

00576  
lej.  
2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

División de Estudios de Posgrado



---

---

**DETERMINACION DEL GASTO SOLIDO EN EL  
TRANSPORTE DE ARENAS EN LECHOS MARINOS  
CON ORO-198.**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de  
MAESTRO EN CIENCIAS NUCLEARES

P r e s e n t a

**Gerardo Rodríguez Aranda**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



México, D. F. 1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**C O N T E N I D O****Pág.**

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I.</b>	<b>2</b>
<b>Marcado de arena con Oro-198 y medidas de seguridad radiológica utilizadas.</b>	
<b>Capítulo II</b>	<b>11</b>
<b>Transporte e inyección del radiotrazador y medidas de seguridad radiológica utilizadas.</b>	
<b>Capítulo III</b>	<b>24</b>
<b>Trabajo de campo.</b>	
<b>Capítulo IV</b>	<b>38</b>
<b>Principios teóricos aplicados en la obtención del gas sólido.</b>	
<b>Capítulo V</b>	<b>45</b>
<b>Procesamiento de la información.</b>	
<b>Capítulo VI.</b>	<b>54</b>
<b>Resultados y discusión</b>	
<b>Conclusiones</b>	<b>87</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>89</b>
<b>Apéndice A.</b>	<b>90</b>
<b>Diagrama de bloques del proceso de cómputo.</b>	
<b>Apéndice B</b>	<b>100</b>
<b>Descripción del sistema de detección utilizado.</b>	
<b>Apéndice C</b>	<b>102</b>
<b>Ubicación Geográfica del estudio.</b>	

## INTRODUCCION

El estudio del movimiento de sedimentos en lechos marinos, es necesario cuando se planea construir un puerto. Entre las técnicas utilizadas para dichos estudios, se encuentra el balance del radiotrazador, que da una estimación útil de la cantidad de sedimento que se desplaza por día y por metro (perpendicular al desplazamiento).

Los objetivos principales de este trabajo son: a) presentar las características de la obtención del radiotrazador utilizado, describiendo detalladamente las medidas de seguridad empleadas, b) describir el manejo del radiotrazador y su seguridad radiológica, durante el transporte e inyección en el fondo del mar, c) descripción de la forma de detección y el equipo utilizado, d) describir el procesamiento de la información obtenida en el campo y finalmente e) la estimación del gasto sólido y la determinación de la dirección y velocidad de desplazamiento de los sedimentos en el fondo del mar, frente a la costa de Tabasco, para utilizarse conjuntamente con la información obtenida mediante otras técnicas de manera que se pueda hacer una buena planeación de las operaciones de dragado durante la construcción, y posteriormente el mantenimiento de la terminal marítima de Dos Bocas.

El primer paso es obtener el radiotrazador, que en este caso fue arena de granulometría uniforme, marcada superficialmente con Oro-198. El segundo paso es transportar la arena al lugar de interés, colocarla en el equipo de inyección y depositarla en el fondo del mar. El tercer paso es detectar el radiotrazador en el lecho, desde una embarcación que arrastra un trineo, el cual lleva montado un detector de centelleo de yoduro de sodio activado con talio  $\text{NaI(Tl)}$  (sonda). El cuarto paso es procesar la información de campo y obtener los resultados correspondientes.

## C A P I T U L O I

### MARCADO DE ARENA CON ORO-198 Y MEDIDAS DE SEGURIDAD RADIOLOGICA UTILIZADAS

Con apoyo en la bibliografía consultada (1) se decidió marcar 2 lotes de 1 kg de arena de granulometría uniforme de diámetro 0.17 mm con 3.426 Ci y 2.419 Ci. El método de marcado (2) se describe a continuación:

#### - Tratamiento químico de la arena

- Contacto de 1 kg de arena con 2 l de HNO<sub>3</sub> concentrado durante 1 hr con agitación constante. Se decanta el ácido.
- Se enjuaga la arena con agua destilada hasta pH 7.
- Contacto de la arena con 2 l solución de NaOH al 15% (a 90° C) con agitación constante durante 1 h. Se decanta la so-  
sa.
- Se enjuaga la arena con 2.5 l de una solución de HCl al 3% durante 10 min, con agitación constante.
- Se enjuaga la arena con agua destilada hasta pH 7.
- Se seca en estufa durante 5 h a 100°C.
- Contacto con una solución preparada:  
Se disuelve: 50 g de cloruro estanoso en una solución de -  
HCl al 11.8% (548 ml de HCl al 37.9% llevados a 2 l con a-  
gua destilada).  
durante una h a temperatura ambiente y agitación.
- Se decanta y se lava con agua destilada hasta eliminar el  
exceso de la sal, lo que se comprueba cuando al agregar una  
solución de Nitrato de Plata al líquido de lavado no se pre-  
cipita plata (AgCl).
- Dos soluciones (1 y 2) se agregan simultáneamente a la are-  
na (a la cual se le han agregado previamente 100 ml de Pirri-

dina concentrada) y se deja en contacto durante 5 min agitando.

- Se decanta y se enjuaga con agua destilada hasta que el agua salga limpia.

Nota:

La solución 1: 5 g de Sulfato de Hidracina en 200 ml de agua destilada.

La solución 2: 15.7 g de Nitrato de Plata en 2 l de agua destilada, neutralizada con hidróxido de amonio.

- Marcado

El marcado consiste en añadir una solución de ácido clorhídrico  $\text{HAuCl}_4$ , a la arena plateada y mantener esta en suspensión, en agua a pH 1 durante 10 minutos. Esta operación se complica fuertemente, cuando la solución de ácido clorhídrico contiene Au-198 con una actividad del orden de curios. A continuación se describen detalladamente los pasos a seguir para tener un manejo seguro del material radiactivo:

- I) La arena plateada se coloca en un recipiente de plástico PVC (ver figura 1-1), y se le añade una solución acuosa de ácido clorhídrico a pH 1. Dicho recipiente sirve para transportar la arena, hasta que esta sea inyectada en el fondo del mar.
- II) El recipiente de PVC se coloca en el contenedor de transporte descrito en el capítulo 2.
- III) El contenedor de transporte se coloca dentro de una celda caliente (que se describe más adelante), donde se instala un agitador (ver figura 1-2) que se maneja desde afuera. Dicho agitador sube o baja, de modo que pueda bajar hasta el recipiente de PVC, y subir hasta quedar totalmente fuera del mismo, para ser retrado con los manipuladores de la celda caliente.



Figura 1.1.- Recipiente de plástico PVC en el cual se marca la arena y se transporta hasta el lecho marino

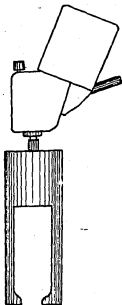


Figura 1.2.- Esquema del agitador de PVC utilizado en el marcado de la arena.



- IV) El material radiactivo en forma de ácido cloroaurico, se encuentra en un frasco ampula de 10 ml del tipo usado para penicilina, dentro de un contenedor de plomo que se coloca junto al soporte del agitador.
- V) En otro soporte se coloca una jeringa con 10 ml de agua, para enjuagar el frasco del material radiactivo.
- VI) En una charola de plástico, se coloca un vaso de vidrio de 4 l lleno de agua para lavar el agitador después de usarlo.
- VII) Se instala una bomba de vacío con una trampa, donde se deposita por succión el líquido sobrenadante, después del marcado.
- Se colocan las tapas de plomo del contenedor de transporte.
- VIII) Todo lo anterior se coloca en una mesa, al alcance de los manipuladores de la celda caliente, cuya compuerta se cierra antes de iniciar la operación de marcado.
- IX) Con el agitador en posición baja, listo para entrar en acción, se destapa el contenedor de material radiactivo y se extrae el frasco ampula de 10 ml, que contiene 220 mg de oro en forma de ácido cloroaurico.
- X) Se destapa el frasco ampula y se vierte su contenido en el recipiente de PVC, cuidando de que el líquido no caiga en el vástago central del recipiente, a fin de no desperdiciar material radiactivo al contaminar dicho vástago, dada la alta actividad específica que existe en esos momentos.
- XI) Se coloca el frasco ampula bajo la jeringa y se depositan en él, 10 ml de agua que diluyen la actividad que aún queda en las paredes, y luego se vacían en el recipiente de PVC.
- XII) Se guarda el frasco ampula en su contenedor original con todo y su tapa, y se cierra el contenedor.

- XIII) Simultáneamente con el XII) se inicia la agitación de la arena, y se mantiene durante diez minutos.
- XIV) Se detiene la agitación, se levanta el agitador hasta dejarlo fuera del recipiente de PVC, se gira hasta colocarlo sobre el vaso de 4 l de agua y se baja ahí para que se lave.
- XV) Se coloca el tubo de extracción en el recipiente de PVC y se extrae el líquido sobrenadante, por succión con la bomba del vacío.
- XVI) Con una cucharilla de porcelana se extrae una muestra de la arena marcada y se deposita en un vaso de 100 ml.
- XVII) Se coloca la tapa del recipiente de PVC, las 2 tapas de plomo y la tapa de lámina del contenedor de transporte.
- XVIII) Se coloca este contenedor en una caja de madera con relleno de un material absorbente.
- XIX) La caja de madera se sube a una camioneta y se sujeta firmemente.

### Características de la celda caliente del Reactor Triga del Centro Nuclear

#### A).- Blindaje

La celda caliente a usar para el marcado de arena consta en su perímetro de una pared lateral, techo y piso de cemento endurecido ( $\mu_{1\text{MeV}} = 0.213 \text{ cm}^{-1}$ ) con un espesor de un metro.

La reducción de la intensidad en estas paredes es la siguiente (para cualquier radioisótopo de 1 MeV de energía):

Espesor  $X$  de pared = 100 cm

Coef. de atenuación para concreto  $\mu_{1\text{MeV}} = 0.213 \text{ cm}^{-1}$

Intensidad inicial =  $I_0$

$I = I_0 e^{-\mu X} = I_0 e^{-(0.213)(100) \text{ cm/cm}} = 5.617 \times 10^{-10} I_0$

Relación de reducción =  $\frac{1}{10} = 1.12 \times 10^{-5}$

Además por 100 cm de distancia existe una atenuación de aproximadamente 10 000 veces.

La otra pared lateral y la pared frontal tienen el mismo espesor y mismo material que la anterior, solo que ambas paredes tienen empotrada una ventana de bromuro de zinc ( $\mu_{1\text{Mev}} = 0.141 \text{ cm}^{-1}$ ) con una capa de vidrio de plomo\* ( $\mu_{1\text{Mev}} = 0.439 \text{ cm}^{-1}$ ) con 2.5 cm de espesor dando la siguiente reducción de intensidad:

A) para la ventana de bromo

espesor  $X = 100 \text{ cm}$

$$\mu_{1\text{Mev}} = 0.141 \text{ cm}^{-1}$$

$$I = I_0 e^{-\mu X} = I_0 e^{-(0.141)(100)} = 7.524 \times 10^{-7} I_0$$

B) para la ventana de plomo

$X = 2.5 \text{ cm}$

$$\mu_{1\text{Mev}} = 0.439 \text{ cm}^{-1}$$

$$I = 7.524 \times 10^{-7} I_0$$

$$I_f = I e^{-\mu X} = 7.524 \times 10^{-7} I_0 e^{-(0.439)(2.5)} = 2.511 \times 10^{-7} I_0$$

Además de la atenuación de  $2.755 \times 10^{-7}$  veces se tendrá la atenuación por distancia de aproximadamente 10 000 veces.

Esta ventana permite un marco de visibilidad de 120 cm X 100 cm. Por la parte trasera, la celda esta protegida por una compuerta de concreto endurecido y forrada de acero, recubierta con pintura, siendo el espesor de 60 cm.

Esta compuerta esta alejada de la mesa aproximadamente 2 m. y es movida electromecánicamente por 3 botones y 2 interruptores, de los cuales, uno cierra la compuerta, otro la abre, y otro la detiene en cualquier posición deseada. Los interruptores paran el movimiento de la compuerta al abrir o cerrar completamente.

\* Los valores de  $\mu$  fueron proporcionados por el fabricante de la celda caliente.

### B).- Manipulación y alcance

Para poder manejar materiales radiactivos, la celda está provista de 2 pares de brazos electromecánicos, colocado cada par de brazos en cada pared con ventana de bromuro de zinc.

Estos brazos marca PYE de manufactura inglesa son operables desde el exterior de la celda, quedando protegido el operador.

En vista de que estos brazos o manipuladores son de desplazamiento lateral, y además del movimiento vertical normal, pueden aumentar la distancia del brazo dentro de la celda, con un sistema electromecánico, estos manipuladores son capaces de llegar a cualquier parte de la mesa de trabajo, desarrollando completamente todos sus movimientos. El operador puede efectuar todos los movimientos de los manipuladores desde los descansamanos.

La mesa de trabajo mide 1.2 m X 1.5 m y se encuentra a la altura donde empieza la ventana de bromuro de zinc. Esta mesa es móvil, y puede ser llevada a cualquier parte de la celda pudiéndose anclar para evitar sus movimientos.

### C).- Sistemas complementarios

Esta celda consta de una serie de sistemas complementarios los cuales son mencionados a continuación:

- 1.- Sistema de alarmas. Este sistema ha sido implantado de tal manera de que, en caso de que el material rebasara el límite de actividad para el cual fueron diseñadas las celdas, avisa a los operadores sonando la alarma.
- 2.- Ductos no colineales. Estos ductos atraviesan la pared blindada en forma no perpendicular, para poder meter conexiones a la celda operándose desde el exterior.
- 3.- Grúa. Esta grúa, localizada en el interior de la celda, soporta 1.5 ton. y es capaz de llegar a cualquier punto de la celda operándose desde el exterior.

- 4.- Sistema de extracción. Esta celda consta de un sistema de extracción con sus respectivos ductos, conectados a un filtro absoluto.
- 5.- Periscopio. Este periscopio provee a la celda de una visión total de la mesa de trabajo desde una vista superior.

## C A P I T U L O   I I

### TRANSPORTE E INYECCION DEL RADIOTRAZADOR Y MEDIDAS DE SEGURIDAD RADIOLOGICA UTILIZADAS

La arena marcada se coloca dentro del recipiente de PVC, que a su vez va dentro de un blindaje de plomo y una caja de madera, que se transporta en una camioneta desde el Centro Nuclear hasta el muelle, donde se abre el embalaje y se transvasa el recipiente de PVC al equipo de inyección de arena; este equipo se lleva en una embarcación hasta el lugar de inyección, donde se desciende el inyector por medio de una grúa que previamente se ha montado en la embarcación.

A continuación se describe detalladamente cada una de las partes involucradas en el transporte e inyección de la arena marcada con oro-198.

#### Contenedor de arena marcada (Recipiente de PVC)

Este dispositivo se utiliza para transportar arena marcada. Como se muestra en la figura I-1, es un cilindro hueco, hecho de PVC, el cual en su parte superior está cerrado y únicamente tiene una perforación central, por donde entra a presión un vástago también perforado a todo lo largo que termina en forma cónica, la base del cono es prácticamente la base del cilindro sellándola a la vez, para evitar el escape de arena que contiene en su cavidad el cilindro.

La base del cono cuenta con un anillo de plomo, que le sirve de lastre cuando el vástago es expulsado por el tornillo del inyector. Al efectuarse la operación anterior el vástago detiene su caída en los rayos del inyector blindado, cuando su desplazamiento ha sido suficiente para arrojar toda la arena marcada.

Este contenedor de PVC, cuenta con un seguro de alambre

en la parte inferior que detiene el vástago (base cónica), evitando así una expulsión de arena en un tiempo no deseado, el alambre es detenido por las paredes del cilindro hueco y es colocado en forma diametral.

En la parte lateral el contenedor posee dos cejillas, (ver figura II-1) colocadas aproximadamente en su parte media y diametralmente opuestas, para poder detenerse dentro del inyector blindado y facilitar la expulsión del vástago.

#### Descripción del embalaje

El embalaje sirve para el transporte del contenedor de PVC de arena marcada al lugar de trabajo.

Está compuesto por un bote de hojalata de 28 cm. de diámetro por 29 cm de altura que contiene un cilindro de plomo (ver figura II-2), de 18 cm. de diámetro exterior y 12.7 cm. de diámetro interior y una altura de 24 cm., teniendo espesor de pared y de la base de 2.5 cm. La cavidad disponible del cilindro de plomo es de una altura de 19 cm. para el alojamiento del contenedor de PVC.

Una vez que el contenedor de PVC con arena marcada ha sido colocado dentro del cilindro de plomo, éste es cerrado por medio de dos tapas de plomo de 2.5 cm. de espesor,

Entre el bote de hojalata y el cilindro, se colocan unos separadores en el espacio libre que hay entre ellos, para evitar que exista movimiento del cilindro durante su transporte, los separadores son contrufidos de hierro, con una capa de plomo de 1.5 cm.

Todo lo anterior se lleva dentro de un huacal de 50 cm. de lado, y las partes libres se rellenan con un material absorbente (amortigua el impacto y absorbe líquidos).

#### Descripción del equipo de inyección de arena

El equipo fue diseñado para reducir los riesgos que se presentan debido al manejo de arena marcada con material radiactivo.

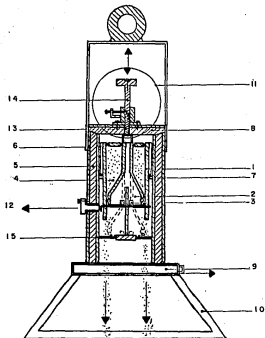


Figura II.1.- Corte transversal del inyector. El número 1 indica el depósito de PVC; 2, aditamento de PVC en forma de embudo; 3, rondana de plomo; 4, arena; 5, blindaje de plomo; 6, camisa de acero inoxidable; 7, salientes; 8, tapa del blindaje; 9, fondo removible; 10, estructura de hierro; 11, aditamento de disparo; 12, tapa; 13, resorte; 14, vástago y 15, rayos guía del aditamento en forma de embudo.



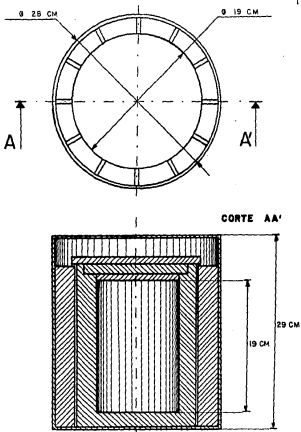


Figura 11.2.- Corte transversal del contenedor de plomo usado para transportar el material radiactivo del Centro Nuclear hasta Puerto Ceiba, Tabasco.

vo y sirve para estudios de movimiento de arena y sedimentos en ríos, puertos, lagos, etc. (ver figura II-1 y II-3).

Está compuesto principalmente por un cilindro de 19.9 cm. de diámetro exterior y 18.5 cm. de diámetro interior por 31 cm. de altura, el cual cuenta con una pared de 2.9 cm. de espesor construida por dos capas de acero inoxidable de 0.2 cm. y 0.2 cm. respectivamente, así como una capa intermedia de plomo de 2.5 cm. de espesor, que servirá de blindaje al contenedor de arena marcada.

En la parte superior del cilindro, cuenta con una tapa de 2.7 cm. de espesor, compuesta por dos capas, una de plomo de 2.5 cm. de espesor y otra de acero inoxidable de 0.2 cm. que es la capa superior. Esta tapa posee el dispositivo de accionamiento para el contenedor de arena, siendo éste un resorte de expulsión, contando además con un seguro para prevenir que el dispositivo sea accionado antes del tiempo deseado. Este seguro sirve también para hacer accionar el resorte de expulsión y tiene un chicote sujeto a él, que se puede accionar desde la superficie cuando el inyector ha sido sumergido en el medio a estudiar.

En la parte inferior, el cilindro cuenta con una placa de plomo de 2.5 cm. de espesor y de 22 cm. por lado (ver figura II-3), el propósito de ésta es de servir de blindaje y además detiene la arena en caso de que el seguro haya sido accionado accidentalmente.

En su cavidad el cilindro posee un sistema para detener el contenedor de arena marcada (rayos) y para evitar también que se gire en el interior, en esta parte se cuenta también con un seguro circular que evita que el contenedor se abra, antes de ser expulsada la arena.

El contenedor de arena marcada, cuenta con un seguro de alambre en su parte inferior que se quita por medio de unas pinzas apropiadas para esto, cuando el contenedor se encuentra dentro del inyector. Es por lo que el cilindro cuenta con un orificio en su parte lateral (ver figura II-3), para poder introducir las pinzas

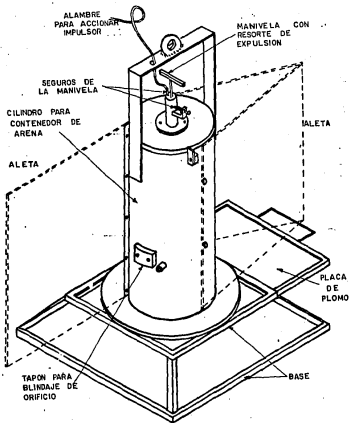


Figura 11.3.- Inyector de Arenas.

y quitar el seguro en el momento de hacer la inyección, este orificio cuenta con un tapón para su blindaje.

El inyector cuenta con una base de forma piramidal de ángulo de  $3/4^{\circ}$  (ver figura II-3) de base menor de 25.5 cm. por lado y 50 cm. por lado de base mayor, con una altura de 15 cm.

Tiene el inyector soldadas unas placas de hierro en su parte superior, provistas de una argolla para su transporte y elevación por medio de una polea.

Para evitar que el inyector al ser transportado en una fuerte corriente de agua, pueda sufrir desorientaciones ó arrastres, cuenta con dos aletas colocadas lateralmente en el cilindro de inyección, (ver figura II-3) y en forma opuesta, éstas son desmontables y sólo se usan cuando se considera necesario.

#### Grúa Semiportátil

Este dispositivo, está diseñado para soportar hasta 200 kg. de carga, suficiente para sostener el inyector (80 kg.) y bajarlo al fondo marino; así como para subir y bajar el sistema de detección (70 kg.) mediante un malacate eléctrico acoplado a la grúa. Esta presenta un desplazamiento angular de  $0^{\circ}$  a  $180^{\circ}$ .

La grúa se fija a la embarcación por soportes que la sujetan firmemente para efectuar las operaciones necesarias.

#### Cálculo de la rapidez de exposición a contacto del embalaje

El embalaje fue diseñado para transportar hasta 6 Ci en forma segura. A continuación se calcula la rapidez de exposición  $I_x$  para 3 Ci a contacto del embalaje.

Las fórmulas empleadas son:

$$- I_{x1} = 6.6298 \times 10^{-8} \rho_{O1} n_1 E_1 (\mu a / \rho)_{aire} R/h \dots\dots\dots(1)$$

donde, para fuente volumétrica cilíndrica\*:

$$- \beta_{01} = \frac{B_1 S_{v1} R}{\pi} G_1 (K^1, p, \mu_s R = 0, b_1) \text{ (fotones/s.cm}^{-2}\text{)} \dots (2)$$

con:

- B = factor de build-up
- $S_v$  = actividad específica (des/s. cm<sup>3</sup>)
- R = radio del cilindro (cm)
- G = factor de atenuación debido al blindaje, para la energía  $E_1$
- $K^1 = h/2 R$
- h = altura del cilindro (cm)
- p =  $b/R > 1.25$
- b = distancia del eje del cilindro al punto de interés (cm)
- $\mu_s$  = coeficiente de autoabsorción lineal (cm<sup>-1</sup>)
- $b_1 = \mu_a X$
- $\mu_a$  = factor de atenuación lineal del plomo (cm<sup>-1</sup>)
- X = grosor del blindaje (cm)

\* "Engineering Compendium on Radiation Shielding",  
 Volume I, Editores: Jäeger,  
 Blizard, Chilton, etc. Heidelberg, Alemania,  
 174, 177, (1968).

Los datos que se tienen son:

$E_i$ (MeV)	$\lambda$	$n$	emisión
0.412	95	0.95	$\gamma$
0.676	1	0.01	$\gamma$
1.088	0.2	0.002	$\gamma$
0.962	100	1.0	B

$A = 3$  Ci de Au-198

Volumen de la fuente =  $700 \text{ cm}^3$

Radio del cilindro =  $5.25 \text{ cm}$

Densidad del plomo =  $11.35 \text{ g/cm}^3$

Altura del cilindro =  $8.1 \text{ cm}$

Distancia a las paredes del embalaje =  $25 \text{ cm}$

Grosor del blindaje =  $4 \text{ cm}$  de plomo

Número atómico efectivo del PVC =  $5.3$

Cálculos:

La energía promedio de las partículas beta es  $2/3$  de su energía máxima, esto es:  $\bar{E}_B = 0.6413 \text{ MeV}$ .

Considerando por simplicidad que todas las partículas beta, son frenadas en PVC, se origina bremsstrahlung con una actividad dada por:

$$A_b = 1.1 \times 10^{-3} Z_{\text{PVC}} E_B A n_B = 1.0992 \times 10^{-2} \text{ Ci}$$

de acuerdo a esto, las actividades específicas son:

$$S_{V_Y} = 1.5857 \times 10^8 \text{ des/s. cm}^3$$

$$S_{V_B} = 5.8101 \times 10^5 \text{ des/s. cm}^3$$

Los coeficientes de atenuación másicos y lineales son:

E (MeV)	$(\nu/\rho)_{\text{aire}}$	$(\mu_a/\rho)_{\text{pb}}$	$\mu_a$ pb
0.412	0.0296	0.2226	2.5265
0.676	0.0293	0.1111	1.2613
1.088	0.0276	0.0674	0.7654
0.6413*	0.0295	0.1175	1.3331

además se tienen los siguientes valores:

$$\kappa^1 = 0.7714 \text{ y } p = 4.7619$$

y para  $b_1 = \mu_a X$ , se tiene, para  $X = 4$  cms.

10.1060  
5.0452  
3.0616  
5.3324\*

empleando las tablas de "build-up" para plomo, se tiene respectivamente:

2.0383  
2.0678  
2.0289  
2.0810\*

y unos factores de atenuación con valor:

$2.6542 \times 10^{-6}$   
 $7.6114 \times 10^{-4}$   
 $4.5831 \times 10^{-3}$   
 $6.5745 \times 10^{-4}$ \*

\* Correspondiente a la radiación producida por el frenado de las partículas beta (considerando por seguridad el valor de E máxima).

Sustituyendo valores en las ecuaciones 2 y 1, se tiene:

$$\beta_1 = 1.4336 \times 10^3 \text{ fotones/s. cm}^2$$

$$\beta_2 = 4.211 \times 10^5 \quad "$$

$$\beta_3 = 2.4641 \times 10^6 \quad "$$

$$\beta_4 = 1.3284 \times 10^3 \quad "$$

$$I_{x1} = 1.1011 \times 10^{-3} \text{ R/h}$$

$$I_{x2} = 5.5297 \times 10^{-3} \quad "$$

$$I_{x3} = 9.8113 \times 10^{-3} \quad "$$

$$I_{x4} = 1.6661 \times 10^{-3} \quad "$$

Sumando las  $I_{xi}$  se tiene el índice de exposición total a contado del embalaje que es (a 25 cm del centro de la fuente radiactiva):

$$I_x = \sum_{i=1}^4 I_{xi} = 18.108 \text{ mR/h}$$

El transvase de la arena del contenedor al inyector, se hace sobre la embarcación, puesto que no existe blindaje, y considerando que a 1 m la fuente se puede tomar como puntual:

$$I_x = \frac{rA}{r^2} \dots\dots\dots(3)$$

donde

- $r = 0.23 \text{ R/h}$  a 1 m por 1 Ci, para oro-198
- $A = 3 \text{ Ci}$  de oro 198
- $r = \text{distancia de la fuente al punto de interés} = 1.35 \text{ m}$

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación 3

$$I_r = 0.379 \text{ R/h} = 379 \text{ mR/h}$$



Si la operación de transvase, se efectúa con pinzas de 1 m de longitud (aproximadamente 1.35 m al cuerpo de la persona) en un tiempo t máximo de 1 min. La exposición será:

$$\text{Exposición} = It = 379 \frac{\text{mR}}{\text{h}} \times \frac{1}{60} \text{ h} = 6.32 \text{ mR}$$

La operación de transvase se ensayó en el laboratorio, previendo una disposición de personal y equipo que se muestra en la figura II-4. El método consiste en:

- 1.- Se quita la tapa exterior (de hojalata)
- 2.- Se quita la tapa interior (de plomo)
- 3.- Con pinzas de 1 m, el operador señalado en la figura II-4 con el número 5, extrae el recipiente de PVC y lo coloca sobre la tapa del inyector.
- 4.- El operador señalado con 6, toma el recipiente de PVC, con otras pinzas, y lo coloca dentro del inyector
- 5.- el operador (número 5), cierra la tapa
- 6.- Se colocan los seguros del inyector

Una vez que se deposita el recipiente de PVC, en el inyector, se cuenta con una protección de 2.5 cm de plomo, y los valores de la rapidez de exposición son bajos, tomando en cuenta que el tiempo de transporte en la embarcación no es mayor de 1 hr. En la figura III-2 se muestran los valores de la rapidez de exposición - una vez que el material radiactivo se encuentra dentro del inyector.

Al llegar al punto de inyección, el inyector se desciende por medio de la grúa como se describe en el capítulo III.

- 1.- TAPA EXTERIOR DE 3
- 2.- TAPA INTERIOR DE 3
- 3.- CONTENEDOR DE TRANSPORTE.
- 4.- INYECTOR.
- 5.- OPERARIO 1
- 6.- OPERARIO 2

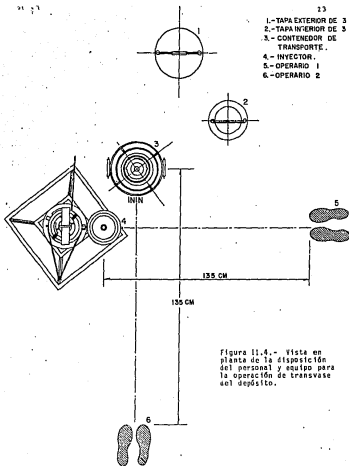


Figura 11.4.- Vista en planta de la disposición del personal y equipo para la operación de transvase del depósito.

## C A P I T U L O   I I I

### TRABAJO DE CAMPO

#### Montaje del equipo

Dado que la embarcación estaba construida de fibra de vidrio, la grúa se montó en la popa de la manera mostrada en la figura III.1.

#### Simulación de inyección

Para comprobar el correcto funcionamiento del inyector y del equipo, se realizaron tres pruebas que consistieron en sembrar arena inerte siguiendo el procedimiento tal y como se describe en la parte de inyección, de este capítulo.

#### Detección del nivel de radiación de fondo

Inicialmente se pensó en hacer una medición del nivel de radiación de fondo, promediando los conteos obtenidos a lo largo de dos transectos que se cruzaron. Un transecto orientado norte-sur y otro este-oeste. El procedimiento fue el mismo que se describe en la parte de rastreo, pero el conteo fue realizado de la manera siguiente:

- El escalador se encendía al iniciar el transecto y se apagaba pasado un minuto, anotándose la lectura.
- Se dejaba pasar un minuto y se volvía a encender por un minuto, así sucesivamente hasta terminar el transecto.

Las lecturas aparecen en la tabla III.1. Como se puede ver las fluctuaciones en los conteos son altas. Por esta razón, en lu-

gar de considerar el promedio como lectura de fondo constante, se tomó el valor obtenido en cada zona de rastreo. Tal variación puede deberse a pequeñas cantidades de radiactividad natural en el fondo del mar, o bien a depósitos provenientes de explosiones nucleares como se indica en la ref. (6).

#### Inyección y rastreo No. 1.

##### - Preliminar

El transporte del material radiactivo se recibió en la dársena del Puerto de Dos Bocas. El contenedor de transporte se trasladó a la embarcación y el depósito de PVC se trasladó al inyector situado en la popa siguiendo el procedimiento indicado en el capítulo II.

Se pusieron los dos seguros del inyector.

Se hizo un monitoreo del nivel de radiación en diversos puntos del inyector. Los valores aparecen en la figura III.2.

La embarcación se trasladó al punto de inyección. El personal participante consistió de:

- Dos profesionistas y un técnico para operar el equipo detector de radiaciones.
- Un técnico (operador del equipo de posicionamiento y buzo)
- Capitán y tres marineros.
- Un profesionista experto en oceanografía.

##### - Inyección (12 de Marzo)

- a) El punto de la inyección 1 tuvo coordenadas:  $X = 105 + 641.96$ ,  $Y = 29 + 890.41^*$ , con la indeterminación dada por el movimiento in situ de la embarcación.

---

\* Sistema de coordenadas utilizado para todos los trabajos del puerto de Dos Bocas. Su origen se encuentra en el Estado de Veracruz.

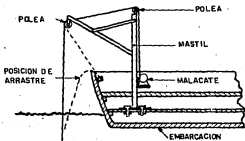


Figura III.1.- Esquema de la instalación de la grúa para mover el inyector y arrastrar el trineo.

Tabla III.1.- Conteo de fondo. Las posiciones corresponden al inicio y fin de un recorrido de 1 minuto, aproximadamente en línea recta.

Posición al inicio (X,Y)	Posición al final (X,Y)	conteo (cpm)	Posición al inicio (X,Y)	Posición al final (X,Y)	conteo (cpm)
104+486,29+583	104+529,29+162	790	104+529,31+949	104+533,32+076	210
104+583,29+317	104+583,29+407	570	104+591,32+049	104+551,31+932	220
104+543,29+522	104+477,29+623	220	104+507,31+804	104+494,31+680	190
104+444,29+736	104+447,29+860	200	104+481,31+555	104+473,31+427	180
104+469,29+980	104+513,30+108	210	104+479,31+299	104+494,31+166	220
104+554,30+228	104+585,30+353	200	104+505,31+037	104+517,30+909	200
104+588,30+477	104+551,30+598	230	104+511,30+704	104+489,30+659	190
104+527,30+710	104+483,30+833	215	104+477,30+533	104+475,30+405	190
104+508,31+220	104+484,31+327	190	104+489,30+274	104+490,30+140	330
104+465,31+447	104+473,31+551	240	104+516,29+-10	104+534,29+876	630
104+405,31+709	104+508,31+825	200	104+545,29+745	104+534,29+614	750
-	-	970	104+504,29+493	104+476,29+493	520
-	-	930	104+459,29+220	104+476,29+098	700
-	-	950	104+481,28+957	104+486,23+033	820

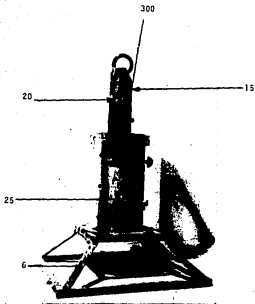


Figura III.2.- Niveles de exposición en mR/h, una vez introducido el depósito de PVC en el inyector, determinados con el Teletector.

- b) Se enganchó el inyector al cable de la grúa y se levantó hasta colocarlo en la posición de descenso a babor.
- c) Se inició el descenso hasta tocar fondo.
- d) El buzo descendió, liberó la tapa-seguro y también el seguro del depósito de PVC del inyector. Enganchó el pasador de dís-  
paro al chicote y subió a la superficie y a la embarcación.
- e) Se accionó el chicote, con lo que se "sembró" la arena. Este punto de inyección se marcó con una boya.
- f) Se subió el inyector alrededor de 2 m y se dejó por 5 min para que se levantara por la entrada de agua favorecida por el movimiento de la embarcación.
- g) Se subió el inyector hasta la superficie del agua y se monitorea el exterior con el Teletector, sin encontrar contaminación
- h) Se subió el inyector a la embarcación, se abrió y se monitoreó el interior, midiéndose una rapidez de exposición de 2.5 mR/h. Se colocó la tapa-seguro y se cerró.

### Rastreo

#### Día 12 de Marzo

- a) Se colocó la sonda en el trineo, colocando una cinta adhesiva en ambos lados del trineo (para saber de qué lado cayó por el desgaste de la cinta).
- b) El trineo se descendió hasta el fondo, con una longitud del cable de 35 m y simultáneamente se encendió el equipo electrónico.
- c) Se inició el rastreo, siguiendo la trayectoria mostrada en la Figura III.3 (la trayectoria fue seleccionada a sugerencia del oceanólogo y por facilidad de maniobra). En vista de que en dicho rastreo no se detectó el material radiactivo se decidió



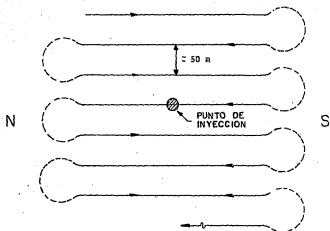


Figura III.3.- Trayectoria del primer intento de rastreo.

hacer un rastreo en dirección Este-Oeste, que permitía pasar más cerca del punto de inyección, ya que en el primer recorrido se topaba con equipo sumergido.

- d) Siguiendo la trayectoria Este-Oeste (ver figura III.4) se logró detectar el material radiactivo.
- e) Al término del segundo recorrido se subió el trineo hasta la superficie del agua, y se monitoreó con el Teletector, sin encontrar contaminación.
- f) El trineo se subió a la embarcación y se observó de qué lado se desgastó la cinta, deduciéndose que la distancia de la sonda al fondo fue de 11 cm.
- g) Se dió por terminado el rastreo.

#### Día 13 de Marzo

El día siguiente, se realizó un recorrido de 9 transectos en dirección aproximadamente Norte-Sur, tratando de cubrir un área alejada hasta 25 m al Oeste de la boya que marcaba el punto de inyección lo cual fue sugerido por el oceanólogo en base a los datos de las corrientes del día anterior. Los valores del conteo indicaron fondo, por lo cual se procedió a hacer un recorrido circular alrededor de la boya con un radio de aproximadamente 100 m, mediante el cual se localizó cualitativamente la nube radiactiva en el Este (ver figura III.5). Hecho esto:

- Se empezó a rastrear en transectos en dirección aproximada Norte-Sur hacia el Este. Fueron 15 transectos, en cada uno de los cuales se tomaron los siguientes datos:
  - Tiempos de inicio y final del transecto
  - Rangos de inicio y final de transecto
  - Conteo del escalador
  - Gráfica de la rapidez de conteo del medidor de relación

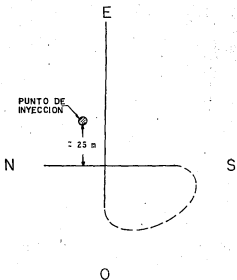


Figura III.4.- Trayectoria del segundo intento de rastreo.

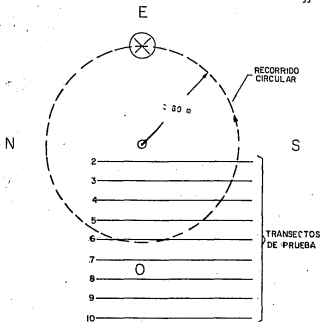


Figura III.5.- Esquema de los recorridos preliminares del día siguiente a la inyección, la cruz indica el área donde se localizó la nube.

- Un ejemplo del tipo de gráficas de la rapidez de conteo obtenidas se muestra en la figura III.6, donde además se incluye una ampliación dibujada de la imagen obtenida con un proyector de cuerpos opacos que facilitan la captación de la información.
- Al término, se comprobó nuevamente la posición del trineo por el desgaste de la cinta adhesiva.

#### Día 14 de Marzo

Este día, se le colocó al trineo una madera más gruesa para asegurar que la sonda quedara a la misma distancia del fondo independientemente del lado en que cayera el trineo.

- a) Se rastreó nuevamente en círculo alrededor de la boya para comprobar la localización de la nube. Se localizó en la dirección del día anterior.
- b) Se rastreó en 26 transectos en dirección aproximadamente Norte-Sur.
- c) Este día el mar se encontraba agitado lo cual dificultó el trabajo.

#### Día 15 de Marzo

- a) Recorrido circular
- b) 15 transectos en dirección aproximadamente Norte-Sur.

#### Día 17 de Marzo

- a) Recorrido circular
- b) 24 transectos en dirección aproximadamente Norte-Sur.

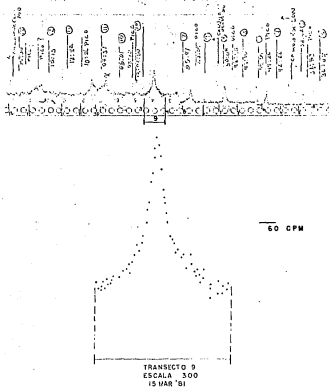


Figura III.6.- Ejemplo de una gráfica de la rapidez de conteo y de una amplificación obtenida mediante la proyección y dibujo de la anterior. El ejemplo corresponde al transecto 9 y el dato 60 cpm indica el nivel de referencia.

Inyección y Rastreo No. 2.- Preliminar

El transporte del material radiactivo se recibió en el muelle en Puerto Ceiba y el trasvase se realizó en el mismo lugar y con el mismo procedimiento. Los niveles de radiación en diversos puntos del inyector fueron aproximadamente 20% menores que los de la primera carga por tener una actividad menor.

- Inyección (17 de Marzo)

- a) El punto de inyección 2 tuvo coordenadas:  $X = 103 + 100$ ,  $Y = 30 + 600$ , con la indeterminación dada por el movimiento in situ de la embarcación. Una vez "sembrado" el material, se marcó con una boya el punto de inyección.

RastreoDía 18 de Marzo

- a) Rastreo circular  
b) 19 transectos en dirección aproximadamente Norte-Sur.

Día 19 de Marzo

No se rastreo por mal tiempo

Día 20 de Marzo

Se realizó el rastreo con 40 m de longitud de cable para evitar la posible suspensión del trineo debido a que la embarcación navegaba más rápido en la dirección Norte-Sur por la corriente y la marejada.

- a) Rastreo circular
- b) 19 transectos en dirección aproximadamente Norte-Sur

#### Días 21 y 22 de Marzo

El día 21 de Marzo no se pudo rastrear debido a que el equipo de posicionamiento se descompuso.

El día 22 de Marzo el tiempo fue malo.

#### Día 23 de Marzo

- a) Rastreo circular, observando que de ambos lados de la boya se encontraba la nube
- b) 17 transectos en la dirección aproximadamente Norte-Sur, de ambos lados de la boya
- c) Este día el mar estaba agitado



## C A P I T U L O   I V

### PRINCIPIOS TEORICOS APLICADOS EN LA OBTENCION DE GASTO SOLIDO

Se puede definir al gasto sólido como la cantidad de arena que atraviesa una unidad de área, en una unidad de tiempo. Cuando el área transversal es un dato conocido y constante, se puede suprimir la parte relativa al área y el gasto es entonces, la cantidad que circula o atraviesa esa sección por unidad de tiempo.

En este caso como el ancho de la sección sería infinito, es necesario determinar el gasto por unidad de longitud perpendicular al movimiento de la arena. La fórmula utilizada es:

$$- Q/l = \rho V_m E \dots\dots\dots(1)^*$$

donde

- Q = Rapidez de desplazamiento másico (ton/día)
- l = Ancho promedio de la nube (m)
- $\rho$  = Masa específica de la arena-agua (ton/m<sup>3</sup>)
- $V_m$  = Velocidad promedio del centroide (m/día)
- E = Espesor de la capa de arena en movimiento (m)

El espesor E se calcula mediante la siguiente expresión:

$$- (1/B) (\alpha/f_0) (N/A) E = 1 - e^{-E} \dots\dots\dots(2)^*$$

---

\* Tomada de G. Courtois and A. Monaco, "Radioactive Methods for the Quantitative Determination of Coastal Drift Rate", Marine Geology, 183-206, Elsevier, Amsterdam (1969).

donde

- $\beta$  = Coeficiente
- $\alpha$  = Coeficiente equivalente de atenuación lineal para el sistema saturado arena-agua-oro 198 ( $m^{-1}$ )
- $f_0$  = Respuesta del detector para 1  $\mu Ci$  de Au-198 distribuido uniformemente en una superficie plana de 1  $m^2$  (cuentas/seg)  $m^2/\mu Ci$
- $A$  = Actividad inyectada ( $\mu Ci$ )
- $N$  = Conteo integrado total sobre la nube radiactiva (cuentas/seg. $m^2$ ) (valor obtenido en el trabajo de campo)

La  $\beta$  toma valores diferentes dependiendo del valor de  $E$ , a saber\*\*

- $\beta = 1.05$  si  $E < 5$  (cm)
- $\beta = 1.10$  si  $5 < E < 10$  (cm)
- $\beta = 1.15$  si  $10 < E < 30$  (cm)
- $\beta = 1.20$  si  $E > 30$  (cm)

Obtención de  $\alpha$  y  $f_0$ .-  $\alpha$  y  $f_0$  se obtienen de la expresión:

$$f = f_0 e^{-\alpha z} \dots\dots\dots(3)***$$

donde

- $f$  = Respuesta del detector para 1  $\mu Ci$  de Oro-198 distribuido uniformemente en una superficie plana de 1  $m^2$  enterrada

\*\* C. Latorre, et al "Estudio de factibilidad para utilizar trazadores radiactivos en la cuantificación del transporte total de sedimentos en ríos", Parte II Análisis de Resultados, pág. 11, Reporte interno, Grupo de Física, S.A.R.H.

\*\*\* Id, Parte III Pág. T 3 Febrero (1978)

en el sistema arena-agua a una profundidad  $Z$ . (cuentas/seg.) $m^2$ ,

- $Z$  = Profundidad (m)

Junto con  $f_0$ ,  $\mu$  se obtuvo, ajustándose los valores de  $H_T$  y  $Z$  por mínimos cuadrados.

Para ello es necesario conocer varios valores de  $f$  y  $Z$ , lo cual se realiza con la expresión

$$f = (2 \times N_0 / \mu) e^{-\mu(Z+d)} (Z+d+1/\mu) (10^4 / A_c) \dots \dots \dots (4)^{***}$$

donde

- $N_0$  = Coeficiente de proporcionalidad (cuentas/seg)
- $\mu$  = Coeficiente promedio de atenuación lineal para el sistema saturado arena-agua (caso de Oro-198) ( $m^{-1}$ )
- $d$  = Distancia de la superficie de la arena al centro del detector (m)
- $A_c$  = Actividad de la fuente de Oro-198 de calibración ( $\mu Ci$ )

El coeficiente de proporcionalidad  $N_0$  y la  $\mu$  se obtienen de la expresión:

$$R = N_0 e^{-\mu X} \dots \dots \dots (5)^{****}$$

donde

- $R$  = Respuesta del detector para la fuente puntual de calibración de Oro-198 situada a una distancia  $X$  (cuentas/seg)

\*\*\* Id. Parte III Pág. T 3 Febrero (1978)

\*\*\*\* Id. Parte III Pág. T 2 Febrero (1978)

- X = Distancia entre la fuente puntual de calibración y el centro del detector, a lo largo de la línea fuente-detector (m). Haciendo un ajuste por mínimos cuadrados de los valores de R y X, se obtiene  $\bar{R}$  y  $\bar{X}$

Los valores de R y X se obtienen mediante las expresiones

$$\begin{aligned}
 - X &= (Z+11)^2 + r^2)^{1/2} \dots\dots(6) \quad (\text{ver la figura IV.1}) \\
 - R &= (2.63593 \times 10^8) (e^{-(0.13d_{\text{are}} + 0.1 d_{\text{ag}})} X^{-2} \dots\dots(7)
 \end{aligned}$$

donde

- r = Distancia de la fuente de calibración a la vertical que subtiende el detector a la superficie de la arena (m)
- $d_{\text{are}}$  = Distancia entre la fuente y la superficie de la arena a lo largo de la línea fuente-detector (m)
- $d_{\text{ag}}$  = Distancia entre la superficie de la arena y el centro del detector, a lo largo de la línea fuente-detector (m)

La expresión para R se obtuvo de la manera que se describe al final de este capítulo.

Como  $d_{\text{are}} = X - d_{\text{ag}}$  (ver figura IV.1 inciso c), por triángulos semejantes,

$$- d_{\text{ag}} = 11 X / 11 + X \dots\dots\dots(8)$$

Sustituyendo ahora valores en las diferentes expresiones (de 1 a 8):

- Para cada valor de Z entre 0 y 32 cm, tomados de 2 en 2,  $r$  toma valores entre 0 y 60 cm, tomados de 5 en 5, (ver la figura IV.1)

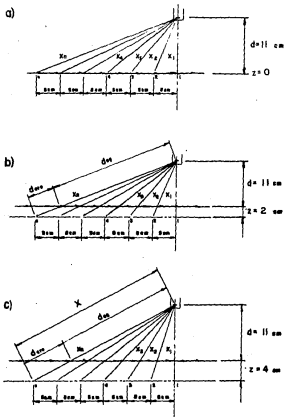


Figura IV.1.- Esquema de las posiciones de la fuente de calibración en relación al detector para tres casos: a) la fuente en la superficie de la arena ( $z=0$ ); b) en un plano abajo de la superficie de la arena ( $z=2 \text{ cm}$ ); c) -  $z=4 \text{ cm}$ .

Con estos valores se encuentra un valor de  $X$  para cada valor de  $Z$ , de donde se obtienen  $d_{are}$ ,  $d_{ag}$  y  $R$ . Con los valores de  $R$  y  $X$  se obtuvo un valor de  $N_0$  y  $\mu$  para cada valor  $Z$ .

Con  $d = 11$  cm,  $A_c = 31\ 027$   $\mu$ Ci, se obtiene  $f$  para cada valor de  $Z$  y con ellos se obtiene  $f_0$  y  $\alpha$ .

La velocidad promedio del centroide  $V_m$  se obtiene, dividiendo la distancia avanzada por el centroide en m entre el tiempo empleado en días.

Obtención de la Expresión para la Respuesta del Detector para la Fuente Puntual de Calibración de Oro-198 situada a una distancia  $X$ .

A partir de la expresión de la atenuación de la radiación gamma cuando atraviesa un absorbedor de espesor  $X^1$  y coeficiente lineal de atenuación  $\mu^1$ :

$$- R = R_0 e^{-\mu^1 X^1} \dots\dots\dots(1)$$

donde

- $R_0$  = Intensidad sin absorbedor (conteo del escalador en aire)
- $R$  = Intensidad con absorbedor en el mismo punto

Para dos absorbedores de espesores  $X_1^1$  y  $X_2^1$ , con coeficiente  $\mu_1^1$  y  $\mu_2^1$

$$- R = R_0 e^{-\mu_1^1 X_1^1} e^{-\mu_2^1 X_2^1} \dots\dots\dots(2)$$

$$= R_0 e^{-(\mu_1^1 X_1^1 + \mu_2^1 X_2^1)} \dots\dots\dots(3)$$

Para el caso del sistema arena-agua

- $\mu_1^1 = \mu_s = 0.13 \text{ cm}^{-1}$  (0.412 MeV, Oro-198)
- $\mu_2^1 = \mu_a = 0.10 \text{ cm}^{-1}$  (0.412 MeV, Oro-198)
- $X_1^1 = d_{\text{are}}$
- $X_2^1 = d_{\text{ag}}$

$R_0$  se obtuvo al contar una fuente puntual\* de 31.027 mCi, con una distancia fuente-detector de 25.3882 cm ( $d_{\text{ag}} = 11 \text{ cm}$  y  $d_{\text{are}} = 14.3882 \text{ cm}$ ), según los siguientes cálculos:

El conteo obtenido fue de 1 258 243 cpm = 20971 cps

∴ el conteo en aire sería  $R_0 = 20971 \times e^{+(1.1 + 0.13 \times 14.3882)}$   
= 408950 cps.

El conteo  $R_0$  a cualquier distancia  $X$  está dado por

$$R_0 = 408950 \frac{(25.3882)^2}{X^2} = \frac{2.63593 \times 10^8}{X^2}$$

Según la ley del inverso del cuadrado de la distancia si se sustituye el valor de  $R_0$  y los valores correspondientes de  $\mu_1^1$ ,  $\mu_2^1$ ,  $X_1^1$  y  $X_2^1$ , se tiene

$$R = \frac{2.63593 \times 10^8}{X^2} e^{-(2.13 d_{\text{are}} + 0.1 d_{\text{ag}})}$$

---

\* Solución coloidal de Oro-198 (0.5 ml) contenida en una cápsula de polietileno tapada, y sellada con calor y barniz de uñas.

## C A P I T U L O V

### PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

#### Captura y depurado de información

A partir de:

- 1).- Tiempos de inicio y final de los transectos.
- 2).- Coordenadas de los puntos de los transectos, incluyendo inicio y final.
- 3).- Gráficas de rapidez de conteo.

Se hizo lo siguiente:

#### A).- Captura de transectos

Se desarrolló en la PDP-10 por medio del programa DBC01\*. Salida archivos MARdd, DAT.

#### B).- Depurado de los transectos

Se utilizó el programa DBTGR\* para obtener las gráficas de recorrido diario con las cuales fue posible corregir los errores como los que aparecen en la figura V-1, marcados como A y B.

La corrección en el archivo de datos se realizó por medio del editor (TECO) de la PDP-10. Este fue un proceso iterativo ya que se tenían situaciones como la de la figura V-2 en las cuales una sola pasada no bastaba para obtener la información aceptable.

#### C).- Captura de la información de las gráficas de rapidez de conteo

Esto se realizó en la PDP-15 por medio de los programas GER004\*\* y GERPEG\*\*. La información se capturó por medio de la pluma de luz de la pantalla VT15 con que cuenta la PDP-15 a partir de fotocopias en acetatos con el primero de los programas, transecto

---

\* R. Ganboa, Centro de Cómputo, ININ, área (1110).

\*\* R. Ganboa, Centro de Cómputo, ININ, PDP-15



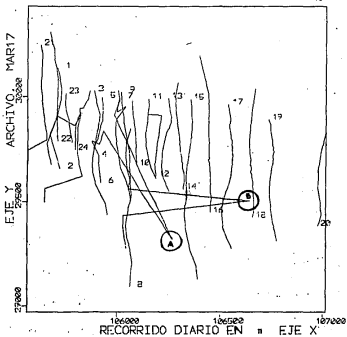


Figura V.1.- Los puntos marcados con A y B fueron eliminados.

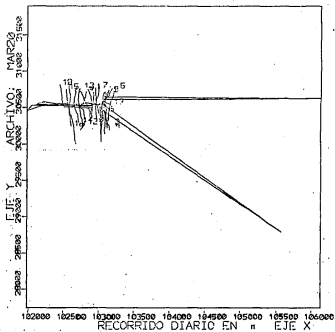


Figura V.2.- Las gráficas de recorridos diarios se corrigieron mediante un proceso iterativo.

por transecto. Con el segundo de los programas se pegó la información para mandarse en un solo archivo hacia la PDP-10 por medio de los programas PRUEBA\*\* y F11510\*.

Unificación de la información y correcciones por conteo de fondo, decaimiento del Oro-198 y posición del trineo respecto a la antena del posicionador de la embarcación.

A).- Unificación de la información

Hasta este punto, se tienen por un lado, el posicionamiento para cada transecto por día, y por otro lado, la información de la rapidez de conteo para los mismos transectos de los días correspondientes, siendo necesario unificarlos en un solo archivo para facilitar el tratamiento de la información.

La unificación se lleva a cabo por medio del programa DBUNI\*.

Dado que la velocidad de la embarcación se supuso aproximadamente constante se realizó un empalme entre posicionamiento e información de conteo de manera uniforme.

B).- Corrección por conteo de fondo

Se midió en el campo el conteo de fondo que fue aproximadamente constante para cada día y se restó de la rapidez de conteo de cada transecto.

<u>Día</u>	<u>Conteo de fondo</u> (cps)
13	40
14	40
15	35
17	20
18	20
20	25
23	25

Lo anterior fue realizado con el programa DBCOR\*.

C).- Corrección por decaimiento del Oro-198

Habiendo restado el conteo de fondo, se procedió a corregir la información de rapidez de conteo por el decaimiento radiactivo, multiplicando por  $e^{-\lambda t}$ , con  $\lambda = \ln 2/t_{1/2}$ , donde  $t_{1/2} = 2.69$  días y  $t$  es el tiempo transcurrido a partir de las 0 horas del día 13 de Marzo calculado a partir de un promedio del tiempo inicial y final del recorrido para cada transecto.

Lo anterior fue realizado también por el programa DBCOR.

D).- Corrección por diferencia de posición entre trineo y la antena del posicionador de la embarcación

Esta corrección se hizo en virtud de que el trineo en que está colocada la sonda no se encuentra exactamente bajo la antena del sistema de posicionamiento de la embarcación, sino detrás de ésta. En un principio se pensó en utilizar una herramienta trigonométrica tal como la ley de los senos o cosenos, pero dada la batimetría del lugar se vió que bastaba con el teorema de Pitágoras. (ver figura V-3).

Esta corrección es realizada, al igual que las anteriores, por el programa DBCOR.

Compactado de la Información

Una vez que se hubieron realizado las correcciones anteriormente mencionadas, se procedió a revisar la información obtenida hasta este punto para quitar aquellas partes en que no existiera nube.

Esto se hizo por medio de los programas DBLIM\* (para leer las cotas), DBCOT\* y DBCONT\*.

Paralelamente a este proceso se obtuvieron gráficas de los transectos corregidos, (ver figura V-4) con el programa DBTCG\*.

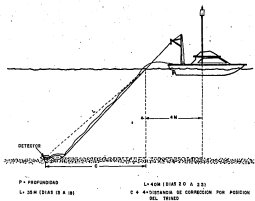


Figura V.3.- Corrección por diferencia de posición entre el trinco y la antena de la embarcación.

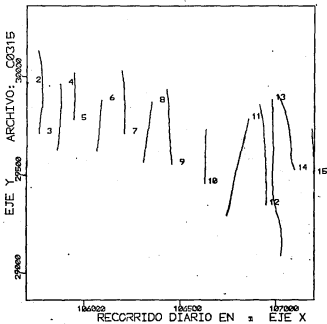


Figura V.4.- Gráficas de los transectos corregidos.

### Tratamiento de la Información

Llegado a este punto cabe hacer mención de lo siguiente:

Puesto que de antemano no era posible tener una visión global más o menos precisa de la situación de la nube para los distintos días de detección, se procedió a obtener unas curvas de isoconteo solo por medio de interpolaciones lineales, dejando que los extremos de los transectos valieran cero.

Para ello, a partir de la información compactada se obtienen transectos paralelos al eje X cuya rapidez de conteo es igual con la de los datos obtenidos en los puntos correspondientes a sus cruces con los transectos corregidos.

Con esto se obtiene una matriz de 50 X 50 puntos (programas DBLIN\* y DBMAT\*) la cual es graficada en forma de curvas de isoactividad por medio del programa DBCONT\* el cual hace uso de la subrutina PLTKP\*\*\*.

Con estos resultados, en virtud de que:

- f) la batimetría del lugar era uniforme.
- ii) la velocidad de la embarcación fue considerada constante ya que no se podía medir la velocidad intermedia por cada punto de transecto, dada la falta de la hora en las posiciones intermedias, lo cual repercute en la posición del perfil de la nube sobre el transecto, se procedió a quitar información considerada aberrante para poder así formar una nube de tipo continua, que es el resultado final que se obtiene.

La información considerada aberrante era aquella que producía cortes en el continuo de la nube o que por su posición quedaba fuera de ésta, (por ejemplo: se eliminó el transecto 14 del día 13, ya que produce una tendencia no observada en los días subsiguientes).

---

\*\*\* PAQUETE PLOT. por H.V. McIntosh, Centro de Cómputo, ININ, (1976).

El programa que se encarga de hacer ésto, es el OBCREG\* y forma la nube uniendo los picos de los perfiles de conteo de los transectos que pasan el filtro anterior).

Para estimar los valores donde no se conocen, se procede a utilizar gaussianas ( $f(x) = Ae^{-\frac{x-x_0}{B}}$ ;  $B > 0$ ) cuyas características (A, B,  $x_0$ ) se obtienen interpolando linealmente sobre los valores conocidos, una para cada lado del pico que nos da la rapidez de conteo sobre cada transecto.

Con ésto, se obtiene otra matriz para cada día que es igualmente graficada por DBCONT.

De estas matrices se obtienen los centros de gravedad o centroides de las nubes con los cuales se determina el eje de transporte de la arena, obteniéndose los datos por medio de los programas DBGRAV\* y DBTSP ajustando una línea recta a los datos del punto de inyección y centros de gravedad.

Utilizando los datos del eje de transporte y las matrices de las nubes, se obtienen los diagramas de transporte y de conteo integrado porcentual por medio del programa DBINTT\*.

#### Diagrama de bloques del proceso de cómputo

En el apéndice A se adjunta un diagrama de bloques del proceso.



## CAPITULO VI

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### Curvas de Isoactividad

Las curvas o líneas de isoactividad, obtenidas para las dos inyecciones (punto 1 y 2), se adjuntan como figuras VI-1 a VI-7 correspondiendo a los siguientes días:

- Figura VI-1	13 de Marzo	Punto 1
- Figura VI-2	14 de Marzo	Punto 1
- Figura VI-3	15 de Marzo	Punto 1
- Figura VI-4	17 de Marzo	Punto 1
- Figura VI-5	18 de Marzo	Punto 2
- Figura VI-6	20 de Marzo	Punto 2
- Figura VI-7	23 de Marzo	Punto 2

Las gráficas de las curvas de isoactividad contienen la siguiente información:

- Las coordenadas del lugar expresadas en m.
- Fecha a la que corresponde,
- Actividad mínima, que corresponde a la línea exterior y a la delta de actividad, (cuentas por segundo).
- Localización del punto de inyección.
- Otros datos de identificación de la gráfica.

Al respecto es conveniente comentar lo siguiente:

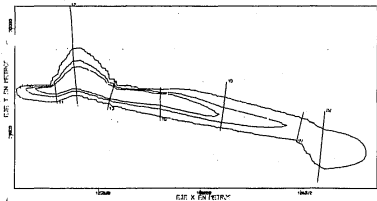
#### 1).- Puntos de inyección

Los puntos de inyección (ver figura VI-8) fueron seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios: El punto 1 corresponde a un lugar en el cual se han realizado otros estudios oceanográficos relacionados también con el transporte de sedimentos.

El punto 2 fue seleccionado por dos razones:

- que no existen equipos en el fondo que obstruyan el rastreo, como ocurrió en algún momento al principio del ras

PROYECTO: DOS BOCAS



CURVAS DE ISOACTIVIDAD

DETECCION DEL 13 DE MARZO

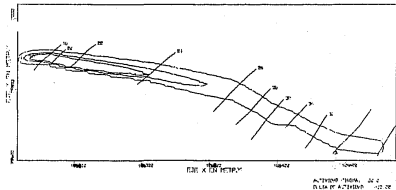
ALTIMETRIA (Metros) 400.00  
Escala de Actividad 400.00

**ININ**

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

Figura VI.1.-

# PROYECTO: DOS BOCAS



## CURVAS DE ISOACTIVIDAD

DETECCION DEL 14 DE MARZO

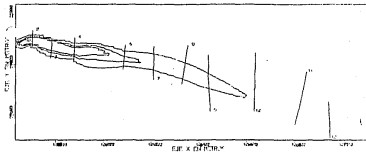
ININ

ININ

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

Figura VI.2.

PROYECTO: DOS BOCAS



ALTIPO - 2074 30 2  
ELSA P. ALVAREZ 11 12 42

CURVAS DE ISOACTIVIDAD

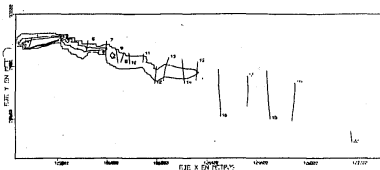
DETECCION DEL 15 DE MARZO

ININ

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES  
CALLE 27 N. 100160

Figura VI.3.

PROYECTO: DOS BOCAS



ACTIVIDAD: 1000, AL 2  
EJES DE ACTIVIDAD: 100, 20

CURVAS DE ISOACTIVIDAD

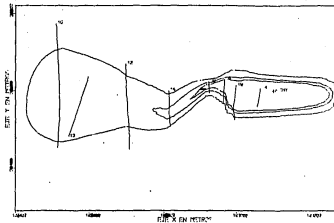
DETECCION DEL 17 DE MARZO

ININ

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

Figura VI.4.

PROYECTO: DOS BOCAS



CURVAS DE ISOACTIVIDAD

DETECCION DEL 18 DE MARZO

ACTIVIDAD (C/HR) 10.0  
DELTA DE ACTIVIDAD 100.00

**ININ**  
COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA  
CALLE DE LA INDEPENDENCIA 1000, LIMA, PERÚ

Figura VI.5.

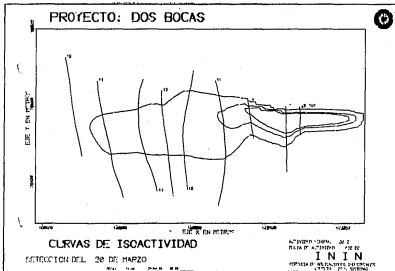
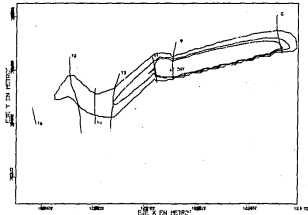


Figura VI.6.

PROYECTO: DOS BOCAS



CURVAS DE ISOACTIVIDAD

DETECCION DEL 23 DE MARZO

ACTIVIDAD PROM. 36.2  
DELTA DE ACTIVIDAD 722.88

**ININ**

OFICINA DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO  
SISTEMAS DE CONTROL

Figura VI.7.



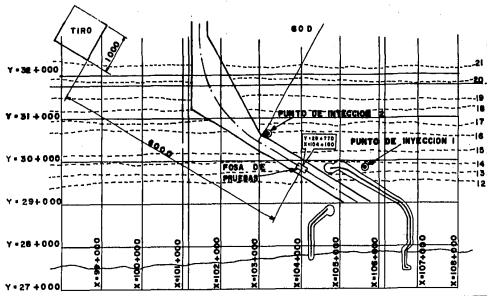


Figura VI.8.- Ubicación de los puntos de inyección.

treo en el punto 1.

- que en la cercanía, se tiene planeado abrir una segunda fosa de prueba.

## 2).- Trayectoria de la embarcación

Se tomaron los rangos de la posición de la embarcación, con la cual fue posible determinar la trayectoria de la embarcación en cada transecto de cada uno de los días de rastreo.

El número de transectos realizados en cada día fue:

<u>Día</u>	<u>Número de transecto</u>	<u>Punto</u>
13 de Marzo	25	1
14 de Marzo	41	1
15 de Marzo	15	1
17 de Marzo	24	1
18 de Marzo	19	2
20 de Marzo	19	2
23 de Marzo	17	2

Se procesaron los rangos y se obtuvieron las coordenadas rectangulares. Estas coordenadas fueron procesadas y dieron como resultado varias gráficas de recorrido diario (una por día) de las cuales, se pueden ver como ejemplos dos de ellas (figuras V-1 y V-2). Observándolas, se aprecia:

- La existencia de líneas que no corresponden a la trayectoria real de la embarcación, dificultando su interpretación. Por ejemplo, los puntos marcados con A y B en la gráfica de la figura V-1.
- En algunos puntos, la gráfica del área de interés es una parte muy pequeña del papel (ver, como ejemplo, figura V-2). Ello puede deberse a error en la lectura de los rangos o falla del equipo.

Por esta causa se eliminaron los puntos muy fuera del área de interés, con lo cual fue posible obtener gráficas más grandes del área. Con ello, quedaron gráficas aceptables.

Finalmente, en las gráficas de la figura V-4 aparecen los transectos utilizados para hacer las gráficas de isoactividad. En las mismas aparecen:

- Las coordenadas X-Y.
- Los números de los transectos que indican el fin del recorrido.
- Información de archivo de la computadora.

Se apreció también cruce de transectos y superposición o gran aproximación de transectos.

Se hizo después lo siguiente:

- Se eliminaron los transectos que no aportaban información, tomando como criterio de eliminación:

- i) Que en las gráficas de rapidez de conteo, el pico no estuviera completo por saturación de la escala en el medidor de relación (ver por ejemplo la figura VI-9).
- ii) Que en las gráficas de rapidez de conteo no hubiera pico por que se considerara no haber pasado sobre la nube radiactiva o bien que debido a la fuerte corriente el trineo se despegara del fondo marino y la sonda pasara sin detectar el material radiactivo. Este criterio fue el más usado.
- iii) Que hubiera duda de los datos de posición en un transecto (ver por ejemplo, el transecto 2 de la gráfica de la figura V-1).

Puede apreciarse que solamente fueron útiles algunos transectos de cada día.

Aparentemente existe una relación entre las condiciones del mar y el número de transectos útiles, como es el caso de los días 14 y 23 en los cuales el mar estaba agitado. También por las condiciones de la embarcación, ya que con un solo motor no fue posible controlarla completamente (normalmente navega con 2 motores).

### 3).- Factores que afectan la determinación de las curvas de isoactividad

Los factores que afectaron la determinación de las curvas de isoactividad fueron:

- i) La velocidad de la embarcación durante los transectos (la cual fue entre 0.79 y 4.8 m/s) que es mayor que lo deseable. Si hubiera sido menor y más constante, las gráficas de rapidez de conteo hubieran sido más anchas con un número mayor de puntos graficados. La velocidad promedio se obtuvo del procesamiento de los datos de los transectos útiles aplicando la ecuación:

$$v = d/t$$

donde:

$$t = t_f - t_i$$

$$d = (x_f - x_i)^2 + (y_f - y_i)^2 \quad 1/2$$

donde:

$t_f$  = tiempo final

$t_i$  = tiempo inicial

$x_f, y_f$  - coordenadas del final del transecto

$x_i, y_i$  - coordenadas del inicio del transecto

- ii) La velocidad del graficador (240 mm/h) que fue más baja de lo deseable. Si hubiera sido mayor, las gráficas de conteo hubieran sido más anchas y menor la indeterminación en la amplificación. La baja velocidad afecta más en los transectos cercanos al punto de inyección por lo estrecho de la nube.
- iii) El número de transectos útiles que fue menor al deseable. Si hubiera sido mayor, se tendría un mayor número de datos reales y la interpolación hecha con el programa específico hubiera sido más cercana a la realidad.

4).- Observaciones sobre la relación entre las coordenadas del punto de inyección y la localización de la nube radiactiva

La posición de la nube respecto al punto de inyección es similar para los rastreos de toda la primera inyección, como puede apreciarse en las curvas de isoactividad.

En la segunda inyección, las curvas del día 20 de Marzo aparecen de tal forma que el punto se encuentra fuera de la línea con actividad de 30 cuentas/seg. (ver figura VI-6 lo cual es diferente a lo encontrado el día 18 de Marzo).

La diferencia se atribuye a un movimiento real de la nube, porque los días 18, 19 y 20 de Marzo se tuvo mal tiempo y posiblemente una fuerte corriente en el lecho hacia el Sur.

Como en las curvas del día 23 de Marzo, el punto de inyección se encuentra nuevamente en el interior de las mismas, se explica:

- que por el mal tiempo que hubo los días 20 a 23 de Marzo, la corriente pudo haber cambiado de dirección y arrastrar la nube hacia el Norte y Este, o bien,
- que el resultado se deba a una sobre-estimación del conteo interpolado de la información disponible de dos transectos, uno cerca del punto de inyección y otro casi en el extremo Este de las curvas. Como la interpolación para puntos intermedios se tomó de los valores en esos dos transectos, las líneas de isoactividad pueden no ser representativas de la situación real en este caso, lo cual parece comprobarse por el valor de conteo tan grande encontrado para ese día.

Eje de transporte

En la figura VI-10 se muestra el eje de transporte para la primera inyección en gráfica bajo dos condiciones:

- considerando las coordenadas del punto de inyección para obtener la ecuación del eje, que resultó ser:

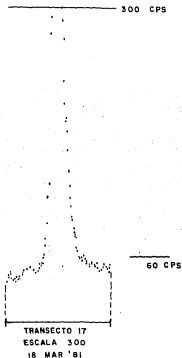


Figura VI.9.- Ejemplo de un transecto eliminado, por saturación de la escala en el medidor de relación.

CONSIDERANDO EL PUNTO DE INYECCION,  
EL EJE DE TRANSPORTE ESTA DADO POR:

$$y = 45772,37 - 0,1503145x$$

QUITANDO EL PUNTO DE INYECCION:

$$y = 66785,23 - 0,3436066x$$

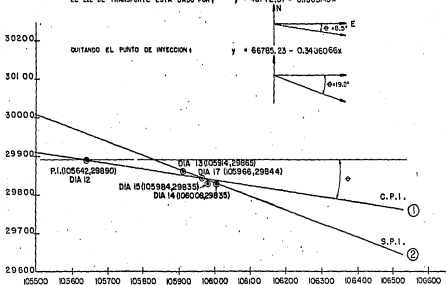


Figura VI.10.- Eje de transporte para la primera inyección.

$$Y = 45772.37 - 0.1503145 X$$

- no considerando el punto de inyección con lo que la ecuación resultó:

$$Y = 66785.23 - 0.3486066 X$$

A partir de las ecuaciones, el eje de transporte mantiene un ángulo respecto a la dirección Oeste-Este de 8.5° y 19.2° para cada una de las dos condiciones respectivamente.

Para la segunda inyección, en la figura VI-11 se presenta una gráfica similar; el eje de transporte mantiene un ángulo respecto a la dirección Oeste-Este de 166.9°.

### 1).- Obtención de los centroides

La gráfica del eje de transporte se obtiene a partir de los centroides de la nube radiactiva en cada día de rastreo.

### 2).- Factores que afectan la determinación de la posición de los centroides

Además de los mismos mencionados para las curvas de isoactividad, se tienen:

- en los días 15 y 17 de Marzo (primera inyección), debido al enterramiento, el frente de la nube no se alcanzó a medir, con lo cual el centroide se movió en sentido contrario al que se tiene para los días 13 y 14 de Marzo (ver figura VI-10).

### 3).- Observaciones sobre los ejes de transporte

Los ejes de transporte indican la dirección del movimiento de la arena en la zona de rastreo, y la posición y fecha de los centroides el sentido del mismo.

#### Primera inyección

El eje 2 corresponde al desplazamiento de la nube como tal, sin considerar el punto de inyección, ya que durante las pri-



## SEGUNDA INYECCION

EJE DE TRANSPORTE:  $y = 6673.59335 + 0.23208x$

$\phi = 166.9^\circ$

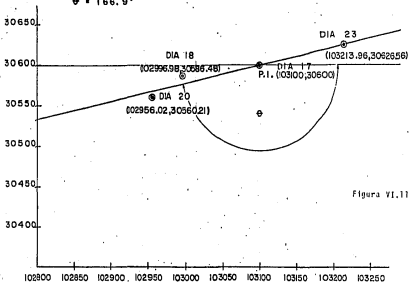


Figura VI.11.

meras horas, el movimiento de la arena inyectada no es representativo de la capa móvil, sino hasta que la arena se ha mezclado con la del lecho.

### Segunda inyección

El mal tiempo que prevaleció durante el rastreo de la segunda inyección debe haber afectado el comportamiento de la nube, dando como resultado la posible formación de "islas", lo cual no fue comprobado.

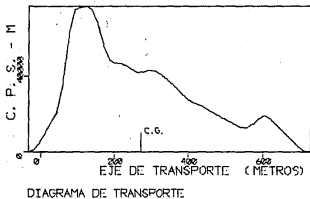
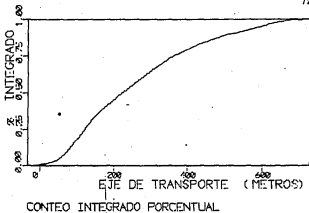
### Diagrama de transporte

Los diagramas o gráficas de transporte, obtenidas para las dos inyecciones en los puntos 1 y 2, se presentan en la parte inferior de las figuras VI-12 a VI-22 correspondiendo a:

- Figura VI-12	13 de Marzo	Punto 1	Eje 1
- Figura VI-13	14 de Marzo	Punto 1	Eje 1
- Figura VI-14	15 de Marzo	Punto 1	Eje 1
- Figura VI-15	17 de Marzo	Punto 1	Eje 1
- Figura VI-16	13 de Marzo	Punto 1	Eje 2
- Figura VI-17	14 de Marzo	Punto 1	Eje 2
- Figura VI-18	15 de Marzo	Punto 1	Eje 2
- Figura VI-19	17 de Marzo	Punto 1	Eje 2
- Figura VI-20	18 de Marzo	Punto 2	
- Figura VI-21	20 de Marzo	Punto 2	
- Figura VI-22	23 de Marzo	Punto 2	

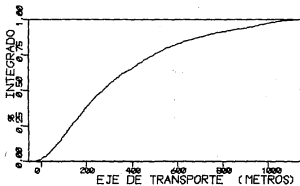
Las gráficas de transporte contienen la siguiente información:

- En el eje horizontal, la distancia en m, tomada sobre el eje de transporte, desde uno de los extremos de la nube radiactiva.
- En el eje vertical, la rapidez de conteo, en cuentas por segundo-metro.
- Señalización del centroide de la nube, (C.G.).
- Señalización del punto de inyección (punto 0 del eje horizontal).



DETECCION DEL 13 DE MARZO

Figura VI.12.



CONTEO INTEGRADO PORCENTUAL

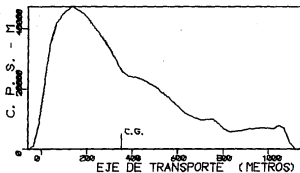
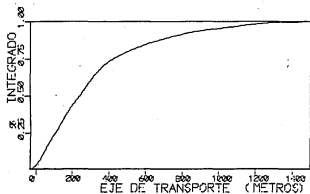


DIAGRAMA DE TRANSPORTE

DETECCION DEL 14 DE MARZO

Figura VI.13.



CONTEO INTEGRADO PORCENTUAL

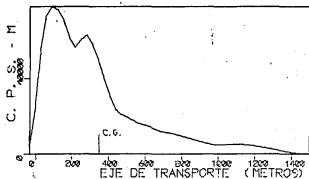
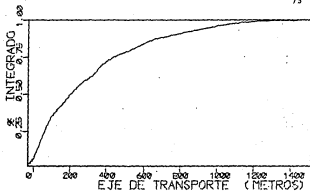


DIAGRAMA DE TRANSPORTE



CONTEO INTEGRADO PORCENTUAL

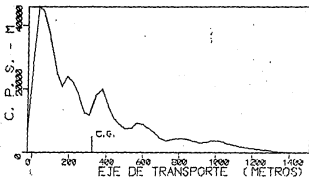
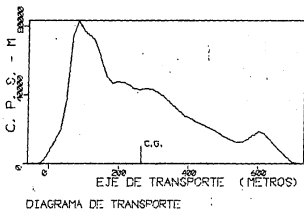
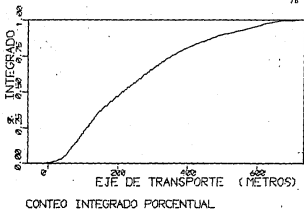


DIAGRAMA DE TRANSPORTE

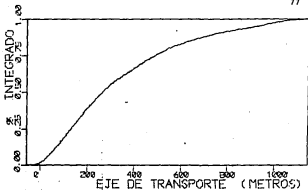
DETECCION DEL 17 DE MARZO

Figura VI.15.



DETECCION DEL 13 DE MARZO

Figura VI.16.



CONTEO INTEGRADO PORCENTUAL

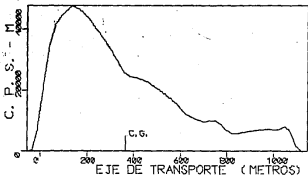
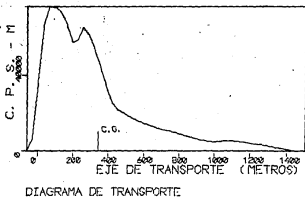
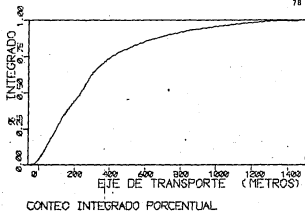


DIAGRAMA DE TRANSPORTE

DETECCION DEL 14 DE MARZO

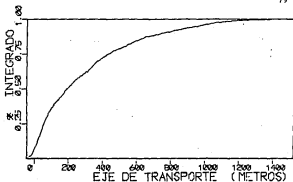
Figura VI.17.





DETECCION DEL 15 DE MARZO

Figura VI.18.



CONTEO INTEGRADO PORCENTUAL

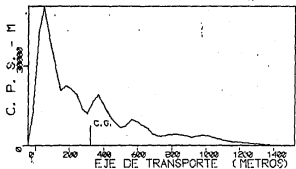
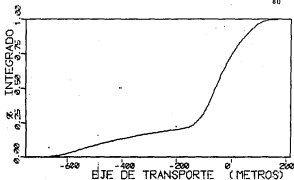


DIAGRAMA DE TRANSPORTE



CONTEO INTEGRADO PORCENTUAL

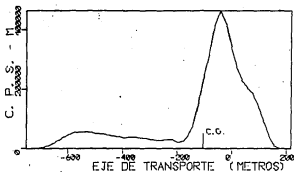
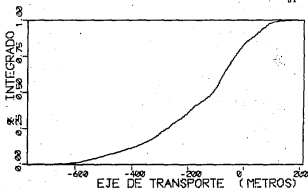


DIAGRAMA DE TRANSPORTE

DETECCION DEL 18 DE MARZO

Figura VI.20.



CONTEO INTEGRADO PORCENTUAL

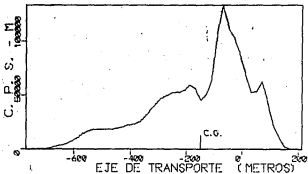
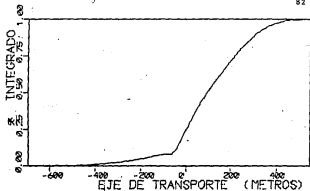


DIAGRAMA DE TRANSPORTE

DETECCION DEL 20 DE MARZO

Figura VI.21.



CONTEO INTEGRADO PORCENTUAL

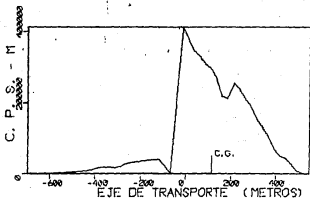


DIAGRAMA DE TRANSPORTE

DETECCION DEL 23 DE MARZO

Figura VI.22.

### 1).- Observaciones sobre los diagramas de transporte

Para la primera inyección, se incluyen dos juegos de diagramas (uno para cada eje de transporte). Puede apreciarse que existe un ligero defasamiento debido al ángulo  $\theta$  diferente en cada caso.

Cabe mencionar que el área bajo la curva de un diagrama de transporte es igual al valor del conteo integrado total (N).

### 2).- Factores que afectan al diagrama de transporte

Debido al número de transectos útiles, la curva podría ser diferente si se contara con mayor número de datos, haciendo una mejor interpolación, y por lo tanto el valor de N podría determinarse mejor.

### Gráficas de Conteo Integrado

Las gráficas de conteo integrado, obtenidas para las dos inyecciones en los puntos 1 y 2, se presentan en la parte superior de las figuras VI-12 a VI-22, y contienen la siguiente información:

- En el eje horizontal, la distancia en metros, tomada sobre el eje de transporte, desde uno de los extremos de la nube radiactiva.
- En el eje vertical, la fracción del conteo para la distancia correspondiente.
- Señalización del punto de inyección (punto 0 del eje horizontal).

### 1).- Observaciones sobre las gráficas de conteo integrado

Como en caso de los diagramas de transporte, el ligero defasamiento entre las gráficas (eje 1 y eje 2) se debe al ángulo  $\theta$  diferente.

### Magnitud de la velocidad del centroide de la nube radiactiva

La velocidad del centroide para la primera inyección es

de 14.02 m/día, y corresponde a la distancia recorrida por el centroide del primero al último día de rastreo, por unidad de tiempo.

La velocidad del centroide para la segunda inyección es de 24.4 m/día y corresponde a la distancia recorrida por el centroide del primero al segundo día de rastreo, por unidad de tiempo.

### 1).- Factores que afectan la determinación de la velocidad

Los factores que afectan la determinación de la velocidad son los mismos mencionados anteriormente especialmente por enterramiento en arena. En la segunda inyección no se consideró el centroide del día 23 de Marzo por la poca información útil que se obtuvo, debido al mal tiempo.

### 2).- Observaciones sobre las velocidades encontradas

No se considera del punto de inyección al centroide del día 13 de Marzo, porque la arena inyectada no se comporta como la capa del lecho en movimiento.

### Magnitud del gasto sólido

Las magnitudes del gasto sólido (Q/l) fueron:

- Punto 1	1.9	ton/día'm
- Punto 2	7.7	ton/día'm

Dichos valores se calcularon de la siguiente manera:

Se emplea la fórmula

$$Q/l = p V_m E \dots\dots\dots (1)*$$

---

\* Tomada de G. Courtois and A. Monaco, "Radioactive Methods for the Quantitative Determination of Coastal Drift Rate", Marine Geology, 183-206, Elsevier, Amsterdam (1969).

donde

- $Q$  = Rapidez de desplazamiento másico. (ton/día)  
 $l$  = Ancho promedio de la nube. (m)  
 $\rho$  = Masa específica de la arena-agua. (ton/m<sup>3</sup>)  
 $V_m$  = Velocidad promedio del centroide. (m/día)  
 $E$  = Espesor de la capa en movimiento. (m)

Los valores de cada uno de los parámetros son:

- $\rho$  = 1.81 (ton/m<sup>3</sup>)  
 $V_m$  = 14.2 (m/día) para el Punto 1  
 $V_m$  = 24.4 (m/día) para el Punto 2  
 $E$  = 0.075 (m) para el Punto 1  
 $E$  = 0.174 (m) para el Punto 2

La  $E$  se calcula mediante la siguiente expresión:

$$(1/\beta) (\alpha/f_0) (N/A) E = 1 - e^{-\alpha E} \dots\dots\dots(2)*$$

donde

- $\beta$  = Coeficiente  
 $\alpha$  = Coeficiente equivalente de atenuación lineal para el sistema saturado arena-agua (caso de Oro-198). (m<sup>-1</sup>).  
 $f_0$  = Respuesta del detector para 1  $\mu$ Ci de Oro-198 distribuido uniformemente en una superficie plana de 1 m<sup>2</sup>. (cuentas/seg.m<sup>2</sup>)  
 $A$  = Actividad inyectada en  $\mu$ Ci.  
 $N$  = Conteo integrado total sobre la nube radiactiva (cuentas/seg.)

#### Observaciones sobre el cálculo de $Q/l$

Puede observarse que el gasto es directamente proporcional a  $V_m$  y  $E$  por lo que la indeterminación puede ser considerable. La



indeterminación en la E es inherente a la técnica, ya que el conteo obtenido por el detector se puede reproducir para diferentes valores de E cambiando la actividad específica en la capa móvil.

Por ello, se consideró darle a la fracción  $N/f_0 = A$  el valor correspondiente a todo el material radiactivo detectado el primer día de rastreo, normalizando así el resto de los conteos, evitando con ello la incertidumbre de la cantidad de arena que se dispersa por suspensión durante las primeras horas después de la inyección.

- En cuanto a  $V_m$ , en el punto 1 (primera inyección), en donde los centroides de los días 15 y 17 de Marzo "regresaron" por el efecto del enterramiento en el frente de la nube, podría suponerse que el valor de la  $V_m$  (14.2 m/día) fuera del orden del doble, al considerar que el centroide del día 17 de Marzo estuviera por lo menos en el lugar del centroide del día 14 de Marzo, con lo cual  $Q/l$  sería del orden del doble.
- En cuanto a la segunda inyección, la determinación no se puede comentar, por la variación considerable habida por mal tiempo y la poca información obtenida.

- 1.- Las características del oro-198, permiten su uso en estudios de corta duración (de uno a 5 días) del movimiento de sedimentos.
- 2.- Es posible obtener una actividad suficiente de oro-198 en el reactor del Centro Nuclear de Salazar México, como para efectuar estudios en lechos marinos.
- 3.- Existe la infraestructura humana y material suficiente para llevar a cabo estos trabajos.
- 4.- La radiación gamma del oro-198 es suficientemente alta para ser detectada con relativa facilidad y suficientemente baja, como para permitir su uso sin necesidad de usar grandes espesores de blindaje.
- 5.- La detección de la nube radiactiva debe hacerse a la menor velocidad posible de la embarcación, ya que de no ser así se tienen muy pocos puntos del graficador.
- 6.- Una combinación de baja velocidad de la embarcación y un graficador continuo proporcionan mejor información.
- 7.- La velocidad de la embarcación debe ser lo más uniforme posible.
- 8.- La dirección y la velocidad de los sedimentos se determina con buena precisión, cuando las condiciones climatológicas no son adversas, y disminuye si el mar está muy agitado debido a la dispersión del material radiactivo.
- 9.- La cuantificación de los sedimentos en movimiento lleva implícita una gran incertidumbre y no se puede usar como una información aislada sino solo como apoyo de otros métodos.

más precisos como el de la fosa de pruebas (cavar una fosa en el lecho marino, e ir midiendo el tiempo que tarda en llenarse).

- 10.- El estudio de sedimentos con radiotrazadores debe ir acompañado de amplios estudios de las condiciones de marea, oleaje, velocidad de corriente, velocidad del viento, etc. para tener una buena referencia.
- 11.- En este trabajo, los resultados cuantitativos del movimiento de sedimentos, fueron del mismo orden de magnitud que los obtenidos por el método de la fosa, lo cual hace confiable el estudio.

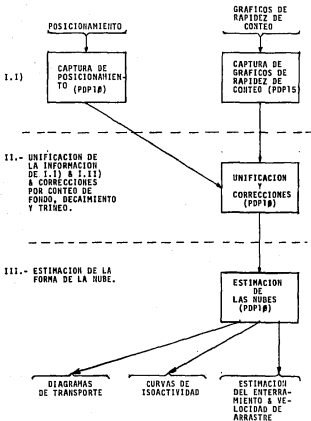
Bibliografía y Referencias.

- 1) "Methode du bilan des taux de comtage d'indicateurs radioactifs pour la détermination du débit de charriage des lits sableux", Tesis Doctoral Guy Sanzay, C.E.N.-Saclay Francia, 1968.
- 2) "Revisión y optimización de las técnicas de marcado de arena con Oro-198", Tesis Profesional Ana Ma. Pérez H., Instituto Tecnológico de Veracruz, México, 1973.
- 3) "Engineering Compendium on radiation shielding" Volume I, Editores: Jaeger, Blizard, Chilton, etc. Heidelberg, Alemania, 1968.
- 4) "Radioactive methods for the quantitative determination of coastal drift rate" Marine Geology, Elsevier Amsterdam, 1969.
- 5) "Estudio de factibilidad para utilizar trazadores radiactivos en la cuantificación del transporte total de sedimentos en ríos", Reporte interno, Grupo de Física, S.A.R.H., 1978.
- 6) "Radiotracer experiments on littoral drift in Japan", M. Kato et al. Radioisotopes in Hydrology, P. 172. Proc. of a Symp. Tokyo. IAEA Viena, 1963.

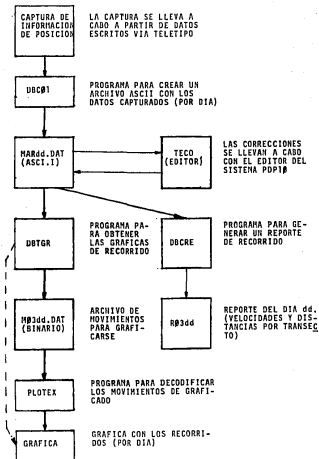
**APENDICE A**

**DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE COMPUTO**

I.- CAPTURA DE INFORMACION.



(CAPTURA DE LA INFORMACION DE POSICION:AHICHO A PARTIR DE DATOS DE CAMPO)





PROGRAMA PARA DECODIFICAR LA INFORMACION DE VECTORES GRAFICOS Y PASARLA A CARACTERES ASCII PARA SER GUARDADOS EN ARCHIVOS



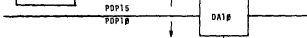
ARCHIVO DEL TRANSECTO nn DEL DIA dd. (EN ASCII)



ARCHIVO DEL DIA dd



TRANSICION EN ASCII DE INF.



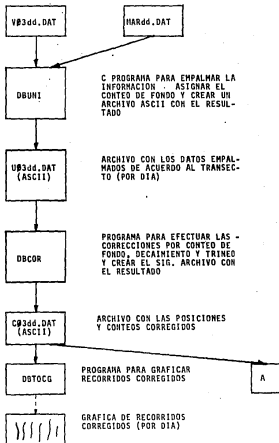
ARCHIVO EN LA PDP10 CON LA INFORMACION DE LA RAPIDEZ DE CONTEO POR TRANSECTO POR CADA DIA



RECEPCION EN ASCII



DIAGRAMA POR BLOQUES DE LA PARTE 11) (UNIFICACION DE LA INFORMACION DE POSICIONAMIENTO Y DE RAPIDEZ DE CONTEO, ASI COMO CORRECCIONES DEBIDAS AL CONTEO DE FONDO, DECAIMIENTO Y ARRASTRE DE TRINEO)



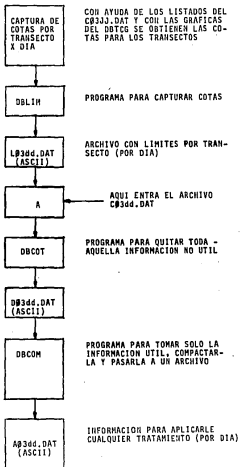
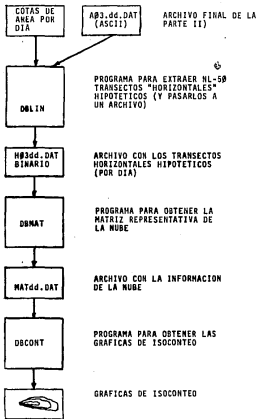


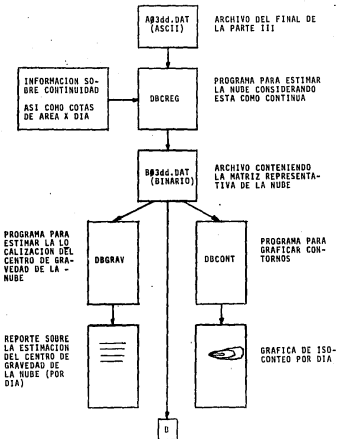
DIAGRAMA POR BLOQUES PARTE III)

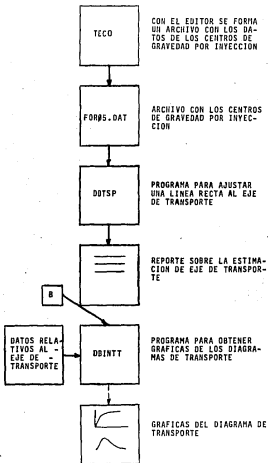
(OBTENCION DE GRAFICAS DE ISOCONTEO POR MEDIO DE INTERPOLACIONES LINEALES SIN FORZAR NINGUN CRITERIO)

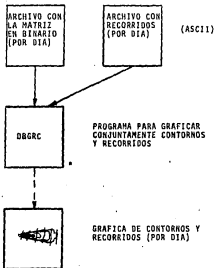
96



(ESTIMACION DE LA NUBE CONSIDERANDO QUE ESTA DEBE SER CONTINUA)







**A P E N D I C E B.**

**DESCRIPCION DEL SISTEMA DE DETECCION UTILIZADO**

Descripción del Sistema de detección utilizado.

El sistema de detección utilizado, consistió en un detector de yoduro de sodio activado con talio acoplado a un medidor de relación, con salida para escalador y para graficador, los cuales se tenían también conectados.

El tubo fotomultiplicador asociado al cristal de centelleo utilizado trabaja con un voltaje de 950 volts y el pre-amplificador y amplificador están integrados al medidor de relación.

Las condiciones de operación en cuanto a ganancia se establecieron obteniendo la relación óptima de  $S^2/b$ , es decir el cuadrado del conteo debido a una fuente radiactiva de Oro-198 entre el conteo de fondo. Con lo anterior se fijó el valor más adecuado para la ganancia.

El medidor de relación tiene integrada la fuente de alto voltaje y también un circuito discriminador cuyo nivel inferior es fijo para eliminar el ruido electrónico, y el superior es móvil. Para la detección se colocó ese nivel en infinito.

El graficador utilizado, se conecta a la salida correspondiente del medidor de relación y la escala en que se obtiene la gráfica queda definida por la escala de dicho medidor de relación, que pueden ser de 0 a 10, 30, 100, 300, 1000, 3000 ó 10000 cuentas por segundo.

La confiabilidad del equipo se verifica utilizando una fuente radiactiva de uranio natural encapsulada en lucita, que se coloca en una posición fija junto al detector y se comprueba que la lectura del escalador esté dentro del rango estadístico esperado.



**A P E N D I C E C.**

**UBICACION GEOGRAFICA DEL ESTUDIO**

