	PSE;	444	AVIEW
340	*	393	RCL 11	445	PSE
341	"%= "	394	RCL 06	446	RCL 17
342	ARCL X	395	-	447	*
343	AVIEW	396	RCL 08	448	RCL 11
344	PSE	397	*	449	+
345	RCL 14	398	0.0864	450	RCL 17
346	RCL 05	399	*	451	1
347	-	400	STO 18	452	+
348	0.0864	401	RCL 06	453	/
349	*	402	RCL 21	454	"XNVO=" "
350	STO 21	403	*	455	ARCL X
351	RCL 10	404	0.0864	456	ARCL 27
352	RCL 05	405	*	457	AVIEW
353	-	406	ST+ 18	458	PSE
354	RCL 08	407	"DXNV=" "	459	RCL 09
355	*	408	ARCL 18	460	RCL 04
356	0.0864	409	ARCL 26	461	-
357	*	410	AVIEW	462	RCL 08
358	RCL 15	411	PSE	463	*
359	+	412	RCL 18	464	86.4
360	RCL 21	413	RCL 15	465	*
361	/	414	+	466	RCL 02
362	STO 21	415	"DXT=" "	467	*
363	"Q"= "	416	ARCL X	467	STO 18
364	ARCL X	417	ARCL 25	468	RCL 03

470 RCL 13	523 RCL 09
471 *	524 RCL 04
472 RCL 20	525 -
473 *	526 RCL 01
474 RCL 18	527 *
475 +	528 RCL 32
476 24000	529 /
477 /	530 RCL 04
478 "RRV= "	531 RCL 34
479ARCL X	532 -
480 ARCL 28	533 /
481 ARCL 29	534 ST+ 15
482 AVIEW	535 RTN
483 PSE	536 END
484 RCL 33	
485 "N= "	
486 ARCL X	
487 ARCL 28	
488 ARCL 31	
489 AVIEW	
490 PSE	
491 /	
492 "HP= "	
493 ARCL X	
494 AVIEW	
495 PSE	
496 RCL 20	
497 /	
498 1000	
499 *	
500 "HP/1000M3= "	
501 ARCL X	
502 AVIEW	
503 PSE	
504 GTO 01	
505 RTN	
506 LBL "L"	
507 "-----"	
508 AVIEW	
509 PSE	
510 RTN	
511 LBL "R"	
512RCL 09	
513 RCL 04	
514 -	
515 RCL 00	
516 *	
517 CHS	
518 RCL 13	
519 +	
520 RCL 10	
521 -	
522 STO 15	

RESULTADOS

Lodos Activados

PARAMETROS

K?	1/D	0.013
AX?	MG/MG	0.68
BX?	1/D	0.10
AP?	MG02/MG	0.57
BP?	1/D	0.15
CSW?	MG/L	7.50
CL?	MG/L	2.00
CS?	MG/L	8.38
NO?	KG02/HP-HR	1.36
ALFA?		0.85
TEMP?	OC	25.00

CALIDAD DE EFLUENTE

SE?	MG/L	25.00
XVE?	MG/L	10.00
XNVE?	MG/L	15.00

DISERO? 1SI,ONO 1

CARACTERISTICAS DEL INFLUENTE

QF?	L/S	1000.00
SE?	MG/L	250.00
XVF?	MG/L	110.00
XNVF?	MG/L	165.00
SN?	MG/L	0.00
XVA?	MG/L	2500.00
XVR?	MG/L	7500.00

DIMENSIONAMIENTO

R= 0.46
 SO= 178.98 MG/L
 TR=0.19 DIA
 TR= 4.55 HR
 F/M= 0.38 1/D
 Q= 1461.25 L/S
 V= 23926.15 M3
 DXVN= 7237.66 MG/L
 XVO= 2442.67 MG/L
 DXVC= 7237.66 KG/D
 %= 100.00

Q^{*}= 24.54 L/S
 Q¹= 975.46 L/S
 DXVT = 15398.86 KG/D
 DXNV= 12991.80 KG/D
 DXT= 28890.66 KG/D
 XNVE= 15.00 MG/L
 XNVR= 6128.65 MG/L
 XNVO= 2047.44 MG/L
 RRV= 835.55 KGO2/HP-HR
 HP= 978.12
 HP/1000M3= 40.88

DISEÑO? 1SI,ONO 0

CARACTERISTICAS DEL INFLUENTE

QF? E/S 1250.00
 SF? MG/L 275.00
 XVF? MG/L 110.00
 XNVF? MG/L 165.00
 SN? MG/L 0.00

SIMULACION

XVA= 3472.22 MG/L
 XVR= 8626.87 MG/L
 R= 0.63
 SO= 177.98 MG/L
 TR= 0.14 DIA
 TR= 3.25 HR
 F/M= 0.38 1/D
 Q= 2042.77 L/S
 V= 23926.15 M3
 DXVN= 10052.31 KG/D
 XVO= 3415.27 MG/L
 DXVC= 10052.31 KG/D
 %= 100.00 %
 Q¹¹= 28.01 L/S
 Q¹= 1221.99 L/S
 DXVT= 20876.51 KG/D
 DXNV= 16236.30 KG/D
 DXT= 37112.81 KG/D
 XNVE= 15.00 MG/L
 XNVR= 6709.38 MG/L
 XNVO= 2704.77 MG/L
 RRV 1160.48 KGO2/HR
 N= 0.85 KGO2/HP-HR
 HP= 1358.51
 HP/1000M3= 56.78

ZANJA DE OXIDACION

- DIMENSIONAMIENTO
- SIMULACION
- NOMENCLATURA
- DIAGRAMA DE FLUJO
- MANUAL DE OPERACION
- LISTADO
- EJEMPLO

ZANJA DE OXIDACION

Una zanja de oxidación es un proceso biológico de aereación extendida y es una modificación del proceso de lodos activados; la idea fundamental de la aereación extendida, comparado con el proceso de lodos activados convencional, es minimizar la producción de lodos, lo cual se logra al incrementar el tiempo de retención, teniendo como resultado que todo el lodo biodegradable formado es consumido por respiración endógena.

Son cinco las características básicas que distinguen la aereación extendida del proceso de lodos activados convencional;

- 1.- Alto tiempo de retención en el reactor.
- 2.- Baja carga orgánica, la relación alimento/microorganismos está entre -- 0.1 y 0.25, mientras que en lodos activados convencional es de 0.3 a -- 0.7 .
- 3.- Alta concentración de sólidos biológicos en el reactor, con rango de -- 3500 a 5000 mg/l y 2000 a 4000 mg/l para lodos activados convencional.
- 4.- Baja producción de lodo, por cada kg de DBO_5 removida, se generan 0.01 kg de lodos, mientras que para lodos activados convencional la generación es de 0.03 kg de lodos.
5. Alto consumo de oxígeno.

En la figura se muestra un diagrama típico de una zanja de oxidación, -- una parte esencial de este sistema es la aereación proporcionada por un rotor, el cual tiene dos funciones; aerear y proveer una velocidad de flujo al licor mezclado de la zanja; la velocidad de flujo en la zanja es del orden -- de 1 ft/seg., por lo que la mezcla de agua residual y lodo activado pasa repetidamente a través del rotor a cortos intervalos de tiempo.

Aunque teóricamente la producción neta de lodo es nula, en la práctica esto no sucede por que parte del lodo no es biodegradable, este lodo es muy liviano y presenta dificultades para su sedimentación, por lo que el clarificador debe tener un tiempo de retención (4 hr) mayor al utilizado en lodos activos convencional (2 hr).

Debido a que el tiempo de retención requerido para la remoción de DBO_5 es mas corto que para la autooxidación del lodo, el volumen del aerador es controlado por la velocidad de oxidación del lodo.

El presente programa diseña y simula una zanja de oxidación bajo las siguientes condiciones;

FORMULACIÓN

El flujo de materia para una zanja de oxidación se puede apreciar en la figura

1. Tasa de Recirculación

$$R = \frac{(XVA) - (1-F)(AX)(SF - SE) - (XVF)}{(XVR - XVA)} \quad (1)$$

2. Tiempo de Retención

$$TR = \frac{(F) (X) (SF - SE)}{(BX) (XVA) (1 + R)} \quad (2)$$

3. DBO_5 Soluble en la Alimentación Combinada

$$SO = \frac{(SF) + (R) (SE)}{(1 + R)} \quad (3)$$

4. Relación de Alimento/Microorganismo.

$$\frac{F}{M} = \frac{SO}{(XVA) (TR)} \quad (4)$$

5. Gasto en la Alimentación Combinada.

$$Q = (QF) (1 + R) \quad (5)$$

6. Volumen

$$V = (Q) (TR) (86.4) \quad (6)$$

7. Producción de lodos como SSV

$$AXVN = (AX) (SO - SE) (Q) (0.0864) - (BX) (XVA) (V) (10^{-3}) \quad (7)$$

8. SSV en la Alimentación Combinada

$$XVO = \frac{(XVF) + (R) (XVR)}{(1 + R)} \quad (8)$$

9. Revisión de la Producción de Lodo como SSV

$$PROD = XVA - XVO \quad (9.a)$$

$$AXVC = (PROD) (Q) (0.0864) \quad (9.b)$$

$$\% = \frac{AXVC}{AXVN} \quad (9.c)$$

10. Gasto en el Drenado de Lodos

$$Q'' = \frac{(AXVN) + (QF) (XVF - XVE) (0.0864)}{(XVR - XVE) (0.0864)} \quad (10)$$

11. Gasto en el efluente

$$Q' = QF - Q'' \quad (11)$$

12. Producción de SSV Totales

$$AXVT = (AXVN) + (QF) (XVF) (0.0864) - (Q') (XVE) (0.0864) \quad (12)$$

13. Producción de Lodos como SSV

$$AXNV = (Q'') (XNVR) (0.0864) + (QF) (0.0864) (XNVF - XNVE) + (Q'') (0.0864) (XNVE) \quad (13)$$

14. Producción Total de Lodos

$$AXT = AXVT + AXNV \quad (14)$$

15. Requerimiento de SSNV en el efluente

$$XNV = \frac{(QF) (XNVF) (0.0864) - (AXNV)}{(Q') (0.0864)} \quad (15)$$

16. SSNV en la Recirculación

$$XNVR = \frac{AXNV}{(Q'') (0.0864)} \quad (16)$$

17. SSNV en la Alimentación Combinada

$$XNVO = \frac{(XNVF) + (R) (XNVR)}{(1 + R)} \quad (17)$$

18. Requerimientos de oxígeno

$$RRV = \frac{(AP)(SO - SE)(Q)(0.0864) + (BP)(XVA)(V)(10^{-3})}{24} \quad (18)$$

SIMULACION

Una vez diseñado el sistema, a fin de cuantificar las características resultantes cuando las condiciones de entrada varían, se tomó como base la siguiente condición:

" la cantidad de SSV a recircular, y por consiguiente los SSVLM, está en relación directa a la carga orgánica alimentada ",

Esta condición se expresa matemáticamente mediante las siguientes relaciones:

19. Tasa de Recirculación

$$R' = R \frac{(QF') (SF')}{(QF) (SF)} \quad (19)$$

20. SSV en el Reactor

$$XVA' = \frac{(F)(AX)(SF' - SE)(86.4)}{(V/QF')(BX)} \quad (20)$$

21. SSV en la recirculación

$$XVR' = \frac{(XVA') - (1-F)(AX)(SF-SE) - (XVF)}{(R)} + (XVA) \quad (21)$$

Determinados los parámetros anteriores, la simulación se continua utilizando las ecuaciones 2 hasta la 18, estipuladas para el dimensionamiento.

NOMENCLATURA

1. GASTOS (l/s)

- QF Alimentación (corriente 1)
 QF' Alimentación en la simulación
 QR Recirculación (corriente 6)
 R Tasa de recirculación ($R = QR / QF$)
 R' Tasa de recirculación en la simulación
 Q Alimentación combinada (corriente 2)
 Q' Efluente (corriente 4)
 Q" Drenado de lodos (corriente 5)

2. Concentración de DBO_5 soluble (mg/l)

- SF En la alimentación
 SF' Alimentación en la simulación
 SO En la alimentación combinada
 SE En el efluente

3. Concentración de SSV (mg/l)

- XVF En la alimentación
- XVO En la alimentación combinada
- XVA En el reactor
- XVR En la recirculación
- XVE En el efluente
- XVA' En el reactor en la simulación
- XVR' En la recirculación en la simulación

4. Concentración de SSNV (mg/l)

- XNVF En la alimentación
- XNVO En la alimentación combinada
- XNVA En el reactor
- XNVR En la recirculación
- XNVE En el efluente

5. Producción de lodos (kg/dfa)

- AXVN Producción neta de SSV
- AXNV Drenado de SSNV
- AXT Drenado total de lodos
- AXVT Producción de SSV totales

6. Parámetros

- AX Constante de crecimiento de microorganismos, mg de células producidas / mg de DBO_5 soluble removida
- BX Tasa de respiración endógena, l/dfa

- AP Fracción de DBO_5 soluble que se oxida, mg O_2 oxidados/ mg DBO_5 soluble removida
- BP Fracción de SSV que se oxida, mg O_2 oxidados / mg de SSV - dfa .
- F Fracción de lodos biológicos biodegradables, usualmente es de 0.77.
- V Volumen del reactor, m^3 .
- RRV Requerimientos de oxígeno, kg O_2 / hr.
- TR Tiempo de retención considerando el gasto de la alimentación combinada, dfa.
- F/M Relación alimento/microorganismo, mg DBO_5 soluble/ mg SSV - dfa
- AXVC Revisión de la producción de lodos como SSV, kg/dfa .
- % Porcentaje de acierto en la revisión de la producción de lodo como SSV.

FIG. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL FLUJO DE MATERIA DE UN SISTEMA DE ZANOS DE OXIDACION

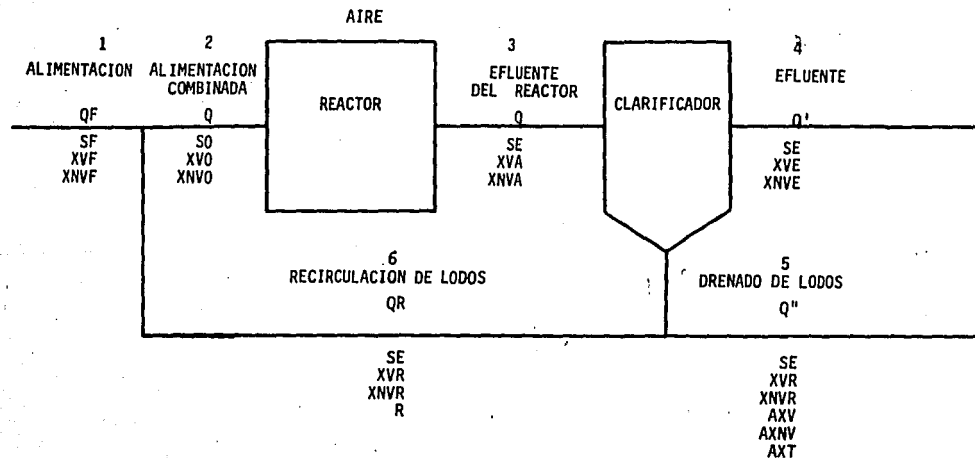
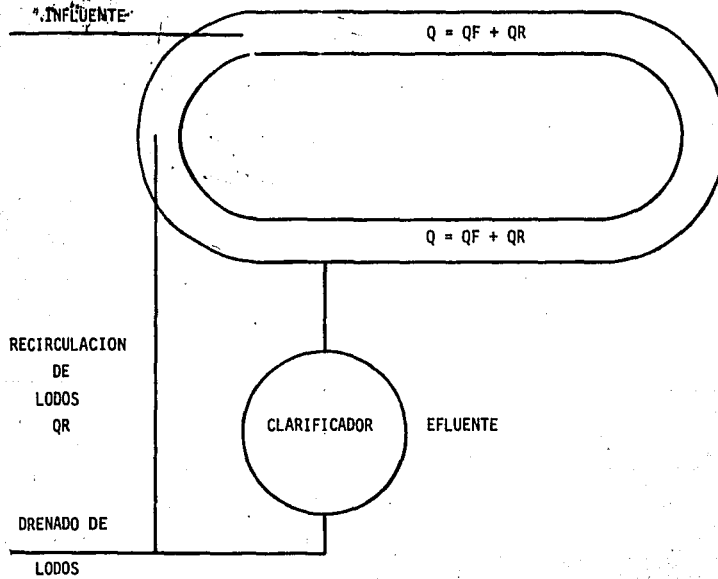
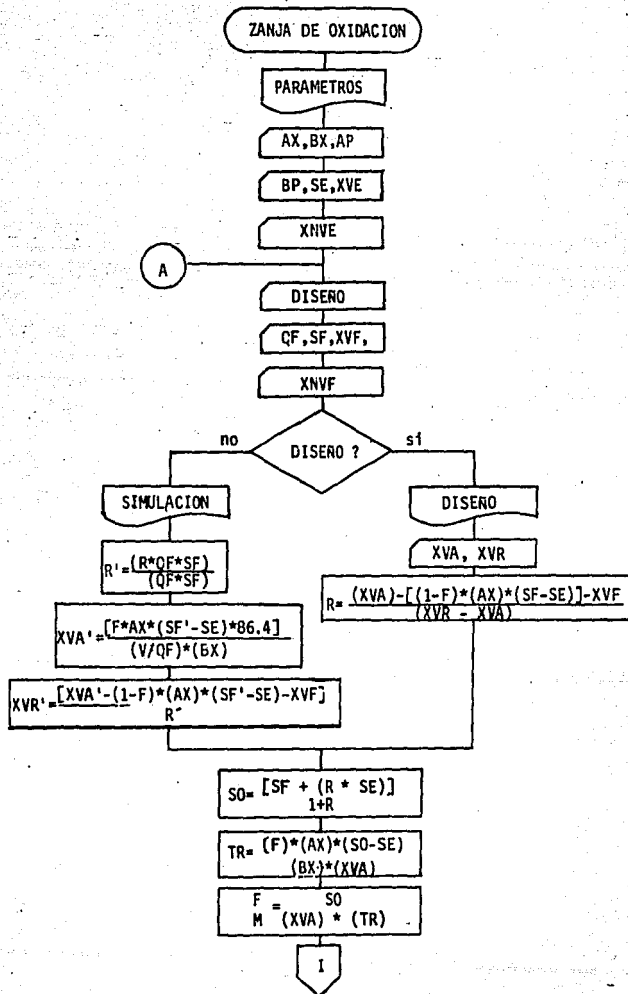
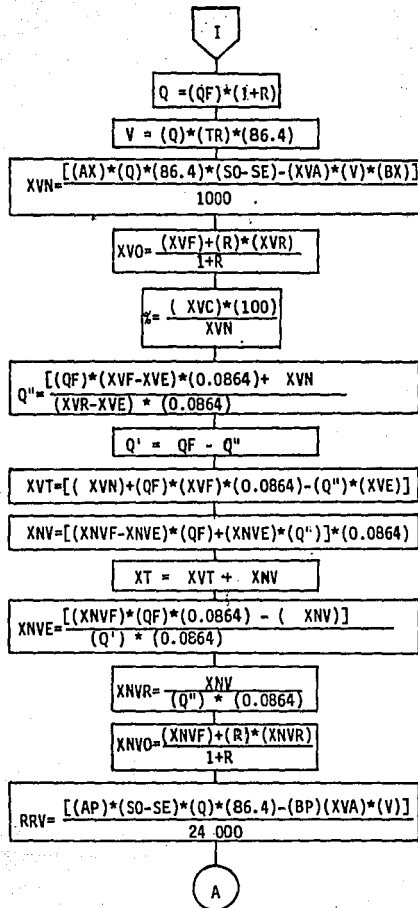


FIG. ZANJA DE OXIDACION







EJECUCION DEL PROGRAMA: ZANJA DE OXIDACION

Una vez alimentado el programa a la calculadora, se deberán efectuar las siguientes instrucciones para su ejecución;

TECLADO	PANTALLA
1. XEQ ALPHA ZANOX ALPHA	ZANJA DE OXIDACION
	PARAMETROS
	AX? MG/MG
2. Teclar el valor de la tasa de crecimiento de microorganismos, mg de células producidas/ mg de DBO_5 soluble removida.	Número teclado
3. R/S	BX? 1/D
4. Teclar el valor de la tasa de respiración endógena, 1/día	Número teclado
5. R/S	AP? MG02/MG
6. Teclar el valor de la fracción de DBO_5 soluble que se oxida, mg de oxígeno oxidados / mg de DBO_5 soluble removida	Número teclado
7. R/S	BP? 1/D
8. Teclar el valor de SSV que se oxida, mg de O_2 /mg de SSV - día	Número teclado
9. R/S	CALIDAD DEL EFLUENTE
	SE? MG/L

10. Teclar el valor de la concetración requerida en el efluente de DBO_5 soluble, mg/l	Número teclado XVE? MG/L
11. R/S	
12. Teclar el valor de la concentración de SSV requerida en el efluente, mg/l	Número teclado XNVE? MG/L
13. R/S	
14. Teclar el valor de la concentración de SSNV requerida en el efluente, -- mg/l	Número teclado DI?SERO? ISI,ONO
15. R/S	
16. Teclar el número que indicará si se va a diseñar o a simular: - Teclar 1 si se va a diseñar - teclar 0 si se va a simular	Número teclado CARACTERISTICAS DEL INFLUENTE QF? L/S
17. R/S	
18. Teclar el valor del gasto del influente, mg/l	Número teclado SF? MG/L
19. R/S	
20. Teclar el valor de la concentración de DBO_5 soluble en el influente, mg/l	Número teclado XVF? MG/L
21. R/S	

TECLADO	PANTALLA
22. Teclar el valor de la concentración de SSV en el influente, mg/l	Número teclado
23. R/S	XNVF? MG/L
24. Teclar el valor de la concentración de SSV en el influente, mg/l.	Número teclado
25. R/S	XVA? MG/L
Si en el paso 16 tecléo 1, efectuar los pasos 26-29.	
Si en el paso 16 tecléo 0, efectuar el paso 30	
26. Teclar el valor de la concentración de SSV requeridos en la zanja, mg/l.	Número teclado
27. R/S	XVR? MG/L
28. Teclar el valor de la concentración de SSV requeridos en la recirculación mg/l.	Número teclado
29. R/S	DIMENSIONAMIENTO
Pasarse al paso 31 para la impresión de resultados	
30.	SIMULACION
	XVA = MG/L
	XVR = MG/L
	R =
	SO= MG/L
	TR= DIA
	TR= HR
31.	F/M= 1/D

TECLADO

PANTALLA

Q=	L/S
V=	M3
DXVN=	KG/D
XVO=	MG/L
DXVC=	KG/D
%=	
Q''=	L/S
Q'=	L/S
DXVT=	KG/D
DXNV=	KG/D
DXT=	KG/D
XNVE=	MG/L
XNVR=	MG/L
XNVO=	MG/L
RRV=	KG02/HR
DISER0? 1SI,0NO	

Si se va a simular ejecute los pasos 16-25

Si se va a diseñar nuevamente, ejecute los
pasos 1-25.

LISTADO DEL PROGRAMA

Antes de ingresar el programa a la calculadora, ejecute la siguiente instrucción:

XEQ ALPHA SIZE ALPHA 033

01	LBL "ZANOX"	53	"SE?"	105	PROMPT
02	CLRG	54	ARCL 27	106	STO 13
03	FIX 2	55	PROMPT	107	"XVRP?"
04	XEQ "L"	56	STO 04	108	ARCL 27
05	"ZANJA DE OXIDA"	57	"XVE?"	109	PROMPT
06	"CION"	58	ARCL 27	110	STO 14
07	AVIEW	59	PROMPT	111	ADV
08	PSE	60	STO 05	112	"DIMENSIONAMIENT"
09	XEQ "L"	61	"XNVE?"	113	"O"
10	"I/D"	62	ARCL 27	114	AVIEW
11	ASTO 23	63	PROMPT	115	PSE
12	"L/S"	64	STO 06	116	XEQ "L"
13	ASTO 24	65	LBL 01	117	ADV
14	"M3"	66	ADV	118	XEQ "R"
15	ASTO 25	67	"DISENO? ISI,ONO"	119	RCL 14
16	"KG/D"	68	PROMPT	120	RCL 13
17	ASTO 26	69	STO 67	121	-
18	"MG/L"	70	ADV	122	RCL 15
19	ASTO 27	71	"CARACTERISTICAS"	123	/
20	"KGO2/KG"	72	AVIEW	124	-1/X
21	ASTO 28	73	PSE	125	STO 16
22	"HR"	74	"DEL INFLUENTE"	126	STO 17
23	ASTO 29	75	AVIEW	127	GTO 03
24	"DIA"	76	PSE	128	LBL 02
25	ASTO 30	77	ADV	129	"SIMULACION"
26	"HP-HR"	78	"QF?"	130	AVIEW
27	ASTO 31	79	ARCL 24	131	PSE
28	ADV	80	PROMPT	132	XEQ "L"
29	"PARAMETROS"	81	STO 08	133	ADV
30	AVIEW	82	"SF?"	134	RCL 08
31	PSE	83	ARCL 27	135	RCL 09
32	ADV	84	PROMPT	136	*
33	"AX? MG/MG"	85	STO 09	137	RCL 12
34	PROMPT	86	"XVF?"	138	/
35	STO 00	87	ARCL 27	139	RCL 16
36	"BX?"	88	PROMPT	140	*
37	ARCL 23	89	STO 10	141	STO 17
38	PROMPT	90	"XHVF?"	142	RCL 09
39	STO 01	91	ARCL 27	143	RCL 04
40	"MGO2/MG"	92	PROMPT	144	-
41	PROMPT	93	STO 11	145	RCL 00
42	STO 02	94	ADV	146	*
43	"BP?"	95	0	147	0.77
44	ARCL 23	96	RCL 07	148	*
45	PROMPT	97	X=Y?	149	RCL 08
46	STO 03	98	GTO 02	150	*
47	ADV	99	RCL 08	151	86.4
48	"CALIDAD DE EFLU"	100	RCL 09	152	*
49	" ENTE"	101	*	153	RCL 20
50	AVIEW	102	STO 12	154	/
51	PSE	103	"XVA?"	155	RCL 01
52	ADV	104	ARCL 27	156	/

157 STO 13	209 AVIEW	261 RCL 20
158 "XVA= "	210 PSE	262 *
159 ARCL X	211 24	263 1000
160 ARCL 27	212 *	264 /
161 AVIEW	213 "TR= "	265 ST- 15
162 PSE	214 ARCL X	266 "DXVN= "
163 XEQ "R"	215 ARCL 29	267 ARCL 15
164 RCL 15	216 AVIEW	268 ARCL 26
165 RCL 17	217 PSE	269 AVIEW
166 /	218 RCL 18	270 PSE
167 RCL 13	219 RCL 13	271 RCL 14
168 +	220 /	272 RCL 17
169 STO 14	221 RCL 19	273 *
170 "XVR= "	222 /	274 RCL 10
171 ARCL X	223 "F/M= "	275 +
172 ARCL 27	224 ARCL X	276 RCL 17
173 AVIEW	225 ARCL 23	278 +
174 PSE	226 AVIEW	279 /
175 LBL 03	227 PSE	280 "XVO= "
176 RCL 17	228 RCL 17	281 ARCL X
177 "R= "	229 1	282 ARCL 27
178 ARCL X	230 +	283 AVIEW
179 AVIEW	231 RCL 08	284 PSE
180 PSE	232 *	285 CHS
181 RCL 04	233 "Q= "	286 RCL 13
182 *	234 ARCL X	287 +
183 RCL 09	235 ARCL 24	288 RCL 08
184 +	236 AVIEW	289 *
185 RCL 17	237 PSE	290 RCL 17
186 1	238 RCL 19	291 1
187 +	239 *	292 +
188 /	240 86,4	293 *
189 STO 18	241 *	294 0,0864
190 "SO= "	242 STO 20	295 *
191 ARCL X	243 "V= "	296 "DXVC= "
192 ARCL 27	244 ARCL X	297 ARCL X
193 AVIEW	245 ARCL 25	298 ARCL 26
194 PSE	246 AVIEW	299 AVIEW
195 RCL 04	247 PSE	300 PSE
196 -	248 RCL 09	301 RCL 15
197 RCL 00	249 RCL 04	302 /
198 *	250 -	303 100
199 0.77	251 RCL 00	304 *
200 *	252 *	305 "%= "
201 RCL 01	253 STO 15	306 ARCL X
202 /	254 RCL 01	307 AVIEW
203 RCL 13	255 0,0864	308 PSE
204 /	256 *	309 RCL 14
205 STO 19	257 STO 15	310 RCL 05
206 "TR= "	258 RCL 01	311 c
207 ARCL X	259 RCL 13	312 0,0864
208 ARCL 30	260 *	277 1

313	*	365	RCL 06	417	/
314	STO 21	366	RCL 21	418	"XNVO="
315	RCL 10	367	*	419	ARCL X
316	RCL 05	368	0.0864	420	ARCL 27
317	-	369	*	421	AVIEW
318	RCL 08	370	ST+ 18	422	PSE
319	*	371	"XNV="	423	RCL 09
320	0.0864	372	ARCL 18	424	RCL 04
321	*	373	ARCL 25	425	-
322	RCL 15	374	AVIEW	426	RCL 08
323	+	375	PSE	427	*
324	RCL 21	376	RCL 18	428	86.4
325	/	377	RCL 15	429	*
326	STO 21	378	+	430	RCL 02
327	"Q"= "	379	"XT="	431	*
328	ARCL X	380	ARCL X	432	STO 18
329	ARCL 24	381	ARCL 26	433	RCL 03
330	AVIEW	382	AVIEW	434	RCL 13
331	PSE	383	PSE	435	*
332	CHS	384	RCL 08	436	RCL 20
333	RCL 08	385	RCL 11	437	*
334	+	386	*	438	RCL 18
335	STO 22	387	0.0864	439	+
336	"Q"= "	388	*	440	24000
337	ARCL X	389	RCL 18	441	/
338	ARCL 24	390	-	442	"RRV="
339	AVIEW	391	RCL 22	443	ARCL X
340	PSE	392	/	444	ARCL 28
341	0.0864	393	0.0864	445	ARCL 29
342	*	394	/	446	AVIEW
343	RCL 05	395	"XNVE="	447	PSE
344	*	396	ARCL X	448	GTO 01
345	ST- 15	397	ARCL 27	449	RTN
346	RCL 08	398	AVIEW	450	LBL "L"
347	0.0864	399	PSE	451	"-----"
348	*	400	RCL 18	452	"-----"
349	RCL 10	401	RCL 21	453	AVIEW
350	*	402	/	454	PSE
351	ST+ 15	403	0.0864	455	RTN
352	"XXVT="	404	/	456	LBL "R"
353	ARCL 15	405	"XNVR="	457	RCL 09
354	ARCL 26	406	ARCL X	458	RCL 04
355	AVIEW	407	ARCL 27	458	RTN
356	PSE	408	AVIEW	460	RCL 00
357	RCL 11	409	PSE	461	*
358	RCL 06	410	RCL 17	462	0.23
359	-	411	*	463	*
360	RCL 08	412	RCL 11	464	CHS
361	*	413	1	465	RCL 13
362	0.0864	414	+	466	+
363	*	415	1	467	RCL 10
364	STO 18	416	+	468	-

469 STO 15
470 RTN
471 END

RESULTADOS

ZANJA DE OXIDACION

PARAMETROS

AX? MG/MG 0.73
 BX? 1/D 0.075
 AP? MG02/MG 0.52
 BP? 1/D 0.106

CALIDAD DE EFLUENTE

SE? MG/L 10.00
 XVE? MG/L 10.00
 XNVE? MG/L 10.00

DISERO? ISI,OMO 1.00

CARACTERISTICAS DEL INFLUENTE

QF? L/S 385.00
 SF? MG/L 290.00
 XVVF? MG/L 160.00
 XNVF? MG/L 170.0
 XVA? MG/L 2100.0
 XVR? MG/L 5680.0

DIMENSIONAMIENTO

R= 0.53
 SO= 193.15 MG/L
 TR= 0.65 DIA
 TR= 15.69 HR
 F/M= 0.14 1/D
 Q= 588.58 L/S
 v= 33240.35 M3
 DXVN= 1563.81 KG/D
 XVO= 2069.25 MG/L
 DXVC= 1563.81 KG/D
 %= 100.00
 Q^u=13.38 L/S
 Q^v= 371.62 L/S
 DXVT= 6564.97 KG/D
 DXNV= 5333.80 KG/D
 DXT= 11898.76 KG/D
 XNVE= 10.00 MG/L
 XNVR= 4614.80 MG/L
 XNVO= 1707.36 MG/L
 RRV= 510.11 KG02/HR

DISERO? 1 SI, 0 NO 0.00

CARACTERISTICAS DEL INFLUENTE

QF? L/S 450.00
SF? MG/L 290.00
XVF? MG/L 160.00
XNVF? MG/L 170.00

SIMULACION

XVA= 2454.55 MG/L
XVR= 6091.10 MG/L
R= 0.62
SO= 183.05 MG/L
TR= 0.53 DIA
TR= 12.68 HR
F/M= 0.14 1/D
Q= 728.12 L/S
V= 33240.35 M3
DXVN= 1827.83 KG/D
XVO= 2425.49 MG/L
DXVC= 1827.83 MG/L
C= 100.00
Q''= 14.58 L/S
Q'= 435.42 L/S
DXVT= 7672.42 KG/D
DXNV= 6233.40 KG/D
DXT= 13905.82 KG/D
XNVE= 10.00 MG/L
XNVR= 4948.66 MG/L
XNV0= 1995.30 MG/L
RRV= 596.23 KG02/HR

AJUSTE DE CURVAS

AJUSTE DE CURVAS

- TIPOS DE CURVAS
- MANUAL DE OPERACION
- LISTADO

AJUSTE DE CURVAS

Dada una ecuación, esta puede ser transformada a la forma lineal, de tal manera que al aplicar el método de mínimos cuadrados para el ajuste de una recta, es posible determinar la pendiente, la intercepción con el eje Y (también llamado "ordenada al origen"), y el coeficiente de correlación.

El presente programa efectúa el ajuste de 7 curvas: determina la pendiente así mismo la intercepción con el eje Y, también el coeficiente de correlación. Además una vez conocidos a y b, para valores de X dados, se determinan los valores de Y correspondientes.

Ecuaciones involucradas:

- 1) Ecuación lineal

$$Y = A + BX \quad (1)$$

- 2) Pendiente

$$PENDING = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2)$$

- 3) Intercepción con el eje Y

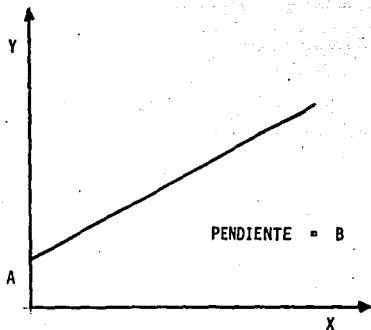
$$INT = \frac{\sum Y}{N} - PENDING \frac{\sum X}{N} \quad (3)$$

- 4) Coeficiente de correlación

$$R = \frac{N \sum X \cdot Y - \sum X \sum Y}{\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (4)$$

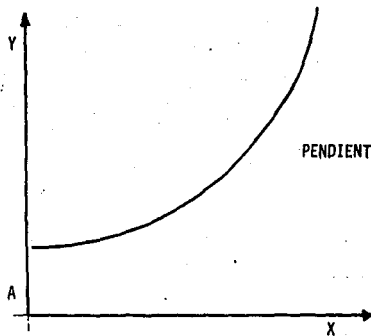
TIPO DE CURVAS

A) $Y = A + BX$



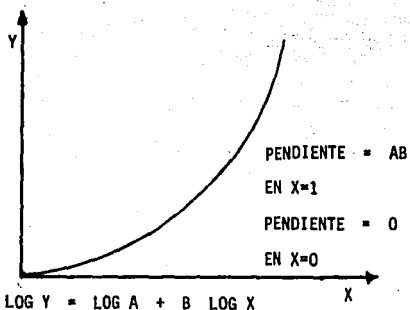
Ecuación lineal $Y = A + BX$

B) $Y = A \exp BX$



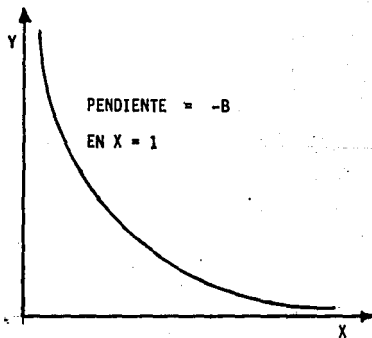
Ecuación lineal $\ln Y = \ln A + BX$

$$C) Y = AX^B$$



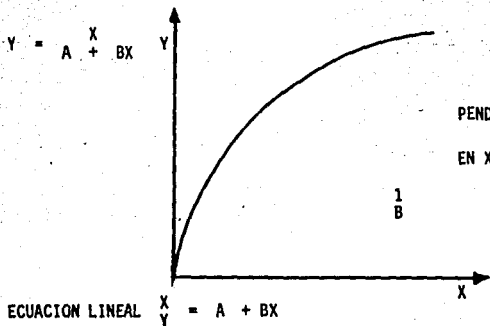
ECUACION LINEAL $\text{LOG } Y = \text{LOG } A + B \text{ LOG } X$

$$D) Y = A + \frac{B}{X}$$

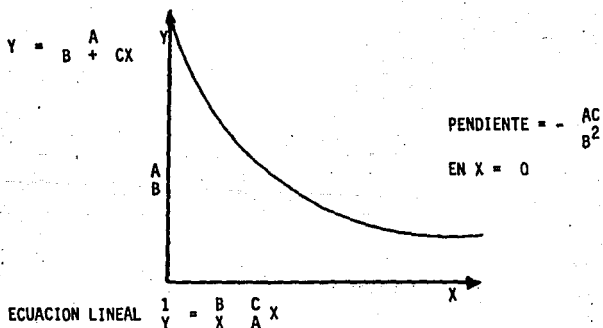


ECUACION LINEAL $Y = A + B \frac{1}{X}$

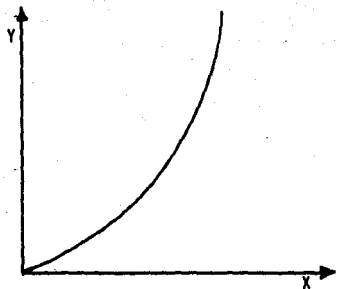
$$E) Y = A + BX$$



$$F) Y = \frac{A}{B} + CX$$



$$G) Y = A B^X$$



ECUACION LINEAL $\text{LOG } Y = \text{LOG } A + X \text{ LOG } B$

EJECUCION DEL PROGRAMA: AJUSTE DE CURVAS

Una vez alimentado, el programa a la calculadora, se deberán efectuar los siguientes indicaciones para la ejecución del mismo;

TECLADO	PANTALLA
1. XEQ ALPHA MINI2 ALPHA	AJUSTE DE CURVAS
2. Teclar el número de parejas de datos, X,Y.	N?
3. R/S	Número teclado
4. Teclar la letra que corresponda al tipo de ecuación a ajustar.	TIPO DE CURVA
A $Y = A + BX$	A,B,C,D,E,F,G?
B $Y = A \text{ EXP } BX$	
C $Y = AX^B$	
D $Y = A + B/X$	
E $Y = X / [(A) + (BX)]$	
F $Y = A / [(B) + (CX)]$	
G $Y = AB^X$	
Una vez teclada la letra correspondiente, empieza la lectura de las parejas de datos X - Y	
5. R/S	X1?
6. Teclar el valor de X1	Número teclado
7. R/S	Y1?
8. Teclar el valor de Y1	Número teclado
9. R/S	...

Repetir los pasos del 6 al 9 hasta que los valores de X_n Y_n sean leídos.

10.

B =

A =

R =

GENERACION

Se empiezan a generar los valores de Y para los valores de X dados. Se ingresan tantos valores de X como se desee.

11. Teclar el valor de X

X1?

Número teclado

12. R/S

Y GEN 1 =

X2?

Se repiten los pasos 11 y 12 hasta que ya no se desee ingresar mas valores de X .

LISTADO DEL PROGRAMA

Antes de ingresar el programa a la calculadora, ejecute la siguiente instrucción:

XEQ ALPHA SIZE ALPHA

01	LBL "MINI2"	53	RCL 01	105	Y X
02	CLRG	54	+	106	RCL 09
03	FIX 3	55	RCL 07	107	*
04	"AJUSTE DE CURVA"	56	RCL 16	108	XEQ "N"
05	" S"	57	X =Y?	109	GTO 06
06	AVIEW	58	GTO 03	110	RTN
07	PSE	59	XEQ "ESTAD"	111	LBL "D"
08	"?"	60	RCL 09	112	LBL 07
09	ASTO 05	61	E X	113	XEQ "L"
10	" = "	62	STO 09	114	RCL 01
11	ASTO 06	63	XEQ "IMPRES"	115	1/X
12	"N?"	64	LBL 04	116	STO 01
13	PROMPT	65	XEQ "M"	117	RCL 02
14	1	66	RCL 10	118	RCL 01
15	-	67	RCL 01	119	+
16	STO 07	68	*	120	RCL 07
17	"TIPO DE CURVA"	69	E X	121	RCL 16
18	AVIEW	70	RCL 09	122	X =Y?
19	PSE	71	*	123	GTO 07
20	"A,B,C,D,E,F,G?"	72	XEQ "N"	124	XEQ "ESTAD"
21	PROMPT	73	GTO 04	125	XEQ "IMPRES"
22	ADV	74	RTN	126	LBL 08
23	LBL "A"	75	LBL "C"	127	XEQ "M"
24	LBL 01	76	LBL 05	128	RCL 10
25	XEQ "L"	77	XEQ "L"	129	RCL 01
26	RCL 02	78	0	130	/
27	RCL 01	79	RCL 01	131	RCL 09
28	+	80	X=Y?	132	+
29	RCL 07	81	0,0001	133	XEQ "N"
30	RCL 16	82	LOG	134	GTO 08
31	X =Y?	83	STO 01	135	RTN
32	GTO 01	84	0	136	LBL "E"
33	XEQ "ESTAD"	85	RCL 02	137	LBL 09
34	XEQ "IMPRES"	86	X=Y?	138	XEQ "L"
35	LBL 02	87	0,0001	139	0
36	XEQ "M"	88	LOG	140	RCL 02
37	RCL 01	89	RCL 01	141	X=Y?
38	RCL 10	90	+	142	1 E09
39	*	91	RCL 07	143	RCL 01
40	RCL 09	92	RCL 16	144	/
41	1	93	X =Y?	145	1/X
42	XEQ "N"	94	GTO 05	146	RCL 01
43	GTO 02	95	XEQ "ESTAD"	147	+
44	RTN	96	RCL 09	148	RCL 07
45	LBL "B"	97	10 X	149	RCL 16
46	LBL 03	98	STO 09	150	X=Y?
47	XEQ "L"	99	XEQ "IMPRES"	151	GTO 09
48	0	100	LBL 06	152	XEQ "ESTAD"
49	RCL 02	101	XEQ "M"	153	XEQ "IMPRES"
50	X=Y?	102	RCL 10	154	LBL 10
51	0,0001	103	RCL 01	155	XEQ "M"
52	LN	104	X Y	156	RCL 01

157	RCL 01	209	RCL 10	262	X 2
158	RCL 10	210	10 X	263	-
159	*	211	STO 10	264	STO 03
160	*	212	RCL 09	265	RCL 01
161	RCL 09	213	10 X	266	RCL 02
162	/	214	STO 09	267	/
163	1/X	215	XEQ "IMPRE"	268	STO 10
164	XEQ "N"	216	LBL 14	269	RCL 11
165	GTO 10	217	XEQ "M"	270	*
166	RTN	218	RCL 01	271	RCL 16
167	LBL "F"	219	RCL 10	272	CHS
167	LBL "F"	220	X Y	273	/
168	LBL 11	221	Y X	274	RCL 13
169	XEQ "L"	222	RCL 09	275	RCL 16
170	GTO 10	223	*	276	/
171	RCL 02	224	XEQ "N"	277	+
172	X=Y?	225	GTO 14	278	STO 09
173	1 E09	226	RTN	279	RCL 02
174	1/X	227	LBL "L"	280	SQRT
175	RCL 01	228	1	281	RCL 03
176	+	229	STO+ 00	282	SQRT
177	RCL 07	230	FIX 0	283	*
178	RCL 16	231	"X"	284	RCL 01
179	X=Y?	232	ARCL 00	285	/
180	GTO 11	233	ARCL 05	286	1/X
181	XEQ "ESTAD"	234	PROMPT	287	STO 08
182	XEQ "IMPRE"	235	STO 01	288	RTN
183	LBL 12	236	"Y"	289	LBL "IMPRE"
184	XEQ "M"	237	ARCL 00	290	ADV
185	RCL 10	238	ARCL 05	291	FIX 4
186	RCL 01	239	PROMPT	292	"B="
187	*	240	STO 02	293	ARCL 10
188	RCL 09	241	RTN	294	AVIEW
189	+	242	LBL "ESTAD"	295	PSE
190	1/X	243	RCL 16	296	"A="
191	XEQ "N"	244	RCL 15	297	ARCL 09
192	GTO 12	245	*	298	AVIEW
193	RTN	246	RCL 11	299	PSE
194	LBL "G"	247	RCL 13	300	"R="
195	LBL 13	248	*	301	ARCL 08
196	XEQ "L"	249	-	302	AVIEW
197	0	250	STO 01	303	PSE
198	RCL 02	251	RCL 16	304	ADV
199	X=Y?	252	RCL 12	305	"GENERACION"
200	0.0001	253	*	306	AVIEW
201	LOG	254	RCL 11	307	PSE
202	RCL 01	255	X 2	308	ADV
203	+	256	-	309	FIX 3
204	RCL 07	257	STO 02	310	RTN
205	RCL 16	258	RCL 16	311	LBL "M"
206	X=Y?	259	RCL 14	312	1
207	GTO 13	260	*	313	ST+ 04
208	XEQ "ESTAD"	261	RCL 13	314	FIX 0

315 "X"
316 ARCL 04
317 ARCL 05
318 PFPROMPT
319 STO 01
320 RTN
321 LBL "N"
322 "YGEN"
323 ARCL 04
324 ARCL 06
325 FIX 3
326 ARCL X
327 AVIEW
328 PSE
329 END

CONCLUSIONES:

Los programas que se han presentado en este trabajo no representan a todos los equipos o procesos que existen para el tratamiento de aguas residuales de origen municipal, y sólo han sido presentados los procesos más indispensables, así como los más importantes para una unidad de tratamiento típico.

Cada uno de los temas tratados han sido desarrollados contemplando las limitaciones técnicas del equipo empleado, se puede concluir que aún se pueden -- realizar ajustes y consideraciones prácticas en muchas de las fórmulas empleadas, con el fin de incluir más variables en el mismo espacio de la memoria de la calculadora, para de esta manera hacer más precisos los cálculos.

Cabe mencionar que se puede hacer más extenso el presente trabajo incluyendo alguna de las opciones que existen para tratamientos biológicos, así como para el manejo y disposición de los sólidos, que realmente no fueron considerados principalmente por ser derivaciones de los métodos de tratamiento biológicos presentados, o bien en su caso estar basados sus principios de operación en métodos muy sencillos.

VIII BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

RUBENS S. RAMALHO

"INTRODUCTION TO WASTEWATER TREATMENT PROCESSES"

FIRST EDITION

ACADEMIC PRESS

NEW YORK, 1977.

LEONARD METCALF .Y. HARRISON P. EDDY

"TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS RESIDUALES"

PRIMERA EDICION

EDITORIAL LABOR

BARCELONA ESPAÑA, 1977.

WOLFGANG A. PÜRSCHEL

"TRATADO GENERAL DEL AGUA Y SU DISTRIBUCION"

PRIMERA EDICION

EDICIONES URMO

BILBAO ESPAÑA, 1976

VOL. 2, 3 y 6

GORDON M. FAIR, JOHN C. GEYER Y DANIEL A. OKUN

"INGENIERIA SANITARIA Y DE AGUAS RESIDUALES"

PRIMERA EDICION

EDITORIAL LIMUSA

MEXICO D.F., 1971

GORDON C. CULP

"ENVIRONMENTAL POLLUTION CONTROL ALTERNATIVES: MUNICIPAL WASTEWATER"

U.S., E.P.A., TECHNOLOGY TRANSFER

EL DORADO HILLS, CALIFORNIA, E.U.A., 1976

FABIAN YANEZ

"PROCESO DE LODOS ACTIVADOS Y AEREACION PROLONGADA"

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE

LIMA, PERU. 1978

SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA

"MANUAL DE PROCEDIMIENTOS TECNICOS"

EDITORIAL S.S.A.

MEXICO, D.F. 1982

WILSON T. PRICE

"INFORMATICA"

TERCERA EDICION

NUEVA EDITORIAL INTERAMERICANA

MEXICO, D.F. 1984