

COEFICIENTES DE ABSORCIÓN LINEAL DE NEUTRONES  
RÁPIDOS EN CONCRETO

Marcos Mazari, Fernando Alba, Manuel Vásquez Barete  
Luis Velázquez, Juan Velázquez e Ignacio Castro

(Recibido: 15 Diciembre 1956)

Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de  
México

RESUMEN

*Se efectuaron determinaciones de coeficientes de absorción lineal en muestras de concreto, arcilla y yeso. En una serie de 12 muestras de concreto fabricadas con cemento normal y fraguado rápido (R. R.), empleando agregados andesíticos se observó en los valores de  $\Sigma$  una tendencia definida a disminuir con el peso volumétrico y al incrementar la energía de los neutrones.*

*Los coeficientes  $\Sigma$  variaron de  $0.085 \text{ cm}^{-1}$  a  $0.097 \text{ cm}^{-1}$  para pesos volumétricos  $\rho$  comprendidos entre  $2080$  y  $2190 \text{ kgm}^{-3}$ , empleando energías de neu-*

trones de 13.0, 14.5 y 16.2 Mev.

*Determinaciones en una placa de concreto de 1m x 1m x 10.1 cm arrojaron valores de  $\Sigma$  del orden del 58 por ciento respecto a una probeta cilíndrica de la misma dosificación.*

*En una arcilla seca de Guaymas, y en yeso común, los coeficientes de absorción lineal en la misma región de energías resultaron de  $0.069 \text{ cm}^{-1}$  y  $0.071 \text{ cm}^{-1}$  respectivamente.*

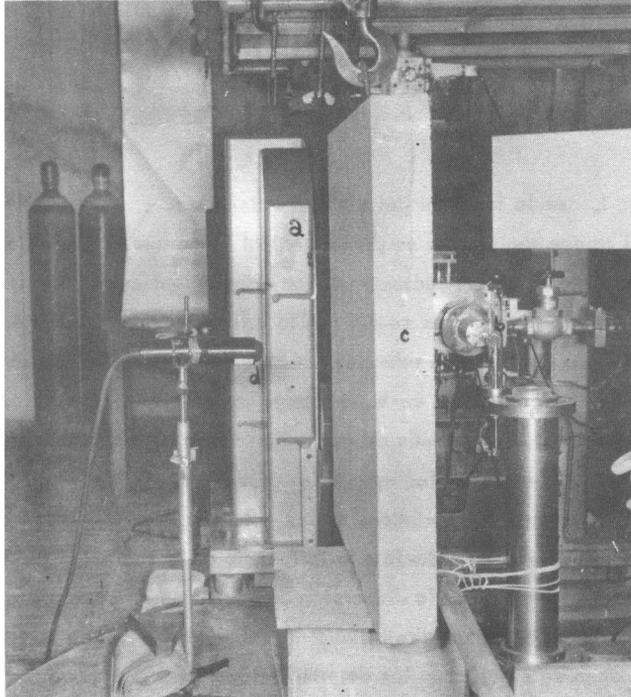
*Se espera que esta información sea útil para el diseño de paredes de protección contra neutrones rápidos empleando concreto de uso común en México.*

Empleando la Técnica descrita en artículos anteriores<sup>1</sup>, es decir, la producción de neutrones monoenergéticos de 13.0, 14.5 y 16.2 Mev, mediante el bombardeo de un blanco de tritio con deuterones acelerados en la máquina Van de Graaff del Instituto de Física, se procedió a determinar experimentalmente los coeficientes de absorción lineal  $\Sigma$  de muestras de concreto, arcilla y yeso.

Con tal objeto se prepararon 12 muestras de concreto, 6 de ellas con cemento normal y las otras 6 empleando cemento de fraguado rápido (R.R.). Empleando los dos tipos de cemento se fabricaron dos series de muestras cilíndricas con las mismas dosificaciones, un grupo de 4.39 cm de diámetro y 10 cm de longitud, el otro del mismo diámetro y 15 cm de longitud, para determinar con ellas la posible influencia de la longitud en el valor de los coeficientes. Se ensayó también una placa de 1m x 1m x 10.1 cm de espesor con objeto de comparar los coeficientes  $\Sigma$  entre los cilindros y una pared. Aprovechando los dispositivos empleados en estos ensayos (véase Fig. 1), se efectuaron también determinaciones en una arcilla de Guaymas seca y una muestra de yeso común.

En la Fig. 2 se muestra la forma en que fué seleccionada la geometría de estos ensayos, una vez que las transmisiones  $T$  se hacían asintóticas al variar la distancia  $D$  del detector al blanco, manteniendo la muestra al centro. Se eligió una  $D = 50 \text{ cm}$  para estos ensayos.

Los coeficientes de absorción lineal  $\Sigma$  en función de la transmisión de



### DISPOSITIVO EXPERIMENTAL EMPLEADO EN EL PRESENTE ESTUDIO

- Ⓐ Magneto deflector de la Máquina de Van de Graaff.
- Ⓑ Blanco de Tritio.
- Ⓒ Muestra.
- Ⓓ Fotomultiplicador.

Fig. 1

neutrones  $T$ ,

$$T = \frac{N}{N_0} = \frac{\text{Flujo de Neutrones con Dispensor}}{\text{Flujo de Neutrones sin Dispensor}}$$

se determinan por la expresión siguiente:

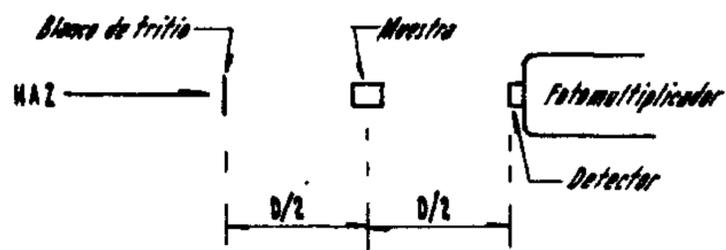
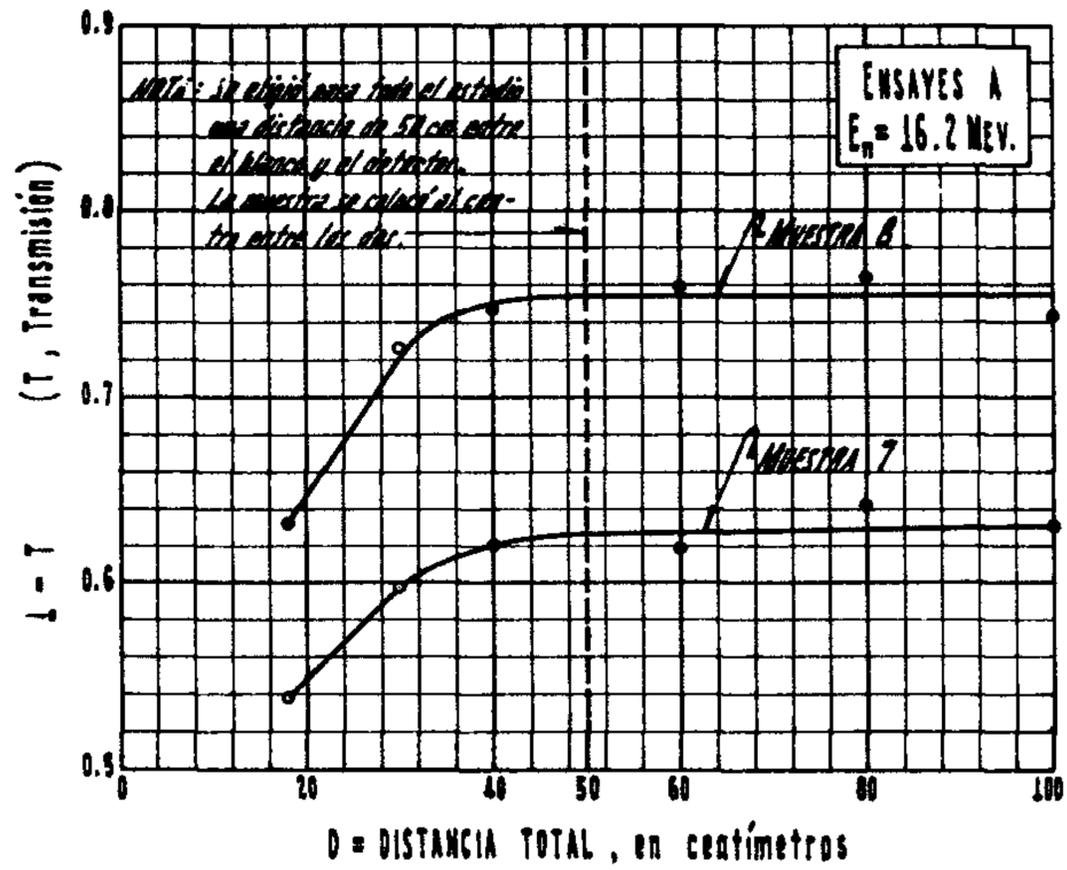
$$T = e^{-\Sigma L}$$

en la que  $L$  es la longitud del elemento dispensor.

El equipo registrador se preparó en tal forma que únicamente se observaran pulsos provocados por radiaciones con energías mayores a unos 6 Mev. De una serie anterior de pruebas se vió que la influencia de la radiación gama cuando se discriminaban pulsos con energías menores que 2 Mev hacían variar los valores de los coeficientes  $\Sigma$  en 8 por ciento por abajo de los valores que se presentan en este estudio, además de que éstos aumentaban con la energía, efecto contrario al que se observa en los resultados presentes.

Posiblemente la proximidad de los valores  $\Sigma$  entre los 13.0 y los 14.5 Mev (ver Fig. 4) se deba todavía a la influencia de la radiación gama producida por reacciones nucleares y por la dispersión de neutrones en el magneto deflector del equipo, el que se encontraba relativamente próximo al detector por razones de geometría, cuando se efectuaban las determinaciones con neutrones de 13.0 Mev.

Como puede observarse en la Fig. 3, en que se muestran las determinaciones de  $\Sigma$  versus del peso volumétrico  $\rho$  de las muestras, se registró una tendencia definida de estos valores a disminuir con el peso volumétrico como era de esperarse así como a decrecer al aumentar la energía, particularmente a los 16.2 Mev. Los valores de  $\Sigma$  se encuentran comprendidos entre  $0.085 \text{ cm}^{-1}$  y  $0.097 \text{ cm}^{-1}$  para todas las muestras cilíndricas. La poca uniformidad de la sucesión de valores se atribuye principalmente a los huecos formados en el concreto durante la fabricación de los cilindros como se comprobó al romper algunos de ellos después de ensayarlos. En la misma Fig. 3, son notables también los valores mayores de  $\Sigma$



ESQUEMA DE LA GEOMETRIA

FIG. 2

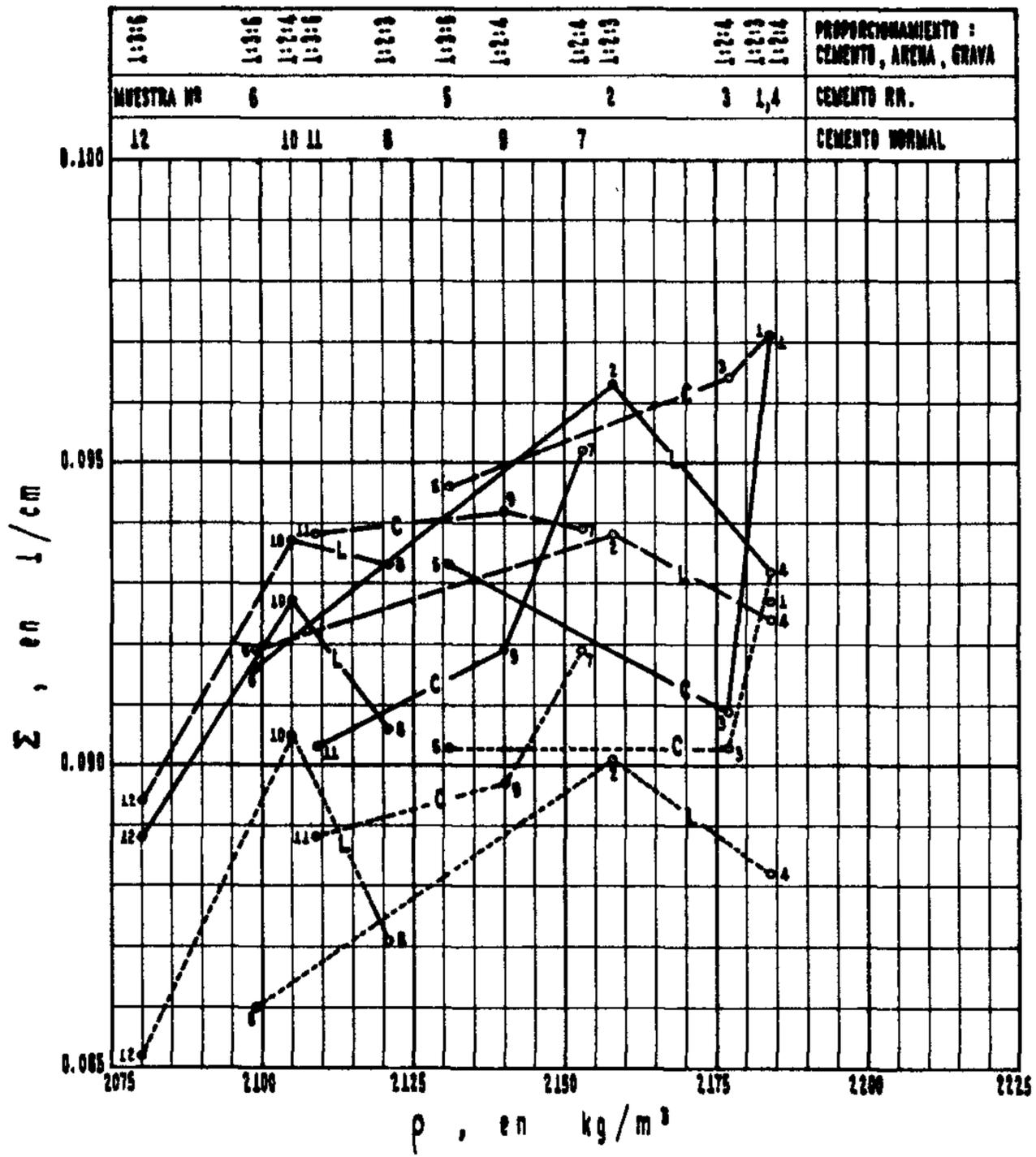
en muestras de cemento R.R., comparadas con las de cemento normal, igual que mayores pesos volumétricos para las mismas relaciones de agregados y cemento. No se notó una influencia definida en  $\Sigma$  debido a las distintas longitudes de los especímenes, lo que hace pensar que la manera de definir  $\Sigma$  es correcta.

Con el objeto de comparar el efecto que en los coeficientes  $\Sigma$  provocaría una pared, se hicieron dos series de observaciones empleando la placa de concreto mencionada. Los valores de  $\Sigma$  que se obtuvieron con esta placa bajo el bombardeo de neutrones de 14.5 y 16.2 Mev resultaron de  $0.049 \text{ cm}^{-1}$  y  $0.047 \text{ cm}^{-1}$  respectivamente, del orden del 58 por ciento respecto a la muestra cilíndrica de iguales características.

La sección total de dispersión de las muestras cilíndricas suponiendo que están formadas principalmente por calcio, silicio y aluminio sería de acuerdo con la información publicada por el laboratorio de Brookhaven del orden de los  $2.0 \text{ barns}^2$ . El cálculo de la sección a partir de las mediciones efectuadas y suponiéndole al concreto una masa atómica media de 34, arroja un valor de  $\sigma_f = 1.44 \text{ barns}$ , 72 por ciento del de una muestra homogénea equivalente sin cavidades. Esta estimación burda puede dar idea de la cantidad de huecos presentes en la fabricación de las muestras de concreto. No se han aplicado correcciones teóricas a estos valores.

Los coeficientes  $\Sigma$  obtenidos para arcilla y yeso, así como el peso volumétrico seco de estas muestras se tabula a continuación:

	$E_n$ en Mev			$\rho$ en $\text{kgm}^{-3}$
	13.0	14.5	16.2	
	$\Sigma$ en $\text{cm}^{-1}$			
Arcilla seca de Guaymas	0.069	0.071	0.068	1500
Yeso	0.071	0.072	0.071	1430



$E_n$   
 ——— 13.0 Mev.  
 - - - 14.5 Mev.  
 ····· 16.2 Mev.  
 C Muestra corta de 10 cm  
 L Muestra larga de 15 cm

Datos de la placa de  $1m. \times 1m. = 10.1cm.$   
 $\Sigma$  0.049 para  $E_n = 14.5$  Mev.  
 $\Sigma$  0.047 para  $E_n = 16.2$  "  
 $\rho = 2014$   $kg/m^3$ ; proporcionamiento 1:2:3  
 cemento normal

1:2:3	1:2:6	1:2:4	1:2:6	1:2:3	1:2:6	1:2:4	1:2:4	1:2:3	1:2:4	PROPORCIONAMIENTO : CEMENTO, ARENA, GRAVA
MUESTRA Nº	6	10	11	8	9	7	2	3	1,4	CEMENTO RR.
	12									CEMENTO NORMAL

FIG. 3

## REFERENCIAS

- <sup>1</sup>Bonner, Alba, Fernández y Mazari. *Phys.Rev.* **97**, 985, 1955.  
*Rev. Mex. Fis.* **4**, 52 1955.
- Mazari, Alba y Serment. *Phys.Rev.* **100**, 972, 1955.  
*Rev.Mex.Fís.* **4**, 165, 1955.  
*Anales del Instituto de Física*, **1**, 69, 1955.
- <sup>2</sup>Neutron Cross Sections. Brookhaven National Laboratory, 1955.