

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL GRADO ACADEMICO DE :

MAESTRO EN INGENIERIA

ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE CONU
TROL DE CONTAMINACION AMBIENTAL

POR

ALEJANDRO HOIL GAMBOA

JUNIO 1984

INTRODUCCION.-

Es de dominio público el conocimiento de que todos somos afectados de una manera u otra por la degradación del medio ambiente. Los aumentos en los índices de natalidad han provocado un crecimiento exponencial en la demanda de bienes y servicios y el esfuerzo realizado para cubrir esta demanda ha sido en detrimento de los sistemas ecológicos, por lo que actualmente en todos los países del mundo se ve la necesidad de ser mas rígidos en la reglamentación de la protección del medio ambiente. Se ha propuesto el siguiente cuadro para expresar las divisiones que presenta la protección al medio ambiente (1).

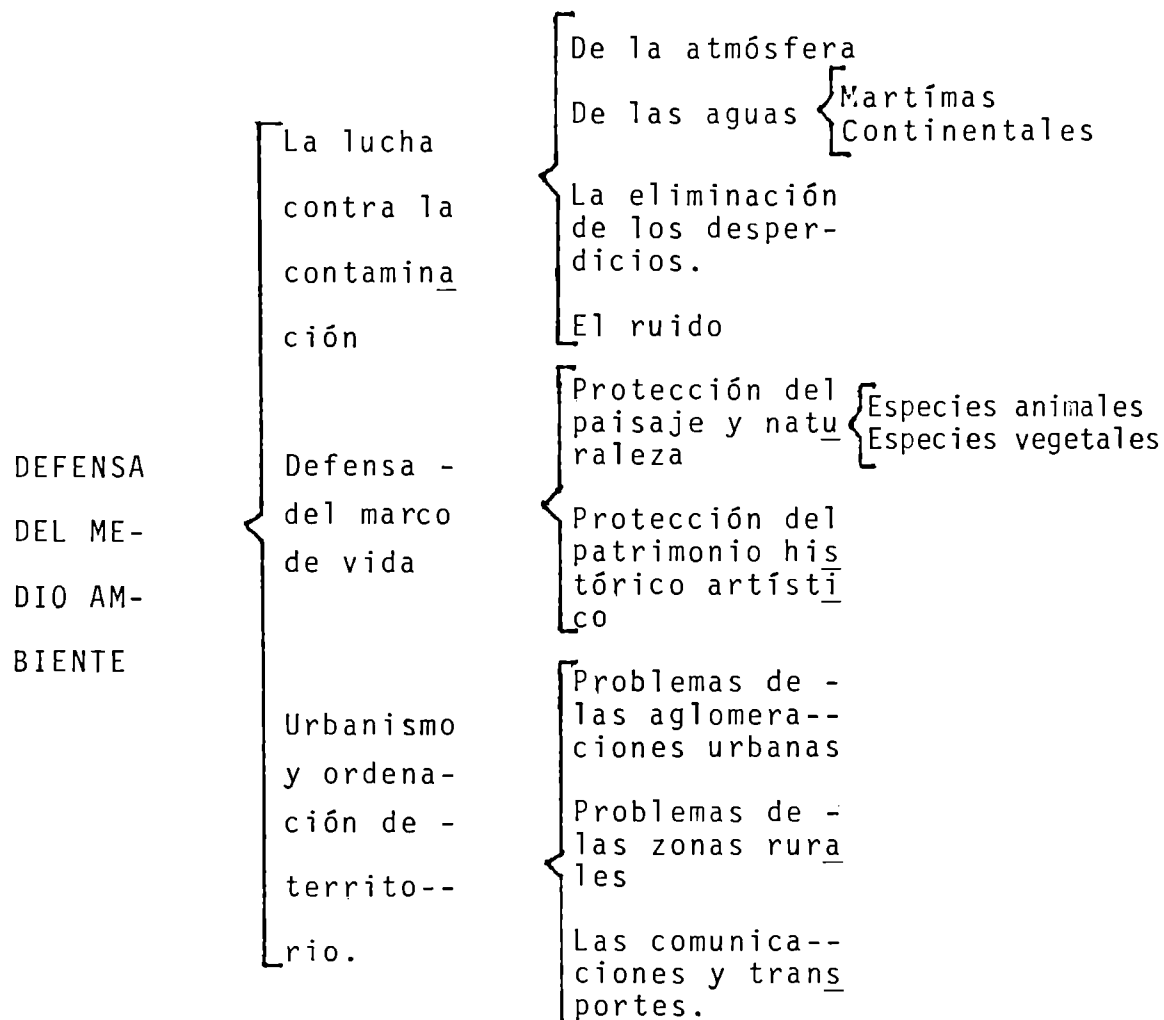


TABLA No.- I

Como puede observarse son conceptos generales pues se contempla la protección del ambiente tanto natural como el artificial - - (creado por el hombre); a medida que se logre una integración - de todos los elementos ahí enunciados, se irá progresando en -- los fines perseguidos. (No solo la conservación sino incluso el mejoramiento del ambiente).

En México existe actualmente la Nueva Ley Federal de Protec-- ción al Ambiente (que entró en vigor el 11 de febrero de 1982), la cual ataca los problemas relativos a la contaminación, con-- templando los siguientes aspectos:

NUEVA LEY FEDERAL - DE PROTEC CION AL - AMBIENTE	}	1.- Disposiciones generales 2.- Protección atmosférica 3.- Protección de las aguas. 4.- Protección del medio marino 5.- Protección de los suelos. 6.- Protección del ambiente de energía tér-- mica, ruidos y vibraciones. 7.- Protección del ambiente por efecto de ra diaciones ionizantes.
--	---	---

TABLA No.- 2

CAPITULACION DE LA NUEVA LEY FE
 DERAL DE PROTECCION AL AMBIENTE

Aunque es de un nivel mas especializado, básicamente encaja - en el cuadro general presentado en la tabla No. 1 en su parte - relativa a "lucha contra la contaminación".

Es obvio que estos siete puntos presentados en la tabla No. 2

actuaran en muchas ocasiones interrelacionando dos o más a un mismo tiempo, pero para efecto de análisis es necesario con siderarlos independientemente.

En el punto No.4 de la tabla No. 2, se refiere a la protec-- ción del medio marino, este medio por su aparente gran capaci-- dad asimilativa, siempre ha sido menospreciado en lo referen-- te a su protección, por lo cual no existen reportes cualitati-- vos de las descargas que a él llegan provenientes de las diferentes comunidades y/o industrias, tanto en México como en el mundo.

La disposición de aguas residuales dentro de los cuerpos re-- ceptores envuelve relaciones hidrodinámicas relativas a la dis-- persion de un fluido dentro de otro; mayor complejidad resulta aun en los océanos debido a la gran diferencia existente entre las densidades del mar y el agua descargada, provocando que es ta última se eleve a la superficie debido a la fuerza de empuje

Algunos de los conceptos que se exponen en este trabajo son aplicables a la disposición de aguas negras en cuerpos de agua dulce, pero el principal objetivo de éste, es la disposición en el océano.

Se analizarán descargas que fluyen de un orificio con un ángulo entre 0 y 90° con respecto a la horizontal para la determinación del ángulo óptimo de descarga, desde el punto de vista de la dilución que provoca.

El análisis se hará directamente bajo la consideración que el

difusor será de tipo multiporo, pues esta probado experimentalmente que este tipo de difusor es el mejor que el difusor de un solo orificio que permite la salida de las aguas negras en masa; el cual requiere ser llevado a mayor profundidad y/o mayor distancia de la costa para lograr los resultados identicos que un difusor multiporo trabajado en condiciones similares.

El formato presentado será el siguiente.-

a) Análisis hidráulico

Comprende el análisis del comportamiento del chorro una vez que ha salido del orificio. Como complemento se incluirá en un apéndice el comportamiento de las aguas negras dentro del difusor, antes de ser descargadas.

b) Simulación.

Con las bases asentadas en el punto anterior se adaptará un modelo matemático el cual permitirá predecir, dadas las condiciones del cuerpo receptor de la descarga analizada, el comportamiento de las sustancias deletéreas que en ella se encuentren.

c) Legislación.

Revisión de la legislación mexicana vigente a la fecha; analizando los parámetros de control establecidos así como los niveles permitidos, para determinar apoyado en los puntos anteriores la funcionalidad de los mismos, - en caso de resultar poco o nada funcionales dejar establecidas propuesta que permitan en un futuro a aquellos que tienen la responsabilidad de legislar en este país,

utilizarlos como base.

- d) A manera de complemento se detallan y analizan las consideraciones de ingeniería y los datos requeridos para el buen diseño de un difusor marino, dando las conside raciones pertinentes en su caso.

Como conclusión se incluirá un análisis de las tendencias esperadas en la legislación Mexicana, en lo concer niete al medio marino.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I	.- DIFUSION MARINA	1.1
	1.1. Procesos físicos envueltos en las descargas oceánicas	
CAPITULO II	.- SIMULACION	
	2.1 Adaptación de modelos matemáticos.	2.2
	2.2. Comprobación de resultados	2.7
	2.3 Análisis de resultados	2.8
	2.4 Conclusiones	2.31
CAPITULO III	.- LEGISLACION	
	3.1 Condiciones actuales de la legislación mexicana referenta a aguas costeras.	3.1
	3.2 Estado de la legislación mexicana comparada con legislaciones extranjeras	3.11
	Conclusiones	3.18
CAPITULO IV	.- CONSIDERACIONES INGENIEROSAS EN EL DISEÑO DE UN DIFUSOR MARINO	4.1
APENDICE A		A.1
APENDICE B		B.1
APENDICE C		C.1
APENDICE D		D.1
APENDICE E		E.1
	Conclusiones y recomendaciones generales	
	BIBLIOGRAFIA	

CAPITULO I. DIFUSION MARINA

La disposición de la materia residual contenida en el agua en los cuerpos oceánicos por descarga directa a sido practicada por varios años; sin embargo, actualmente la tendencia es disponer de tales desechos mediante su conducción en emisores submarinos de forma tal que se consigan dos objetivos: 1) no deteriorar el medio ambiente y 2) economía en su disposición. Dicho emisor esta comprendido de dos partes fundamentales, la tubería que transportará el desecho desde donde se genera hasta el punto mar adentro evaluado por el diseño y el difusor multiporo cuya finalidad es distribuir el desecho en una zona receptora suficiente que garantice que la concentración de las sustancias se abata y cumpla con los niveles propuestos y/o restrictivos.

El comportamiento de una descarga o conjunto de descargas debe ser evaluado en términos de las circunstancias físicas existentes en el sitio de la instalación. Nunca debe establecerse una comparación directa entre descargas oceánicas si no se conocen las similitudes y diferencias entre ambas.

1.1 Procesos físicos envueltos en las descargas oceánicas.

El propósito de este inciso es discutir brevemente los procesos físicos envueltos y las ecuaciones aplicadas al cálculo de la dilución y de la dispersión de las descargas de aguas residuales en los océanos.

Los factores que deben considerarse en la evaluación del comportamiento de un difusor para lograr la dilución de la materia

son:

- a) Mezclado inicial y dilución
- b) Dispersión de la materia
- c) Degradación de la materia

En una descarga sumergida el mezclado general y el campo de flujo (área que afecta la dispersión y dilución de la descarga), puede ser convenientemente dividida en tres fases: una fase inicial de mezclado del chorro donde el momentum y empuje son las fuerzas mas importantes en el movimiento del chorro, una fase final de difusión turbulenta pasiva, donde las condiciones ambientales y corrientes son dominantes en el proceso de dispersión y una fase intermedia que es la etapa de transición que une las dos anteriores.

En base a estudios realizados (2) se obtuvo un modelo que es igualmente aplicable a los dos casos de descarga:

- i) Bidimensional o descarga en forma de ranura
- ii) Simetrica con respecta a un eje o descarga circular.

El cuerpo receptor se **considera** con una densidad estratificada, arbitraria e independiente dela descarga, en realidad la descarga de tipo ranura en la practica no se presenta, sin embargo su aplicación es para el caso de que 2 o más descargas circulares contiguas llegen a unirse, a partir de este momento se consideran como una descarga tipo rauna.

Formulación

Considerar una descarga orientada un ángulo θ_0 con respecto a la -

horizontal, de un fluido con densidad e_o y temperatura T_1 , dentro de un ambiente con densidad $e_a(Y)$ y una temperatura $Ta(Y)$. Si la Q_1 es la descarga, M_1 flujo momentum, F_1 flujo por diferencia de densidad y G_1 flujo por diferencia de temperatura en la fuente (Fig. 1.1).

Si U^* es la velocidad, T^* es la temperatura, e^* es la densidad del chorro y A es un plano perpendicular a la trayectoria del chorro, entonces:

Flujo volumético (Q):

$$Q = \int_A U^* dA \text{ - - - - - (1)}$$

Flujo momentum cinemático (M):

$$M = \frac{\text{Flujo memuntum}}{e_o} = \frac{1}{e_o} \int_A U^{*2} e^* dA \text{ - - - - - (2)}$$

Flujo por deficiencia de densidad (F):

$$F = \int_A (e_a - e^*) U^* dA \text{ - - - - - (3)}$$

Flujo por deficiencia de temperatura (G):

$$G = \int_A (Ta - T^*) U^* dA \text{ - - - - - (4)}$$

Además existe una fuerza de empuje debido a la diferencia de densidad que tiende a elevar el chorro:

$$f = g \int_A (e_a - e^*) dA \text{ - - - - - (5)}$$

La ecuación de conservación de la masa:

$$\frac{dQ}{dS} = E \text{ - - - - - (6)}$$

donde E es la razón de incursión de fluido ambiental

La ecuación de conservación de flujo momentum Horizontal:

$$\frac{d}{dS} (M \cos \theta) = 0 \text{ - - - - - (7)}$$

La conservación de momentum vertical:

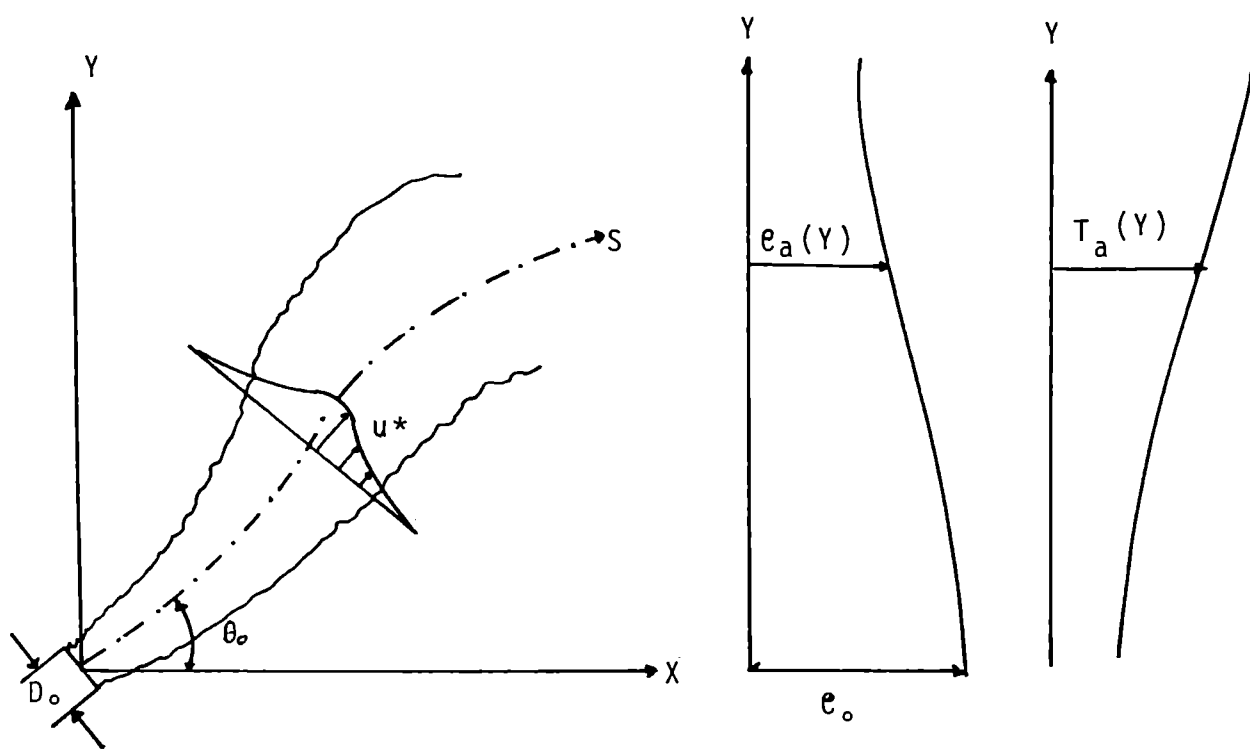


FIGURA 1.1 Esquema de la descarga

$$\frac{d}{ds} (M \sin \theta) = f \text{ - - - - - (8)}$$

La conservación de flujo por deficiencia de densidad:

$$\frac{d}{ds} \left\{ \int_A U^* (e_o - e^*) dA \right\} = E (e_o - e_a)$$

La cual manipulada matemáticamente:

$$\frac{dF}{dS} = \frac{d}{ds} (e_a) Q \text{ - - - - - (9)}$$

Simularmente la ecuación de conservación de flujo por diferencia de temperatura es:

$$\frac{d}{dS} \left\{ \int_A U^* (T_o - T^*) dA \right\} = E (T_o - T_a)$$

$$\frac{d}{dS} (G) = \frac{d}{dS} (T_a) Q \text{ - - - - - (10)}$$

De la ecuación 6 a la 10 hay 5 ecuaciones con 5 incógnitas: Q, M, θ , F y G como funciones de S, además se pueden expresar E y f como funciones de estas incógnitas.

Considerando primero, similitud en la forma de los perfiles de velocidad, deficiencia de temperatura, y deficiencia de densidad en el plano A, además de que estos perfiles corresponden a una distribución Gaussiana.

Por lo que en el caso bidimensional (descarga en forma de ranura):

$$U^* (S, n) = U(S) e^{-n^2/b^2(s)} \text{ - - - - - (11)}$$

$$(e_a - e^*) (S, n) = [e_a - e(S)] e^{-n^2/\lambda_s^2 b^2} \text{ - - - - (12)}$$

$$(T_a - T^*) (S, n) = [T_a - T(S)] e^{-n^2/\lambda_s^2 b^2} \text{ - - - - (13)}$$

donde

U(s), e (s), y T (s) son la velocidad, la densidad y la temperatura a los largo del eje de la descarga.

- n Coordenada perpendicular a S
- b(s) Ancho característico del chorro
- $\lambda(s)$ Razón de dispersión para ranuras

Similarmente para el caso de descarga simétricas con respecto a un eje:

$$U^* (S, r) = U (s) e^{-r^2/b^2} \text{ - - - - - (14)}$$

$$e_a - e^* (s,r) = [e_a - e (s)] e^{-r^2 / \lambda_r^2 b^2} \text{ - - - - - (15)}$$

$$T_a - T^* (s,r) = [T_a - T (s)] e^{-r^2 / \lambda_r^2 b^2} \text{ - - - - - (16)}$$

La segunda consideración es que E (razón de incurción), es proporcional a la velocidad característica del chorro, (U) y a los límites del chorro ($2\pi b$ ó $2L$). Esta proporcionalidad la rige la constante (α_r para descargas circulares y α_s para descargas - en forma de ranura).

Sustituyendo estas expresiones en las ecuaciones de la 1 a la 5 e integrando, se obtienen los valores de Q, M, F, G y f como funciones de U, e, T y b.

La tabla 1.1 muestra los resultados obtenidos.

	<u>Descarga circular</u>	<u>Descarga en forma de ranura de longitud L</u>
Flujo volumétrico (Q)	$\pi u b^2$	$\sqrt{\pi} u b L$
Flujo momentum (M) = $\frac{M'}{e_0}$	$\pi u^2 b^2 / 2$	$\sqrt{\pi/2} u^2 b L$
Flujo por deficiencia de densidad (F)	$\frac{\lambda_r^2}{1 + \lambda_r^2} \cdot \pi u b^2 (e_a - e)$	$\sqrt{\frac{\pi \lambda_s^2}{1 + \lambda_s^2}} u b (e_a - e) L$
Flujo por deficiencia de temperatura G	$\frac{\lambda_r^2}{1 + \lambda_r^2} \pi u b^2 (\tau_a - \tau)$	$\sqrt{\frac{\pi \lambda_s^2}{1 + \lambda_s^2}} u b (\tau_a - \tau) L$
Fuerza empuje f	$\pi \lambda_r^2 b^2 (e_a - e) g$	$\sqrt{\pi} \lambda_s b L g (e_a - e)$
Función de intrusión E	$2 \pi \alpha_r u b$	$2 \alpha_s u L$

TABLA 1.1

Es conveniente disponer de las relaciones que representen U, b, etc. como función de Q, M, etc., por lo que se presenta la tabla 1.2

	<u>Oficicios circulares</u>	<u>Orificios en forma de ranura</u>
Velocidad U	$2 M / Q$	$\sqrt{2} M / Q$
Mitad del ancho nominal b	$Q / \sqrt{2 \pi M}$	$Q^2 / [\sqrt{2 \pi} L M]$
Deficiencia de densidad ($e_a - e$)	$\frac{1 + \lambda_r^2}{\lambda_r^2} F / Q$	$\frac{1 + \lambda_s^2}{\lambda_s^2} F / Q$
Razón de dilución (S)	Q / Q_1	Q / Q_1
Deficiencia de temperatura	$\frac{1 + \lambda_r^2}{\lambda_r^2} G / Q$	$\sqrt{\frac{1 + \lambda_s^2}{\lambda_s^2}} G / Q$

TABLA 1.2

Además los valores E y f como función de Q, M, etc. se presenta en la tabla 1.3

	<u>Circulares</u>	<u>Ranura</u>
E	$2\sqrt{2\pi} \alpha_r \sqrt{M}$	$2\sqrt{2} \alpha_s L M/Q$
f	$\frac{1 + \lambda^2}{2M} \quad g Q F$	$\frac{\sqrt{1 + \lambda^2}}{\sqrt{2} M} \quad QgF$

TABLA 1.3

Dos chorros sucesivos llegarán a unirse en algún momento durante su ascenso a la superficie, cuando esto suceda interferirán mutuamente en su comportamiento, por lo cual ya no será conveniente considerarlos como independientes sino como una sola descarga en forma de ranura. Se consideran dos criterios para predecir esta unión:

1) La transición ocurre cuando el ancho del chorro es igual al espacio entre orificios. Esta se llamará transición 1.

De la tabla 1.2 se toma el valor de b que es $2\sqrt{2}b$

$$2\sqrt{2} \left[\frac{Q}{\sqrt{2\pi M}} \right] = L \quad \text{ó} \quad \frac{Q}{\sqrt{M}} = 0.885 L \quad \text{--- (17)}$$

2) El segundo criterio a considerar es que la transición ocurre cuando la razón de incursión (E) calculada para descargas circulares y la razón de incursión calculada para descargas en forma de ranura se igualan. Tomando dichos valores de la tabla 1.3:

$$2\sqrt{2\pi} \alpha_r \sqrt{M} = \sqrt{2} 2 \alpha_s L M / Q$$

$$\delta \frac{Q}{\sqrt{M}} = \frac{\alpha_s}{\alpha_r \sqrt{\pi}} L \quad \begin{array}{l} \text{Experimentalmente se ob-} \\ \text{servó que} \\ \alpha_s = 0.16 \\ \alpha_r = 0.082 \end{array}$$

$$\therefore \frac{Q}{\sqrt{M}} = 1.1 L \text{ ----- (18)}$$

Como la variable independiente S es a lo largo, de la trayectoria del chorro, y las condiciones e_a y T son función de Y;

$$\frac{dx}{ds} = \text{Cos } \theta \text{ ----- (19)}$$

$$\frac{dy}{ds} = \text{Seno } \theta \text{ ----- (20)}$$

Las ecuaciones de la 6 a la 10 mas las ecuaciones 19 y 20, son 7 ecuaciones con 7 incógnitas por lo que dadas las condiciones iniciales para S=0. pueden solucionarse.

Las condiciones iniciales son las condiciones en la fuente:

U_o = velocidad del chorro.

D_o = diámetro del orificio de descarga

T_1 = temperatura de descarga

e_1 = densidad de la descarga

θ_o = ángulo de la descarga

Al momento de integrar las ecuaciones es necesario convertir las condiciones anteriores a los valores de las variables: Q, M, F y G. Además la integración de estas ecuaciones rigen después de que el chorro se ha estabilizado, lo cual según Albertson et al (3), sucede a una distancia de 6.2 veces el diámetro del orificio de descarga por lo tanto igualando los momentos de flujo al principio y al fin de la zona de estabilización (asumiendo -

como despreciable la fuerza de empuje en este tramo):

$$\frac{\pi}{4} D_0^2 U_0^2 = \int_0^{D_0} U^{*2} 2\pi r dr = \frac{\pi}{2} b_0^2 U_0^2$$

$$\therefore Q_1 = \pi b_0^2 U_0 = \frac{\pi}{2} D_0^2 U_0$$

Lo cual significa que el flujo es duplicado desde la descarga hasta el principio de la zona estable.

Asumiendo que la densidad ambiental es uniforme en la zona de estabilización, puede igualarse el flujo por deficiencia de densidad al principio de esta zona con el flujo por deficiencia de densidad al final de la misma:

$$e_a - e = \frac{1 + \lambda_r^2}{2 \lambda_r^2} (e_a - e_1)$$

$$\lambda_r = 0.16 \text{ (Comprobado experimentalmente).}$$

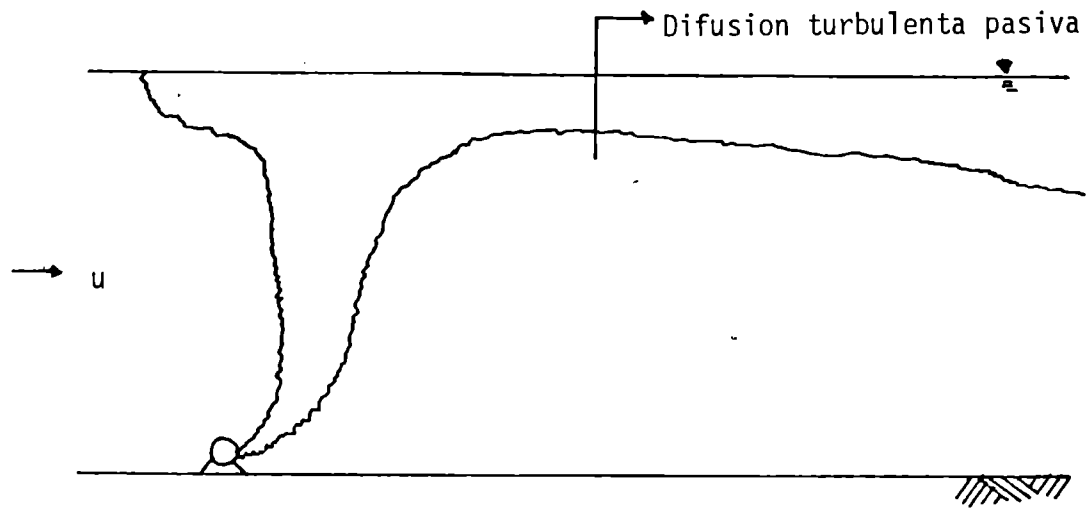
$$e_a - e = 0.87 (e_a - e_1)$$

Simularmente para el flujo por deficiencia de temperatura:

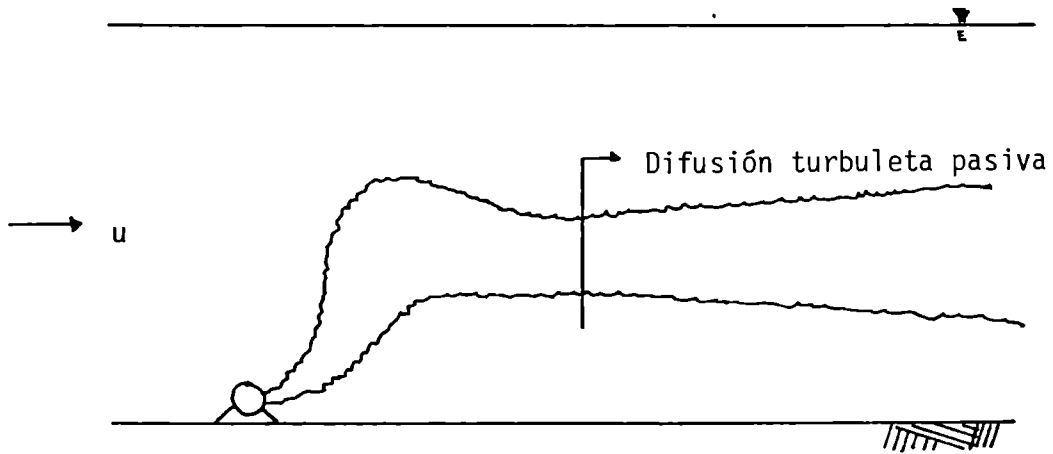
$$T_a - T = \frac{1 + \lambda_r^2}{2 \lambda_r^2} (T_a - T_1) = 0.87 (T_a - T_1)$$

Lo que significa que tanto la deficiencia de densidad como la deficiencia de temperatura se ven disminuidas en un 13% en la zona de estabilización.

Respecto a la difusión de la descarga dejan de ser dominantes las fuerzas de empuje y momentum y pasan a dominar las fuerzas características de las corrientes del cuerpo receptor. A esta etapa se le conoce con el nombre de difusión turbulenta pasiva. Ver Figs. 1.2

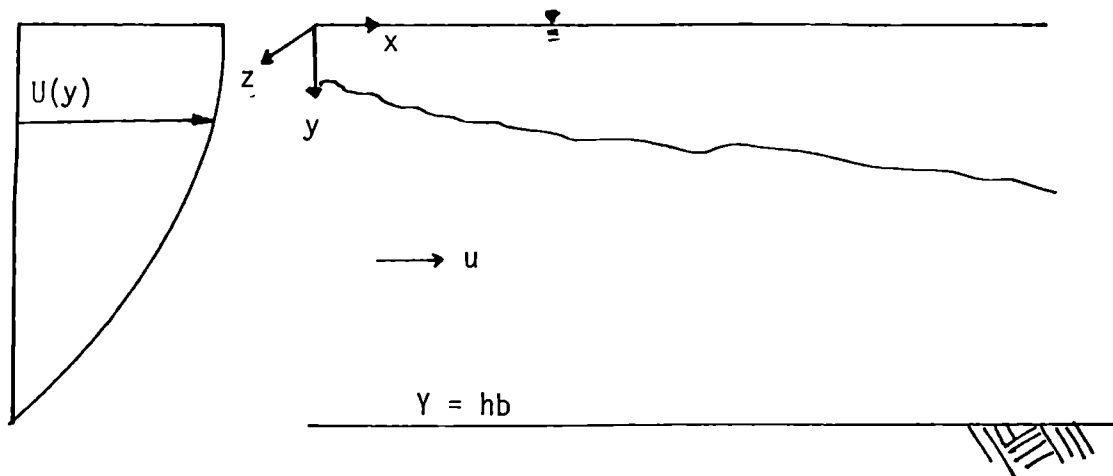


a) Campo del efluente en la superficie del agua



b) Campo del efluente atrapado bajo la superficie del agua

FIGURA 1.2



c) Difusión turbulenta

FIGURA (1.2)

La ecuación que rige la conservación de una sustancia en el cuerpo receptor es:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + w \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} [K_x \frac{\partial c}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [K_y \frac{\partial c}{\partial y}] + \frac{\partial}{\partial z} [K_z \frac{\partial c}{\partial z}] - (K_d) c$$

donde

C = Concentración de la sustancia en cuestión

t = tiempo

x, y, z = Coordenadas

u, v, w = Velocidades en las direcciones x, y, z

K_x, K_y, K_z = Coeficientes de intercambio (difusión molecular y - difusión turbulenta, en general se considera dominante la segunda).

K_d = Coeficiente de decaimiento del trazador o sustancia analizada, (será igual a cero en el caso de una sustancia que no decaiga).

Como en general el movimiento dominante es en una sola dirección (x), la velocidad en la dirección z puede considerarse cero ($w=0$). Además que la velocidad en la dirección vertical no es -- apreciable ($v=0$).

La ecuación 21 queda:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} [K_x \frac{\partial c}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [K_y \frac{\partial c}{\partial y}] + \frac{\partial}{\partial z} [K_z \frac{\partial c}{\partial z}] - (K_d) c \quad (22)$$

Considerando que no hay reacción con la atmósfera ni reacción o sedimentación en el fondo, las condiciones de frontera serán:

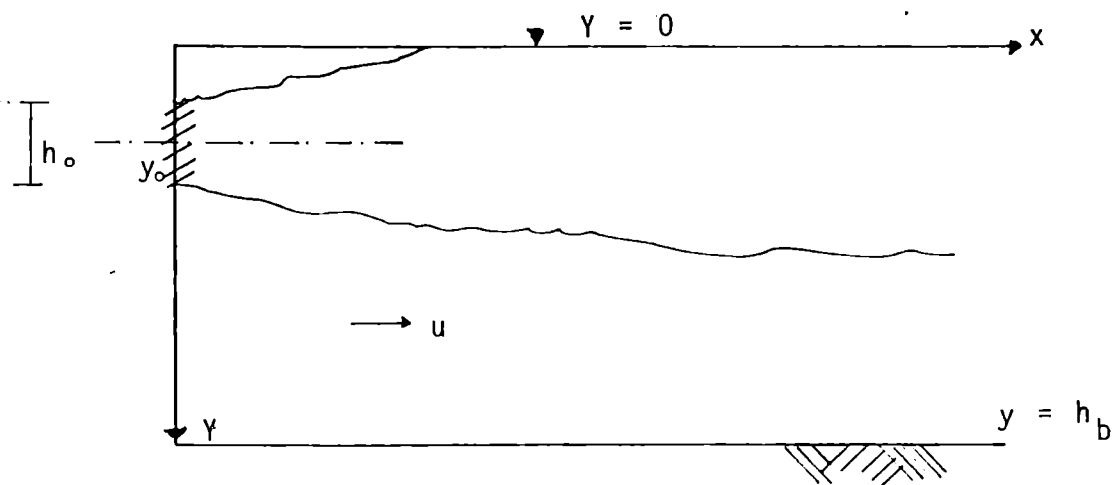
$$\frac{\partial c}{\partial y} = 0 \quad \text{a } y = 0 \quad \text{y } Y = h_0 \quad \text{--- (23)}$$

Considerando estado estable en la remoción del contaminante y -- que la difusión longitudinal $\frac{\partial}{\partial x} [K_x \frac{\partial c}{\partial x}]$ es muy pequeña compa da con la difusión transversal $\frac{\partial}{\partial z} [K_z \frac{\partial c}{\partial z}]$ puede despreciarse la fusión longitudinal por lo que la ecuación 22 queda:

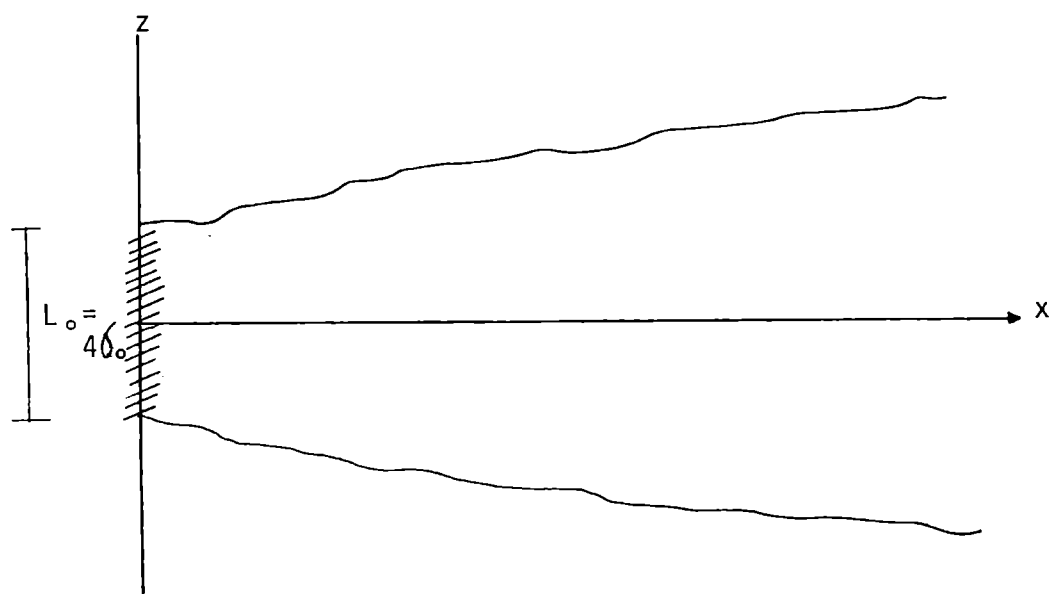
$$u \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} [K_y \frac{\partial c}{\partial y}] + \frac{\partial}{\partial z} [K_z \frac{\partial c}{\partial z}] - (K_d) c \quad \text{--- (24)}$$

Condiciones de la fuente.

La fuente se localiza en $x = 0$, a una profundidad $y = y_0$, con un espesor h_0 y un ancho L_0 como, se ve en la figura 1.3, para el -- caso de una fuente sumergida; o para el caso de una fuente super ficial $y = y_0 = 0$. y el espesor es igual a $h_0/2$ como se ve en la figura 1.4.

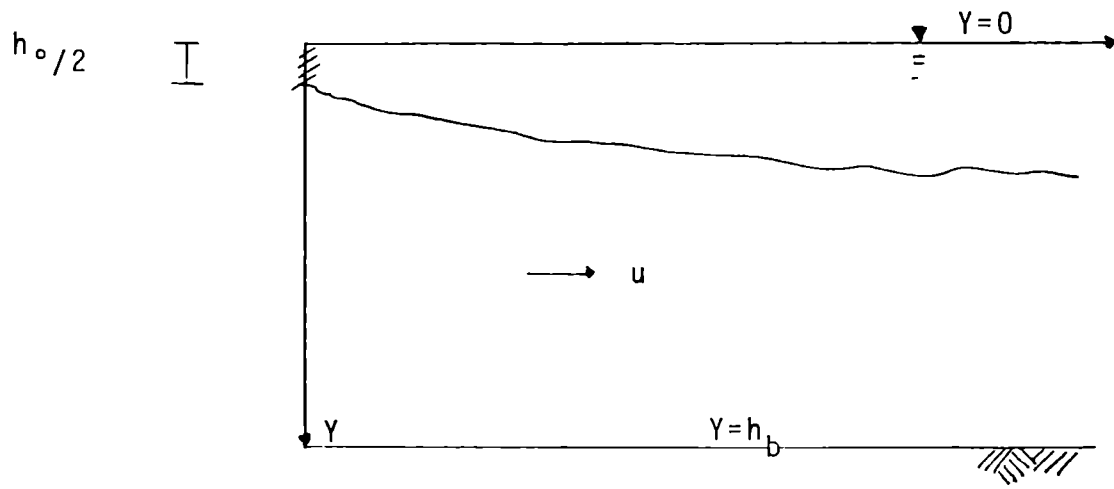


Perfil

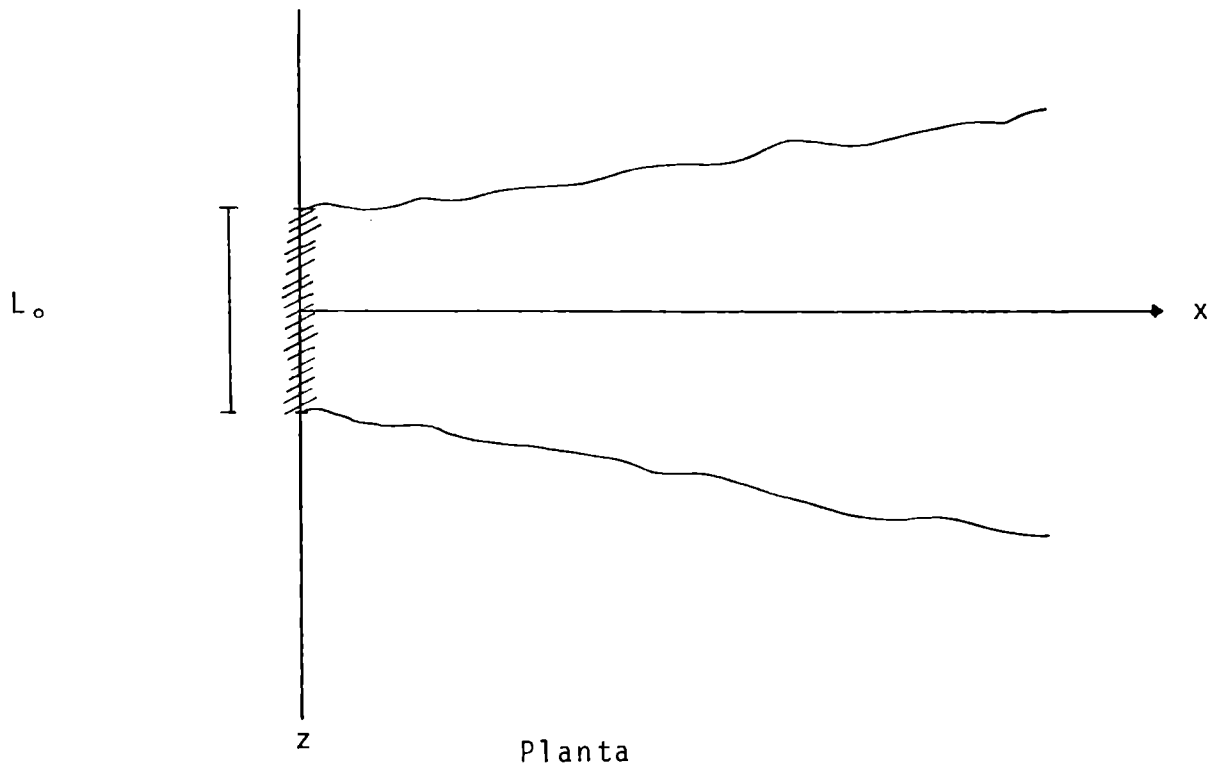


Planta

FIGURA (1.3) FUENTE SUMERGIDA



Perfil



Planta

FIGURA (1.4) FUENTE SUPERFICIAL

La distribución del contaminante se considera con una distribución Gausiana en la dirección z y semejante a una elipse en el eje y, por lo que en la fuente:

$$C(0, Y, z) = C_{\max}(0, Y_0) \exp \left[- \frac{z^2}{\sigma_0^2 \left[1 - \left\{ \frac{2(Y - Y_0)}{h_0} \right\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (25)$$

Condiciones ambientales.

Puede considerarse que son 3 los parámetros que rigen las condiciones ambientales: $u(y)$, K_y , K_z ; $u(y)$ es un parámetro que puede ser medido directamente en campo, Los dos parámetros restantes (K_y , K_z) son un poco más difíciles de cuantificar.

Las difusividades turbulentas (K_z Horizontal y K_y Vertical) son muy importantes en la determinación de la dispersión del efluente y son coeficientes empíricos que dependen de la energía proveniente de la atmósfera presentada en forma de vientos, olas, estratificación de densidad o estabilidad del medio fluido y de las fricciones debidas a las corrientes que generan turbulencias.

Determinación del coeficiente de dispersión horizontal (K_z).

Existen muchos antecedentes de estudios realizados anteriormente, sin embargo existe una gran controversia, pues por una parte una serie de investigadores apoyados en sus estudios afirman que el coeficiente de difusión horizontal crece con la estabilidad, mientras que también hay la afirmación contraria: El transporte horizontal decrece con la estabilidad; sin embargo los datos reportados son congruentes en el sentido de que dan -

valores con aproximación del orden de magnitud. Se propone lo siguiente:

$$K_z = A_L L^{4/3} \quad \text{--- (26)}$$

donde

A_L = parámetro de disipación ($\text{cm}^{2/3}/\text{seg.}$ ó $\text{ft}^{2/3}/\text{seg.}$)

L = ancho de la pluma (usualmente tomado como $4\sigma_z, \sigma_z$ es la desviación estandar de la concentración).

por lo que la ecuación 26 en términos de la desviación estandar:

$$K_z = A \sigma_z \quad \text{--- (27)}$$

los valores de A varia entre 10^{-3} y 6×10^{-2} $\text{ft}^{2/3}/\text{seg.}$

En la determinación de estos valores no se consideró el efecto de la corriente explícitamente sino que fue tácito mientras que en el modelo general se le considera aparte, por lo que es conveniente trabajar con el límite inferior de A.

Determinación del coeficiente de difusión vertical (K_y).

Puede deducirse de la definición del coeficiente de difusión vertical. Asumiendo que la difusión ocurre debido a turbulencia de las aguas por lo que la difusión molecular puede ignorarse; además las variaciones de densidad con el tiempo son pequeñas -- por lo que la ecuación que describe la variación de densidad es:

$$\frac{\partial e}{\partial t} + u \frac{\partial e}{\partial x} + v \frac{\partial e}{\partial y} + w \frac{\partial e}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} [K_x \frac{\partial e}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [K_y \frac{\partial e}{\partial y}] + \frac{\partial}{\partial z} [K_z \frac{\partial e}{\partial z}] \quad \text{--- (28)}$$

cómo la variación horizontal de la densidad es mucho menor que la vertical

$$\frac{\partial e}{\partial z} = \frac{\partial e}{\partial x} = 0 \quad \text{y } v = 0 \quad \left. \vphantom{\frac{\partial e}{\partial z}} \right\} \text{velocidad en Y}$$

$$\therefore \frac{\partial}{\partial y} \left[K_y \frac{\partial e}{\partial y} \right] = 0$$

$$K_y \frac{\partial e}{\partial y} = 0$$

$$K_y = \frac{CTE}{E}$$

$$\text{Donde } E = \frac{1}{e_0} \cdot \frac{\partial e}{\partial y} = \text{Gradiente de densidad}$$

Experimentalmente se ha encontrado que el valor de la constante es aproximada 10^{-4} con una aproximación del orden de magnitud, siempre y cuando los valores de E se encuentren entre 10^{-6} y 10^{-2} m^{-1} .

Ahora bien esta relación no es válida en la superficie dado que la variación diurna nocturna es mayor, Gulebeva (4) e Isayeva (21) proponen:

$$K_{y1} = 0.02 \frac{H_w^2}{T_w}$$

donde

$$\begin{aligned} K_{y1} &= \text{difusividad vertical en la superficie} \\ H_w &= \text{altura de las olas} \\ T_w &= \text{período de las olas} \end{aligned}$$

Método de los momentos.

Para encontrar la concentración del contaminante (c), de una forma mas sencilla se puede usar el método de los momentos:

Los momentos de la distribución se definen por:

Momento de orden cero, cantidad excedente de C en la
 dirección z - - - - - (29)

$$C_0(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} C(x,y,z) dz$$

Momento de primer orden relativo a la dirección z .
 y cero por la simetría supuesta - - - - - (30)

$$C_1(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} zC(x,y,z) dz$$

Momento de 2do. orden, define la dispersión en la -
 dirección z - - - - - (31)

$$C_2(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} z^2 C(x,y,z) dz$$

El ancho del campo del efluente es generalmente tomado como -

$$4 \sigma_z ; \text{ donde } \sigma_z^2 = \frac{C_2}{C_0}$$

A fin de facilitar la solución se definen variables adimensional
 es como siguen:

Coordenadas:

$$x' = x / x_t$$

$$y' = y / \sqrt{K_{y_0} x t / U_0}$$

Velocidad:

$$U' = U / U_0$$

Coefficiente de difusión vertical:

$$K'y = K_y / K_{y_0}$$

Parámetro de disipación:

$$\lambda' = AX_t \{ \sigma_z^{2/3} (0, Y_0) / U_0 \}$$

Coefficiente de decaimiento:

$$K'_d = (K_d X_t) / U_0$$

Momento de orden cero:

$$C'_0 = C_0 / C_0(0, Y_0)$$

Momento de segundo orden:

$$C'_2 = C_2 / [C_0(0, Y_0) \sigma_z^2(0, Y_0)]$$

Dispersión lateral:

$$\sigma'_z = \sigma_z / \sigma_z(0, Y_0)$$

Concentración máxima:

$$C'_{MAX} = C_{MAX} / C_{MAX}(0, Y_0)$$

Límite vertical: $h'_b = h_b / \sqrt{K_{y_0} X_t / U_0}$

donde

X_t = distancia del punto de interés

K_{y_0} = valor característico de K_y

u_0 = valor característico de la velocidad

por ejemplo K_{y_0} y u_0 pueden ser valores de K_y y u en la superficie si el efluente está en la superficie.

Recordando la ecuación 24 que define el comportamiento de C

$$U \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} [K_y \frac{\partial C}{\partial y}] + \frac{\partial}{\partial z} [K_z \frac{\partial C}{\partial z}] - (K_d) C.$$

si se multiplica por z^0 y z^2 , y se integra en z se obtienen las ecuaciones que gobiernan los momentos:

$$u \frac{\partial c_0}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} [K_y \frac{\partial c_0}{\partial y}] - (K_d) c_0 \quad \text{--- (35)}$$

$$u \frac{\partial c_2}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} [K_y \frac{\partial c_2}{\partial y}] - k_d c_2 + 2 K_z c_0 \quad \text{--- (36)}$$

o la ecuación 30 en términos de σ_z :

$$u \frac{\partial \sigma_z^2}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} [K_y \frac{\partial \sigma_z^2}{\partial y}] + 2K_y \left(\frac{1}{c_0}\right) \frac{\partial c_0}{\partial y} \cdot \frac{\partial \sigma_z^2}{\partial y} + 2K_z \quad \text{--- (37)}$$

cuyas condiciones de frontera son:

$$K_y \frac{\partial \sigma_z^2}{\partial y} = 0 \quad \text{a } y = 0$$

$$\frac{\partial c_0}{\partial y} = \frac{\partial c_2}{\partial y} = \frac{\partial \sigma_z^2}{\partial y} = 0 \quad \text{a } y = h_b$$

Las ecuaciones 35, 36 37 en función de los números adimensiona-

les definidos anteriormente quedan:

$$U' \frac{\partial}{\partial x'} [C_0'] = \frac{\partial}{\partial y'} [K_y' \frac{\partial}{\partial y'} C_0'] - (k_d') C_0 \quad \text{--- (38)}$$

$$U' \frac{\partial}{\partial x'} (C_2') = \frac{\partial}{\partial y'} [K_y' \frac{\partial}{\partial y'} C_2'] + 2K_z' C_0' - K_d' C_2' \quad \text{--- (39)}$$

$$U' \frac{\partial}{\partial x'} (\sigma_z'^2) = \frac{\partial}{\partial y'} [K_y' \frac{\partial \sigma_z'^2}{\partial y'}] + 2K_y' \frac{1}{C_0'} \frac{\partial C_0'}{\partial y'} \frac{\partial \sigma_z'^2}{\partial y'} + 2K_z' \quad \text{(40)}$$

cuyas condiciones iniciales son:

$$K_y' \frac{\partial}{\partial y'} (\sigma_z'^2) = 0 \quad \text{a } y = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial y'} C_0' = \frac{\partial}{\partial y'} (C_2') = \frac{\partial}{\partial y'} (\sigma_z'^2) = 0 \quad \text{a } y = h'_b$$

Las condiciones de la fuente en términos de los momentos correspondientes a la ecuación 25 son:

$$C_0' (0, y') = \left\{ 1 - \left[\frac{2(y' - Y'_0)}{h'_0} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{4}} \quad \text{--- (41)}$$

$$C_2' (0, y') = \left\{ 1 - \left[\frac{2(y' - Y'_0)}{h'_0} \right]^2 \right\}^{\frac{3}{4}} \quad \text{--- (42)}$$

$$(\sigma_z')^2 (0, y') = \left\{ 1 - \left[\frac{2(y' - Y'_0)}{h'_0} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{--- (43)}$$

para

$$y' \geq 0 ; y'_o - \frac{h'_o}{2} \leq y' \leq y'_o + \frac{h'_o}{2}$$

donde

$$y'_o = \frac{y_o}{\sqrt{ky_o x_t/u_o}}$$

$$h'_o = \frac{h_o}{\sqrt{ky_o x_t/u_o}}$$

CAPITULO II. SIMULACION

2.1 Adaptación de modelos matemáticos.

2.1.1 Comportamiento de las descargas.

La solución presentada en el Capítulo I referente a la dispersión de un conjunto de descargas submarinas ha sido adaptada a un programa de computadora (2) llamado RBJ cuyo listado de -- instrucciones ejecutables se anexa en el apéndice C.

El método de solución consiste en obtener las condiciones - iniciales Q_1 , M_1 , F_1 , G_1 , de las características de la fuente, luego las ecuaciones 6, 7, 8, 9, 10, 19 y 20 son integradas numericamente con los valores de E y f dados para descargas circulares (columna 2, tabla 1.3); cuando la transición es alcanzada por alguna de las 2 condiciones anteriormente analizadas, se -- continua la solución pero considerando los valores de E y f de las descargas en forma de ranura (columna 3 tabla 1.3), los resultados obtenidos son luego convertidos de las variables Q, M, F, G.

A las variables físicas U, e, T, W; el ancho del chorro es considerado igual a $2\sqrt{2}b$. La conversión se realiza usando las relaciones de la tabla 1.2.

El programa esta escrito en forma tal que con dar los datos en un solo sistema de Unidades (FPS, CGS, MKS) se obtienen resultados correctos. El único valor que siempre se da en gr/cm^3 es la densidad, independientemente del sistema de unidades usado.

Los datos que necesita el programa para su correcto funcionamiento son:

En el texto	En el programa	Comentarios
————	NC	# de puntos para los que este especificada la estratificación ambiental.
D_o	DO	Diámetro de las descargas.
U_o	UO	Velocidad de descarga
T_1	TO	Temperatura de la descarga.
e_1	DENI	Densidad de la descarga
θ_o	THETA θ	Angulo de la descarga
d	DJ	Profundidad de la descarga
L	SPACJ	Espaciamiento entre descargas
————	D(I=1,NC)	Profundidad a la cual se estan especificando las condiciones ambientales.
T_a	TA(I=1,NC)	Temperatura ambiental a la profundidad D(I)
e_a	DENA (I=1,NC)	Densidad ambiental a la profundidad D(I)
α_r	ALPHAR	
α_s	ALPHAS	
λ_r	LAMBDR	
λ_s	LAMBDS	
g	GRAVAC	Aceleración de la gravedad

Resultados esperados.-

En el	En el
Texto	Programa
X	X
Y	Y
$2 \sqrt{2} b$	ANCHODES
Q/Q_1	DILUCION
T	TEMP. DES
ρ	DENSIDAD DES
ρ_a	DEN AMB
T_a	TEMP AMB
$T - T_a$	DELTA T

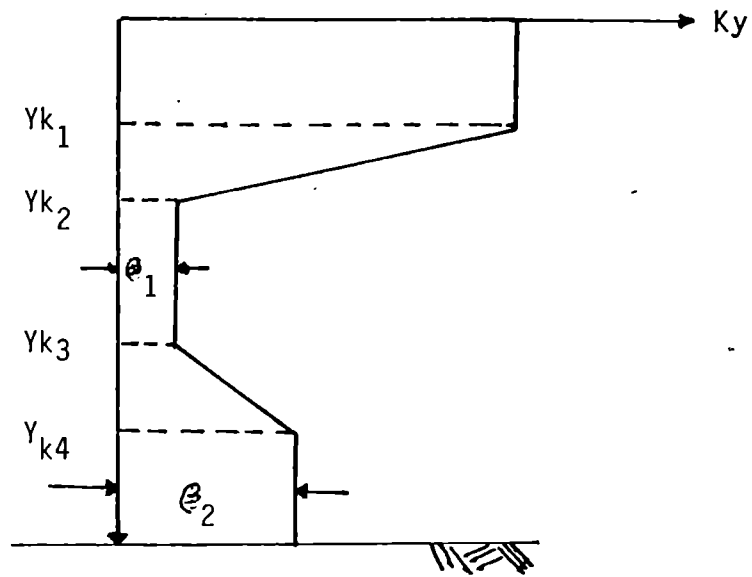
2.1.2 Simulación de la difusión turbulenta pasiva.

Del mismo modo se ha adaptado un programa en fortran IV (2), llamado PTD y cuyo listado se encuentra en el apéndice D, que permite la solución del fenómeno de difusión turbulenta pasiva cuyo análisis fue realizado en el capítulo I.

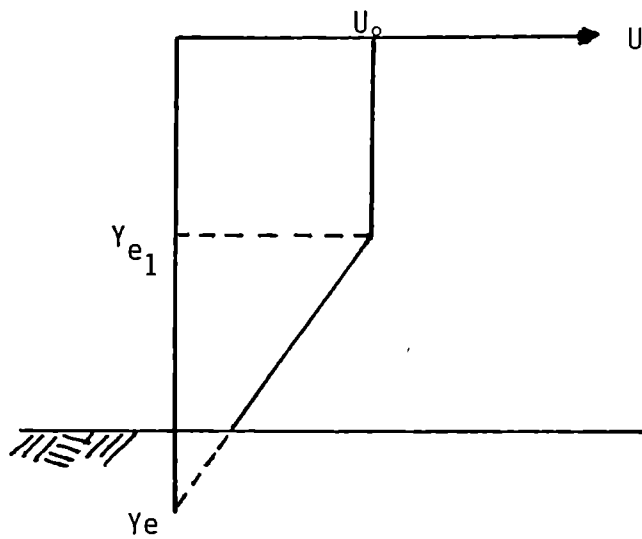
Además de las variables descritas en el desarrollo de la solución es necesario incluir una serie de variables que nos definan los perfiles de K_y y de U . En la figura 2.1 se aprecia el significado de cada una de dichas variables.

Por lo que la lista final de datos requerida por el programa es:

El texto	En el programa	Comentarios
-	NEND	Número que permite suspender la ejecución del programa, lo cual sucede



PERFIL DE KY



PERFIL DE U

FIGURA 2.1 Perfiles de K_y y de U usados en el -- programa de difusion turbulenta pasiva

		si vale 0
-	NDY	Número de secciones en que se dividirá el eje X para analizar los cambios existentes en el eje Y.
-	NDX	Número de veces que se cambiará el Δx para efecto de análisis.
-	NEXP	Variable de precisión. Si cualquier variable es $< 10^{-NEXP}$ -- será tomada como cero.
λ	LAMBDA	Cantidad adimensional
Y_o	Y O	Cantidad adimensional
h_o	H. O	Cantidad adimensional
u_o	UFS	Cantidad adimensional
Y_{e_1}	YE1	Cantidad adimensional
Y_e	YE	Cantidad adimensional
Y_{k_1}	YK1	Cantidad adimensional
Y_{k_2}	YK2	Cantidad adimensional
Y_{k_3}	YK3	Cantidad adimensional
Y_{k_4}	YK4	Cantidad adimensional
e_1	BETA 1	Cantidad adimensional
e_2	BETA 2	Cantidad adimensional
K_e	CKE	Cantidad adimensional
K_d	CKD	Cantidad adimensional

- XDY (I) Longitud de la sección (I) del eje X
- NDYT (I) Número de divisiones que tendrá la sección (I). En cada división existirá un ΔY diferente.
- NPR (I) Número de resultados que se desea imprimir de los analizados sobre el eje Y.
- Dy (I,J) Valor de Δy en la división (I) de la sección (J).
- NYC (I,J) Número de veces que se utilizará como ΔY el valor Dy(I,J)
- DX(I) Valor de ΔX . $I = 1, 2, \dots, NDX$
- NXC(I) Número de veces que se utilizará como Δx el valor DX(I)
- NPX Número de pasos en x por cada impresión.

Como resultado se obtiene:

En texto ver lista de datos	En programa	Comentarios ver lista de datos.-
"	LAMBDA	"
"	YO	"
"	HO	"
"	YK ₁	"
"	YK ₂	"

Ver lista de	En programa	Comentarios ver lista de
datos		datos
"	YK ₃	"
"	YK ₄	"
"	BETA1	"
"	BETA2	"
"	UFS	"
"	Ye ₁	"
"	Ye	"
KE	CKE	Cantidad adimensional
Y	Y	"
C _o	CO	"
σ_z	SIGMA Z	"
C _{max}	CMAX	"

2.2 Comprobación de resultados

El correcto funcionamiento de estos programas ha sido ampliamente comprobado (2), por lo que sale de los límites del presente trabajo corroborar estos; sin embargo como se adaptaron nuevamente, a fin de evitar errores se realizaron una serie de corridas que garantice la obtención de los resultados ofrecidos por KOH.

En las figuras (2.2) y (2.3), se presentan los resultados de las trayectoria esperadas para los dos tipos de descargas que pueden encontrarse sin estratificación de temperaturas y con estratificación; respectivamente, como se observa el programa RBJ esta provocando valor muy similares a los presentados por

TABLA 2.1 RELACION DE DIAMETRO DE ORIFICIO Y VELOCIDAD DE SALIDA.

CASO	DIAMETRO		M/SEG.	VELOCIDAD No. ORIFICIOS	LONGITUD
	PULGADAS	METROS			
1a	6 1/2	0.1551	2.680	30	30
1b	4 1/2	0.1143	2.800	60	30
2a	4 1/2	0.1143	5.573	30	30
2b	3 1/2	0.0889	4.626	60	30
3a	4	0.1016	7.083	30	30
3b	2 3/4	0.0699	7.493	60	30
4a	3 1/2	0.0889	9.252	30	30
4b	2 1/2	0.0635	8.968	60	30
5a	5	0.1270	2.717	50	50
5b	3 1/2	0.0889	2.772	100	50
6a	3 1/2	0.0889	5.545	50	50
6b	2 1/2	0.0635	5.434	100	50
7a	3	0.0768	7.547	50	50
7b	2 1/4	0.0572	6.709	100	50
8a	2 1/2	0.0635	10.868	50	50
8b	1 3/4	0.0445	11.089	100	50
9a	4	0.1016	2.653	80	80
9b	3	0.0762	2.359	160	80
10a	3	0.0762	4.717	80	80
10b	2	0.0508	5.31	160	80
11a	2 1/2	0.0635	6.792	80	80
11b	1 3/4	0.0445	6.93	160	80
12a	2	0.0508	10.613	80	80
12b	1 1/2	0.0381	9.434	160	80
13	36	0.9144	2.61	1	0
14	26	0.6604	5.0	1	0
15	21	0.5334	7.5	1	0
16	18	0.4572	10.00	1	0

KOH. De igual modo se trabajó con el programa para predecir la difusión turbulenta pasiva (PTD), analizando en las figuras 2.4 y 2.5 el caso en que el perfil de K_y es constante; y en las figuras 2.6 y 2.7 el caso en que el perfil de K_y es variable. Nuevamente los resultados son muy aproximados a los reportados anteriormente.

2.3 Análisis de Resultados.

En este apartado se presenta un análisis de sensibilidad para definir las variables que mayor efecto tienen sobre el comportamiento del difusor y del campo del efluente.

2.3.1. Comportamiento de la Descarga.

Cuando se trabaja en el diseño de un difusor se contará con los datos totales del cuerpo receptor, por lo que no son variables que puedan ser cambiadas, sin embargo las condiciones de la descarga si son susceptibles de variable hasta encontrar las que mejor se adapten a las necesidades.

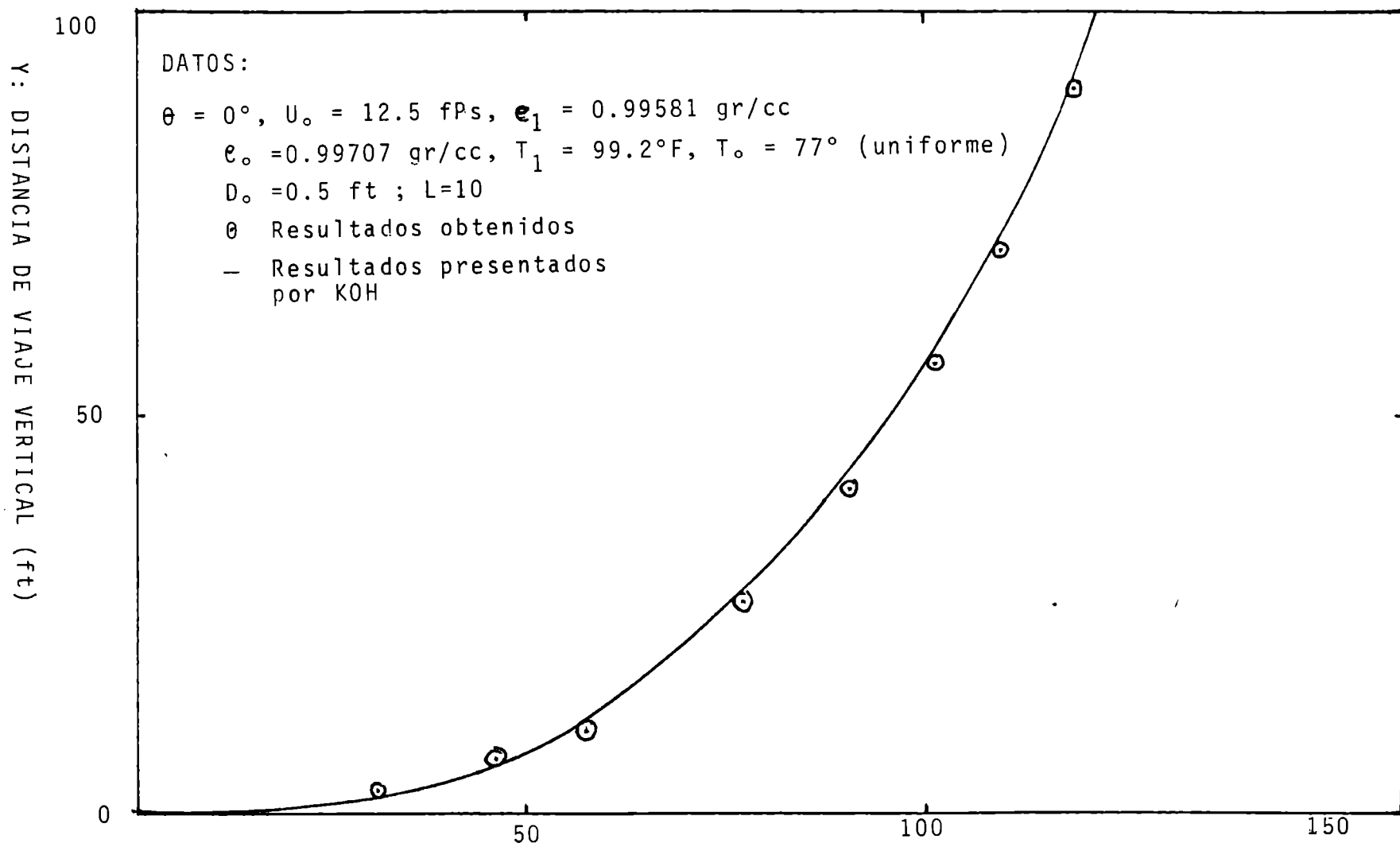
Para efecto del análisis el procesamiento de obtención de diámetro de descarga y velocidad fue el siguiente:

- 1). El gasto total considerado (arbitrario en este caso para ilustrar), fue de $1.72 \text{ m}^3/\text{seg}$.
- 2). El gasto total se divide entre la longitud total del difusor propuesta para obtener flujo/long. [$\text{m}^3/\text{seg}/\text{m}$.]
- 3). El flujo del inciso 2 se divide entre el número de orificios por metros y se obtiene el flujo/orificio.
- 4). Se proponen valores de velocidad deseados en la descarga, para calcular los diámetros de la descarga, los cuales son aproximados a los valores exactos que se pueden obtener en campo y la velocidad de descarga es calculada con el nuevo valor del diámetro.

Las longitudes propuesta para el difusor fueron de 30, 50 y 80 mts; las velocidades de descarga 2.6, 5, 7.5 y 10.0 m/seg; y los espaciamientos entre orificios de 0.5 y 1.0 m respectivamente. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 2.1

Cada uno de los casos presentados en la tabla 2.1 fue alimentado al programa RBJ, el cual dio por resultado las trayectorias presentadas en las figuras

2.10



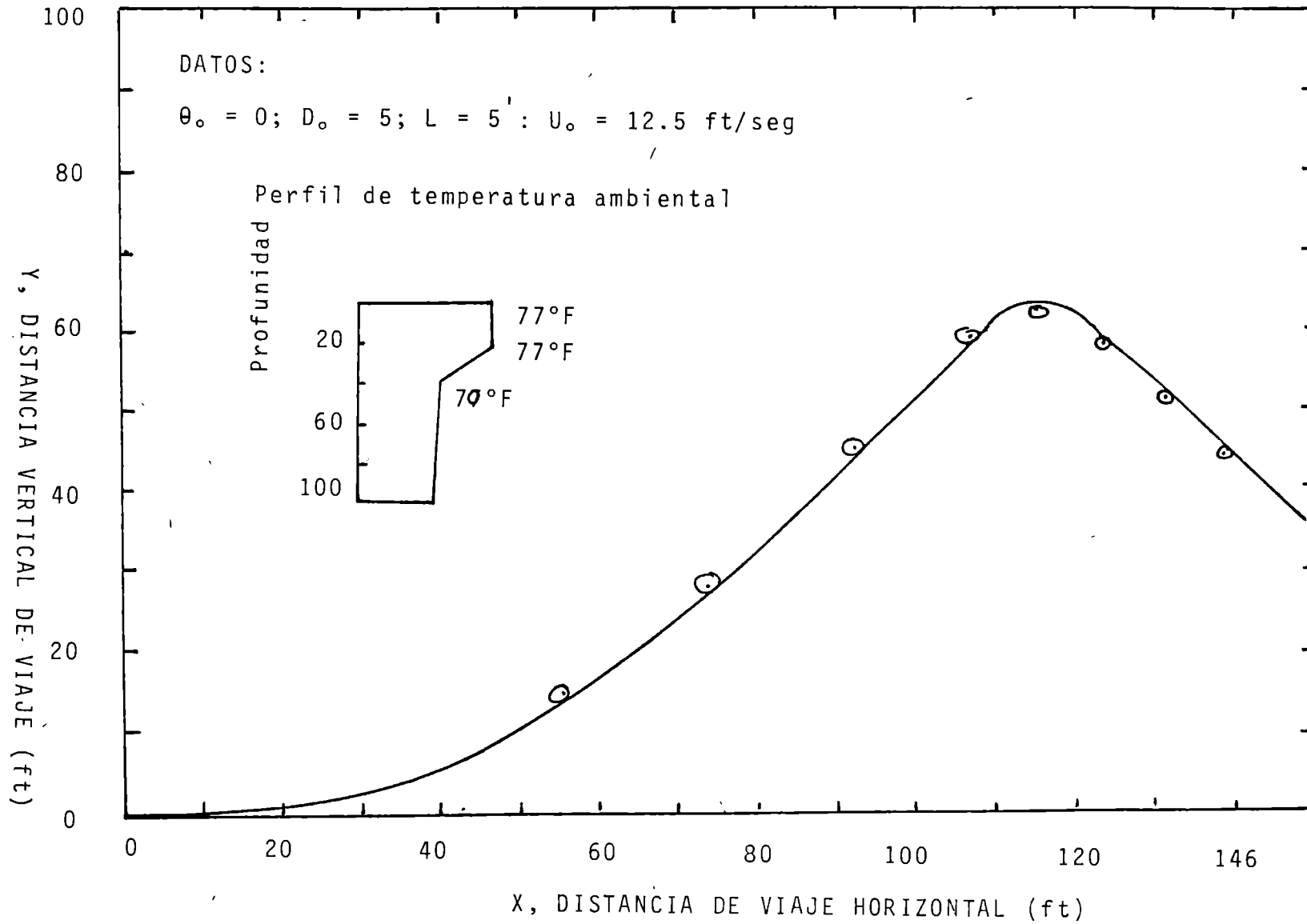


FIGURA 2.3 Predicción de trayectoria para descarga múltiple en ambiente estratificado

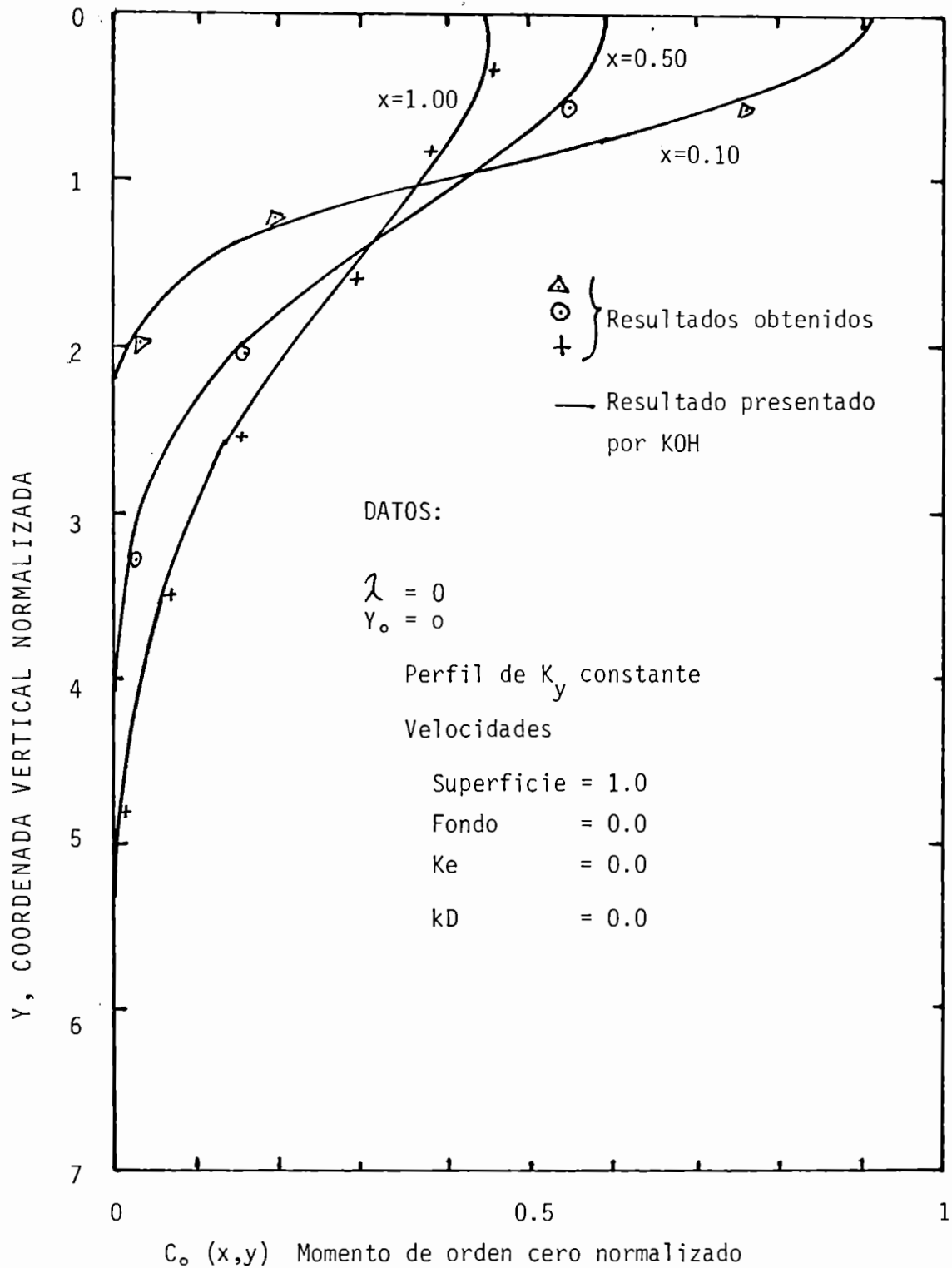
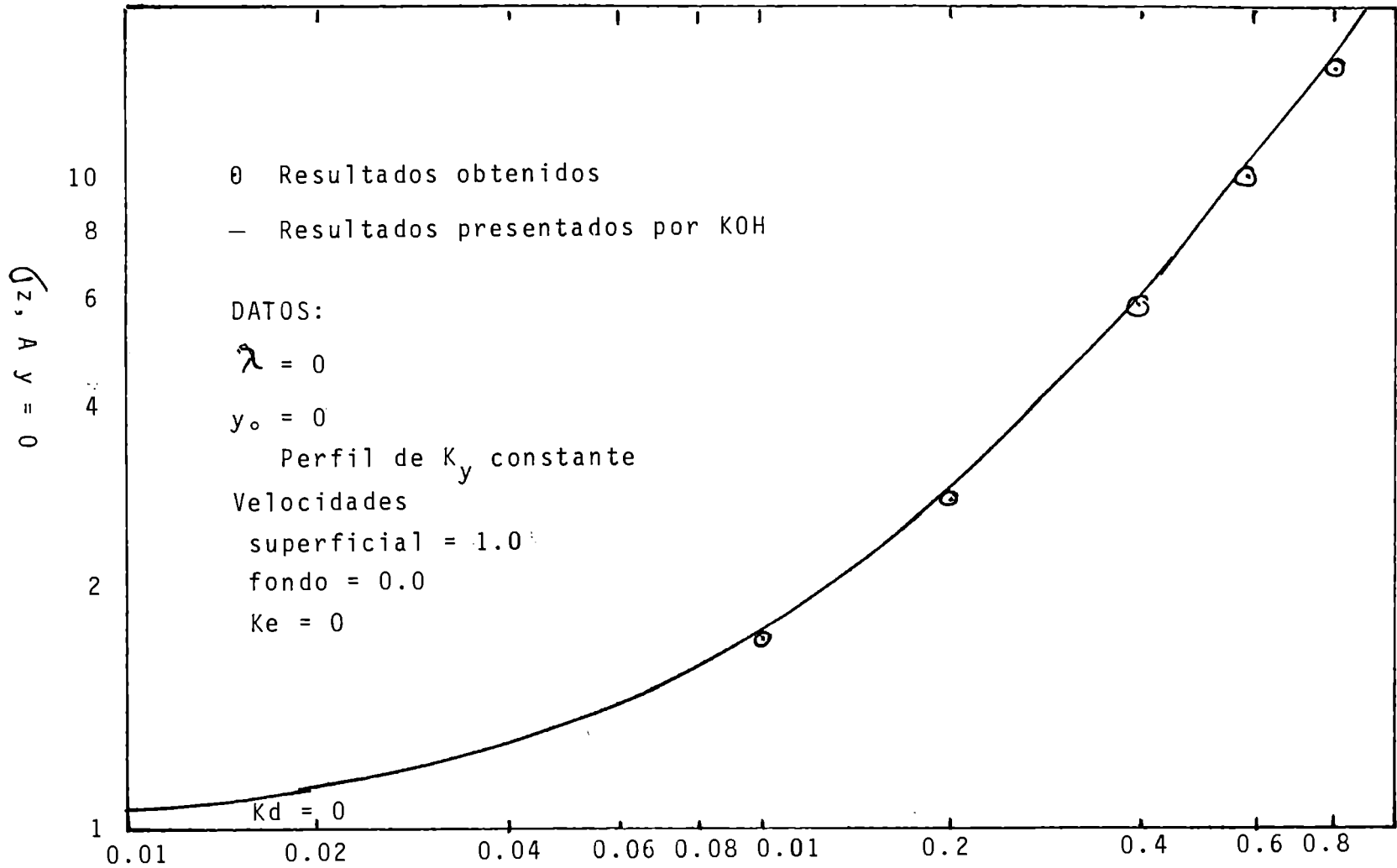


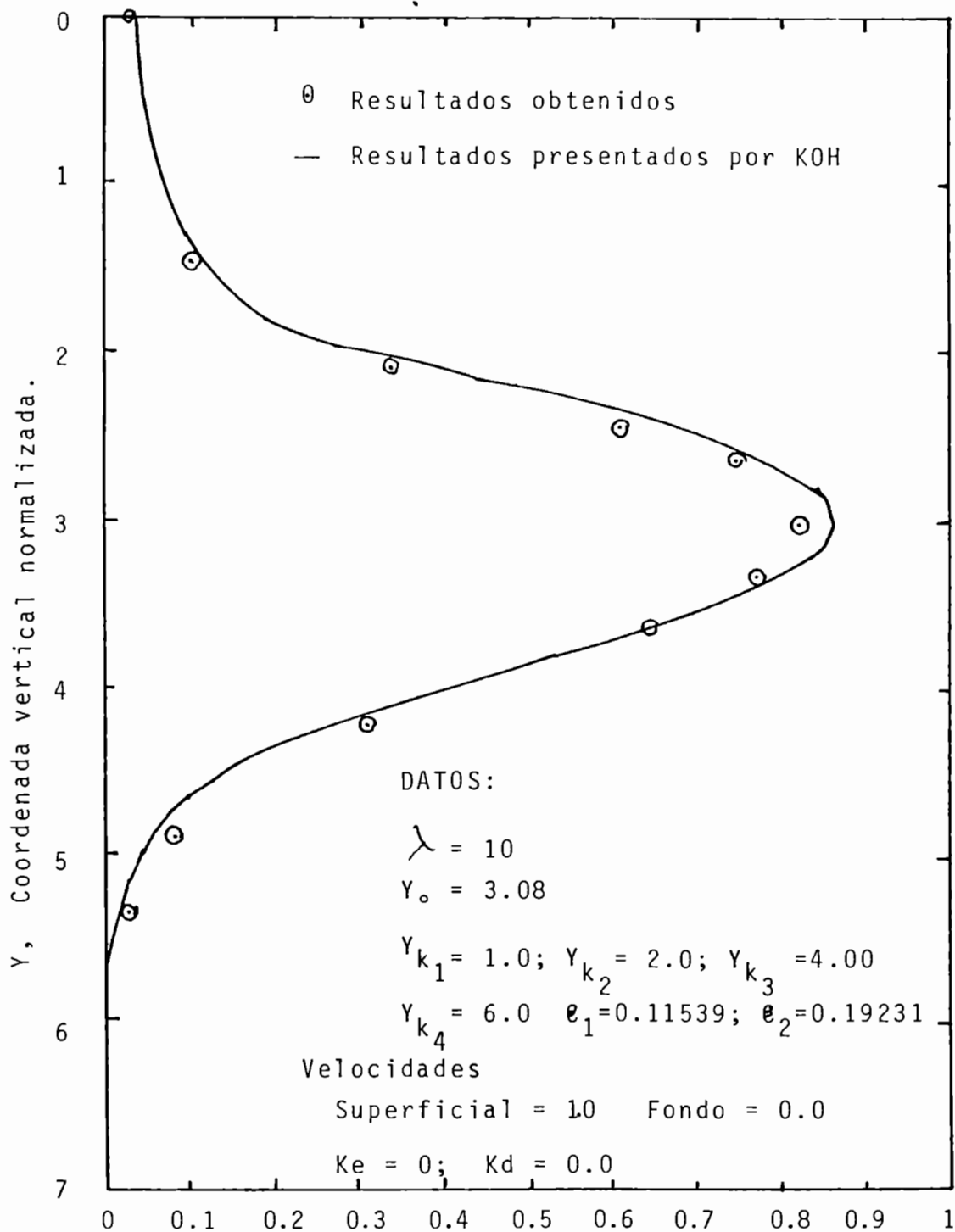
FIGURA 2.4 DISTRIBUCION VERTICAL DE $C_0(X,Y)$

2.13



X, DISTANCIA HORIZONTAL NORMALIZADA

FIGURA 2.5, ANCHO DE PLUMA



$C_o(1,y)$, Momento de orden cero normalizado.
 A $x = 1$

FIGURA 2.6 DISTRIBUCION VERTICAL DE $C_o(x,y)$

θ
A
y = 3

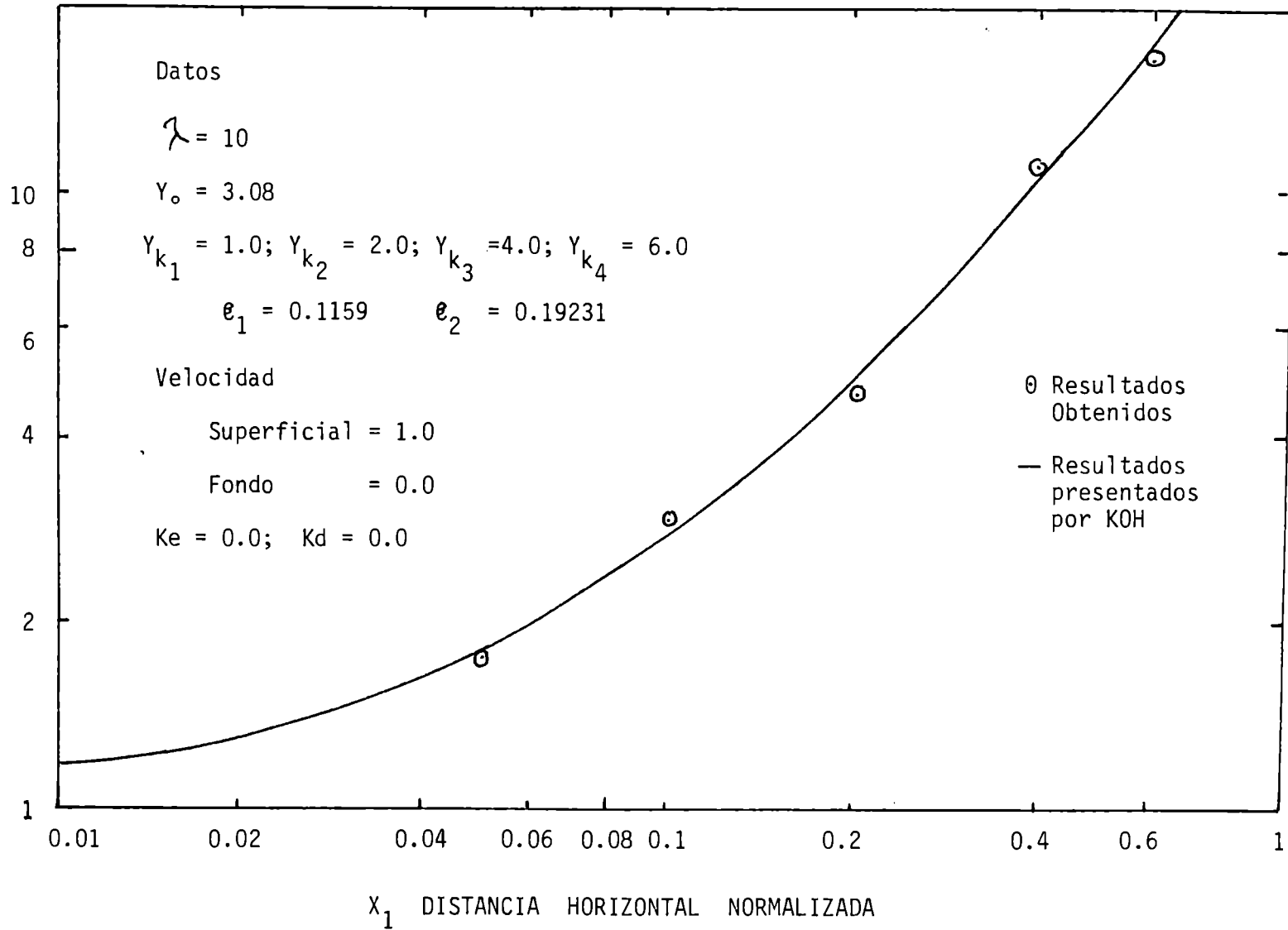


FIGURA 2.7 ANCHO DE LA PLUMA

de la 2.8 a la 2.12; como puede observarse la variación entre las descargas que tienen las mismas longitudes de difusor, velocidad de salida y diámetro de descarga y solo se varió el espaciamiento entre descargas, provoca los resultados muy similares tanto en trayectoria como en dilución, en caso de existir la alternativa se optará por la menor cantidad de orificios por metro.

En la figura 2.12 puede observarse el caso de descargar el efluente en masa por un solo orificio, observándose que la trayectoria del chorro es bastante elevada en comparación de las demás, sin embargo para un mismo punto (X, y, V) las diluciones son menores para la descarga en masa.

La comparación de diluciones se presenta en la figura 2.13 de la cual se puede definir que la dilución aumenta cuando sucede que se aumenta la longitud del difusor y/o se aumenta la velocidad, por la separación existente entre curvas parece ser más conveniente aumentar la longitud del difusor pues sucede más rápidamente el cambio de las curvas de dilución, sin embargo lo más conveniente de hacer será definido hasta después que se efectue un análisis de costos, ya que por un lado si se aumenta la velocidad se aumentan

considerablemente las pérdidas y por consiguiente los costos por bombeo; por el otro lado si se aumenta la longitud del difusor se aumentan costos de construcción e instalación, por lo que la opción óptima tiene que ser analizada para cada caso específico.

En lo referente al ángulo de descarga se seleccionó un caso (6a) al cual se le varió (30, 45, 60 y 85°) el ángulo y se observó que efectivamente aumenta la dilución conforme aumenta el ángulo hasta llegar a los 60 grados, sin embargo el incremento es mínimo y no justifica los aumentos en costo que representaría el adoptar descargas con ángulo de salida diferente de cero. Lo que si cambia fuertemente al cambiar el ángulo es la trayectoria de la descarga - - (Figura 2.14) lo cual en general no es benéfico, y en cierto caso puede incluso ser perjudicial pues se prefiere que el efluente no llegue a la superficie del agua, y el aumento del ángulo favorece la elevación.

Para tener una visión de la distribución de concentraciones en la pluma se presenta la Figura 2.15. Para efecto de análisis se considero que $C_0 = 250$ y los datos son del caso 6a.

Determinación de Concentraciones

- 1). Concentración en el eje C_s

$$C_s = \frac{C_0}{2 \times \text{dilución}^*}$$

- 2). Obtener perfiles de concentración a lo largo de un eje perpendicular al punto desde se conoce la concentración de la línea central considerando una distribución gaussiana:

$$C = (C_s) e^{-z^2/b^2}$$

$C = \dots$

$$\text{Donde } B = \frac{\text{ANCHO CHORRO}^*}{2\sqrt{2}}$$

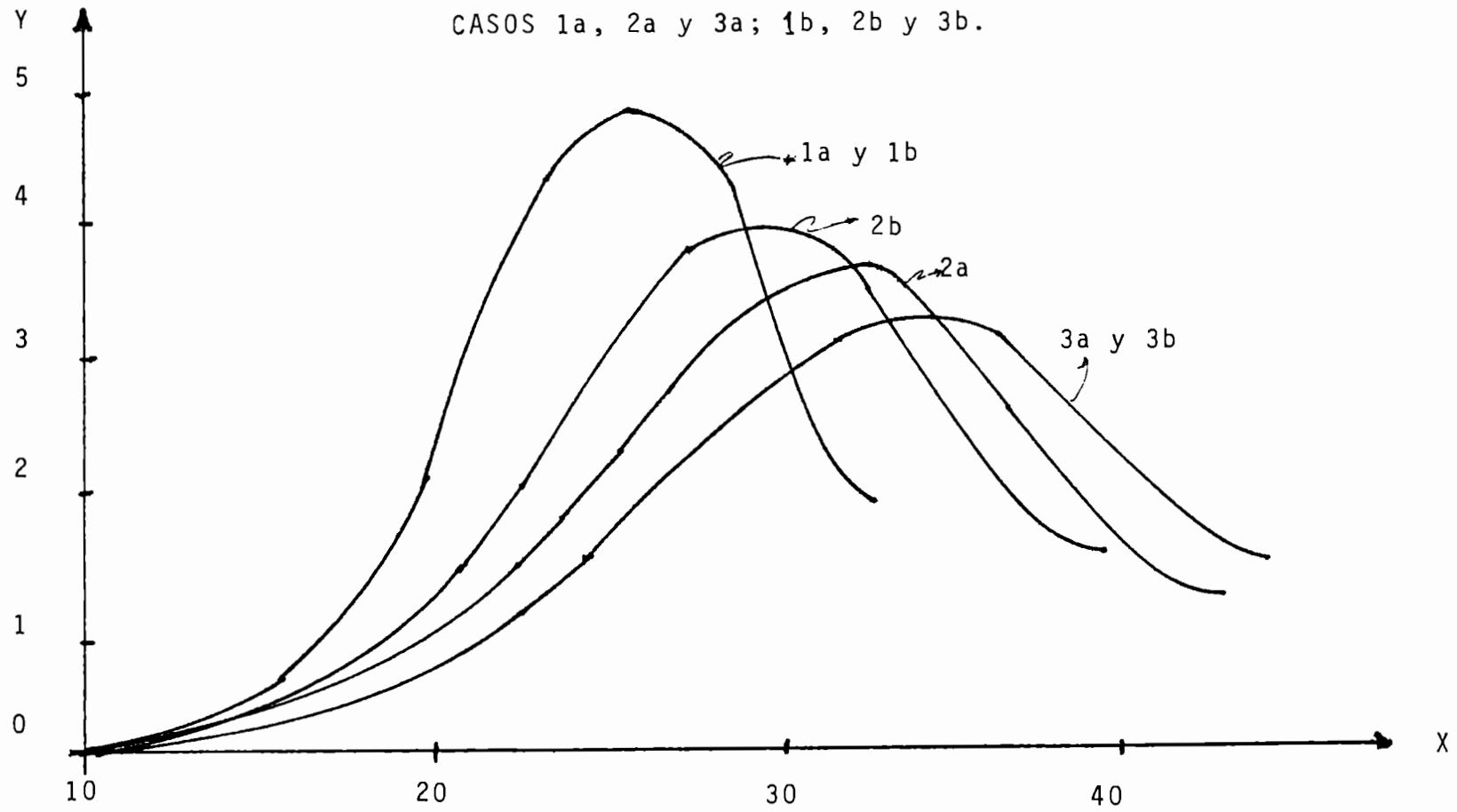
$z =$ Distancia perpendicular al eje central.

- 3). Resolver para z $1/2$
- $$z = b \ln \left[\frac{C_s}{C} \right]$$

- 4). Graficar

* Resultado del programa

FIGUTA 2.6 PREDICCIÓN DE TRAYECTORIA
CASOS 1a, 2a y 3a; 1b, 2b y 3b.



2.19

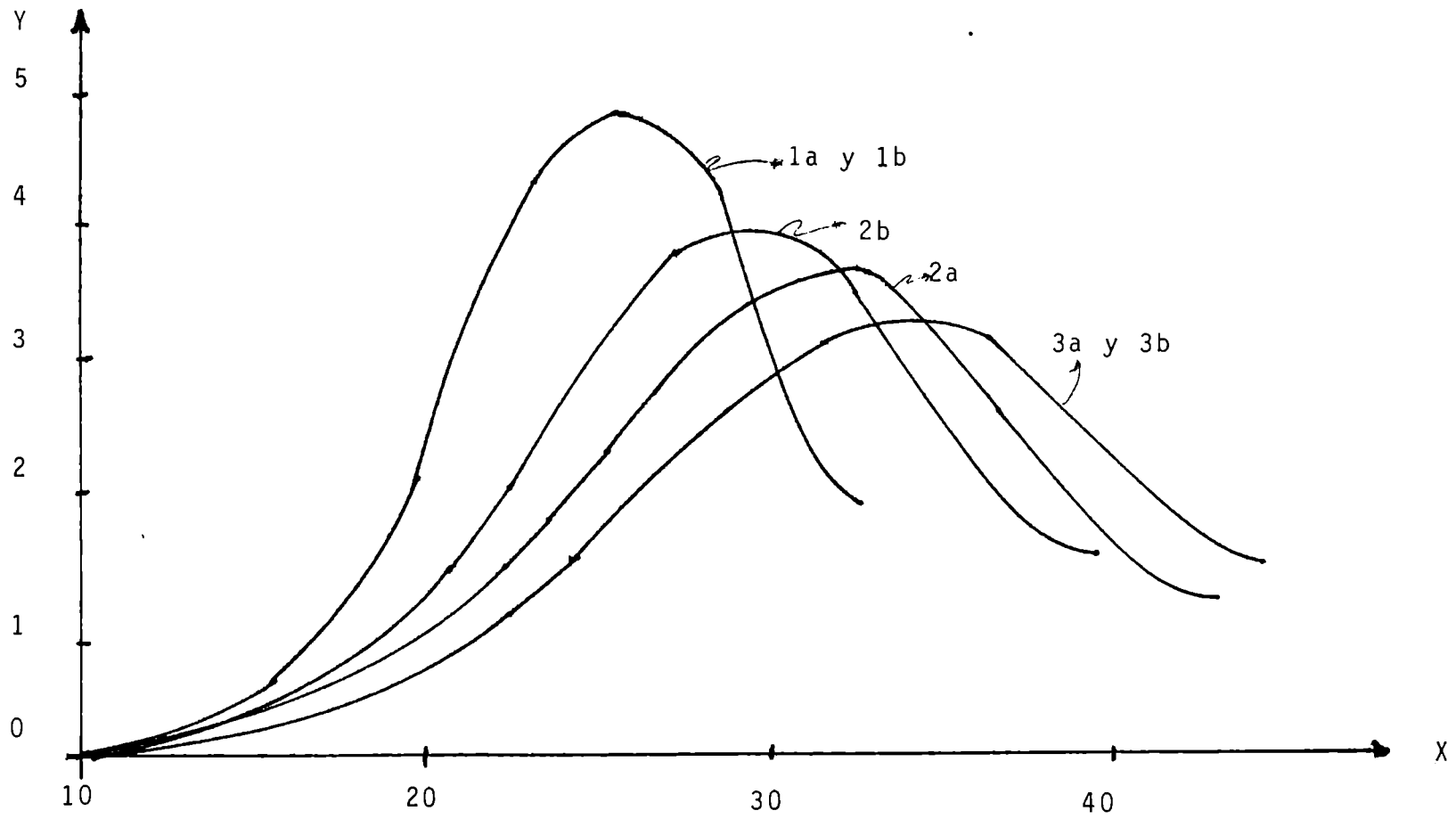


FIGURA 2.6 PREDICCIÓN DE TRAYECTORIA
CASOS 1a, 2a y 3a; 1b, 2b y 3b

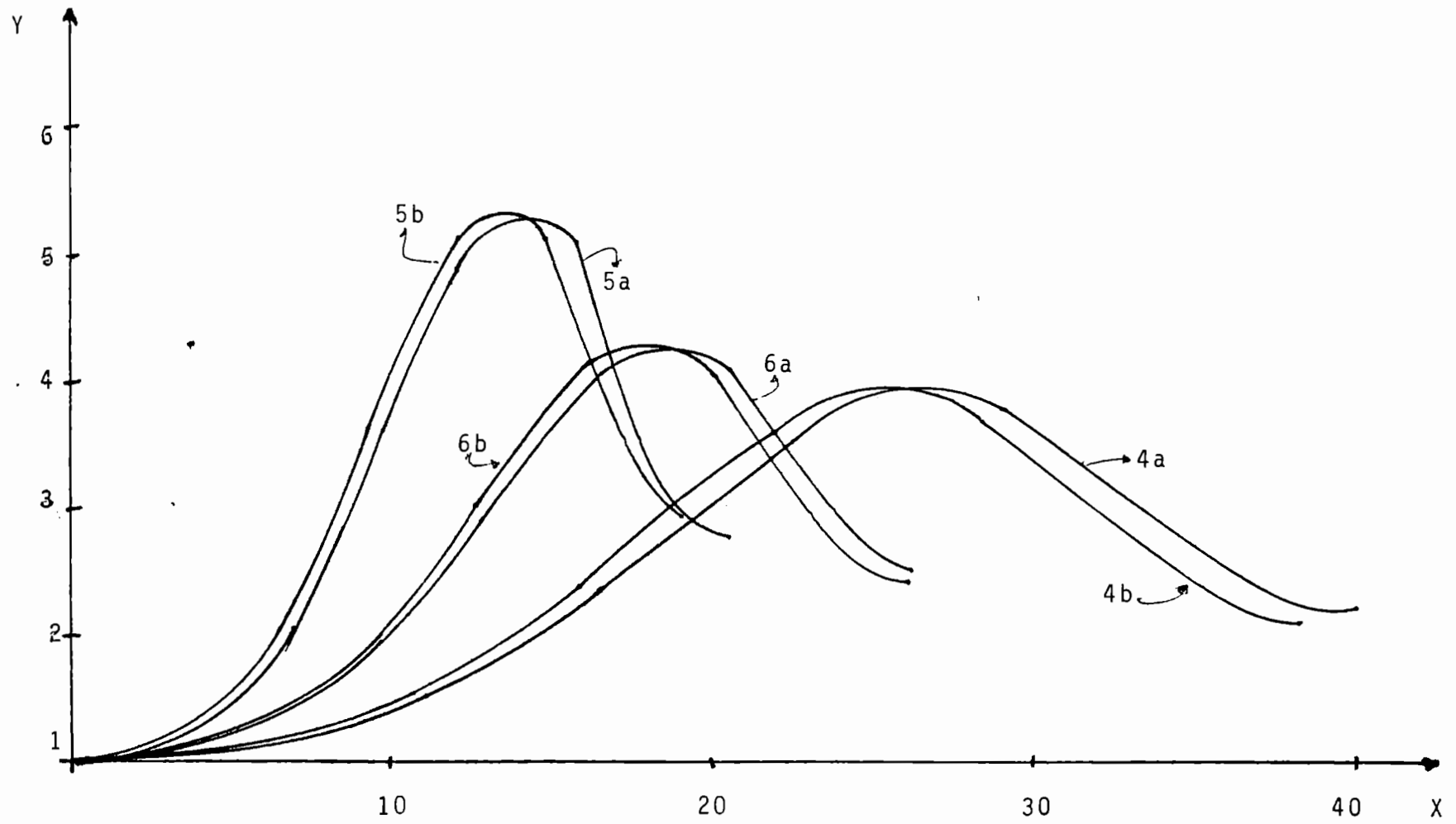


FIGURA 2.9 PREDICCIÓN DE TRAYECTORIA

CASOS 4a y 4b, 5a y 5b, 6a y 6b

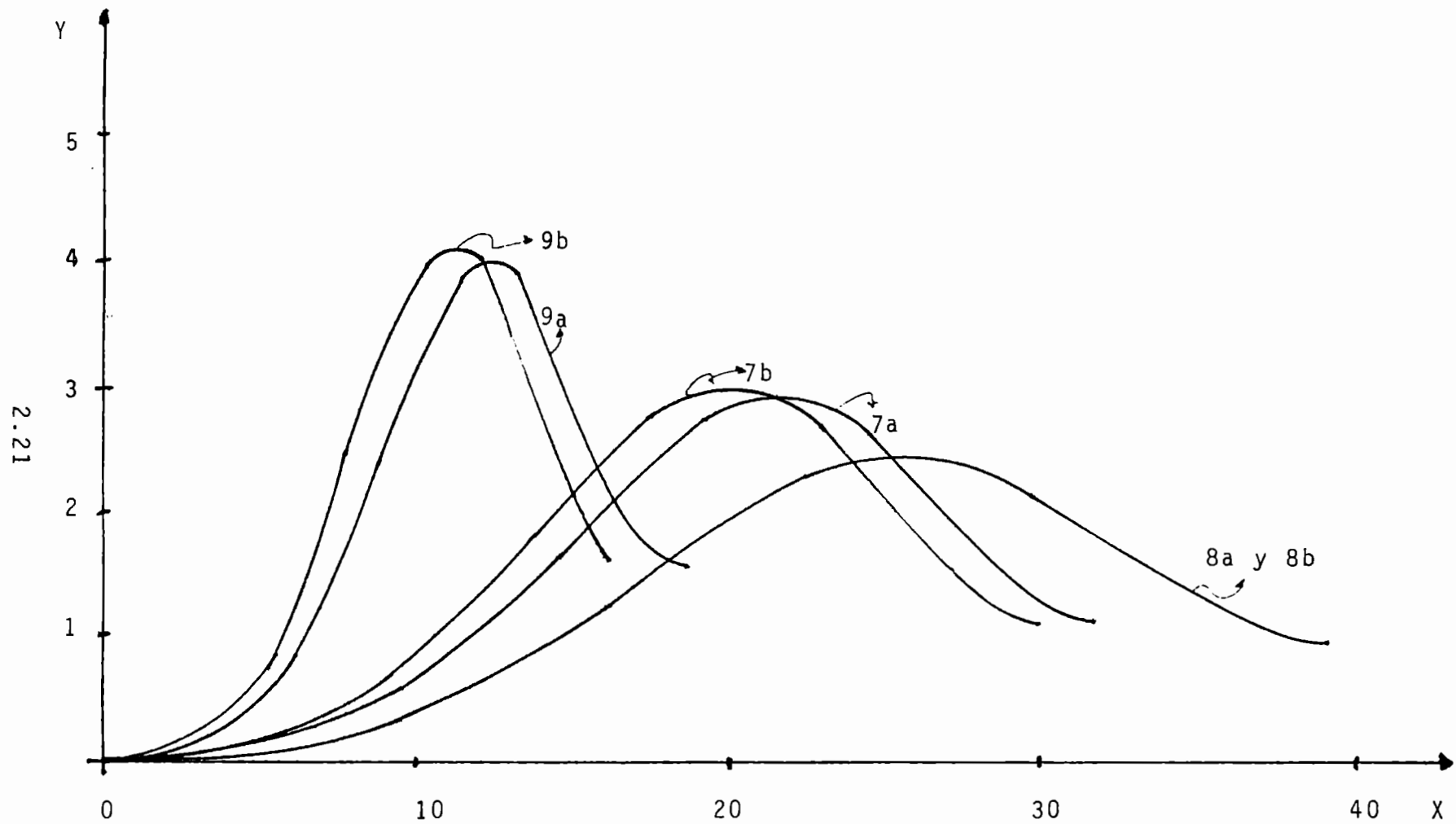


FIGURA 2.10 PREDICCIÓN DE TRAYECTORIA
CASOS 7a y 7b, 8a y 8b
9a y 9b.

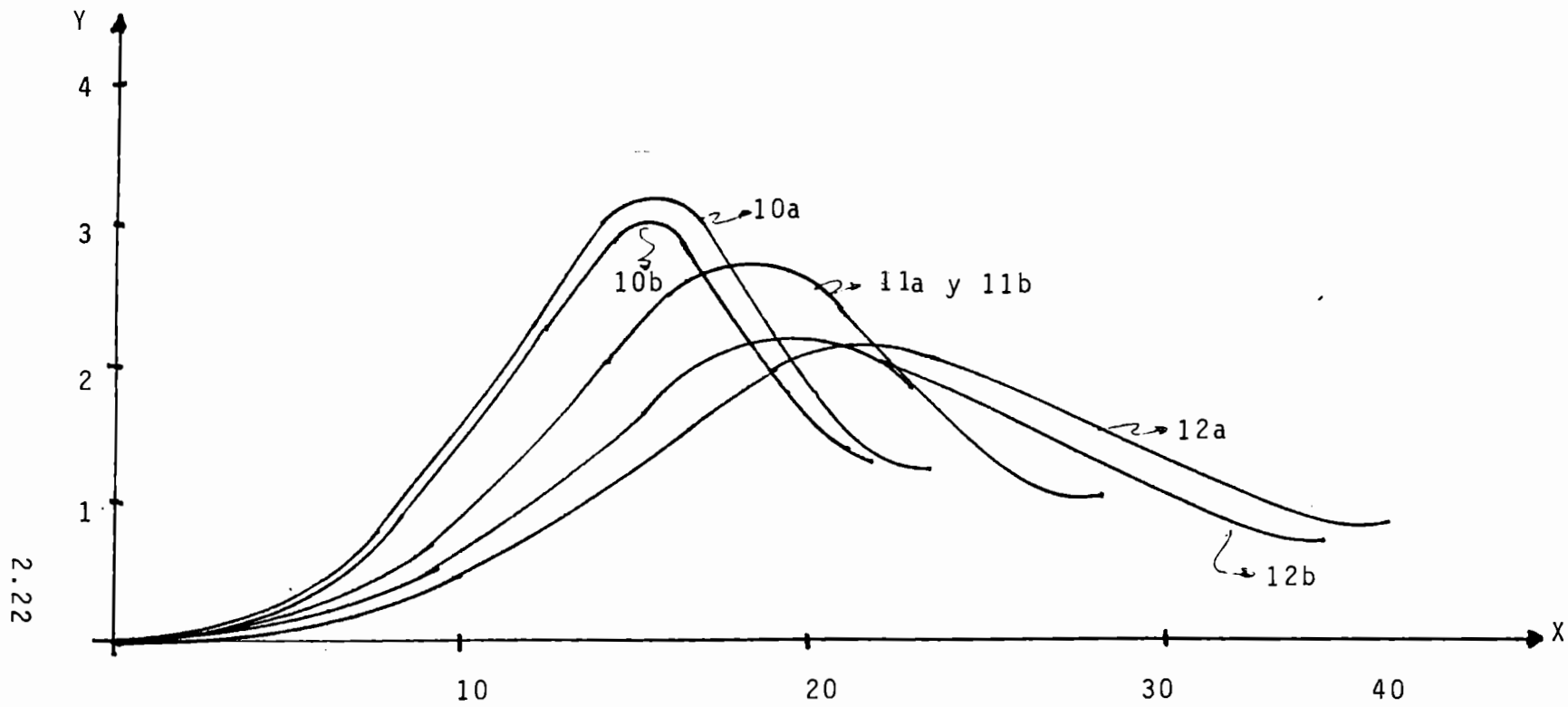


FIGURA 2.11 PREDICCIÓN DE TRAYECTORIAS
CASOS 10a y 10b, 11a y 11b
12a y 12b

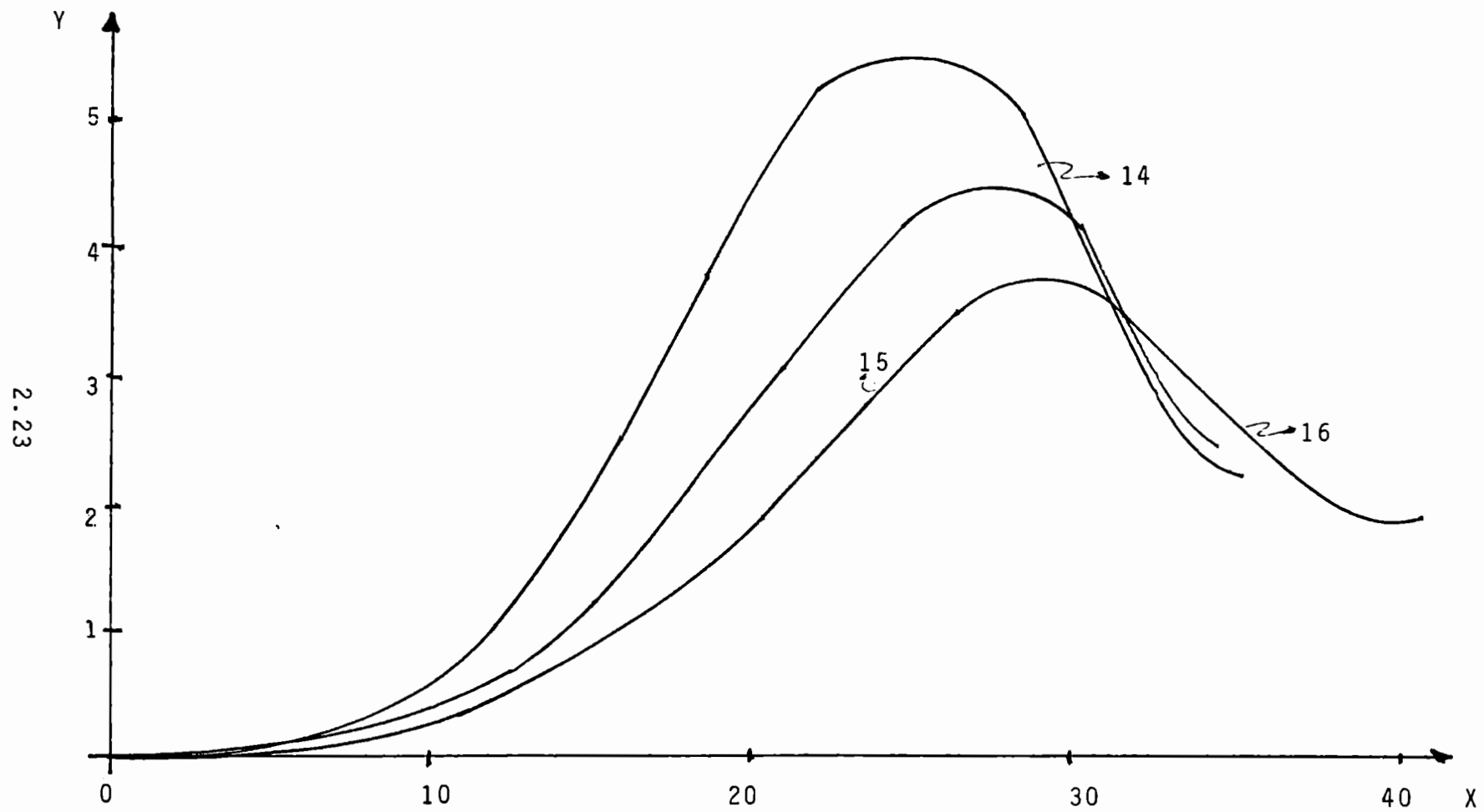


FIGURA 2.12 PREDICCIÓN DE TRAYECTORIAS
CASOS 14, 15 y 16

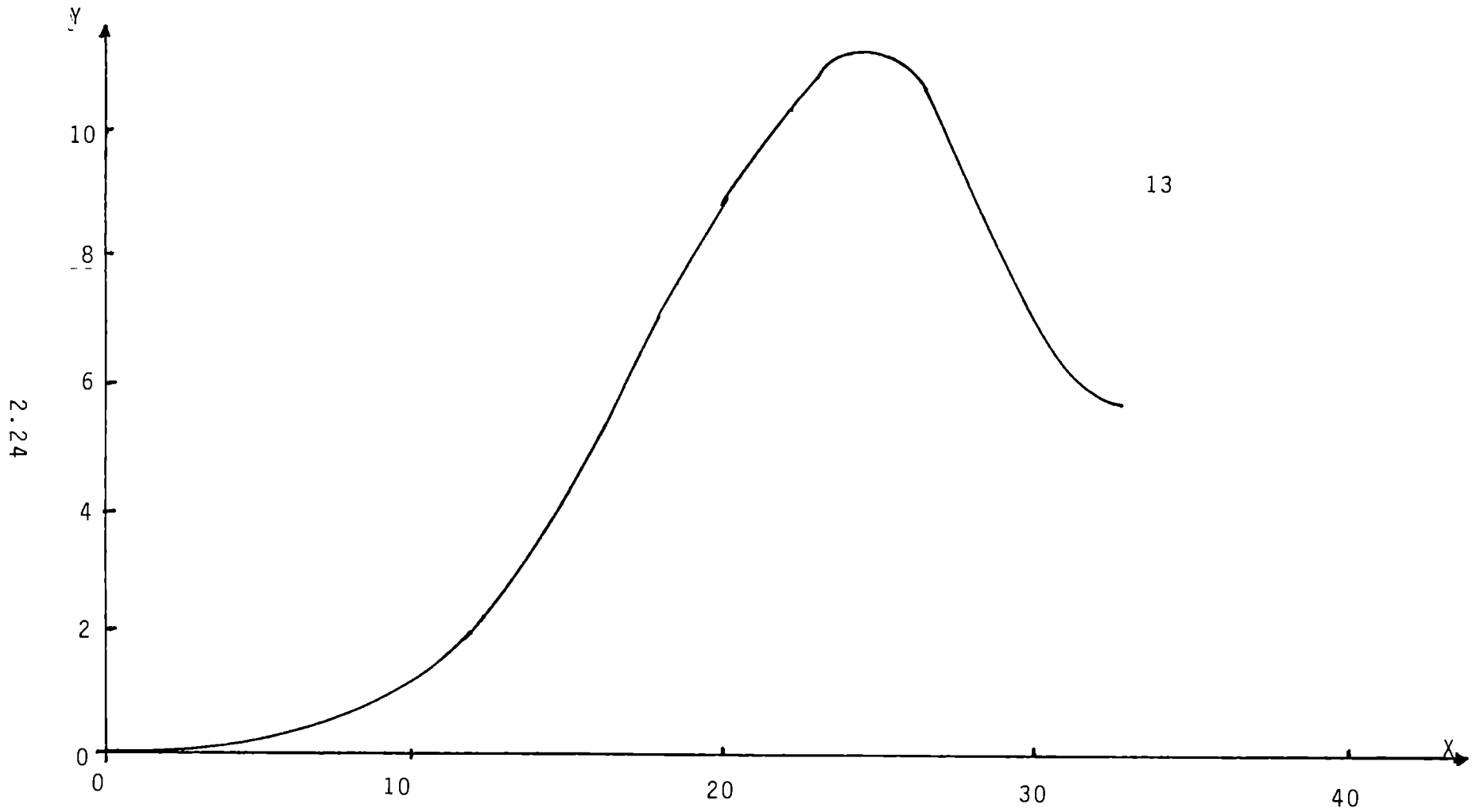


FIGURA 2.12 CONTINUACION PREDICCIÓN DE TRAYECTORIA CASO 13a.

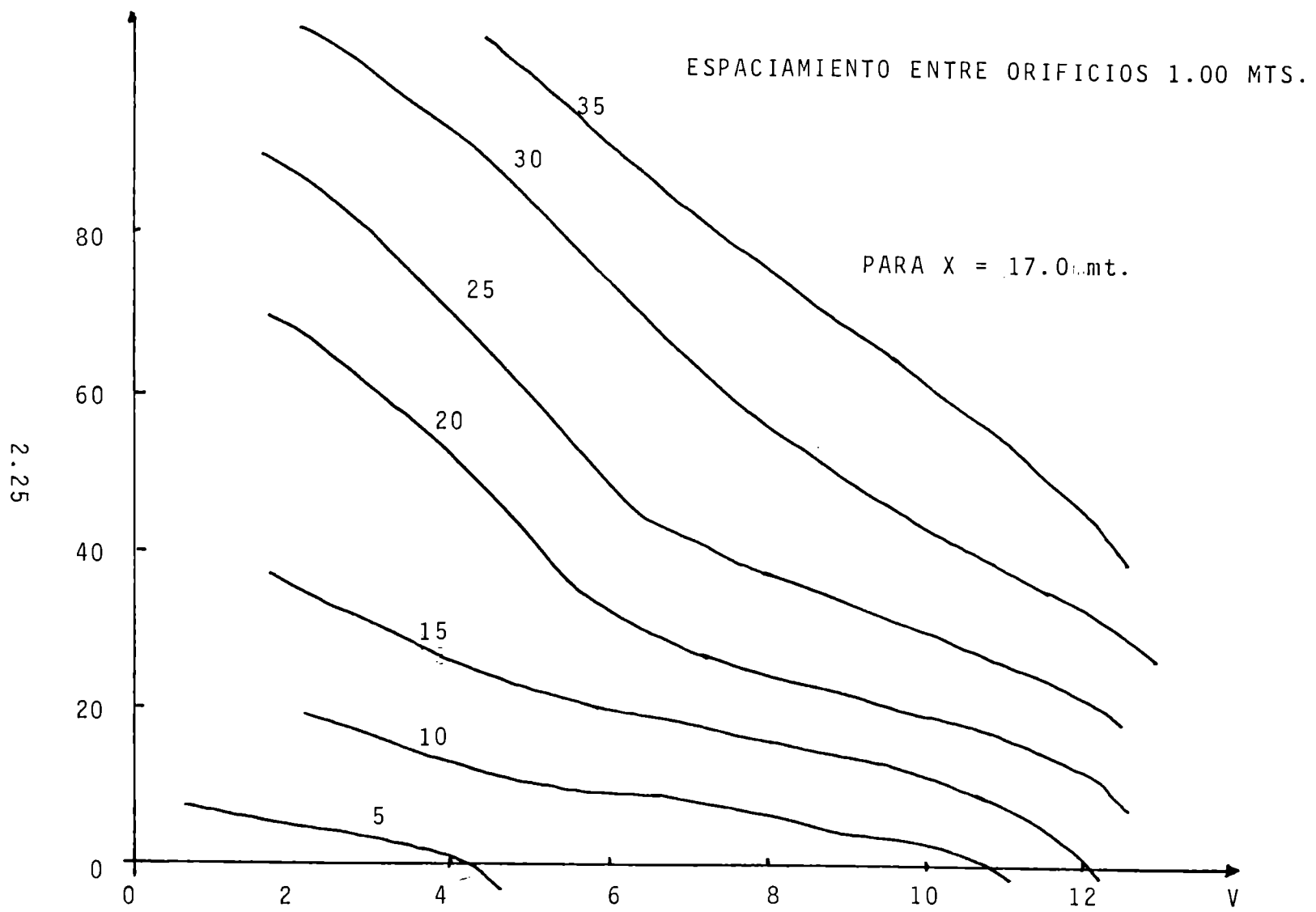


FIGURA 2.13 CURVAS DE ISODILUCION

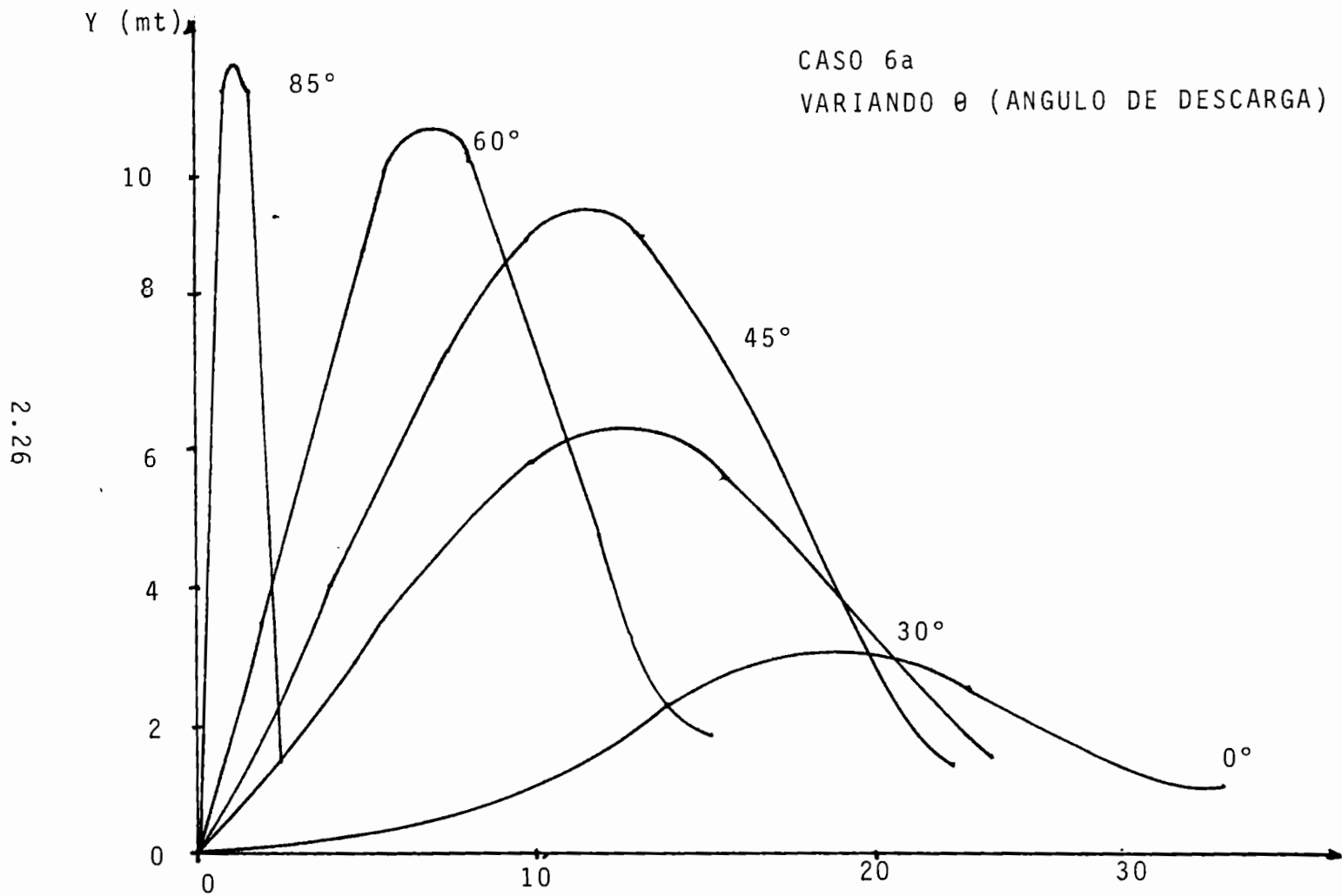


FIGURA 2.14 PREDICCIÓN DE TRAYECTORIA PARA DIFERENTES ANGULOS DE DESCARGA

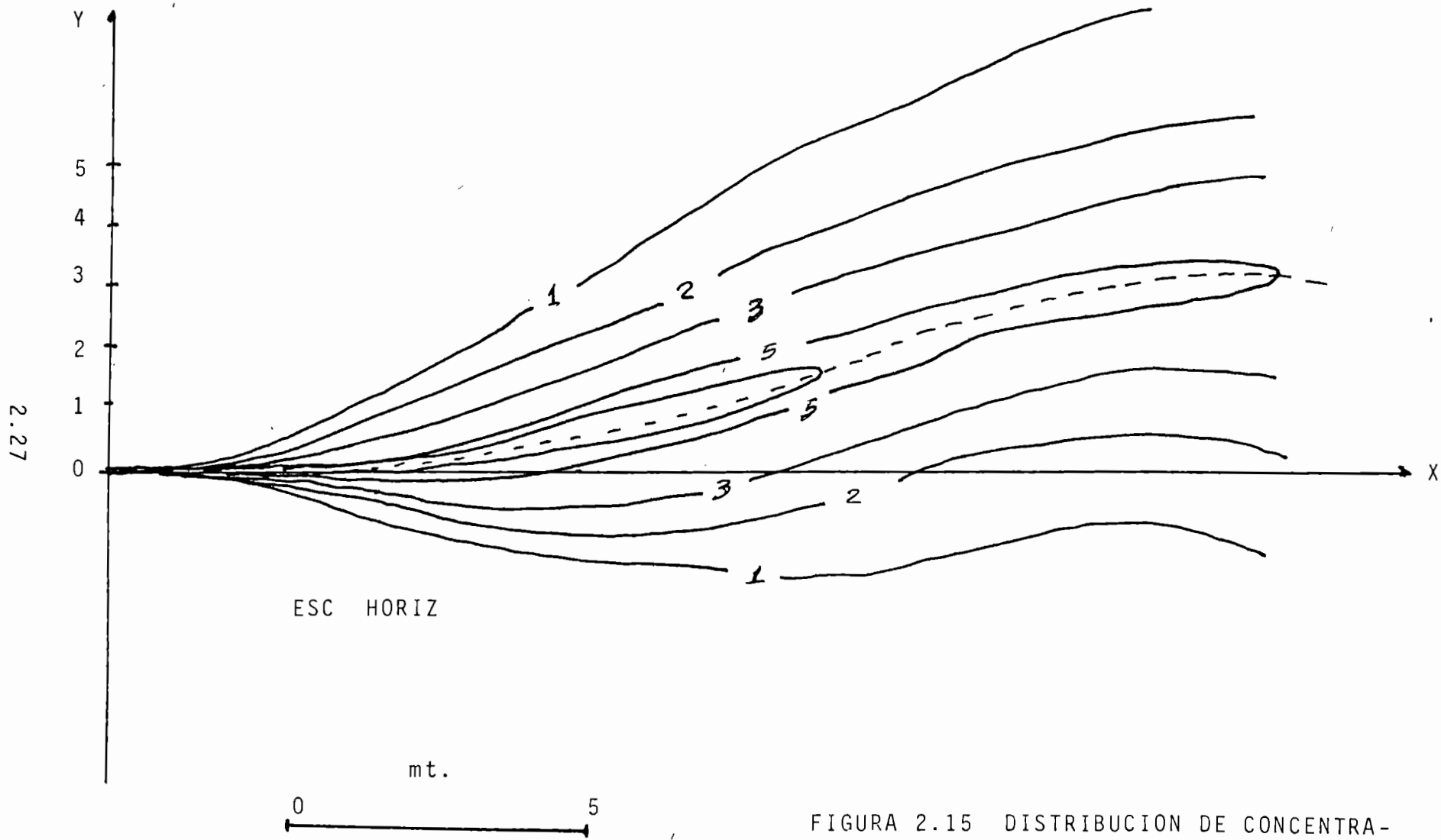


FIGURA 2.15 DISTRIBUCION DE CONCENTRACIONES EN LA PLUMA

2.3.1.) Fenómeno de Difusión Turbulente Pasiva.

Para efecto de analizar el comportamiento del efluente durante el fenómeno de difusión turbulenta pasiva se efectuó una corrida del programa PTD y los parámetros que no se conocían fueron tomados de la literatura (2), como es el caso de $A = 10^{-2} \text{ ft}^{2/3}/\text{seg.}$ y $K_y = 10^{-2} \text{ ft}^2/\text{seg.}$

Se continúa el análisis para el caso indicado en el apartado anterior (6a), el perfil de velocidad considerado es el mostrado en la fig. 2.16 y el perfil K_y se considera constante, por lo que calculando los parámetros adimensionales requeridos por el programa se obtiene:

$$\begin{aligned} \lambda &= 5.29 \\ Y_o &= 16.738 \\ h_o &= 14.32 \\ UFS &= 1.0 \\ Y\epsilon_1 &= 0.0 \\ Y_e &= 57.65 \\ YK_1 &= 7.576 \\ YK_2 &= 12.12 \\ YK_3 &= 13.636 \\ YK_4 &= 15.152 \\ \epsilon_1 &= 1.0 \\ \epsilon_2 &= 1.0 \\ CK_e &= 0.0 \\ CK_d &= 0.0 \end{aligned}$$

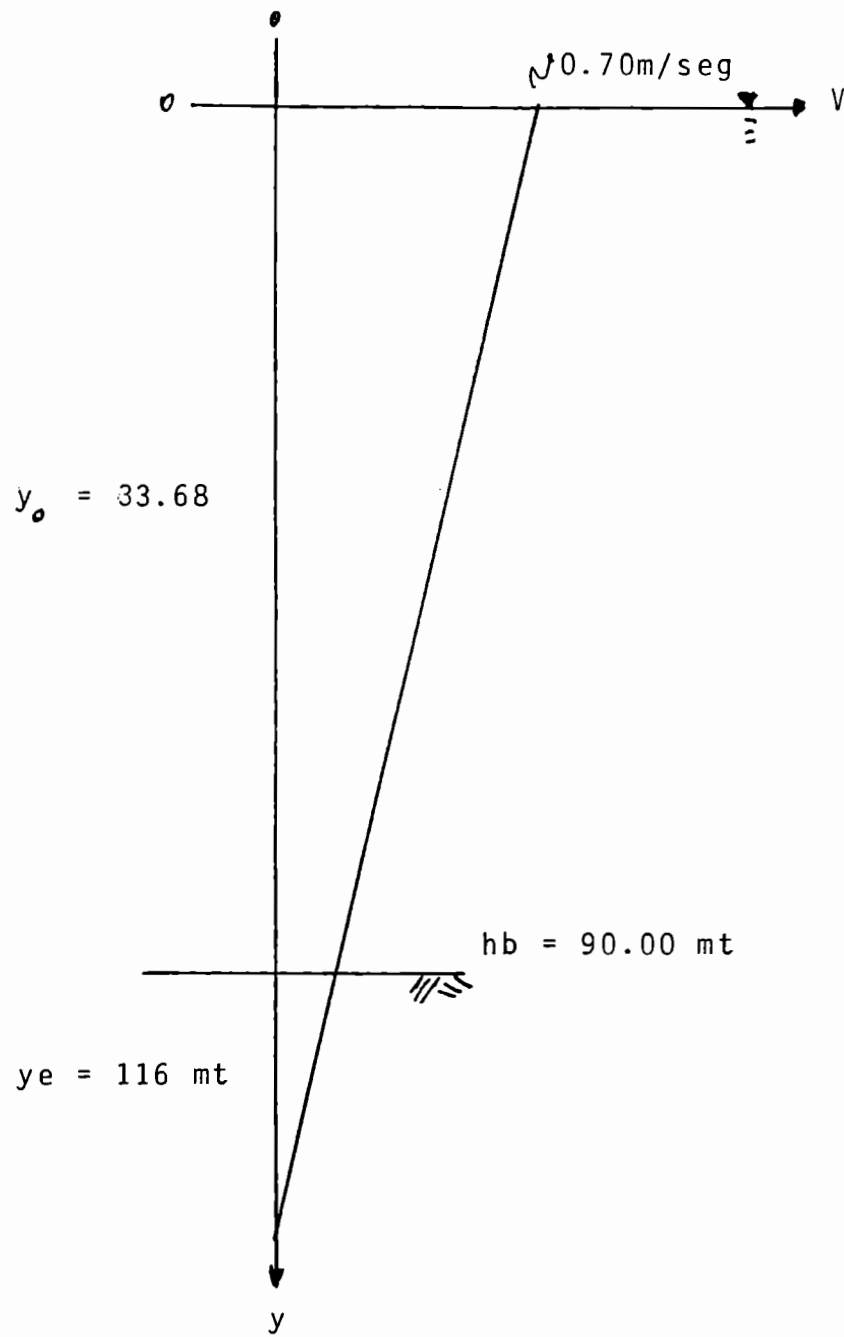


Fig. 2 16 Perfil de Velocidad de corrientes

Los resultados obtenidos (x, y, cmax, σ_z) son los presentados en la Tabla 2.2, así mismo se presentan los valores calculados de concentración en el eje X (Cs) y de ancho de la pluma (L), los cuales se obtienen de la siguiente manera.

$$C_s = [\text{Concentración en el último punto del programa RBJ}] \times [C_{MAX}]$$

$$L = 4(\sigma_z) (\sigma_z) = 4 \times 23.645\sigma_z = 94.5\sigma_z$$

Como los resultados son en ft se multiplican por 0.3048 para obtener metros.

X	Y	C _{MAX}	C _s	σ_z	L (mt)
0.0	16.50	1.000	5.587	0.9997	28.795
0.10	16.50	0.5473	3.0578	1.8240	52.538
0.20	16.50	0.3562	1.9900	2.799	80.621
0.30	16.50	0.2550	1.425	3.9045	112.464
0.40	16.50	0.1939	1.0833	5.1265	147.662
0.50	16.50	0.1538	0.8595	6.4552	185.933
0.60	16.50	0.1255	0.7012	7.8994	227.531
0.70	16.50	0.1051	0.5872	9.4201	271.333
0.875	16.50	0.08041	0.4699	12.272	353.478

Tabla 2.2 Concentraciones en el fenómeno de Difusión Trubulenta Pasiva.

Considerando una distribución gaussiana en la dirección Z, para la cual:

$$Z = L \ln \left(\frac{C_s}{C} \right)^{1/2}$$

Se obtiene la figura 2.17 de isoconcentraciones a la altura del eje de la pluma (16.5 en y).

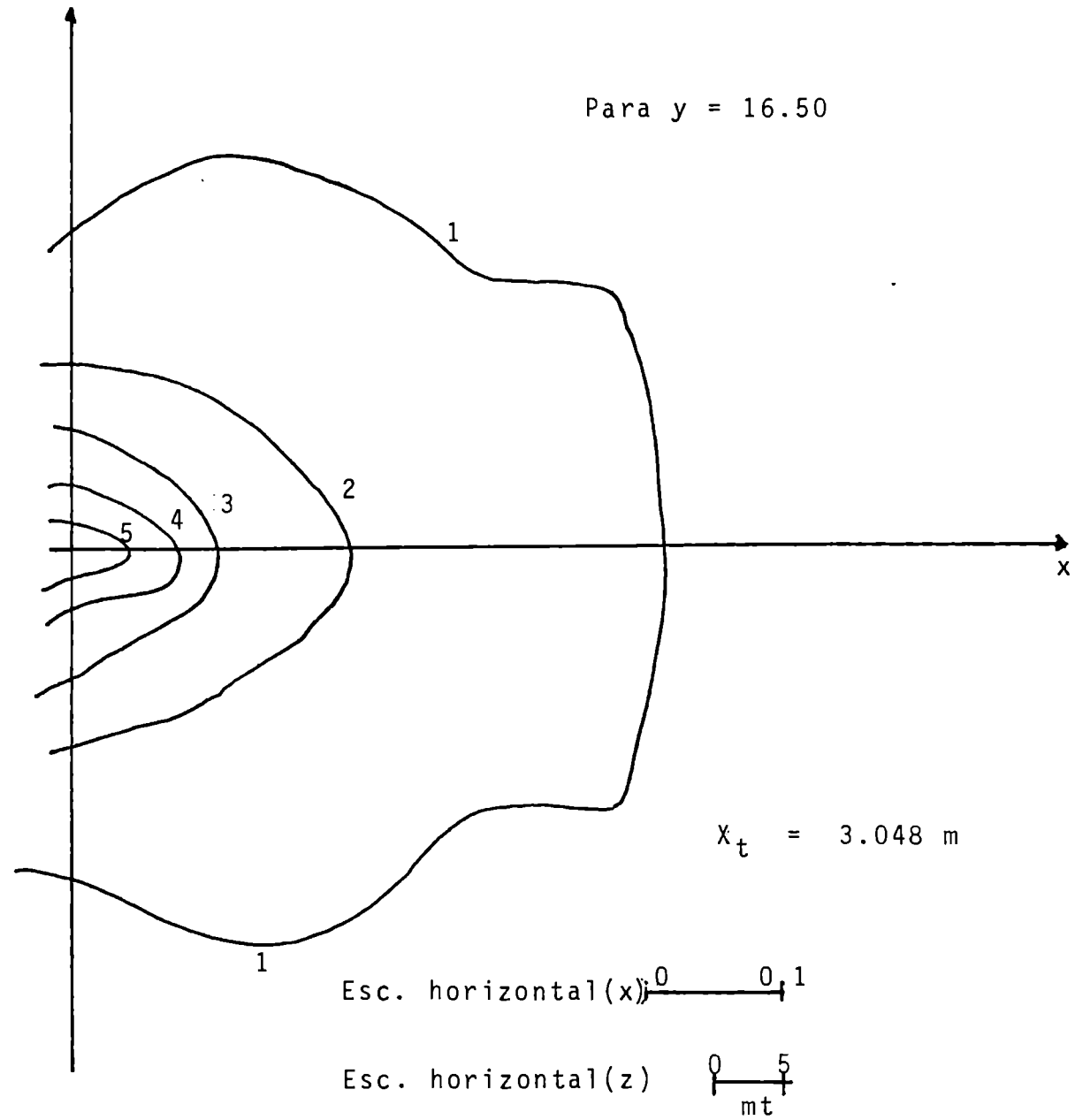


Fig. 2.17 Isoconcentraciones del fenómeno de Difusión Trubulenta Pasiva.

XOH. De igual modo se trabajó con el programa para predecir la difusión turbulenta pasiva (PTD), analizando en las figuras 2.4 y 2.5 el caso en que el perfil de K_y es constante; -- y en las figuras 2.6 y 2.7 el caso en que el perfil K_y es variable. Nuevamente los resultados son muy aproximados a los reportados anteriormente.

2.4 Conclusiones

2.4.1 El programa que analiza el comportamiento de las descargas presenta la facilidad de que los resultados son reportados como dilución, por lo que cualquiera que sea el contaminante a analizar funcionará con la misma corrida siempre y cuando -- los datos de: Diámetro de orificio; velocidad, temperatura, densidad, ángulo y profundidad, de la descarga así como las condiciones ambientales sean las mismas. El procedimiento de diseño recomendado es el de prueba y error: proponiendo diámetro y espaciamiento de descargas y comparando la dilución con la deseada una y otra vez hasta obtener el resultado deseado.

Es obvio que la dilución aumentará por alguna de las dos causas siguientes:

- a) Disminuye la velocidad
- b) Aumenta la longitud del difusor.

Es conveniente cuando se interpretan los resultados recordar que la dilución que reporta el programa viene dada por la relación Q/Q_1 lo que significa que es el gasto en el punto analizado entre el gasto en el inicio de la zona de estabilización, el cual ya es el doble del gasto descargado por el -- orificio.

Es conveniente que en el futuro se incluya como variable que afecta el comportamiento de las descargas: la corriente del cuerpo receptor que aumentará considerablemente la dilución proporcionada.

También hay otro concepto que no se considera y que es el caso en que el espesor de la pluma (b) es tal que provoque el contacto entre la pluma y el fondo, en este caso la concentración aumentará considerablemente.

2.3.2 Difusión turbulenta pasiva.

El programa que predice el comportamiento de los efluentes en la etapa de difusión turbulenta pasiva es igualmente muy versátil pues únicamente requiere de datos referentes a condiciones ambientales, y de datos que describan la precisión en que se requiere realizar el análisis.

Presenta dos condiciones sumamente convenientes para el diseño:

- a) El hecho de trabajar con variables normalizadas, con lo cual una sola corrida sirve para cualquier distancia a la cual se quiera aplicar, siempre que las condiciones ambientales sean iguales.
- b) Presenta los resultados en forma normalizado por lo cual las concentraciones están referidas como la fracción que representan de la inicial.

Cuando se interpretan los resultados es conveniente recordar que:

- a) C_0 representa la cantidad total de contaminante en el eje "Z" que pasa por el punto (x,y).
- b) C_{MAX} representa la máxima concentración en el eje "Z" que pasa por el punto (x,y).

CAPITULO III. LEGISLACION

3.1 Condiciones actuales de la legislación mexicana referente a aguas costeras.

La contaminación ambiental es uno de los problemas que tiene que enfrentar todo pueblo que quiere salir adelante en su paso por la vida, sino se protege adecuadamente el ambiente, la actividad humana, poco a poco irá deteriorándolo hasta llegar al grado que sea imposible reestablecer su condición original. Antes que suceda esto es de interes mundial la conservación e incluso el mejoramiento del medio ambiente. En México los primeros esfuerzos encaminados hacia la conservación y mejoramiento del ambiente desde el punto de vista legal, tiene sus bases en los siguientes textos:

- 1) Ley federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental (D.O. 23 de marzo de 1971).
- 2) Reglamento para la prevención y control de la contaminación atmosférica originada por la emisión de humos y polvos (D.O. 17 sepriembre de 1971).
- 3) Reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas (D.O. 29 marzo de 1973).
- 4) Reglamento para la prevención y control de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido (D.O.2 de enero de 1976).

La ley anterior estuvo vigente hasta el 11 de febrero de 1982 día en que entró en vigor la Nueva Ley Federal de pro-

tección al Ambiente la cual básicamente comprende lo mismo anterior solo que se persigue un mejoramiento en los siguientes tópicos:

- a) Ser mas explícita en sus conceptos, para la mejor comprensión de la misma;
- b) Ser mas especializada en sus temas para tener mejor delimitadas las responsabilidades;
- c) Hacer explícitos algunos temas que anteriormente eran tácitos a otro como son:
 - c.1) Protección del medio marino.
 - c.2) Emisión de energía térmica, ruido y vibraciones.
 - c.3) Protección de los alimentos y bebidas por efecto del medio ambiente.
 - c.4) De la protección del ambiente por efecto de radiaciones ionizantes.

En fechas recientes se modificó la Nueva Ley Federal de Protección al ambiente por medio de un decreto publicado en el diario oficial de la Federación el 27 de Enero de 1984 en el cual básicamente lo que se pretende es responsabilizar a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), del control de la contaminación en general, permitiendo que las responsabilidades que anteriormente correspondían a las Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y Salubridad y Asistencia - - (SSA), recaigan ahora sobre la SEDUE; en este decreto se faculta ampliamente a SEDUE para tomar todas las medidas pertinentes para prevenir y controlar la contaminación así como para conser

var y mejorar el ambiente. Se faculta a ésta para solicitar ayuda a cualquier otra dependencia del poder Ejecutivo de la Unión y obliga a estas auxiliar a la SEDUE.

En general, los cambios observados en las modificaciones, son en cuanto en la forma de redacción de los artículos mas que en el contenido de los mismos, por lo que a continuación se comentarán aquellos cambios realmente notorios.

En la modificación del artículo 56 a fin de hacer mas palpable la responsabilidad de los infractores de la Ley, se aumenta la multa de un monto de 5 a 10,000 días de salario mínimo que era anteriormente, a 20 a 20,000 días del salario mínimo vigente en el D.F., en el momento de la infracción.

En la modificación del artículo 76, se aumenta la sanción que anteriormente fluctuaba entre 50 y 5,000 a valores entre 50 y 10,000 días del salario mínimo vigente a la fecha de cometer la imprudencia o intencionalmente descargas dañinas en el agua tierra o aire.

Y lo que puede considerarse como las dos modificaciones mas trascendentales:

La primera.- Derogación del artículo 27 el cual se responsabilizaba a la SSA para vigilar que las aguas de abastecimiento de los sistemas públicos reciban el tratamiento adecuado y como no da indicaciones explícitas al respecto, tácitamente puede asumirse que esta responsabilidad recaera únicamente sobre SARH, ya que en el artículo 35 del decreto de reformas y adiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (publicado en

el D.O. del 29 de marzo de 1982, en la fracción XXXV), se incluye como una de las obligaciones de la SARH: (sic)" intervenir - en la dotación de agua a los centros de población e industrias y programar, proyectar, construir, administrar, operar y conservar las obras de captación, potabilización y conducción hasta - los sitios donde se determine por SEDUE".

La segunda es la derogación de los capítulos séptimo (protección de los alimentos y bebidas por efectos del medio ambiente art. 42 a 45), y octavo (protección del ambiente por efecto de radiaciones ionizantes art. 46 a 51).

Estas dos derogaciones entran en vigor a partir del 1° de julio de 1984.

Ahora bien con respecto a la reglamentación, solo se ha publicado un documento en 1973, por lo que este sigue vigente, sin embargo desde la aparición de la nueva ley en 1982, se previó la edición de un reglamento más acorde con la situación actual por lo que es de esperarse que para este año salga a luz pública el mismo.

En el capítulo IV de la nueva ley Federal de Protección al Ambiente se cuentan 5 artículos destinados a proteger el medio marino (playas, mar territorial, suelo y subsuelo, y zonas económicas exclusivas); Los cuales en resumen lo que dicen es que está prohibido descargar al mar sustancias en concentraciones tales que provoquen deterioro al medio marino y/o a la salud pública - así mismo responsabiliza a la Secretaría de Marina y SSA (por el

decreto del 27 de enero de 1984 pasa a ser Marina - SEDUE), de velar por esta Ley, apoyándose en las Secretarías de Comunicaciones y Transportes y Pesca.

La filosofía básica en la disposición de aguas negras mediante una descarga submarina es la disposición económica del agua negra sin contaminar el agua receptora (considerando que esta ha sido contaminada cuando ya no puede dar el servicio al cual se le tenía asignada); en función de su uso, las aguas costeras en México se clasifican en el reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas, de acuerdo a la tabla 3.1, las notas aclaratorias correspondientes y los límites permisibles máximos se encuentran en el anexo a la tabla 3.1 y en la tabla 3.2, respectivamente.

TABLA 3.1

CLASIFICACION DE LAS AGUAS COSTERAS EN FUNCION DE SUS USOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD

CLASE	USOS	(1) pH	(2) Temperatura (°C)	(3) O.D. mg/l <u>Límite</u> mínimo	(4) Bacterias - - coliformes NMP Organismos/ - 100ml	(5) Grasas y acei- tes	(6) Trans- paren- cias	(7) Color olor y sabor	(8) Materia Flotan- te	(9) Substan- cias toxicas
C1	Cultivo de mariscos para consumo directo, y áreas de acuacultura y todos los demás usos	C.N.±0.3	C.N.±10% (b)	90% de C.N. (c)	La concentra- ción media de berá ser $\frac{70}{70}$ (f)	(j)	(k)	(m)	Ausente	(n)
C2	Recreación con - contacto primario y todos los de-- más usos excepto C1	C.N.±0.3	C.N.±10% (b)	90% de C.N. (d)	Menor que - - 1,000 (g)	(j)	(k)	(m)	Ausente	(n)
C3	Usos recreativos sin contacto pri- mario y todos los demás usos excep- tos los anterio- res	C.N.±0.4	C.N.±10% (b)	90% de C.N. (d)	Menor que -- 2,000 (h)	(j)	(L)	(m)	Ausente	(n)
C4	Explotación pes- quera de especies de escama y todos los demás usos -- excepto los ante- riores	C.N.±0.4	C.N.±10% (b)	90% de C.N. (e)	La concentra- ción media -- mensual será 10,000 (i)	(j)	(L)	(m)	Ausente	(n)

* Dichas características deberán obtenerse de muestras que permitan representar el área afectada por las aguas residuales, fuera de la zona inicial de mezclado (a), pH Potencial hidrógeno, O.D. Oxígeno disuelto, N.M.P. Número más probable, C.N. Condiciones naturales, °C Grados centígrados Mg/l Miligramos por litro.

ANEXO DE LA TABLA No. 3.1

- (a) Se considerará como zona de mezclado en aguas costeras al volumen adyacente al sitio de descarga en el cual se mezclan -- las aguas residuales con las aguas costeras debido al momentum de descarga y a la diferencia en densidades.
- (b) Nunca podrá exceder de 32°C
- (c) Nunca deberá ser menor que 4.0 mg/l.
- (d) Nunca debera ser menor que 3.0 mg/l.
- (e) Nunca deberá ser menor que 5.0 mg/l.
- (f) No más del 10% del total de las muestras en un período mensual deberá exceder de 230/100 ml.
- (g) No más del 20% del total de las muestras-mes (5 muestras por lo menos) deberá exceder de 1,000/100 ml; ni ninguna muestra simple tomada durante un periodo verificativo de 48 h., debe exceder de 10,000/100ml.
- (h) No más del 20% del total de las muestras deberá exceder el valor considerado en un periodo mensual. Ni en un periodo verificativo de 48 h., podrá exceder de 10,000/100 ml.
- (i) No más del 20% del total de las muestras deberá exceder de 10,000/100 ml en un periodo mensual, ni ninguna excederá de -- 20,000/100 ml
- (j) Ningún aceite o producto de petróleo debe ser descargado - en cantidades que:
- I. Pueda ser detectado como una película visible, o
 - II. Pueda causar manchas en peces y/o organismos inverte--brados.

III. Forme depósitos de lodo aceitoso en la costa o en el fondo del cuerpo receptor, o

IV. Se vuelva tóxico

(k) La media mensual de este parámetro no podrá disminuirse en más de una desviación estándar de la media determinada en el mismo periodo para los niveles naturales.

(l) La media mensual de este parámetro no podrá disminuirse -- más de una y media veces la desviación estándar, de la media de terminada durante el mismo período para los niveles naturales.

(m) No debrá descargarse ningún efluente con estas características a menos que se haya demostrado que no es perjudicial para el desarrollo de la vida acuática, la apariencia física o el -- uso óptimo del cuerpo receptor.

(n) Se seguirá el siguiente criterio, para asignar de acuerdo con la tabla número 7 las concentraciones máximas permisibles de las descargas.

Se deberá determinar mediante bioensayos el límite medio de tolerancia, de 96 h. (TLM_{96}). De preferencia se harán bioensayos con flujo continuo, utilizándose la etapa de vida más sensible de las especies de importancia ecológica o económica, con el siguiente factor de aplicación.

$\frac{1}{20}$ Para todas las sustancias tóxicas..

Cuando debido a la supervivencia de las especies no sea posible determinar el TLM_{96} se deberá calcular mediante la expresión:

$$TLM_{96} = \frac{170}{\log(100-S)}$$

Donde: S = porcentaje de supervivencia para el 100% de desecho.

La Tabla 3.2 resume algunas de las sustancias tóxicas que de acuerdo con la información disponible se encuentran bajo reglamento y estudio en varias partes del mundo.

Los valores de las sustancias de esta tabla son limitativos y están sujetos a modificación de acuerdo con el futuro -- avance tecnológico.

TABLA No. 3.2

VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE SUBSTANCIAS
TOXICAS EN AGUAS COSTERAS

Arsénico	0.1 como As. mg/l	
Cadmio	0.001	"
Cobre	0.005	"
Cromo hexavalente	0.001	"
Mercurio	0.0005	"
Plomo	0,001	"
Fenoles	0.001	"
Substancias activas al azul de metileno (detergentes)	0.001	"
Niquel	0.008	"
Zinc	0.01	"
Cianuro	0.001	"
Amoniaco	0.1	"

PLAGUICIDAS

Aldrin	0.04	ug/l
BHC	2.0	"
Clordano	2.0	"
Endrin	0.2	"
Heptacoloro	0.2	"
Lindano	0.2	"
D.D.T.	0.6	"
Dieldrin	0.3	"
Endosulfán	0.2	"
Metoxiclor	4.0	"
Perthane	3.0	"
TDE	3.0	"
Toxafeno	3.0	"
Coumaphos	2.0	"
Dursban	3.0	"
Fenthion	0.03	"
Naled	3.0	"
Paration	1.0	"
Ronnel	5.0	"
Arsenicales	10	"
Naturales	10	"
Carbamatos	10	"
Derivados de 2,4-D	10	"
Derivados de 2, 4, 5-T	10	"
Compuestos de ácido ftálico	10	"
Derivado de triazina	10	"
Derivados de urea	10	"

3.2 Estado de la Legislación Mexicana comparada con legislaciones extranjeras.

En el punto anterior quedo planteada la situación actual de la legislación mexicana referente a aguas costeras, ahora se procederá a comparar los niveles propuestos en esta contra alguna legislación extranjera, pues como en la misma -- legislación Mexicana se menciona para la elaboración de los estándares se tomaron datos directamente de estudios realizados en otros países.

De acuerdo con la tabla No. 3.1 de la legislación Mexicana, las aguas costeras se clasifican en cuatro tipos (C_1 , C_2 , C_3 , C_4), las cuales conforme aumenta el subíndice de clasificación, disminuye la calidad requerida, lo cual es natural pues por ejemplo en las dos primeras (C_1 y C_2), hay contacto primario con las personas mientras que en las dos últimas no pues son para fines recreativos o de explotación pesquera.

Los primeros dos parámetros a controlar (PH y temperatura), los maneja mediante porcentos de variación con respecto a condiciones naturales lo cual es sumamente aceptado pues de esta manera se garantiza la seguridad de las especies que habitan cada zona, en función de su condición natural sin el inconveniente de dar un valor límite para toda la república lo cual no sería del todo aplicable por las variaciones en los climas; adicionalmente a esto para el caso del control, de temperatura propone un límite máximo de 32 grados

centígrados apropiado para las especies que habitan las costas mexicanas.

El siguiente parámetro de control es el Oxígeno disuelto manejando el mismo criterio que en los casos anteriores solo que además prevee no bajar mas allá de los límites de concentración que garanticen satisfacer las necesidades vitales de las especies, esto es mas notorio en el hecho de que pide mayor concentración de OD en las aguas de tipo C₄, donde precisamente el fin principal es la explotación pesquera.

Con respecto a organismos coliformes, cambia radicalmente el enfoque pues aqui el objetivo principal es proteger la salud pública de forma directa, que sería la mas afectada de permitir se una población excesiva de organismos coliformes, mientras que las especies naturales por ser mas resistentes a estos organismos permiten mayor flexibilidad a la hora de dictar el parámetro de control, lo cual se nota claramente en la gran diferencia existente entre los niveles pedidos en las aguas tipo C₁ y tipo C₂. Grasas y aceites, transparencia. Básicamente lo que pretende es evitar que estos parámetros lleguen a niveles tales que eviten la penetración de la luz solar con todas las complicaciones que esto implica (disminución en la actividad fotosintética acción microbicida de los rayos ultravioletas, etc). con lo cual podría ocasionarse un desequilibrio ecológico en la zona; adicionalmente a esto esta el evitar el daño ocasionado a la pérdida de calidad de los tejidos de las especies de la zona por la asimilación de estas sustancias.

Color, olor y sabor, materia flotante. Lo que se pretende principalmente es la eliminación total de este tipo de desechos por los perjuicios estéticos, aunque también puede ocasionar complicaciones secundarias.

Y por último el punto que definitivamente puede considerarse como el más importante es el referente a los tóxicos y será analizado a continuación con cierto detalle, para esto se trabajará con la legislación del estado de California, USA referente al mismo punto (5).

El criterio más aceptado para el establecimiento de parámetros de control continua tanto en México como en los Estados Unidos es la técnica del Bioensayo, y aunque tiene algunos inconvenientes (como es el caso de no considerar los efectos sinérgicos o antagónicos de los diferentes elementos), es el único método suficientemente documentado disponible.

A continuación se resumen a grandes rasgos el procedimiento seguido en la determinación de los valores máximos permisibles de las sustancias tóxicas en California.

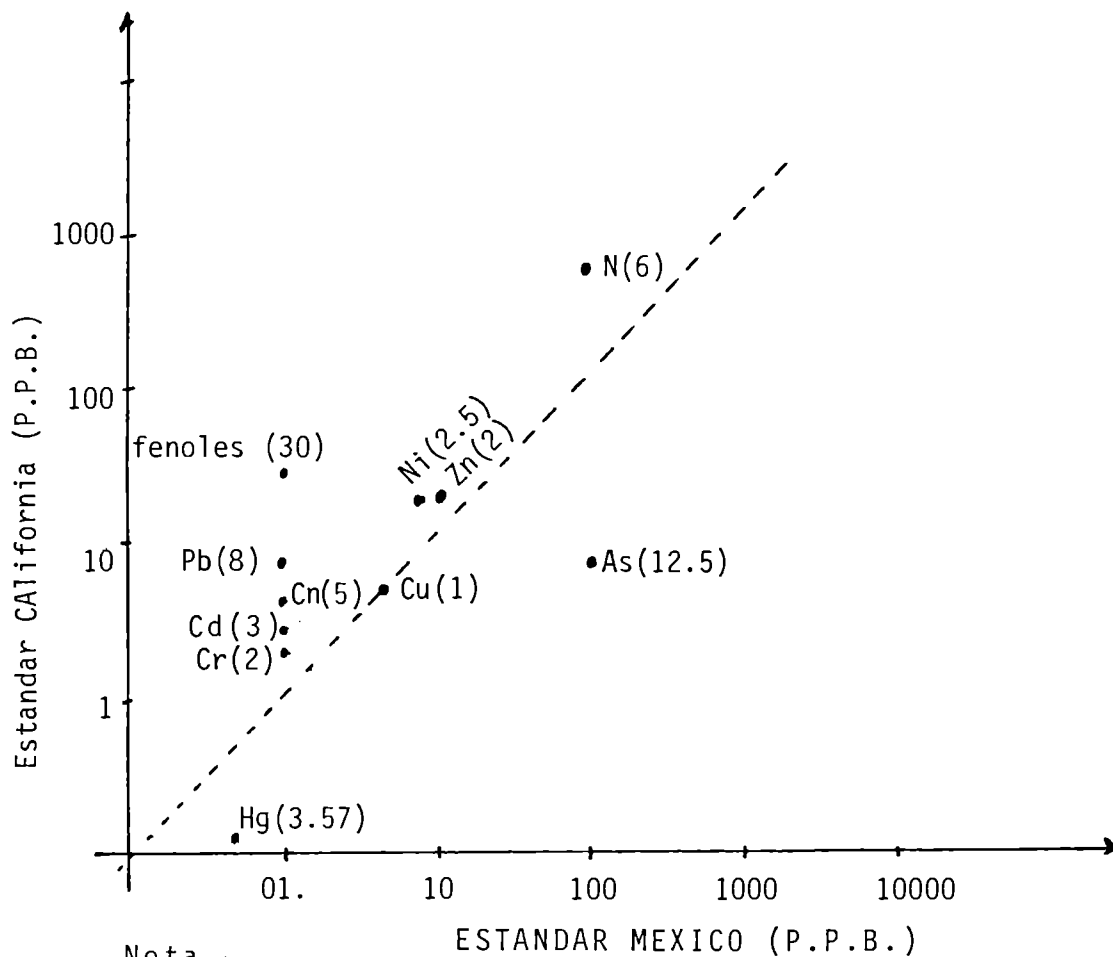
Realizandose un análisis detallado de los datos (6) existentes referente tanto a concentraciones naturales de tóxicos en las aguas como a la llamada concentración letal del 50% - - - (CL_{50} que es la concentración del desecho que provoca la muerte del 50% de la población en estudio. Como no se consideró lógico trabajar con estos valores tan altos de concentración lo que se propuso fue trabajar con una concentración menor llamada concentración Tóxica aguda conservadora definida como el percentil 10

de la CL_{50} , este valor así definido y la concentración natural esperado constituyen los límites de lo que se llama el rango lógico. El límite máximo de concentración permitido se obtuvo multiplicando la concentración tóxica aguda conservadora por un factor de aplicación (0.1 a 0.01 para tóxicos degradables y de 0.05 a 0.01 para tóxicos persistentes), si el valor obtenido cae dentro del rango lógico este es el límite propuesto, si no se procede con un segundo criterio que consiste en obtener el punto medio del rango lógico y proponer este valor como estandard.

En la fig. 3.1 se presenta la comparación de los estandares propuestos por el estado de California y los estandares Mexicanos.

México ha considerado estandares mas bajos que los propuestos por California, debido a que como no se han realizado las pruebas pertinentes, es conveniente aumentar los margenes de seguridad, sin embargo en el caso específico de los fenoles la diferencia es muy marcada, lo que hace pensar que México esta considerando como parámetro de control los fenoles Clorinados los cuales a concentraciones de 0.001 mg/l producen olor y sabor en la carne de los peces, mientras que el estado de California dicto su nivel considerando fenoles declorinados.

Hay sin embargo dos parámetros en los cuales México esta -- marcando una concentración permitida mayor que la de California Mercurio y Arsénico (3.57 y 12.5 veces resp), lo que hace necesario una revisión de la literatura referente a estos dos.



Nota.-

El No. entre parentesis indica la razón del mayor al menor de los estandares.

FIGURA No. 3.1 Comparación de los criterios de calidad del agua de mar de México con los criterios Californianos.

El Arsénico tiene una CL_{50} (6) entre 7 y 10 mg/l. lo cual indica un rango de variación pequeño además de una toxicidad alta relacionandolo con los demás, por lo cual es definitivamente conveniente reducir el valor de este límite, sobre todo considerando que la concentración natural de este es de unicamente aproximadamente 0.005 mg/l.

Con respecto al mercurio la variación no es tan notoria (3.5 veces con respecto al estándar Californiano), lo cual con

siderando que los valores de CL_{50} , reportados varían desde 0.002 hasta 11.0 mg/l lo que significa hablar de hasta 4 ordenes de magnitud evita la necesidad de considerar un posible cambio en este estandard a no ser que se desarrollen pruebas en México

Con lo cual puede concluirse que a excepción del Arsénico la cual conviene revisar su estandard, los demás parámetros de control se encuentran dentro de rangos que permiten garantizar la seguridad de la salud pública así como de la fauna y flora marina, aunque no deja de tener trascendencia la conveniencia de desarrollar pruebas en México conducentes a amparar estos estandares.

Tendencias Esperadas

No es un secreto para persona alguna que los países desarrollados son los que van a la vanguardia de los países subdesarrollados, en todos los aspectos; por lo que en México es de esperarse que en lo que a control de contaminación se refiere suceda lo mismo. A continuación se da un enfoque general de lo esperado que suceda con la legislación mexicana en el renglón referente al agua, basado en las investigaciones realizadas en U.S.A.

Definitivamente con objeto de facilitar el control se deberá clasificar a las industrias en categorías de acuerdo a los contaminantes esperados en sus descargas a fin de poner de antemano que parámetros debe controlar cada industria en vez de que exista un listado general de control. Por otro lado, todos aquellos que de manera alguna se encuentran relacionados con el

problema de contaminación coinciden en el hecho de que es insuficiente controlar las descargas con los 5 parámetros con que se ha manejado hasta la fecha (S.S., grasas y aceites, materia flotante, Tem., PH).

Hasta el año 1972 en USA se manejaban los mismos parámetros - que en México, además de DBO y DQO, sin embargo se inició un estudio (19) en el cual se concluyó que aún reduciendo los niveles de los estándares DBO y DQO (descargado) no se mejoraría la calidad del agua receptora, esto aunado al gran avance observado en las técnicas de determinación de compuestos específicos -- originó lo que se conocería con el nombre de contaminantes prioritarios (Tabla anexa apéndice E), los cuales son un total de - 129 en donde se incluyen los compuestos mas comunmente encontrados en las descargas, tanto organicas como inorganicas.

Generalmente, los criterios de calidad del agua se proponen mediante un factor de seguridad aplicado a los niveles tóxicos. Como se ha mencionado anteriormente, estos factores de seguridad fluctuan entre 0.1 y 0.01, por lo que los estándares se espera esten entre $10 \mu\text{g/L}$ y $50 \mu\text{g/Lt}$ para la mayoría de los contaminantes.

Ahora bien, no puede exigirse lo mismo a una industria ya establecida y que cuente con ciertos equipos de control de contaminantes que a otra que apenas este por establecerse, a la hora de legislar hay que tomar en cuenta esta situación y darle un margen de plazo a quien ya este funcionando, para que cumpla con los nuevos estándares que se establezcan.

Conclusiones

- 1) Es indispensable antes de pensar en modificar los reglamentos, clasificar las industrias, en categorías e investigar las condiciones reales de sus descargas (revisando que estan dando).
- 2) Clasificar adecuadamente las aguas nacionales en función del uso esperado de estos a fin de poder disponer de los parámetros de control en función de la calidad dejada (tabla 3.2).
- 3) Adaptar la tabla de contaminantes prioritarios al tipo de industrias existentes en el país, a fin de que los estándares sean realmente representativos de las descargas esperadas.

CAPITULO IV. CONSIDERACIONES INGENIERILES EN EL DISEÑO DE UN DIFUSOR MARINO

El propósito de este capítulo es proporcionar una guía que permita desarrollar el diseño de un difusor seleccionando los datos necesarios, así como los muestreos recomendados para tener un -- apoyo suficientemente amplio.

4.1) Datos necesarios en el diseño del difusor.

4.1.1) Comportamiento hidráulico de la zona donde se proyecta instalar el difusor, para determinar el transporte del sedimento y el grado de dilución del efluente bajo un rango completo de variación estacional. Esta información es necesaria para predecir el destino final y el estado físico del efluente.

Para la obtención de estos datos se puede recurrir a los siguientes trabajos.

4.1.1.1) Medición de velocidades y direcciones de las corrientes, tanto en el fondo como en la superficie.

4.1.1.2) Simulación de las descargas del efluente mediante estudio de difusión con soluciones trazadoras.

4.1.1.3) Colección de datos de mareas.

- 4.1.1.4) Muestreo del agua de la playa y medición de salinidad, química del agua, grasas y aceites, densidad y turbidez.
- 4.1.2) Estudios geofísicos y geológicos para evaluar la estabilidad del fondo a largo plazo distribución de -- los tamaños y sedimentos, coeficientes de acomodo, estimados, de los acarrees de litoral y transporte -- de sedimentos. Para estos recurrir a los siguientes trabajos:
 - 4.1.2.1) Estudios del subsuelo con equipo de perfilamiento sísmico a los largo de las posibles rutas.
 - 4.1.2.2) Muestreo del fondo oceánico, para la obtención de los datos relativos a distribución de tamaños y coeficientes de acomodo.
 - 4.1.2.3) Levantamiento batimétrico para obtener la estabilidad del fondo.
- 4.1.3) Estudios bacteriológicos para determinar las condi-- ciones actuales del agua receptora, como son:
 - 4.1.3.1) Bacteriología del agua y de los fondos para determinar el grado de contaminación actual.
 - 4.1.3.2) Conteo de organismos coliformes para determinar la existencia de contaminación fecal en el área
 - 4.1.3.3) DBO para predecir el efecto de la materia orgánica descargada.
 - 4.1.3.4) Estudios de fitoplancton, algas bentales y zooplacton, para obtener un indicador de los efectos de la descarga en la ecología del área.

- 4.1.3.5) Estudios de productividad primaria
- 4.1.3.6) Estudios de la vida, en los fondos a lo largo de la playa donde la contaminación tendrá la mayor influencia para predecir los cambios a lar-go plazo de la descarga.
- 4.1.4) Estudios de pesca comercial y deportiva que evaluen la importancia de estas.
 - 4.1.4.1) Estudios mensuales durante no menos de un año de la distribución de organismos bentónicos, huevos y larvas de pescado, así como de los cambios del alimento para la vida de los peces
 - 4.1.4.2) Estudio mensual durante no menos de un año de la distribución de las actividades pesqueras (comerciales y deportivas).
- 4.2) Determinación de la mejor ruta para la descarga.
 - 4.2.1) Economía en la construcción. Esta depende de los si-guientes factores:
 - 4.2.1.1) Disponibilidad de compañías con experiencia en el tendido de tuberías.
 - 4.2.1.2) Disponibilidad del equipo necesario.
 - 4.2.1.3) Sitios para la disposición de materiales no de--seables obtenidos en las excavaciones
 - 4.2.1.4) Obtención de permisos de construcción y mantenimiento.
 - 4.2.1.5) Disponibilidad de rutas de agua para el acceso del equipo.

- 4.2.1.6) Disponibilidad de los materiales de construcción
- 4.2.2) Trazo del emisor. El número de cambios (horizontales y verticales), en la dirección de la tubería es importante; para esto se debe considerar la siguiente relación: (20):

$$R = \frac{AP \text{ SEN}(\Delta/2)}{1000}$$

donde:

R = Reacción provocada por el cambio de dirección (tons).

P = Presión hidrostática (psi)

A = Area en el tubo (in²)

Δ = Angulo de deflección (degrados).

Es necesario dar un soporte apropiado a estas reacciones y esto es relativamente caro, por lo que se deben evaluar diferentes esquemas para minimizar o eliminar soportes muy grandes.

- 4.2.3) Información de suelos. Desarrollar trabajo de laboratorio consistente en:
- 4.2.3.1) Curvas de distribución de tamaño de grano.
 - 4.2.3.2) Pruebas de resistencia al esfuerzo de compresión
 - 4.2.3.3) Límites de Attemberg
 - 4.2.3.4) Pruebas de permeabilidad
 - 4.2.3.5) Pruebas de consolidación
- 4.2.4) Factibilidad de mantenimiento de la construcción.

Es importante considerar en el diseño facilidades para permitir la inspección de las líneas y la introduc-

ción de dispositivos de limpieza dentro de la tubería en el caso de requerirse.

4.2.4.1) Facilidades de cloración, que permitan ocasionalmente clorar el flujo que circula por la línea a fin de eliminar las algas en caso de presentarse un crecimiento inmoderado.

4.2.4.2) Pozos de visita a lo largo de toda la línea.

4.2.5) Estabilidad de tubería completa bajo condiciones de tormenta.

Para asegurar que la descarga permanecerá en su lugar original y no sufrirá desplazamientos verticales u horizontales, la línea debe estar perfectamente cimentada o anclada.

Consideraciones al respecto:

4.2.5.1) Altura máxima y rompimiento de ola:

La máxima profundidad de rompimiento será a 0.78 de la profundidad = $h_b = 0.78 h$ - - - - - (1)

Donde h es la profundidad del agua abajo de la ola y se relaciona con el periodo de la ola mediante:

$$\frac{d}{h} = 1 + 0.27 \sqrt{h/T^2} \quad - - - - - (2)$$

Donde d es la profundidad total del agua en ft y T es el periodo

U_b = velocidad a la profundidad de rompimiento

$$U_b = 0.33 C \quad \left\{ C = \sqrt{g (h + H_b)} \right. \quad [=] \text{ ft/seg.}$$

4.2.5.2) Fuerzas de arrastre en la línea:

$$F_D = \text{Fuerza de arrastre} = \frac{1}{2} \rho C_D D_o (U_b)^2 [=] \text{ Lb/ft}$$

$$\text{ó } P_D = \text{Presión} = \frac{F_D}{D} = \frac{1}{2} \rho C_D (U_b)^2$$

ρ = Densidad masica del agua

C_D = Coeficiente de arrastre (0.1 - 1.0)

4.2.5.3) Corrientes de arrastre del viento paralelas a la costa.

$$\frac{\bar{V}}{U} = 0.0172 d^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

\bar{V} = Corriente media [=] millas /hr, nudos, ft/seg.

U = Vel Viento; [=] MPH; nudos; ft/seg

d = Profundiad del agua [=] ft.

. un estimado de las corrientes:

En la superficie $3/2 \bar{V}$

En el fondo $2/3 \bar{V}$

4.2.6) Corrientes, mareas, vientos y tormetas.

El concepto básico es el valor crítico resultante de la interacción de las corrientes marinas, del viento y de las olas, lo induce al mezclado en la proximidad de la salida y dan el empuje necesario a la mezcla - de efluente y agua de mar hacia la costa.

4.2.7) Características del efluente

- 4.2.7.1) Análisis económico. Deben desarrollarse para -- evaluar diferentes posibilidades de tratamiento operación y mantenimiento.
- 4.2.7.2) Uso a que se destina el agua receptora.
- 4.2.7.3) La concentración de tóxicos debe mantenerse suficientemente baja para disminuir el daño a la vida del agua receptora.
- 4.2.7.4) Contenido de oxígeno del efluente.
- 4.2.7.5) Altas concentraciones de grasas y aceites deberán ser removidas para prevenir la formación de películas superficiales.
- 4.2.7.6) Sustancias radiactivas presentes en el efluente pueden requerir consideración especial.
- 4.2.7.7) Considerar la concentración de sólidos suspendidos ya que puede provocar depósitos en los alrededores de la salida.

4.2.8) Características del agua receptora.

Las siguientes características son importantes en la determinación de trazo.

- 4.2.8.1) Corrientes y mares.
- 4.2.8.2) Variaciones de densidad
- 4.2.8.3) Concentración bacteriana
- 4.2.8.4) Pendiente del fondo
- 4.2.8.5) Estructura geológica del subsuelo
- 4.2.8.6) Tipo de suelo

- 4.2.8.7) Uso del agua receptora
 - 4.2.8.8) Valores de los parámetros meteorológicos en la vecindad de la salida.
 - 4.2.8.9) Cantidad de dispersión y dilución disponibles.
 - 4.2.8.10) Existencia de organismos vivos en los alrededores
 - 4.2.8.11) Disponibilidad de construir, operar y mantener la línea
- 4.2.9) Mezclado y dispersión del efluente en el oceano
- Una descarga a través del un difusor multiporo dentro de la masa de agua salada se diluirá inicialmente por mezclado de chorro. El gradiente de velocidad entre el agua de mar y la pluma emitida, causará una turbulencia, provocando el mezclado conforme la pluma se eleva debido a la fuerza de momento.
- 4.2.10) Consideraciones estéticas
- Definitivamente que será un punto muy importante este por el impacto que provoca en las masa lo que ven aunque se garantice la inofensibilidad de una playa en todos los sentidos, si no tiene un aspecto agradable sera rechazada por el pueblo.

APENDICE A

El propósito de este apéndice es dar un enfoque completamente diferente que el presentado en el Capítulo I y que sirvió de base para la implementación del modelo, aquí se desarrollará un punto de vista totalmente empírico.

Los procesos físicos considerados son:

- a) Mezclado inicial y dilución
- b) Dispersión
- c) Degradación

a) Mezclado inicial y dilución.

Para analizar una descarga horizontal de un efluente primario en el océano, se considera que es descartado cerca del fondo marino y al final de un tubo u orificio.

Cuando un flujo de aguas residuales fluyen en el agua del mar, es inmediatamente sometida a una fuerza de empuje proporcional a la diferencia de densidades. Esta fuerza desvia el chorro de agua residual hacia la superficie y la acelera. Este movimiento relativo entre el agua residual y el agua de mar provoca fricción, por lo cual se genera turbulencia y mezclado, primero alrededor de la periferia de la columna ascendente y después de la columna completa. Conforme el mezclado progresa la diferencia de densidades disminuye y la fuerza vertical ascendente decrece. Como el mezclado es mayor en la periferia, éste volumen es acelerado más rápidamente, y se generan gradientes -

de velocidades en la columna de agua..

Una manera de poder predecir el comportamiento de una columna de agua, es logrado mediante su análisis en una columna en laboratorio, (Rawn & palmer (7)), dicho análisis se basa en considerar el comportamiento ascendente del flujo.

Modelo experimental propuesto.-

La dilución se define como la razón del volumen de la mezcla total de agua negra y agua de mar al volumen de la fracción de agua negra ($S=1/p$; p = fracción de agua negra en una muestra). Considerando análisis dimensional y proponiendo el comportamiento del flujo como se indica en la figura A.1

S es una variable dependiente de Y , (altura sobre el centro de la salida). Cuando $Y = Y_0$ (la profundidad total de la salida con respecto a la superficie del agua), se tiene una dilución S_0 (Dilución en la parte superior de la columna). Como puede observarse la dilución S considerada es la menor (tomando una sección transversal), ya que se toma en el eje y S aumenta hacia la periferia de la columna.

El caso más simple es cuando no hay corrientes ni gradientes de temperatura, la dilución S_0 en el centro de la columna y en la parte más alta de la misma, puede considerarse una función de:

- i) Profundidad total, desde el centro de la salida hasta la superficie, Y_0 [L]
- ii) Diámetro inicial del chorro [L] d (que es el mismo que el diámetro del orificio, si no existe contrac

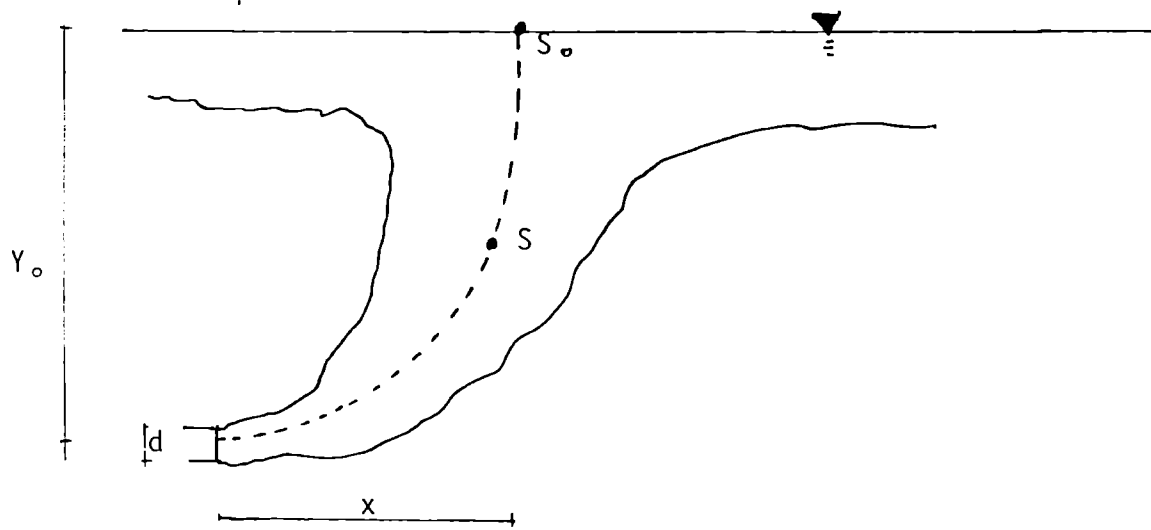


FIGURA A.1

ción).

iii) Velocidad del chorro = $\frac{4Q}{\pi d^2}$; $V = 4 Q / \pi d^2$ [L/T]

ii) Flujo de la descarga = Q [L³/T]

iv) Aceleración aparente debida a la gravedad (g_0)

esto es la aceleración causada por la fuerza de empuje y es relativa a la constante gravitacional (g)

$$g_0' = \frac{\Delta s}{s} g_0$$

donde;

Δs = diferencia en gravedades específicas entre el agua de mar y el agua negra

s = gravedad específica del agua negra.

v) Viscosidad cinemática del agua negra. (ν) La pequeña diferencia entre las viscosidades es intrascendente por lo que solo se considera una de las dos. [L²/T]

Incluyendo a S_0 que es adimensional, hay 6 variables incluyendo dos unidades fundamentales (L y T), por lo que por el teorema de π hay $6-2 = 4$ número adimensionales independientes que pueden formularse con estas 6 variables.

a) S_0

b) Y_0/d

c) Número de Froude. ($F = V/\sqrt{Dg}$). Este es un parámetro que relaciona la influencia de la fuerza de gravedad sobre las fuerzas inerciales para el caso de un líquido al entrar en contacto con la atmósfera; pero, para las condiciones en que opera una descarga sumergida, la fuerza

que desvía el chorro es la de diferencia de densidades, por lo cual puede ser utilizado el valor de aceleración aparente definido anteriormente, por lo que (8):

$$F = \frac{V^2}{\sqrt{g_e d}}$$

d) Número de Reynolds. El número de Reynolds nos relaciona la fuerza de fricción con la fuerza de inercia:

$$R = \frac{Vd}{\nu}$$

por conveniencia, ya que la variable que interesa es S_0 , puede esta ser considerada como función de $(Y_0/D, F$ y $R)$

Similitud Hidráulica y uso de un modelo Hidráulico

Si en dos pruebas diferentes se dan los mismos valores a -- Y_0/d , F y R se obtendría el mismo valor de S_0 , pero no es factible lograr bajo diferentes condiciones valores de F y R iguales ya que en uno el diámetro es inversamente proporcional y en el otro el diámetro es directamente proporcional.

Considerando que (Albertson Et al (9)), para flujo tur- - - bulentos el comportamiento dinámico es similar para cualquier - número de Reynolds, siempre que se garantice que el flujo del - chorro sea completamente turbulento. Como el fenómeno del ascenso de la columna es básicamente una combinación de difusión y - fenómeno gravitacional, con el número de Reynolds caracterizando la difusión turbulenta y el número de Froude caracterizando el efecto de empuje, puede considerarse que para rangos de valores de Reynolds mayores de 2000, S_0 es independiente del número de Reynolds. $S_0 = (Y_0/d$ y $F)$. Esto es prácticamente garantizado

pues los Número de Reynolds corresponden a valores próximos a 1×10^6 .

Solución gráfica de dilución.

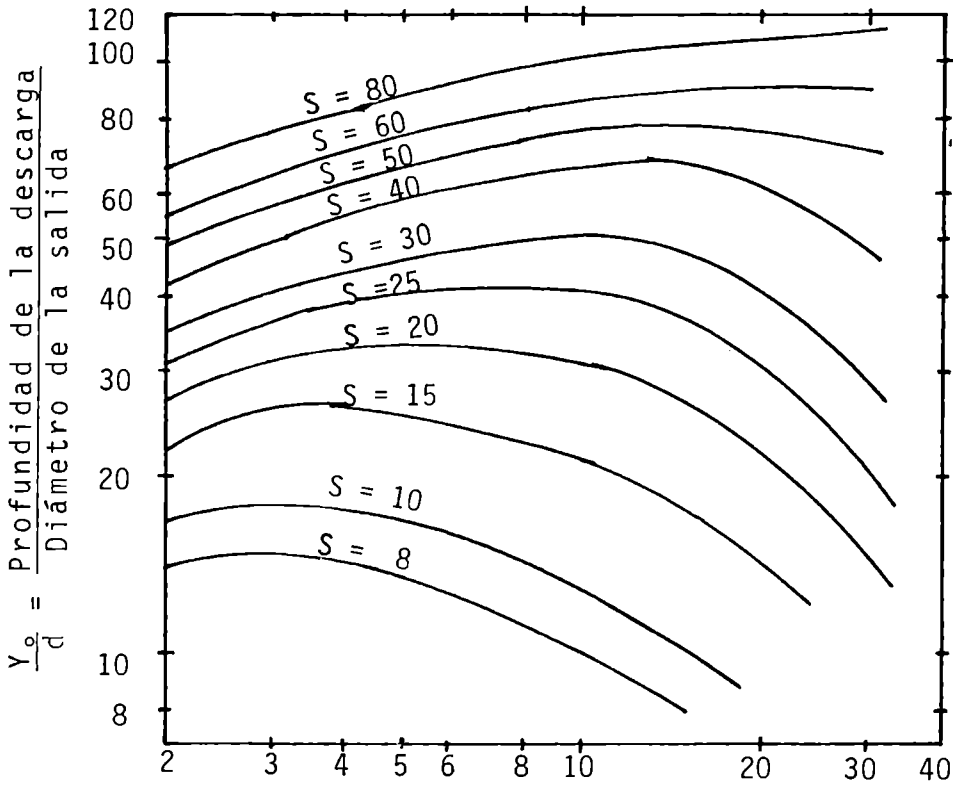
De un análisis de lo propuesto [Rawn & Bowerman (10)] se ha podido obtener un gráfico, el cual es mostrado en la figura -- A.2.

Analizando dicha gráfica se puede considerar que:

Para una descarga Horizontal dada, fijando Y_0/d y F , se tendrían los siguientes casos:

- a) Si Y_0/d es aproximadamente igual a cuarenta, entonces para un aumento de F entre dos y cinco, disminuye S_0 ; - si F aumenta entre 5 y 10, S_0 permanece constante; para un aumento de F mayor a 10, aumentará S_0 .
- b) Si Y_0/d corresponde a valores entre 80-100, se necesitan fuertes incrementos en F para conseguir variaciones en la dilución, es decir si la columna necesita subir - entre 80 y 100 veces el diámetro de la descarga para al canzar la superficie, aumentos en el número de Froude - de 40, no provocarán cambios en la dilución, con lo que se concluye que bajo estas condiciones es mas importante la profundidad que la variación que sea factible dar al valor de Froude.

Se pueden considerar 3 alternativas para provocar cambios en la dilución (ver gráfica A.2).



$$F = N.- \text{ DE FROUDE} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{g_c D}}$$

FIGURA A.2 DILUCION COMO FUNCION DE No DE FROUDE Y DE LA RELACION Y_0/D .

- I) Incrementar el valor Y_0/d , incrementando Y_0 ó el decremento de d , pero si el diámetro se fija por condiciones de flujo unicamente es posibles incrementar Y_0 lo cual se obtendría alejando la descarga de la playa aun mas, lo cual a primera vista parece poco factible, pues im--plica mayor costo.
- II) Disminuir el diámetro de salida y para conservar el flujo de diseño, se requiere incrementar la velocidad, aquí el problema es el incremento en la pérdida hidráulica.
- III) Disminuir el diámetro de salida, pero conservando la velocidad (lo cual se logra con un mayor número de ofiri-cios), lo cual parece ser la solución mas viable pues el difusor quedaría en la misma posición y las pérdidas -hidráulicas no aumentarían considerablemente.

Interferencia entre chorros.

Se ha observado experimentalmente (9), que el diámetro de la columna en la parte mas alta es aproximadamente $L_0/3$, por esto cuando una columna adyacente ha viajado una distancia L igual a tres veces el espaciamiento de los orificios se unan y la di-lución sea sustancialmente alterada por lo que se recomienda tomar en consideración esto.

Estratificación.

Si el cuerpo receptor esta estratificado debido a las varia-ciones en temperatura o de salinidad, el flujo de agua negra --

puede ser considerablemente alterado. En algunos casos donde la superficie del agua es caliente y en contraste el fondo es frío, la columna de agua negra puede no llegar a la superficie. Por esto una de las cualidades deseables del difusor es que genere una mezcla tal que aumente la densidad hasta el grado de no permitir pasar a la capa caliente creando una zona de agua negra sumergida.

Como una primera aproximación puede asumirse que el océano consta de solamente dos capas (la fría del fondo y la caliente de la superficie), si S es la gravedad específica del agua negra y s_w, s_c las gravedades específicas del agua caliente y fría respectivamente entonces la mezcla permanecerá sumergida bajo la capa caliente si:

$$\frac{(S - 1) s_c + s}{s} > s_w$$

Si el gradiente de temperatura no es suficiente para evitar al chorro llegar a la superficie, el agua negra puede posteriormente sumergirse llegando a una capa aun más baja. Cuando la zona de aguas negras permanecen en la superficie, el gradiente de temperatura es benéfico, pues hace la capa mas delgada y por consiguiente mas diluida.

Corrientes oceánicas.

Si las corrientes son fuertes, la dilución alcanzada en el océano puede ser considerablemente mayor que la calculada para un océano calmado según la tabla A.2, aun más, en el supuesto de que no hubiera corrientes, solo por la turbulencia natural -

del océano se esperaría un aumento en la dilución.

Cuando una corriente fluye sobre un difusor, suministra una gran cantidad de agua limpia que no solo satisface la demanda de chorro entrante, sino también provee de agua a las pequeñas corrientes individuales de agua negra diluida generada por cada descarga.

La dilución promedio puede ser estimada de acuerdo a:

$$S_a = \frac{Ubh}{Q}$$

Donde:

U = Velocidad de la corriente

b = Ancho de la corriente interceptada (es decir la proyección perpendicular del difusor a la corriente).

h = Espesor del campo de agua negra generado

Q = Descarga total de agua negra

Conclusiones.

- 1) La disposición eficientes de efluentes primarios en los océanos puede incrementarse con buenos sistemas de dispersión.
- 2) El mejor medio de disponer los residuos es utilizando un difusor multiporo
- 3) Cuando exista la presencia de gradientes de temperatura diferenciales entre la parte superior e inferior del océano, el chorro no llegará a la superficie.

4) Las corrientes deben ser interceptadas por el difusor de forma tal que sobrepasen lo mas posible a éste en forma perpendicular.

b) Dispersión del desecho

Este es uno de los procesos menos entendidos de todos los que intervienen en el buen funcionamiento de la disposición en el medio marino; se le ha comparado con la difusión molecular pero es aun mas complejo pues en él intervienen turbulencias de diferentes ordenes. Esta graduación en la magnitud de las turbulencias ocasionan que el mezclado sea un fenómeno aleatorio por lo que es sumamente difícil de modelar.

Los campos superficiales de desechos resultantes de una descarga submarina continua de desechos domésticos y/o industriales puede caracterisarse por lo siguiente:

- 1) Después de la descarga la columna asciende y se mezcla con el agua de mar (por diferencia de densidad y fuerza de empuje). Durante este mezclado inicial la densidad de la mezcla puede aproximarse a la de la masa de agua que la contiene y detendrá su ascenso, si esto no sucede llegará hasta la superficie.
- 2) Dependiendo del diseño particular del difusor marino, la mezcla que llegue a la superficie puede formar una gran burbuja turbulenta. El material de desecho será desplazado desde el área de la burbuja en dirección de la corriente dominante y formará una gran pluma, la cual podrá considerarse semejante a las plumas de gases des-

cargados en la atmósfera.

Muchos modelos estadísticos que se han propuesto describen la distribución del material en una pluma que fluye de una fuente continua fija. La mayoría de estos modelos están basados en el supuesto que las características estadísticas de turbulencia en un área dada no varían para una rotación arbitraria (son isotrópicas), o para una traslación (son homogéneas) de los ejes -- coordenados, además de que las características estadísticas son independientes del tiempo.

Los modelos teóricos de las plumas estables se forman por la superposición de un número infinito de masas traslapadas de material de desecho que ha sido emitida en forma de impulsor (Figura A.3)

Si se considera que la difusión en la dirección de la corriente es despreciable la pluma puede estudiarse como se propone en la Figura A.4, formada por la unión de una serie de elementos planos, (11).

Sin embargo se ha propuesto (12) que una pluma real no se comporta de esta manera tan simple sino que en realidad cada impulso tendrá dos componentes, el primero será la dispersión ocasionada por el movimiento del impulso total y el segundo será el mezclado interno del impulso; el primer componente resultará de turbulencias de tamaño mayor que la pluma y no tienen efecto sobre la difusión interna de la pluma, el segundo será causado por turbulencias menores que la pluma.

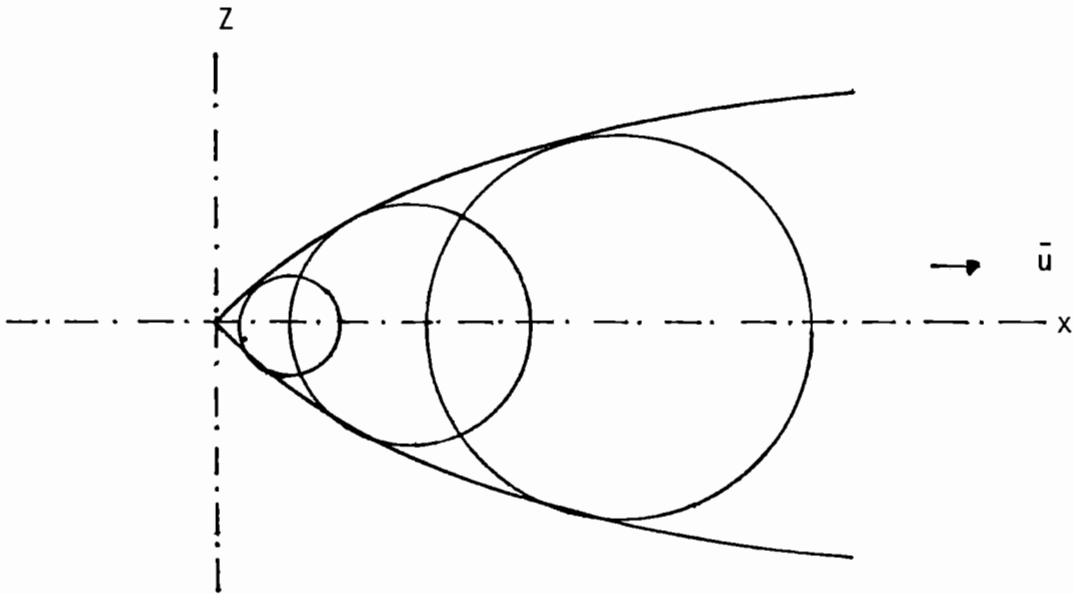


FIGURA A.3 .- Superposición de los impulsos gaussianos en un flujo turbulento isotrópico.

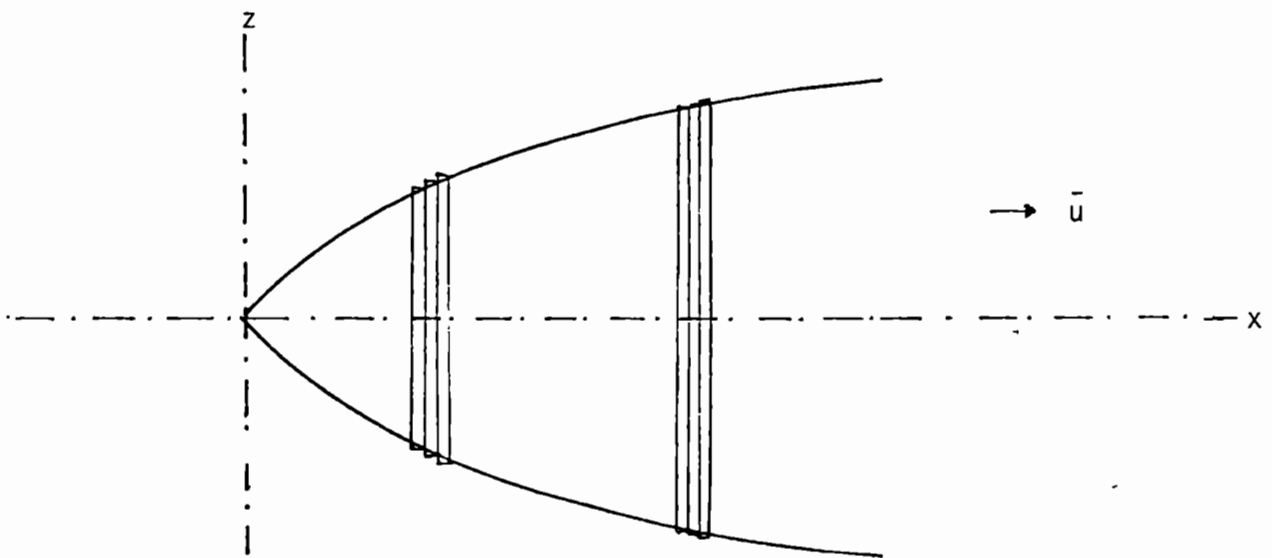


FIGURA A.4 .- Elementos planos unidiemnsionales

Por lo tanto el modelo que se considera adecuado es aquel - que toma lo siguiente: modelo bidimensional que considere los - dos componentes de cada impulso, una distribución gaussiana del material dentro de cada elemento individual plano así como una distribución gaussiana de la pluma alrededor de los ejes fijados Por lo que la concentración instantánea esta dada por:

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi \bar{\sigma}^2 \bar{u}} \cdot \exp - \left[\frac{(Y-Dy)^2 + (Z-Dz)^2}{2 \bar{\sigma}^2} \right] \dots\dots (1)$$

Donde:

Q = razón de descarga

\bar{u} = velocidad media de la corriente

$\bar{\sigma}^2$ = varianza de la distribución del material dentro de - cada elemento individual y es función de tiempo o dis- tancia.

X, Y, Z = ejes coordenados $\left\{ \begin{array}{l} x = \text{dirección de la corriente} \\ y = \text{horizontal} \\ z = \text{vertical} \end{array} \right.$

Dy, Dz = distancias del centro de gravedad de un elemento al eje en cualquier tiempo.

la concentración media para cualquier punto es:

$$\bar{C}(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi (\bar{\sigma}^2 + \bar{D}^2) \bar{u}} \cdot \exp - \left[\frac{r^2}{2 (\bar{\sigma}^2 + \bar{D}^2)} \right] \dots\dots (2)$$

Donde:

$r^2 = y^2 + z^2$

\bar{D}^2 = Promedio de la varianza de la función de frecuen- cia para la variabilidad del centro del elemento.

En caso de que la difusión no fuera isotrópica en ambos - - eje (x,z), se propone por analogía el siguiente modelo para con- centración instantánea.

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi(\bar{\sigma}_y^2 \bar{\sigma}_z^2)^{\frac{1}{2}} \bar{u}} \cdot \exp - \left[\frac{(Y-Dy)^2}{2\bar{\sigma}_y^2} + \frac{(Z-Dz)^2}{2\bar{\sigma}_z^2} \right] \quad (3)$$

y para concentración media:

$$\bar{C}(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi(\bar{\sigma}_y^2 + \bar{D}_y^2)^{\frac{1}{2}}(\bar{\sigma}_z^2 + \bar{D}_z^2)^{\frac{1}{2}} \bar{u}} \cdot \exp - \left[\frac{Y^2}{2\bar{\sigma}_y^2 + \bar{D}_y^2} + \frac{Z^2}{2\bar{\sigma}_z^2 + \bar{D}_z^2} \right]$$

usando el método de reflexión para la superficie del océano (no hay depósitos o reacciones entre el lecho y la pluma), y proponiendo $D_z = D_y = 0$ la concentración media en cualquier punto es:

$$\bar{C}(x,y,z) = \frac{Q}{\pi(\bar{\sigma}_y^2 \bar{\sigma}_z^2)^{\frac{1}{2}} \bar{u}} \cdot \exp - \left[\frac{Y^2}{2\bar{\sigma}_y^2} + \frac{Z^2}{2\bar{\sigma}_z^2} \right] \dots\dots\dots (5)$$

si hacemos $Z=Y=0$, obtenemos la máxima concentración teórica (en el centro de la pluma),

$$\bar{C}_{(MAX)}(X) = \frac{Q}{(\bar{\sigma}_y^2 \bar{\sigma}_z^2)^{\frac{1}{2}} \bar{u}} \dots\dots\dots (6)$$

La aplicabilidad de este modelo ha sido comprobada (Foxworth et al [13]), concluyendo:

- 1) El modelo bidimensional para una fuente puntal propuesta (por Gifford [12]), describiendose la máxima concentra-
ción como una función de la distancia a lo largo de la línea --
del centro de la pluma en un campo estacionario turbulento y -

homogeneo de extensión infinita, se encontró aplicable a los resultados de una fuente puntual continua en el medio marino.

- 2) El modelo propuesto no es aplicable para cualquier distancia de la pluma corriente abajo sin embargo es un modelo que describe de la mejor manera su comportamiento que muchos otros comunmente aceptados.
- 3) Que las relaciones propuestas por Gifford, pueden ser extendidas por analogía a caso de fuentes continuas. De las ecuaciones 5 y 6 asumiendo también que no hay difusión en la dirección de la corriente y que el método de reflexión es aplicado a la superficie se tiene:

$$\bar{C}(x,y,z) = \frac{2Q}{\pi(\bar{u}) [2\bar{\sigma}_y^2(x) + \bar{\sigma}_y^2(0)]^{\frac{1}{2}} [2\bar{\sigma}_z^2(x) + \bar{\sigma}_z^2(0)]^{\frac{1}{2}}} \cdot \exp - \left[\frac{y^2}{2\bar{\sigma}_y^2(x) + \bar{\sigma}_y^2(0)} + \frac{z^2}{2\bar{\sigma}_z^2(x) + \bar{\sigma}_z^2(0)} \right] \dots\dots\dots(7)$$

Donde:

$\bar{\sigma}_{x,y}^2(0)$ = varianza media de la pluma al origen

$\bar{\sigma}_{x,y}^2(x)$ = varianza media de los ejes x,y, como función de distancia.

\bar{u} = velocidad media de la corriente.

Q = razón de descarga del material (peso/volumen)

La concentración máxima a lo largo del eje longitudinal es determinada haciendo $x = y = 0$ en la ecuación 7

$$\bar{C}_{MAX}(x) = \frac{2 Q}{\pi \bar{u} \bar{\sigma}_y(0) \bar{\sigma}_z(0) \left[\frac{2 \bar{\sigma}_y^2(x)}{\bar{\sigma}_y^2(0)} + 1 \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \left[\frac{2 \bar{\sigma}_z^2(x)}{\bar{\sigma}_z^2(0)} + 1 \right]^{\frac{1}{2}}} \dots (8)$$

La ecuación 8 puede escribirse en función de la concentración inicial (C_0).

$$\bar{C}_{MAX}(x) = \frac{C_0}{\left[\frac{2 \bar{\sigma}_y^2(x)}{\bar{\sigma}_y^2(0)} + 1 \right]^{\frac{1}{2}} \left[\frac{2 \bar{\sigma}_z^2(x)}{\bar{\sigma}_z^2(0)} + 1 \right]^{\frac{1}{2}}} \dots \dots \dots (9)$$

Aparece a simple vista que antes de poder aplicar este modelo será necesario correr una serie de pruebas en el lugar donde se piense instalar el difusor pues comprende un parámetro imprescindible de campo: la varianza. Esta puede ser calculada por la ecuación:

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i (x_i)^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n f_i x_i)^2}{n}}{n - 1} \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

f_i = conc. media del trazador a una distancia x_i del origen

c) Degradación.

Este es el 3er factor que se considera sirve para reducir la concentración de los desechos descargados. Comunmente este concepto esta dirigido al punto de vista de decaimiento bacteriano, debido a fenómenos como son: mortalidad, floculation y sedimentación. Puede expresarse este decaimiento mediante la relación siguiente:

$$C_t = C_0 e^{-at}$$

Donde:

C_t = concentración bacteriana al tiempo t (No./ml)

C_o = concentración bacteriana después de la dilución inicial (No./ml)

a = constante de decaimiento (seg^{-1})

t = tiempo de viaje (seg).

El problema se reduce a la obtención del valor de la constante a , en el lugar donde se desea instalar el difusor.

Información detallada de esta constante pueden encontrarse - en referencia (14) y (15).

APENDICE B

Hidráulica interna del difusor multiporo.

Un tipo efectivo y simple de difusor es aquel que distribuye el flujo de salida a través de un gran número de orificios en una área considerable con la menor pérdida de energía e interferencia entre las columnas ascendentes. Los difusores que descargan varios chorros radiales a través de un solo dispositivo pequeño con muchos orificios se han usado, pero no son muy efectivos debido a la interferencia entre los chorros ascendentes. En este apéndice se analiza el comportamiento hidráulico de un difusor que consiste de un tubo largo o varias ramas cortas con orificios de descarga a intervalos a los lados de la línea.

Requerimientos hidráulicos básicos.

Distribución de flujos. El flujo debe ser uniformemente distribuido en todas las salidas del difusor, si éste está inclinado por condiciones del terreno, es imposible lograr esto para todos los flujos, por lo cual comunmente se cumple este requisito para los flujos bajos o medios, bajo el conocimiento de que cuando está trabajando el difusor a flujo pico, los orificios más lejanos a la playa descargarán más que los orificios más cercanos a la misma.

Velocidad en el difusor.

Debe ser tal que evite la sedimentación de los sólidos pesados, normalmente con valores entre 0.60 y 0.90 m/seg (2 a 3 ft/seg), se consigue esto para los valores de máximo flujo, - obiamente de manejar efluentes primarios no será necesario -- cumplir con este requisito.

Facilidad de limpieza.

Por muy bien diseñado que esté el difusor siempre requerirá la eliminación de material flotante y adherente así como arenillas acumuladas. Estos depósitos provocarán una disminución en el flujo con un incremento en el factor de fricción.

Prevención de la intrusión de agua de mar.

Todos los orificios deben trabajar completamente para evitar la entrada del agua de mar en la línea, lo que provocaría el estancamiento y tendería a arrastrar arenas y otros materiales sedimentables. [Rouse (16)] se propone que para orificios circulares en un tanque grande, el No. de Froude debe ser mayor de 0.59 para que trabaje completamente lleno. En la práctica en el caso de difusores es razonable tomar el No. de Froude (F), mayor que 1.0 para que el orificio trabaje lleno. Con cada orificio trabajando completamente lleno no habrá forma de que el agua de mar entre en la línea, una vez que se inicie el funcionamiento de esta, y el difusor continuará lleno del agua de la descarga.

Pérdida de carga.

Este es uno de los conceptos que más hay que cuidar en el diseño del difusor, pues en caso extremo que para llegar al punto

de descarga se requiera bombeo o bien, que los desniveles sean pequeños (carga disponible mínima), es conveniente que la pérdida por los diferentes conceptos sean en ambos casos lo menor posible.

Orificios.

Se ha comprobado experimentalmente que los mas efectivos -- son los circulares, a los costados de la línea, sin aditamentos auxiliares, con el eje de descarga horizontal y la parte interior del orificio biselada para minimizar el taponamiento y proveer de un coeficiente de descarga constante por varios años. Los valores comunes van desde 10.16 hasta 45.72 cms (4 pulgadas a 18 pulgadas respectivamente).

Análisis hidráulico.

Al efectuar los cálculos hidráulicos, la presión en cualquier punto del difusor deberá ser la diferencia de presiones -- entre el fluido dentro del difusor y el agua de mar fuera y al mismo nivel del orificio, por lo que el concepto de presión o -- presión hidrostática se manejará aquí refiriendose a esta diferencia. Trabajando a partir del orificio más alejado de la playa (es de esperarse de mayor profundidad también), y al ir avanzando en el cálculo hacia la playa, la diferencia de presión entre el agua a descargar y el agua de mar tenderá a aumentar; el cambio de esta presión debido al cambio de elevación ΔZ será $-\frac{\Delta s}{s} \Delta z$ cuyo términos han sido definidos anteriormente (Apéndice A).

El análisis hidráulico de un difusor se basa en analizar - cada orificio independientemente empezando por el más alejado, esta es una consideración que se ha adoptado pues se recomienda localizar los agujeros a distancia no menores de 10 veces el - diámetro del orificio con lo cual se asume que no habrá interfe- rencia entre chorros contiguos. El hecho de realizar el análi- sis en forma sucesiva empezando por el orificio mas alejado de la playa significa que el flujo de cada orificio se sumará al siguiente tramo de línea que se analice. Como lo que se preten- de es determinar la carga hidráulica requerida para el funciona- miento correcto del difusor, la carga hidráulica entre dos sali- das consecutivas, será aumentada tanto por la pérdida por fric- ción como por la carga hidráulica debida a la diferencia de pre- siones entre el interior y el exterior del conducto.

Procedimiento de cálculo surgido.

El problema se enfoca considerando la descarga a través de un orificio lateral en un conducto

Para estas condiciones el flujo puede ser calculado.

$$Q = C_d a \sqrt{2gE}$$

Donde:

Q = flujo

C_d = coeficiente de descarga

a = área transversal del orificio

E = presión hidrostática total en el flujo medio en la - salida. La presión hidrostática total E, incluye la presión hidrostática en el tubo relativa al océano

en el orificio y la pérdida por velocidad del flujo:

Piezométrica : p/γ

Velocidad: $v^2/2g$

El coeficiente de descarga no es constante a lo largo de la línea sino disminuye conforme la relación $\frac{v^2}{2g}/E$ aumenta, es decir el término velocidad aumenta en importancia. En la gráfica B.1 se esquematiza el comportamiento del coeficiente de descarga como función de la relación mencionada y del tipo de salida.

Procedimiento de cálculo. El siguiente es un procedimiento propuesto por Rawn (18)

a) Definición de variables.

D = Diámetro del tubo

d_n = Diámetro del orificio n

a_n = Área del orificio n

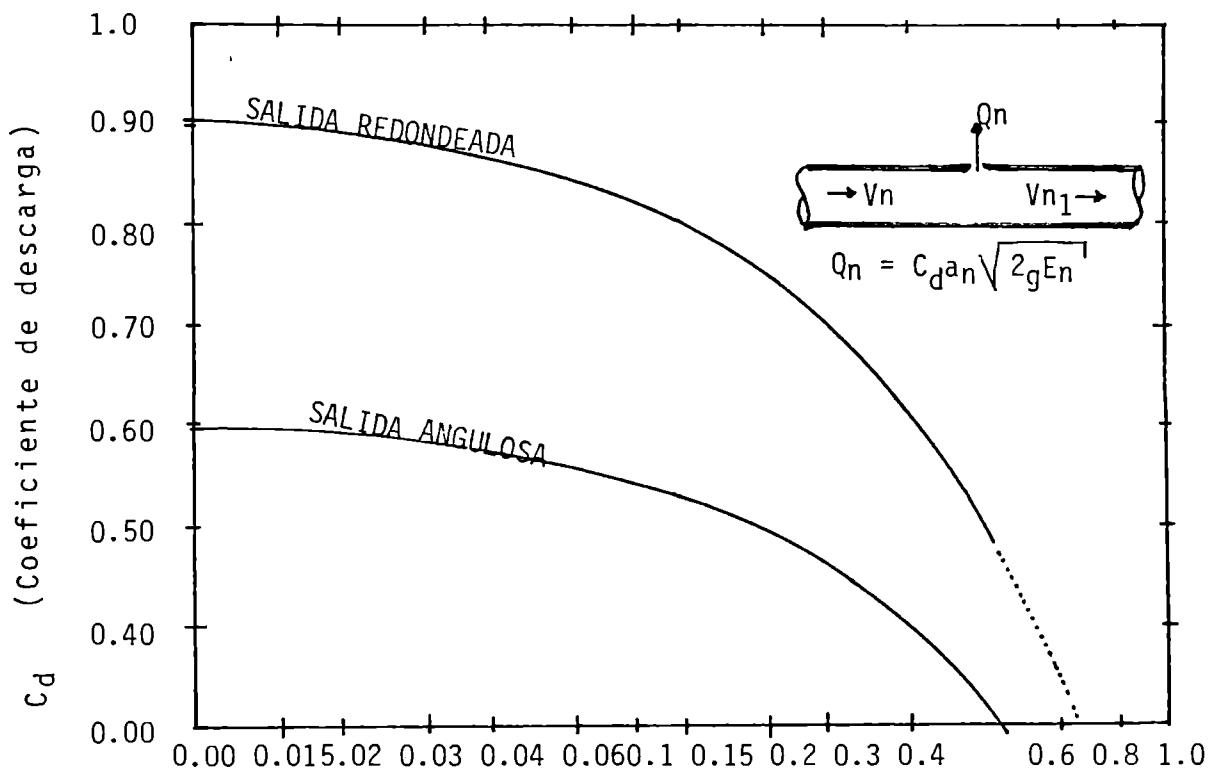
V_n = Velocidad media entre orificios n y (n+1)

$\Delta V_n = V_n - V_{n-1}$ = incremento de velocidad debido a la descarga del orificio n.

$h_n = \frac{\Delta P_n}{\gamma}$ = diferencia en presión hidrostática entre el interior y el exterior del difusor justamente corriente arriba del orificio.

$E_n = h_n + \frac{V_n^2}{2g}$ = presión hidrostática total en el orificio n.

C_d = Coeficiente de descarga



$$\frac{V_n^2 - 1}{2g} / E_n \approx \frac{V_n^2}{2g} / E_n$$

GRAFICA B.1 Coeficiente de descarga para un orificio pequeño al costado de un tubo. (17).

Q_n = Flujo para la descarga n

h_{fn} = Pérdida de carga por fricción entre los orificios n y (n+1)

L_n = Distancia entre los orificios (n+1) y n.

f = Coeficiente de fricción de Darcy

Δz_n = Cambio de altura entre (n+1) y n entre centros de los orificios (positivos si la elevación de (n+1) es mayor que la elevación de n).

s = Gravedad específica del agua negra

Δs = Diferencia de gravedades entre el agua de mar y el agua negra.

γ = Peso específico del agua de mar.

Para efectos de describirlo se trabajará con los dos primeros orificios ($n=1$ y $n=2$).

Como los diámetros de los orificios son pequeños comparados con el diámetro del conducto, $V_1 \approx V_2$.

b) Para el orificio 1, el mas alejado, de la playa, tenemos:

E_1 es propuesto pues la carga que deseamos tener en este orificio.

$V_{n-1} = 0.0$ ya que es el último orificio.

C_d = para cualquier otro orificio se obtendría de la gráfica B.1, pero para este caso la relación $\frac{V^2}{2g} / E$ es cero, se conoce de antemano que C_d solo puede tomar dos valores 0.61 ó 0.91 según si la salida es de arista recta o redondeada.

Ahora solo queda por calcular el valor de Q_1 , que viene dado por:

$$Q_1 = C_d \frac{\pi}{4} (d_1)^2 \sqrt{2g E_1} \quad \left. \vphantom{Q_1} \right\} d_1 = \text{propuesto}$$

La velocidad antes del orificio será

$$V_1 = \frac{Q_1}{(\pi/4)D^2}$$

Como puede observarse es un valor muy pequeño pues el flujo Q_1 es el que sale por el orificio, mientras el diámetro D es el del conducto. Y la carga de velocidad esta dada por:

$$V_1^2 / 2g$$

c) Para el orificio 2:

$$E_2 = E_1 + h_f L + \frac{\Delta s}{s} \Delta z_1$$

Calcular $\frac{V_1^2}{2g} / E_2$ y obtener C_d de gráfica 1

$$Q_2 = C_d \left(\frac{\pi}{4}\right) d_2^2 \sqrt{2g E_2}$$

$$y \quad V_2 = V_1 + \frac{Q_2}{\frac{\pi}{4} D_2^2}$$

Este procedimiento es utilizado para cada orificio. Generalizando.-

$$Q_n = C_d a_n \sqrt{2g E_n}$$

$$C_D = \text{función} \left(\frac{[V_{n-1}]^2}{2g} / E_n \right)$$

$$V_n = V_{n-1} + \frac{Q_n}{\frac{\pi}{4} D^2}$$

$$E_{n+1} = E_n + h_{fn} + \frac{\Delta s}{s} \Delta z_n$$

$$h_{fn} = \frac{f L_n}{D} \cdot \frac{(V_n)^2}{2g}$$

Selección del diámetro de los orificios, espaciamiento entre orificios y tamaño del tubo.

El (los) diámetro (s), de los orificios y del tubo quedan sujetos al criterio de quien diseña, siempre y cuando revise la velocidad requerida al último orificio, para lo cual puede recurrirse a la disminución del diámetro de la línea conforme se adentra esta en el océano, con lo que respecta a diámetro de orificios se pueden variar estos de forma tal que la descarga sea la misma en todos o lo que es mas conveniente proponer unos pocos diámetros que se usaran por sección, por último el espaciamiento entre orificios es mas inflexible pues generalmente se sujeta a que exista un determinado número de salidas por tramo de tubo o una salida cada cierto número de tubos, siempre y cuando estos espaciamientos sean menores que 10 veces el diámetro del orificio.

Para un difusor que este en un terreno con pendiente cero la distribución del flujo será la misma para cualquier descarga, debido a que la presión hidrostática solo se verá afectada por la carga de velocidad. En estos casos solo será necesario un cálculo para todos lo flujos. Por ejemplo para un flujo que sea el doble del flujo con el que se hicieron los cálculos originales los resultados se obtendrían cuadruplicando las cargas hidráulicas y doblando las velocidades de descarga.

Conclusiones.

Los difusores multiporo deben diseñarse de forma tal que:

- a) La distribución del flujo sea lo mas uniforme posible en los diferentes orificios.
- b) La velocidad en la línea debe ser tal que evite sedimentación (se recomienda valores entre 60 y 90 cm/seg).
- c) La estructura debe ser fácil de limpiar.
- d) El sistema no debe permitir la intrusión del agua de mar, (esto se consigue trabajando los orificios llenos - lo cual se garantiza con un F mayor de 1).
- e) La pérdida de carga sea razonable (en este punto registrará la carga disponible).

Un difusor multipor de gran longitud envuelve en el diseño hidráulico un coeficiente variable para cada poro, que es función de la carga de velocidad y la carga total en el sistema $[C_d = f(\frac{v^2}{2g})]$. Los cálculos se inician en el orificio mas alejado de la playa y se avanza hacia esta.

Para evitar problemas de operación es conveniente que la suma de las áreas de todos los orificios sea menor que la sección transversal del conducto.

Es esencial que el final del difusor no este cerrado para ayudar al funcionamiento, pues de otra manera el flujo en los últimos orificios podría no existir (recordar que en diseño se considero que la velocidad después del último orificio es cero, en la práctica esto se evita dejando una salida de aproximadamente el doble de diámetro del último orificio calculado). En el centro de la sección transversal del conducto.

APENDICE C
PROGRAMA PARA LA PRE
DICCIÓN DEL COMPORTA
MIENTO DE LAS DESCAR
GAS.

```

C
C
C      PROGRAMA REJ
0001 DIMENSION TA(50),D(50),DENA(50),ET(50),ED(50),YT(50)
0002 DIMENSION Y(6),YP(6)
0003 REAL LAMEDR,LAMEDC,M,F,ALPHAR,ALPHAC,NC,ET,ED,PAI,GRAVAC,YT TK
0004 COMMON LAMEDR,LAMEDC,M,F,ALPHAR,ALPHAC,NC,ET,ED,PAI,GRAVAC,YT TK
C      ,ICFEX,IS,SPACJ
204 1 READ(5,1) NC,LC,TC,DENI,THETAC,DJ,SPACJ
0005 10 FORMAT(11I10,1F10.5)
0006 11 IF(100) 2,3
0007 20 CALL EXH
0008 30 READ(5,10) IC(1),TA(1),DENA(1),I=1,NC)
0009 10 FORMAT(3F10.5)
0010 11 READ(5,11) ALPHAR,ALPHAC,LAMEDR,LAMBDS,GRAVAC
0011 11 FORMAT(15F10.5)
0012 12 PAI=3.14159265
0013 13 DO 14 I=1,NC
0014 14 Y(I)=D(I)-D(I)
0015 15 THETA=THETAC+PAI/180.
0016 16 ICFEX=0
0017 17
0018 18 C=C

```

```

C
C
C      REVISION DEL SISTEMA DE UNIDADES
0019 IF (GRAVAC=300.) 97,97,98
0020 97 IF (GRAVAC=30.) 101,99,99
0021 99 WRITE(6,100) DC,LC,TC,DENI,THETAC,DJ,SPACJ
0022 100 FORMAT('1',5X,'DESCARGAS EN UN AMBIENTE DE DENSIDAD ESTRATIFICADA
*','///',X,'DIAMETRO DEL CEFIFICIO=' ,F6.2,'PIES',/,
* 'X', 'VELOCIDAD DE DESCARGA=' ,F6.2,'FT/SEG',/,
* 'X', 'TEMPERATURA DE LA DESCARGA=' ,F6.2,'GRADOS FAHREN' /,
* 'X', 'DENSIDAD DE LA DESCARGA=' ,F10.7,'GR/CC',/,
* 'X', 'ANGULO DE LA DESCARGA=' ,F6.2,'GRADOS',/,
* 'X', 'PROFUNDIDAD DE LA DESCARGA=' ,F6.2,'PIES',/,
* 'X', 'ESPACIAMIENTO ENTRE DESCARGAS @ CENTRO=' ,F6.2,'PIES')
0023 99 TO 110
0024 101 WRITE(6,102) DC,LC,TC,DENI,THETAC,DJ,SPACJ
0025 102 FORMAT('1',5X,'DESCARGAS EN UN AMBIENTE DE DENSIDAD ESTRATIFICADA
*','///',X,'DIAMETRO DEL CEFIFICIO=' ,F6.2,'METROS',/,
* 'X', 'VELOCIDAD DE DESCARGA=' ,F6.2,'MT/SEG',/,
* 'X', 'TEMPERATURA DE LA DESCARGA=' ,F6.2,'GRADOS CENT.',/,
* 'X', 'DENSIDAD DE LA DESCARGA=' ,F10.7,'GR/CC',/,
* 'X', 'ANGULO DE LA DESCARGA=' ,F6.2,'GRADOS',/,
* 'X', 'PROFUNDIDAD DE LA DESCARGA=' ,F6.2,'METROS',/,
* 'X', 'ESPACIAMIENTO DE DESCARGAS @ CENTRO=' ,F6.2,'METROS')
0026 99 TO 110
0027 98 WRITE(6,103) DC,LC,TC,DENI,THETAC,DJ,SPACJ

```

C.1

0028
0029
0030
0031
0032
0033
0034
0035
0036
0037
0038
0039
0040
0041
0042
0043
0044
0045
0046
0047
0048
0049
0050
0051
0052
0053
0054
0055
0056
0057
0058
0059
0060
0061
0062
0063
0064
0065

```

103 FORMAT('1',5X,'DESCARGAS EN UN AMBIENTE DE DENSIDAD ESTRATIFICADA
*','///',5X,'DIAMETRO DEL CRIFITIC=',F6.2,'CM.',/,
*','//',5X,'VELOCIDAD DE DESCARGA=',F6.2,'CM/SEG.',/,
*','//',5X,'TEMPERATURA DE DESCARGA=',F6.2,'GRADOS CENT.',/,
*','//',5X,'DENSIDAD DE LA DESCARGA=',F10.7,'GR/CC.',/,
*','//',5X,'ANGULO DE LA DESCARGA=',F6.2,'GRADOS.',/,
*','//',5X,'PROFUNDIDAD DE LA DESCARGA',F6.2,'CM.',/,
*','//',5X,'ESPACIAMIENTO DE LAS DESCARGAS @ CENTROS=',F6.2,'CM.')
```

```

110 WRITE(6,111)
111 FORMAT(//,5), 'X',10), 'Y',12X,'ANCHO DES',6X,'DILUCION',6X,'TEMP
*DES',4X,'DENSIDAD DES',5), 'DEN AMB ',5X,'TEMP AMB',6X,'DELTA T
* ')
S=C
IR=1
IF (DJ-C(IR)) 112,113,114
112 TR=TA(IR)
DENR=DENA(IR)
GO TO 113
112 IR=IR+1
IF (DJ-C(IR)) 112,113,117
114 WRITE(6,120)
120 FORMAT(5X,'DATOS INSUFICIENTES EN DENSIDAD Y TEMPERATURA AMBIENTE
* ')
GO TO 204
117 S=(DJ-C(IR))/(C(IR-1)-C(IR))
TR=1/2*(TR+S)+1/2*(TR-1)-T*(IR)
DENR=DENA(IR)+S*(DEN/(IR-1)-DENA(IR))
118 Y(1)=PAI*DC*EC*UO*0.5
M=Y(1)*UC*0.5
VOLFU=Y(1)
H=M*CCS(THETA)
Y(2)=M*SIN(THETA)
Y(3)=Y(1)*(DENR-DENI)/DENR*0.5
Y(4)=Y(2)*(TF-TC)/TR*0.5
Y(5)=6.23*DC*CCS(THETA)
Y(6)=6.2*DC*SIN(THETA)
IQ=C
IP=C
IK=2
SQPLAN=(1.+LAMBDR*LAMECF)/(LANEER*LAMBDR)
CQPLAN=CGR*(1.+LAMECC*LAMBDS)/LAMBDS
NOI=NO-1
DO 121 I=1,NO1
II=I+1
DP1=YI(II)-YI(I)
ET(1)=(TA(II)-TA(I))/(TR*DP1)
EC(1)=(DENA(II)-DENA(I))/(DENR*DP1)
DS1=DC/2C.
```

C.2

```

0066      DS2=DS/2000.
0067      K=1
0068      IF(DS1-DS2) 301,301,302
0069      301  DS=DS1
0070          GO TO 303
0071      302  DS=DS2
    
```

C
C
C
C

INTEGRACION POR EL
METODO DE RUNGE-KUTTA

```

0072      K=1
0073      303  CALL FUNGS (S,DS,6,Y,YF,L)
0074      304  Y2C=Y(2)
0075          CALL RUNGS (S,DS,6,Y,YF,L)
0076          IF(Y(2)*Y2C) 20,21,21
0077          20  K=K+1
0078              IF(K-3) 21,22,22
0079              22  IF(1/CFEK-1) 204,511,204
0080              21  CONTINUE
0081              IF(1/CFEK-2) 513,514,204
0082              513  IF(1/CFEK-1) 203,206,206
0083              203  TRANKW=CPACU
    
```

C
C
C

SOLUCION PARA CRIFICIOS
CIRCULARES.

```

0084      514  IF(Y(6)-DJ) 530,531,531
0085      531  WRITE(6,522)
0086      532  FCFMIT(1,OX,'ESTA ES LA SUPERFICIE')
0087          GO TO 204
0088      533  IF(IJ) 533,533,206
0089      534  M=SQRT(H*F+Y(2)*Y(2))
0090          WIDTHF=2.*Y(1)/SQRT(PI*M)
0091          IF(WIDTHF-TRANKW) 207,216,206
0092      207  SUF=2.*DC
0093          PI=IF#SJP
0094          IF(S-PI) 220,221,221
0095      220  GO TO 304
0096      221  IP=IP+1
0097          DENDIF=SQRTAN#ENR#Y(3)/Y(1)
0098          EDIF=SQRTAN#73#Y(4)/Y(3)
0099          CILU=Y(1)/VCLFU
0100          IF(DENDIF) 401,520,520
0101      401  DENDIF=DENDIF*C.E
0102          TOLF=C.597OLF
0103      520  IY=2
0104      506  IF(Y(6)-YT(IY)) 500,501,502
    
```

```

C105      901 DENAA=DENA(IY)
C106      TAA=TA(IY)
C107      IY=IY+1
C108      GC TC 909
C109      900 IY=IY-1
C110      IF(Y(6)-YT(IY)) 500,901,905
C111      905 IYY=IY+1
C112      SYY=(Y(6)-YT(IYY))/(YT(IY)-YT(IYY))
C113      TAA=SYY*(TA(IY)-TA(IYY))+TA(IYY)
C114      DENAB=SYY*(DENA(IY)-DENA(IYY))+DENA(IYY)
C115      GC TC 909
C116      902 IY=IY+1
C117      GC TC 906
C118      509 TJ=TA-DIF
C119      DENJ=DENAA-DENDIF
C120      TCIFM=-TCIF
C121      WRITE(6,222)Y(5),Y(6),WIDTH,DILU,TJ,DENJ,DENAA,TAA,TCIFM
C122      222 FCFMAT(9G14.7)
C123      GC TC 304

```

C
C
C

SOLUCION PARA ORIFICIOS
EN FORMA DE RANURA.

```

C124      206 IF(Y(6)-DJ) 522,511,511
C125      511 ICHEK=ICHEK+1
C126      IF(ICHEK-2) 512,512,204
C127      512 C=C
C128      Y(1)=Y1
C129      Y(2)=Y2
C130      Y(3)=Y3
C131      Y(4)=Y4
C132      Y(5)=Y5
C133      Y(6)=Y6
C134      IP=IPC
C135      IK=IKC
C136      IG=C
C137      IY=IYC
C138      L=C
C139      K=K1
C140      WRITE(6,520)
C141      520 FCFMAT(10X,'PUNTO DE TRANSICION COS')
C142      GC TC 203
C143      522 IC=1
C144      IF(ICHEK-1) 240,241,241
C145      240 WRITE(6,1222)
C146      1222 FCFMAT(10X,'PUNTO DE TRANSICION UNG')
C147      SC=S
C148      Y1=Y(1)

```

```

0149      Y2=Y(2)
0150      Y3=Y(3)
0151      Y4=Y(4)
0152      Y5=Y(5)
0153      Y6=Y(6)
0154      TRJN6=2.*ALPHA*SPACJ/(PAI*ALPHAR)
0155      IFC=IF
0156      KI=K
0157      IKC=IK
0158      ICHEK=ICHEK+1
0159      IYC=IY
0160      241 FI=IF*SPJ
0161      IF(S-PI) 3(4,5(1,5(1)
0162      501 IF=IP+1
0163      M=SQRT(H*H+Y(2)*Y(2))
0164      WIDIF=Y(1)*Y(1)/(SQRT(PAI)*M*SPACJ)*2.
0165      DENDIF=SQRT(M*ENDIF*Y(2))/Y(1)
0166      TDIF=SQRT(M*TR*Y(4))/Y(1)
0167      CILL=Y(1)/VCLFJ
0168      IF(DENDIF) 4(2,5(6,5(6)
0169      402 CCNST=C.5*SQRT(PAI*C.5)
0170      DENDIF=CCNST*IFDIF
0171      TDIF=CCNST*TDIF
0172      GO TO 906
0173      END
    
```

SLBRUTINA DERIVE

00001
00002
00003
00004
00005
00006
00007
00008
00009
00010
00011
00012
00013
00014
00015
00016
00017
00018
00019
00020
00021
00022
00023
00024
00025
00026
00027
00028
00029
00030

00000

```

SUBROUTINE DERIVE(S,N,Y,YF)
DIMENSION Y(6),YF(6)
DIMENSION ET(50),ED(50),YT(50)
REAL LAMBDF,LAMEDS,M
COMMON LAMBDR,LAMEDC,M,F,ALPHAR,ALPHAS,NC,ET,ED,PAI,GRAVAC,YT,IK
  I(CHK,IG,SP)(J
814 IF(Y(6)-YF(1)) E11,E11,E12
812 IF(Y(6)-YF(10)) E06,E12,E12
811 E00=E(1)
      E01=ET(1)
      GO TO 70
813 E00=E(10)
      E01=ET(10)
      GO TO 70
806 IF(Y(6)-YF(1K)) E00,E(1),E02
801 E00=(E(1K)+E(1K-1))/2.5
      E01=(ET(1K)+ET(1K-1))/2.5
      IK=IK+1
      GO TO 70
800 IK=IK-1
805 IF(Y(6)-YF(1K)) E00,E(1),E05
      E00=E(1K)
      E01=ET(1K)
      IK=IK+1
      GO TO 70
802 IK=IK+1
      IF(1K-NC) 814,814,807
807 WRITE(6,808)
808 FORMAT(10X,'ESTA ES LA SUPERFICIE LIBRE')
      RETURN
70 IF(IG) 71,71,72

```

SOLUCION PARA CRIFICIOS
RECORDS.

```

71 ENTRAN=2.*ALPHAR*SQRT(2.*PAI*M)
   CLAM=(1.+LAMEDR*LAMEDF)/2.
   GO TO 72

```

SOLUCION PARA CRIFICIOS
EN FORMA DE RANURA.

C.6

0034
0035
0036
0037
0038
0039
0040
0041
0042
0043
0044

C

```

72 ENTFRAN=2.*SQRT(2.)*ALPHA*SPACJ*M/Y(1)
   CLAN=SQRT((1.+LAMECS*LAMECS)/2.)
73 SQPCTM=SQRT(Y(2)*Y(2)+F*F)
   YP(1)=ENTFRAN
   YP(2)=CLAN*Y(1)*Y(3)/SQPCTM
   YP(3)=Y(1)*Y(2)/SQPCTM
   YP(4)=Y(2)*Y(3)/SQPCTM
   YP(5)=F/SQPCTM
   YP(6)=Y(2)/SQPCTM
   REFLFN
   ENC

```

SUBROUTINE RUNGS

0001
0002

SUBROUTINE RUNGS (X,H,N,Y,YPRIME,INDEX)
DIMENSION Y (6),YPRIME (6),Z (6),W1 (6),W2 (6),W3 (6),W4 (6)

RUNGS-KUTTA SOLUCION PARA UN CONJUNTO DE E.D.O. DE PRIMER ORDEN
DIMENSIONADO EN EL PROGRAMA PARA CADA PROGRAMA
X VARIABLE INDEPENDIENTE
H INCREMENTO (DELTA X), PUEDE SER CAMBIADO
N NUMERO DE SOLUCIONES
Y CONJUNTO DE VARIABLES DEPENDIENTES ARREGLO UNIDIMENSIONAL
YPRIME CONJUNTO DE DERIVADAS, ARREGLO UNIDIMENSIONAL
EL PROGRAMADOR DEBE SUMINISTRAR LOS VALORES INICIALES DE Y(1) A Y(N),
INDEX ES UNA VARIABLE QUE DEBE HACERSE CERCA ANTES DE CADA
ENTRADA INICIAL A LA SUBROUTINA, I.E., PARA RESOLVER UN NUEVO SISTEMA
DE ECUACIONES O PARA INICIAR CON NUEVAS CONDICIONES INICIALES.
EL PROGRAMADOR DEBE ESCRIBIR UNA SUBROUTINA DE NOMBRE DERIVE
QUE COMPUTE LAS DERIVADAS Y LAS ALMACENE.
LA LISTA DE ARGUMENTOS DE LA SUBROUTINA DERIVE ES:
DERIVE (X,N,Y,YPRIME)

0003
0004
0005
0006
0007
0008
0009
0010
0011
0012
0013
0014
0015
0016
0017
0018
0019
0020
0021

```

IF (INDEX) 5,5,1
1 DO 2 I=1,N
W1(I)=H*YPRIME(I)
2 Z(I)=Y(I)+(W1(I)*0.5)
A=X+H/2.
CALL DERIVE(A,N,Z,YPRIME)
DO 3 I=1,N
W2(I)=H*YPRIME(I)
3 Z(I)=Y(I)+0.5*W2(I)
A=X+H/2.
CALL DERIVE(A,N,Z,YPRIME)
DO 4 I=1,N
W3(I)=H*YPRIME(I)
4 Z(I)=Y(I)+W3(I)
A=X+H
CALL DERIVE(A,N,Z,YPRIME)
DO 7 I=1,N
W4(I)=H*YPRIME(I)
7 Y(I)=Y(I)+(((2.*(W2(I)+W3(I)))+W1(I)+W4(I))/6.)

```

```
000003 X=X+H  
000004 CALL DERIVE(X,N,Y,YFFINE)  
000005 GO TO 6  
000006 5 CALL DERIVE(X,N,Y,YFFINE)  
000007 INDX=I  
000008 6 RETURN  
000009 END
```


APENDICE D

PROGRAMA PARA LA PRE--
DICCION DE LA DIFUSION
TURBULENTA PASIVA

PROGRAMA DE DIFUSION TURBULENTA PASIVA DE UNA FUENTE CONTINUA

```

0001      DIMENSION I(100), E(100), C(100), D(100), F(100), Y(100), CM(100,3),
0002      *SCL(100), YC(100), SZ(100), CMAX(100), DY(10,10), DX(10), NYC(10,10),
0003      *NXC(10), NY(10), X1(10), X2(10), CC(10), L(10)
0004      DIMENSION NDY(10), NYT(10), NP(10), XCY(10), NPR(10)
0005      COMMON /S/ YC, FC, Y11, YE, YK1, YK2, YK3, YK4, BETA1, BETA2, CKE, CKD,
0006      *Y, CM, UFS
0007      COMMON /F/ L1, L2, E, C, D, F, SCL, YC, SZ, CMAX, CC
0008      DY = 1
0009      100 READ(5, 1) NEND, NDY, NDY, NEXP
0010      PCF = 1.2015
0011      PAI = 3.1415927
0012      XCF = 1.0/1.0244NEXP
0013      IF(NEND) 2, 4, 2
0014      CALL DECAIMEN(C, 6) LAMBDA, YC, FC, UFS, Y11, YE, YK1, YK2, YK3, YK4, BETA1, BETA2,
0015      *CKE, CKD
0016      FC = 1.0/1.0244NEXP
0017      R = 1.0/1.0244NEXP
0018      FC = 1.0/1.0244NEXP
0019      DY(1, J) = C
0020      NYC(1, J) = 0
0021      X1(1) = C
0022      X2(1) = J
0023      DX(1) = 0
0024      NYC(1) = C
0025      NY(1) = 0
0026      WRITE(6, 1) NEND, YC, FC, YK1, YK2, YK3, YK4, BETA1, BETA2, UFS,
0027      *YE, CKE, CKD
0028      100 FC = 1.0/1.0244NEXP
0029      *LAMBDA = 1.0/1.0244NEXP, YC = 1.0/1.0244NEXP, HO = 1.0/1.0244NEXP,
0030      *YK1 = 1.0/1.0244NEXP, YK2 = 1.0/1.0244NEXP, YK3 = 1.0/1.0244NEXP, YK4 =
0031      *1.0/1.0244NEXP, BETA1 = 1.0/1.0244NEXP, BETA2 = 1.0/1.0244NEXP, PERFIL VEL =
0032      *1.0/1.0244NEXP, INTERCAMBIO SUPERF =
0033      *1.0/1.0244NEXP, CKE = 1.0/1.0244NEXP, CKD = 1.0/1.0244NEXP
0034      100 JIC = 1, NCV
0035      NSAV = NDY(1)
0036      READ(5, 1) NY(1, 1), NYC(1, 1), C = 1, NSAV)
0037      WRITE(6, 1) NY(1, 1), XCY(1)
0038      100 WRITE(6, 1) NY(J, 1), NYC(J, 1), J = 1, NSAV)
0039      111 FORMAT(I10, E10, ' ') = 1.0/1.0244NEXP

```

D.1

00000
00001
00002
00003
00004
00005
00006
00007
00008
00009
00010
00011
00012
00013
00014
00015
00016
00017
00018
00019
00020
00021
00022
00023
00024
00025
00026
00027
00028
00029
00030
00031
00032
00033
00034
00035
00036
00037
00038
00039
00040
00041
00042
00043
00044
00045
00046
00047
00048
00049
00050
00051
00052
00053
00054
00055
00056
00057
00058
00059
00060
00061
00062
00063
00064
00065
00066
00067
00068
00069
00070
00071
00072
00073
00074
00075
00076
00077
00078
00079
00080
00081
00082
00083
00084
00085
00086
00087
00088
00089
00090
00091
00092
00093
00094
00095
00096
00097
00098
00099
01000
01001
01002
01003
01004
01005
01006
01007
01008
01009
01010
01011
01012
01013
01014
01015
01016
01017
01018
01019
01020
01021
01022
01023
01024
01025
01026
01027
01028
01029
01030
01031
01032
01033
01034
01035
01036
01037
01038
01039
01040
01041
01042
01043
01044
01045
01046
01047
01048
01049
01050
01051
01052
01053
01054
01055
01056
01057
01058
01059
01060
01061
01062
01063
01064
01065
01066
01067
01068
01069
01070
01071
01072
01073
01074
01075
01076
01077
01078
01079
01080
01081
01082
01083
01084
01085
01086
01087
01088
01089
01090
01091
01092
01093
01094
01095
01096
01097
01098
01099
01100

```

14  DO 14 J=1,2
      CM(1,J)=CM(2,J)-2.*CKE*DY(1,1)*CM(2,J)
      CM(M,J)=CM(M2,J)
      X=C
      IDY=2
      I=1
      DO 17 I=2,NFFINT
16  IF (ABS(CM(1,1))-1.(E-(8) 17,17,16
      CC(1)=CM(1,1)
      YC(1)=Y(I)
      CZ(1)=SGN(CM(1,2)/CM(1,1))
      CMAX(1)=CM(1,1)/CZ(1)
      I=I+1
17  CONTINUE
      I=1
      WRITE(OUT,90)
90  FORMAT(' ',G12.5,'//,5X,'Y',5X,'CD',11X,'SIGMA Z',7X,'CMAX',
      /)
      WRITE(OUT,491) (YC(I),CC(I),CZ(I),CMAX(I),I=1,2)
491  FORMAT('G12.5')
      DO 121 I=1,NEX
      DELY=DX(NDX)
      NCM=NXC(NCX)
      IF (ABS((X-XY(1,1)))-C.(CDD01) 121,121,122
121  YY(1)=-DY(1,1DY)
      YY(2)=0.
      K=CKE*DY(1,1DY)
      NFFINT=NFFI(1DY)+1
      NCMV=NDY(1DY)
      DO 122 I=1,N3/V
      DELY=DY(1,1DY)
      NCMY=NYC(1,1DY)
      DO 124 J=1,NCM
      K=K+1
      YY(K)=YY(K-1)+DELY
124  CONTINUE
      NCMV(1)=K
      NCMV(NCMV)=0
      NCMV=N
      M=K+J
      YY(M)=YY(K)+DELY
      M1=M-1
      M2=M1-1
      IK=M-2
      DO 126 I=2,M
      JK=IK
      DO 127 J=IK,MSAV

```

01100
01101
01102
01103
01104
01105
01106
01107

01138
01139
01140
01141
01142
01143
01144
01145
01146
01147
01148
01149
01150
01151
01152
01153
01154
01155
01156
01157
01158
01159
01160
01161
01162
01163
01164
01165
01166
01167
01168
01169
01170
01171
01172
01173
01174
01175

```

      IKK=J
      IF (126*(YY(I)-Y(J))-1.00001) 129,129,511
      IF (Y(I)-Y(J)) 128,128,127
      DO 121 1J=1,2
      121 SC(L(I,1J))=CM(L,IJ)
      GO TO 126
      128 DO 122 1J=1,2
      122 SC(L(I,1J))=(CM(L,IJ)-CM(IJ-1,IJ))*((YY(I)-Y(J-1))/(Y(J)-Y(J-1))+CM(J-
      *1,1J))
      GO TO 126
      127 CC=1
      128 CC=1
      DO 130 1J=1,3
      130 SC(L(M,1J))=SC(L(2,1J)-2.0#EKE#S(L(2,1J))
      DO 131 1I=1,M
      131 Y(I)=YY(I)
      DO 132 1I=1,2
      132 CM(L(I,1J))=SC(L(I,1J))
      DO 133 1I=1,M
      133 F(I-1)=CSCE(Y(I))
      378 F(I-1)=OAY(I-1,I)
      122 F(I)=ICY+1
      F=1
      ICY=ICY-1
      X(L)=C.5#DELX/DY(L,ICY)*#2
      DO 20 1I=2,M
      J=1-2
      IF (1-NTAE(L)) 21,22,21
      21 F(J)=-X(L)*F(I)
      F(L)=X2(L)*F(I)+F(L)+U(J)+(KDE*DELX
      C(J)=-X(L)*F(I)
      GO TO 20
      22 X2(L)=DELX/(DY(L,ICY)*DY(L+1,ICY)+(DY(L,ICY)+DY(L+1,ICY)))
      A(J)=-X2(L)*F(J)+DY(L+1,ICY)
      E(J)=X2(L)*(DY(L,ICY)*F(I)+DY(L+1,ICY)*F(J))+U(J)+CKDE*DELX
      C(J)=-X2(L)*F(I)*DY(L,ICY)
      F=1
      X(L)=C.5#DELX/DY(L,ICY)*#2
      20 CC=1
      E(I)=E(I)-A(I)*EKE#2.
      C(I)=C(I)+A(I)
      A(M2)=A(M2)+C(M2)
      A(M2)=A(M2)/E(M2)
      CC=0
      J=2,M2
      I=M2-J+1
      E(I)=E(I)-C(I)*E(I+1)
      30 A(I)=A(I)/E(I)

```

D.4

01177
01178
01179
01180
01181
01182
01183
01184
01185
01186
01187
01188
01189
01190
01191
01192
01193
01194
01195
01196
01197
01198
01199
01200
01201
01202
01203
01204
01205
01206
01207
01208
01209
01210
01211
01212
01213
01214
01215
01216
01217
01218
01219
01220
01221
01222
01223
01224
01225
01226
01227
01228
01229
01230
01231
01232
01233
01234
01235
01236
01237
01238
01239
01240
01241
01242
01243
01244
01245
01246
01247
01248
01249
01250
01251
01252
01253
01254
01255
01256
01257
01258
01259
01260
01261
01262
01263
01264
01265
01266
01267
01268
01269
01270
01271
01272
01273
01274
01275
01276
01277
01278
01279
01280
01281
01282
01283
01284
01285
01286
01287
01288
01289
01290
01291
01292
01293
01294
01295
01296
01297
01298
01299
01300

```

DO 51 NTIME=1,NUM
X=>+DELTAX
DO 52 NEG=1,3
I=1
DO 40 I=2,M1
I1=I-1
I2=I+1
IF(I-NTAB(L)) 41,42,43
41 E(I)=CM(I,NEG)*U(J)+X2(L)*(F(I)*(CM(I1,NEG)-CM(I,NEG))-F(J)*(CM(I,
*NEG)-CM(J,NEG)))
DO 40 I=43
42 E(I)=CM(I,NEG)*U(J)+X2(L)*(F(I)*(CM(I1,NEG)-CM(I,NEG))-
*DY(L+1, IDYY)*F(J)*(CM(I,NEG)-CM(J,NEG)))
I=I+1
43 CCM1=NUM
DO 70 I=(40,71,72),NEG
71 E(J)=E(J)+E1L)*(CAYZ(I,CM)*(SCL(I,1)+CM(I,1)))
DO 70 I=40
72 E(J)=E(J)+DELT)*(CAYZ(I,SCL)*(SCL(I,1)+CM(I,1)))
40 CCM1=INUS
E(M2)=E(M2)/E(M2)
DO 66 J=2,M2
I=M2-J+1
66 E(I)=(E(I)-E(I)*E(I+1))/E(I)
SCL(I,NEG)=E1I)
DO 67 I=2,M2
IF (ABS(SCL(I,NEG))-7.431XP) 881,881,67
881 SCL(I,NEG)=0.
882 SCL(I+1,NEG)=SCL(I,NEG)
883 CCM1=INUS
SCL(1,NEG)=SCL(2,NEG)-2.*EKE*SCL(2,NEG)
51 CCM1=NUM
DO 73 I=1,M
DO 54 I=1,2)
IF(NCCD(NTIME,NFX(NC)51)) 98,54,98
54 M1=3
DO 220 I=1,MSAV
M2=M1+E(I)-1
IF(I-MSAV) 221,222,221
222 M2=M2
221 CUM1=(SCL(M1-1,1)*L(M1-2)+SCL(M2+1,1)*L(M2))/2.
DO 223 I=M1,M2
223 CUM1=CUM1+SCL(I,1)*L(I,-1)
CUM1=CUM1+DY(I, IDYY)+CUM
120 M1=M2+2
I=1

```

D.5

```
CC 80 I=3, NPRINT /
IF (ABS(CO(L(1,1)))-1.0E-6) EC,EC,81
81 Y0(L)=Y(L)
CO(L)=CO(L(1,1))
SZ(L)=SUM(I,2),CO(L(1,1))
IF(CZ2) E2,E3,E3
92 SZ(L)=-SUM(I,2)
CMAX(L)=CO(L)/SZ(L)
63 SZ(L)=SQRT(SZ(L))
CMAX(L)=CO(L)/SZ(L)
76 I=L+1
80 CONTINUE
PRINT(CT,250) X,SUM
250 FORMAT('1',,,' X=',(12.5,5X,' I(CO#U)=' ,G12.5//5X,' Y',11X,' CO
*,EX,*,CMA 2',7X,'CMA)',,')
L2=L-1
IF(M=38) 54,54,95
94 L1=L-1
GO TO 96
95 L2=L-1
96 PRINT(01,91) (YC(I),CO(I),SZ(I),CMAX(I),I=L1,L2)
97 PRINT(4013,5)
IF(M=38) 97,98,98
97 L1=L-1
99 PRINT(CT,99)
FORMAT('1',,,' / / / /)
98 GO TO 96
92 CO(L,J)=CO(L(1,J))
CO(L,J)=CM(I,2)
49 CM(L,2)=CM(1,2)
50 CONTINUE
51 GO TO 100
END
```

0001

FUNCTION CAY(I,J)

CALCULO DEL COEFICIENTE
DE DIFUSION VERTICAL

0002

REAL LAMBDA

0003

DIMENSION Y(100), CM(100,3)

0004

COMMON LAMBDA, YC, FC, Y11, Y2, YK1, YK2, YK3, YK4, BETA1, BETA2, CKE, CKD,

0005

4Y, CM, CFE

0006

F = (Y11 + Y(1)) / 2.

0007

IF (YK4) 9, 9, 1

0008

1 IF (P - YK1) 2, 2, 3

0009

2 CAY = 1.

0010

RETURN

0011

3 IF (F - YK2) 4, 5, 5

0012

4 CAY = (CE**2 * ((YK1 - F) * (F - YK2))) / (YK1 - YK2)

0013

RETURN

0014

5 IF (F - YK3) 6, 7, 7

0015

6 CAY = BETA1

0016

RETURN

0017

7 IF (F - YK4) 8, 9, 9

0018

8 CAY = (BETA2 * (YK3 - P) + BETA1 * (F - YK4)) / (YK3 - YK4)

0019

RETURN

0020

9 CAY = BETA2

0021

RETURN

END

CCCCCCCC

C
C
C

0001
0002
0003
0004

0005
0006
0007
0008
0009
0010
0011
0012
0013
0014
0015
0016

```

FUNCTION U(SLE IS)
DEFINITION NAME CA
INTEGRATION Z(100), CM(100,3)
OPERATION NAME CA, YC, FC, YE1, YE, YI1, YK2, YK3, YK4, BETA1, BETA2, CKE, CKD,
$Z, CM, UFS
IF (UFS) 10, 10, 11
10 IF (UFS) .
IF (UFS) .
11 IF (UFS - YE) 6, 6, 7
6 IF (UFS - YE1) 3, 4, 4
5 (UFS - UFS)
4 UFS * ((S - YE) / (YE1 - YE))
7 UFS
END

```

CALCULO

0001

FUNCTION CAYZ(L,CM)

CALCULO DEL COEFICIENTE
DE DIFUSION HORIZONTAL.

0002
0003

REAL LAMBDA
COMMON LAMBDA, YC, FC, YE1, YE, YH1, YK2, YK3, YK4, BETA1, BETA2, CKE, CKD,

0004
0005
0006
0007
0008
0009
0010

BY
DIMENSION Y(100), CM(100,2)
IF(ABS(CM(L,1))-1.0E-8) 1,1,2
1 CAYZ=0.
RETURN
2 CAYZ=LAMBDA*(ABS(CM(L,2)/CM(L,1)))**0.666666667
RETURN
END

APENDICE E

TABLA E.1

List of the 129 priority pollutants for which the EPA has identified harmful environmental effects.

1. Acenaphthene	<u>Chloroalkylethers</u>
2. Acrolein	17. Bis (chloromethy)ether
3. Acrylonitrite	18. Bis (2chloroethy)ether
4. Benzene	19. 2-chloroethylvinylether (mixed)
5. Benzidine	
6. Carbon tetrachloride (tetrachloromethane)	<u>Chlorinated naphthalene</u>
	20. 2 chloronaphthalene
<u>Chlorinated benzenes</u> (other than dichlorobenzenes)	<u>Chlorinated phenois</u> (other - than those listed elsewhere)
7. Chlorobenzene	21. 2,4,6 trichlorophenol
8. 1,2,4,trichlorobenzene	22. p-chloro-m-cresol
9. Hexachlorobenzene	23. Chloroform (trichlorometha ne)
<u>Chlorinated ethanes</u>	24. 2 chlorophenol
10. 1,2,dichloroethane	<u>Dichlorobenzenes</u>
11. 1,1,1,trichloroethane	25. 1,2-Dichlorobenzene
12. Hexachloroethane	26. 1,3-Dichlorobenzene
13. 1,1,dichloroethane	27. 1,4-Dichlorobenzene
14. 1,1,2,trichloroethane	
15. 1,1,2,2 tetrachloroethane	<u>Dichlorobenzidine</u>
16. Chloroethane	28. 3,3'-dichlorobenzidine

Dichloroethylenes

- 29. 1,1-dichloroethylene
- 30. 1,2-transdichloroethylene
- 31. 2,4-dichloro phenol

Dichloro propane and dichloro propene -

- 32. 1,2- dichloro propane
- 33. 1,3- dichloro propylene
(1,3- dichloro propene)
- 34. 2,4-dimethylphenol

Dinitrotoluene

- 35. 2,4-dinitrotoluene
- 36. 2,6-dinitrotoluene
- 37. 1,2-diphenylhydrazine

- 38. Ethylbenzene
- 39. Fluoranthene

Haloethers (other than those -
listed elsewhere)

- 40. 4-chlorophenyl phenyl ether
- 41. 4-bromophenyl phenyl ether
- 42. Bis (2-chloroisopropyl) ether
- 43. Bis (2-chloroethoxy) methane

Halomethanes (other than those
listed elsewhere)

- 44. Methylene chloride
(dichloromethane)
- 45. Methyl chloride (chloromethane)

- 46. Methylbromide
(bromomethane)
- 47. Bromoform (tribromomethane)
- 48. Dichlorobromomethane
- 49. Trichlorofluoromethane
- 50. Dichlorodifluoromethane
- 51. Chlorodibromomethane
- 52. Hexachlorobutadiene
- 53. Hexachlorocyclopentadiene
- 54. Isophorone
- 55. Naphthalene
- 56. Nitrobenzene

Nitrophenols

- 57. 2-nitrophenol
- 58. 4-nitrophenol
- 59. 2,4-dinitrophenol
- 60. 4,6-dinitro-o-cresol

Nitrosamines

- 61. N-nitrosodimethylamine
- 62. N-nitrosodiphenylamine
- 63. N-nitrosodi-n-propylamine
- 64. Pentachlorophenol
- 65. Phenol

Phthalate ethers

- 66. Bis (2-ethylhexyl) phthalate
- 67. Butyl benzyl phthalate
- 68. Di-n-butyl phthalate
- 69. Di-n-octyl phthalate
- 70. Diethyl phthalate
- 71. Dimethyl phthalate

Polynuclear aromatic hydrocarbons

- 72. Benzo (a) anthracene
(1,2-benzanthracene)
- 73. Benzo (a) pyrene
(3,4-benzopyrene)
- 74. Benzo (k) fluoranthone
(11,12-benzofluoranthene)
- 75. 3,4-benzofluoranthene
- 76. Chrysene
- 77. Anthracene
- 78. Benzo (GHI) perylene (1,12
benzoperylene)
- 79. Acenaphthylene
- 80. Fluorene
- 81. Dibenzo (a,h) anthracene - -
(1,2:5,6 -dibenzanthracene)
- 82. Dibenzo (a,h) acene (1,2
b6)

- 83. Indeno (1,2,3-cd) pyrene
(2,3-benzofluoranthene)
- 84. Pyrene
- 85. Tetrachloroethylene
- 86. Toluene
- 87. Trichloroethylene
- 88. Vinyl chloride (chloroethylene)

- 89. Aldrin
- 90. Dieldrin
- 91. Chlorodane (technical mixture & metabolites)
- 92. 4,4' DDT
- 93. 4,4' DDE (p,p' DDE)
- 94. 4,4' DDD (p,p'-TDE)

Endosulfan and metabolites

- 95. a-endosulfan-alpha
- 96. b-endosulfan-beta
- 97. Endosulfan sulfate

Endrin and metabolites

- 98. Endrin
- 99. Endrin aldehyde

Heptachlor and metabolites

- 100. Heptachlor
- 101. Heptachlor epoxide

Hexachlorocyclohexane (all isomers)

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| 102. a-BHC-alpha | 125. Selenium (total) |
| 103. b-BHC-beta | 126. Silver (total) |
| 104. G-BHC (lindane)gamma | 127. Thallium (total) |
| 105. d-BHC-delta | 128. Zinc (total) |

Polychlorinated biphenyls
(PCBs)

- 106. PCB-1242 (Arochlor 1242)
- 107. PCB-1254 (Arochlor 1254)
- 108. PCB-1221 (Arochlor 1221)
- 109. PCB-1232 (Arochlor 1232)
- 110. PCB-1248 (Arochlor 1248)
- 111. PCB-1260 (Arochlor 1260)
- 112. PCB-1016 (Arochlor 1016)

113. Toxaphene

114. Antimony (total)

115. Arsenic (total)

116. Asbestos (fibrous)

117. Beryllium (total)

118. Cadmium (total)

119. Chromium (total)

120. Copper (total)

121. Cyanide (total)

122. Lead (total)

123. Mercury (total)

124. Nickel (total)

129. 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo
p-dioxin-(TCDD)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a). CONCLUSIONES.

- a.1). Se desarrollaron dos modelos matemáticos uno para predecir el comportamiento de las descargas, el cual genero el programa RBJ y el otro para predecir la difusión turbulenta pasiva, que genero el programa PTD.
- a.2). El programa RBJ tiene la conveniencia de poder cambiar en su formulación las distribuciones de los perfiles - de velocidad, temperatura y densidad en caso de considerarse necesario. Además, se obtiene como resultado - dilución (relación entre flujos volumétricos), lo cual le da gran versatilidad.
- a.3). El programa PTD, presenta la facilidad de poder cambiar los valores de los coeficientes K_y y K_z en caso que las condiciones existentes en el cuerpo receptor lo requieran.
- a.4). Se reviso el estado actual de la legislación mexicana y basándose en las condiciones existentes en la legislación estadounidense se auguran algunos cambios como:
 - . Legislar en función de la tabla de contaminantes prioritarios, previa realización de pruebas en el país.

- a.5). En el estudio se presenta una guía que permite dirigir apropiadamente el diseño de un difusor, presentándose tanto las necesidades de datos como las consideraciones ingenieriles generales.
- a.6). Como ayuda de diseño es incluido un método de cálculo hidráulico para el defensor.
- a.7). La ingeniería de diseño de una descarga submarina es sumamente compleja pues interactúan disciplinas de diversos tipos: mecánica de suelos, meteorología, ingeniería sanitaria, biología, química, geología, etc. por lo mismo debe realizarse estudios completos de cuando menos un año de duración en la zona de instalación del difusor.
- a.8). Para grandes sistemas de drenaje la efectividad de la disposición de los desechos por dilución en los océanos depende de la eficiencia de dispersión del desecho dentro del cuerpo receptor.
- a.9). En sistemas de difusión marina, se persigue un mezclado que alcance los siguientes propósitos:
- a). Oxidación efectiva de los sólidos suspendidos así como de los compuestos orgánicos suspendidos.

b). Reducción de la concentración bacteriana.

c). Prevención de olores desagradables.

d). Remoción de partículas por sedimentación.

b). RECOMENDACIONES.

b.1). Con respecto al comportamiento de las descargas, se puede indicar:

b.1.1). Durante el desarrollo del modelo se considero un número infinito de descargas, es conveniente que el efecto de las descargas de los extremos del difusor sea analizado.

b.1.2). En la formulación del modelo se considero que el coeficiente "E" (razón de incursión) es -- proporcional a los límites del chorro, lo cual para el caso de descargas circulares el $2\pi b$; sin embargo para el caso de descargas en forma de ranura se define como proporcional a $2L$, se considera que sería más conveniente definirla como $4L$, ya que dos descargas contiguas se unirán cuando sus radios sean igual a $L/2$, y lo que más se acercaría al perímetro de la nueva des--

carga es el valor que se esta proponiendo (4L).

- b.2). En el aspecto de legislación se recomiendan los tópicos siguientes:
 - b.2.1). Es sumamente importante revisar el nivel de arsénico por el país.
 - b.2.2). Es sumamente importante clasificar apropiadamente a las industrias en función de los contaminantes esperados en sus descargas, para facilitar el control de las mismas.
 - b.2.3). Es necesario clasificar las aguas costeras nacionales zonalmente de acuerdo a las calidades establecidas.
- b.3). Es conveniente que en un futuro se comparen los resultados entre los dos enfoques presentados, el teórico -- del capítulo uno y el empírico del apéndice a.
- b.4). Debido a la simplicidad con que es considerada la acción de una corriente en el apéndice a es conveniente profundizar en este punto.

- b.5). Se recomienda para diseño velocidades de entre 0.6 y 0.9 m/seg, serán menores solo en caso de que el agua haya recibido tratamiento primario (retiro de solidos sedimentables). Las velocidades muy grandes provocan demasiadas pérdidas de carga, lo cual no es deseable.
- b.6). De ser posible el difusor estará orientado perpendicularmente a la corriente dominante, si no esta bien definida deberá utilizarse un difusor en forma de "y".

BIBLIOGRAFIA

- (1) La problemática del medio ambiente, en documentación administrativa; Escuela de Administración Pública, Madrid 1971 (Arroyo Gómez Miguel A.).
- (2) Mathematical Models for the prediction of temperature -- distribution resulting from the discharge of heated water into large bodies of water (Koh C.Y. Robert & Loh Nien - Fan).
- (3) Diffusion of submerged jets. Trans. Asce (1950) (Albertson N.L., Dai Y. B., Jensen R.A. & Rouse H.).
- (4) The formation of the temperature field in a stratified - Sea. Bull. of Acad. SCI. of the USSR Geophy Ser. (Glubeva U.N.).
- (5) Analisis of toxicity data for California Marine water - quality standards. Jwpcf Vol. 51 #8 (Klapow L.A. & Lewis H.R.).
- (6) Ocean plan toxicity data summaries (California State water resources control board sacramento).
- (7) Predeterminin the extent of a sewage field in the sea. (Rawn & Palmer) Trans ASCE Vol. 94, 1930.
- (8) Engineering Hidraulics. By warnock.
- (9) Diffusion of submerget jets. Trans ASCE Vol. 105, 1950 - (Albertson, Dai, Jensen & Hunter).

- (10) Diffusers for disposal of sewage in sea water. Proc. ASCE Vol. 86 SAZ, 1960 (Rawn & Bowerman).
- (11) Turbulent diffusion ADV Appl Mech Academic Press (Frankiel F.N.).
- (12) Estatistical proprieties of a fluctuation plume dispersion model. ADV. Geophis 1959 (Grifford F.).
- (13) Dispersion of a surface waste field in the sea. JWPCF -- July 1966 (Foxworthy, Tibby & Barson).
- (14) An investigation of the efficacy of submarine outfall -- disposal of senage and sludge. Publication # 14 Calif. -- water Pollution control board, 1956 (Perarson E.A.)
- (15) Ocean outfall design, final report to the City of Los Angeles. Hyperion Eng, 1957
- (16) Elementary mechanics of FWIDS (Rouse).
- (17) Aplication of conformal happing to diuiled flow. (Edwars ann Arbor).
- (18) Diffuser for disposal of sewage in sea water (Rawn, Hon, Bowerman & Brooks trans ASCE).
- (19) Water pollution control. Chemical eng june 30 1980 - - (Robertson, Cowen & Longfield).
- (20) Engineering considerations in the design of an ocean outfall (Beckman W.I.).
- (21) Determination of vertical eddy diffusion in the upper -- layer of the black sea by direct method. Issue #2; 1963 series, soviet Oceanography Trans. of the Marine Hidrophysical Institue, Acad. of SCI. of the USSR (Isayeva & Isayev)