

720587



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

Propiedades del Concreto-Mortero Poroso Impregnado con M. M. A. Polimerizado con Rayos Gamma

T E S I S

Que para obtener el titulo de:
INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a n

Norma Lilia Isunza Espino

Elizabeth Volbre Ruiz

México, D. F.

1974

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

Tesis
1974
M.C. 100 153



QUÍMICA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

PRESIDENTE	M. en C. MANUEL NAVARRETE TEJERO
VOCAL	M. en C. LUIS GALVEZ CRUZ
SECRETARIO	M. en C. GUILLERMINA BURILLO AMEZCUA DE V.
1er SUPLENTE	M. en C. JUAN LARTIGUE GORDILLO
2º SUPLENTE	M. en C. LUIS CABRERA MOSQUEDA

SITIOS DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

CENTRO DE ESTUDIOS NUCLEARES DE LA U.N.A.M.

INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.

SUSTENTANTES: NORMA LILIA ISUNZA ESPINO

ELIZABETH VOLBRE RUIZ

ASESOR DEL TEMA: M. en C. GUILLERMINA BURILLO AMEZCUA DE VELAZQUEZ

PERSONAS E INSTITUCIONES A LAS CUALES AGRADECEMOS SU VALIOSA AYUDA.

M. en C. GUILLERMINA BURILLO AMEZCUA DE V.

M. en C. LUIS CABRERA MOSQUEDA

ING. QUIM. ALFREDO OLIVARES PONCE

ING. CIVIL MANUEL MENA FERRER

LOS EMPLEADOS DEL LABORATORIO DE ANALISIS EXPERIMENTAL DE ESFUERZOS
DEL INSTITUTO DE INGENIERIA.

CENTRO DE ESTUDIOS NUCLEARES DE LA U.N.A.M.

INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.

CON PROFUNDA GRATITUD Y ADMIRACION

A NUESTRAS MADRES Y HERMANOS.

I N D I C E

	PAG.
INTRODUCCION	1
OBJETIVO	2
ANTECEDENTES	3
CAPITULO I	
GENERALIDADES	
I.1 Interacción de la radiación con la materia.	4
I.2 Polimerización inducida por radiación.	6
I.3 Concreto ligero.	8
CAPITULO II	
MATERIALES Y METODOS DE EXPERIMENTACION	
II.1 Cemento.	9
II.2 Arena.	11
II.3 Agua.	12
II.4 Aditivo.	13
II.5 Monómero.	14
II.6 Producción del mortero.	15
II.7 Puesta en obra.	16
II.8 Tratamiento ulterior.	16
II.9 Edad de endurecimiento.	16
II.10 Tamaño y forma de las probetas.	17
II.11 Impregnación.	18
II.12 Polimerización.	19
II.13 Gammabeam 650.	19
II.14 Disposición y ensayo de los especímenes.	20
II.15 Absorción de agua.	21
II.16 Resistencia al ataque químico.	21

	PAG.
ESPECIFICACIONES DE EQUIPO.	23
CAPITULO III.	
ANALISIS DE MERCADO	24
III.1 Macroeconomía de las regiones en desarrollo.	25
III.2 Microeconomía de los materiales de construcción.	26
III.3 Costos.	27
III.4 Relación entre la tecnología de la construcción y los materiales en desarrollo.	28
CAPITULO IV	
CALCULOS	29
CAPITULO V	
CONCLUSIONES	31
BIBLIOGRAFIA	35
APENDICE	
I.-Tablas.	37
2.-Gráficas.	51

INTRODUCCION

La mayoría de las construcciones de edificios presentan un aspecto limitado en las propiedades disponibles de cualquier material de construcción. Los materiales tradicionales actualmente en uso (madera, tabique, vidrio, concreto, plásticos, fibra de vidrio, acero.) no permiten la optimización de estas propiedades.

Así como los materiales plásticos han encontrado aplicación en múltiples áreas, ya sea como parte integral o como sustituto adecuado de los materiales de construcción, las características que han determinado este auge, son la facilidad de moldeo de los plásticos, su resistencia a factores como la corrosión, la humedad y la accesible producción.

Por lo que desarrollar nuevos materiales de construcción o compuestos para los mismos, con bajos costos y características estructurales, (acústicas, aislantes, de resistencia, toxicidad, etc.) las cuales los hagan más eficientes en la construcción que los materiales tradicionales, debe ser el resultado de un diseño completamente íntegro, de aplicaciones específicas, por lo cual éste siempre tomará en cuenta el tiempo y costo de producción, para obtener calidad en los materiales producidos, los cuales cubrirán las exigencias de la Industria de la Construcción en desarrollo.

OBJETIVO

Durante los últimos años se ha visto un impulso en el desarrollo de nuevos materiales para la construcción, el cual parte de las necesidades de habitación de la población.

El propósito de ésta tesis, es el estudio e investigación de una nueva expresión, de un nuevo material de construcción, a base de concreto-mortero poroso y monómero de metil metacrilato, polimerizado con rayos gamma, irradiado a diferentes dosis en el intervalo de 0.6 a 1.5 - Megarads, en atmósfera de aire, con una fuente de Co^{60} a dos razones de dosis, una de 65 rads/seg y otra de 130 rads/seg.

A lo largo de ésta tesis se verán algunas de las características más importantes del concreto-mortero poroso polimerizado, examinando los factores que afectan las propiedades, el trazado de una técnica para la producción del material, así como en forma breve sus posibilidades y limitaciones.

ANTECEDENTES

La preparación, prueba y desarrollo de compuestos de concreto polimérico, como materiales para la construcción han estado en investigación durante los últimos años principalmente por, la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos Norteamericanos (M.S.A.E.C.).

Estos estudios han incluido técnicas de desarrollo en el secado de probetas, impregnación del monómero y polimerización, ya sea por radiación o por polimerización térmico catalítica.

Todos estos estudios han sido publicados por la comisión en cuatro informes anuales, en reportes internos así como en artículos de investigación.

Basándose en ellos se ha desarrollado una expresión diferente del concreto polimérico ya que los estudios mencionados reportan solo el trabajo con concreto normal, y el concreto armado; ésta Tesis investiga y desarrolla un concreto-mortero poroso que por sus propiedades se encuentra dentro de la clasificación de los concretos ligeros.

CAPITULO I

GENERALIDADES

I.1 Interacción de la radiación con la materia.

En el proceso por el cual los rayos gamma interactúan con los átomos de un espécimen cuando es atravesado por estos suele ser muy diferente.

Los rayos gamma al pasar a través de la materia pierden energía debido a la reacción con los electrones logrando ionizarlo y formar radicales libres.

Los rayos gamma absorbidos por los especímenes, así como su dispersión se puede considerar como la suma de los tres efectos; efecto fotoeléctrico, efecto Compton y La producción de pares.

Efecto Fotoeléctrico: Se considera como una interacción con el átomo completo y no con el simple electrón arrancado; este proceso no puede tener lugar con los electrones libres, por lo que influye especialmente sobre los electrones más fuertemente ligados, que son los de la capa k. (4).

Efecto Compton; La interacción de un fotón con un electrón libre fue descrita por vez primera por A.H. Compton. El fotón, cuya energía inicial es $E = h\nu$, después de la interacción sigue una trayectoria en forma de un ángulo con la inicial, y posee además una energía menor $E' = h\nu'$. El neutrón sale según cierta dirección determinada

por el ángulo θ y dotado de una energía cinética E . La conservación de la cantidad de movimiento en la dirección perpendicular al plano de la Figura 1 nos permite asegurar que las tres partículas se mueven en el mismo plano; si eliminamos θ y el parámetro β , que nos da la velocidad del electrón de las ecuaciones, obtenemos la ecuación que nos permite conocer la variación de la longitud de onda, y en consecuencia, la fracción de energía perdida en cada proceso Compton, la variación de la longitud de onda la sufre el fotón después de la difusión. (4)

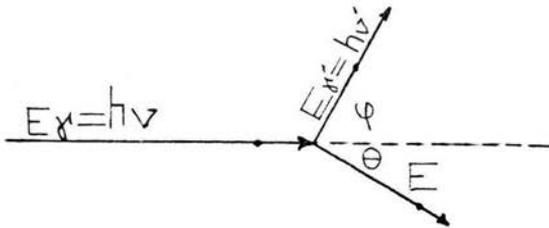
$$h\nu/c = (h\nu'/c)\cos\varphi + m\beta c(1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}}\cos\theta$$

$$(h\nu'/c)\sin\varphi = m\beta c(1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}}\sin\theta$$

$$h\nu = h\nu' + mc^2 \left((1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}} - 1 \right)$$

$$\lambda' - \lambda = (h/mc)(1 - \cos\varphi).$$

Figura 1.



Choque Compton en el cual un fotón de energía E entra en colisión con un electrón libre, que se pone en movimiento en una dirección determinada. (4)

Producción de pares; Cuando la energía de los rayos gamma es mayor que 1.02 Mev., si éstos pasan a través de la materia e interaccionan con el campo del núcleo, da lugar a la formación espontánea de un electrón positivo y otro negativo, cada uno de 0.51 Mev. En este proceso se crea materia de la energía, la energía con la cual inciden los rayos gamma se manifiesta como energía cinética del electrón y del positrón, más la creación de éste.

I.2 Polimerización inducida por irradiación del monómero.

El estudio de los polímeros producidos por radiación se inicia en 1874 cuando Thenerad ^{3} describe la producción de un sólido inerte de acetileno expuesto a una descarga, siendo desde entonces a la fecha intensificado el estudio de la polimerización inducida por radiación.

La polimerización de monómeros que son compuestos orgánicos insaturados se inicia, por la variedad de radicales libres o reactivos iónicos. La polimerización del monómero se realiza por tres etapas: la primera en la cual se forma los radicales libres, la segunda donde las cadenas se propagan y la tercera donde las cadenas se terminan, interviniendo sólo la radiación en la primera etapa, para continuar después independientemente de ella.

El número de cadenas que van creciendo unas con otras, sólo depende de la intensidad y dosis de radiación y no apreciablemente de la temperatura y presión. (2).

Las cadenas continúan creciendo hasta que la actividad de la cadena polimérica se destruye, en esta etapa se termina la polimerización que puede ser por; la combinación de dos radicales con la formación de una molécula de polímero, o por desproporcionalización, que es una transferencia de un átomo de hidrógeno de un radical a otro, dando una molécula saturada.

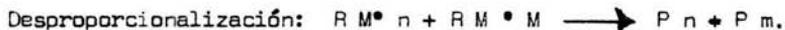
Este proceso se realiza de la siguiente manera:



Terminación por



Terminación por



El polímero obtenido por radiación se modifica al exponerse nuevamente a radiación. Los cambios químicos producidos marcan un cambio en las propiedades físicas del polímero. Los dos principales cambios químicos que ocurren son; el cruzamiento de cadenas y la degradación de las mismas; el cruzamiento de cadenas es un proceso por el —

cual dos cadenas largas se unen y entrecruzan para formar una s6la por lo cual se aumenta el peso molecular del pol6mero; si la irradiaci6n - continua, se convierte en una cadena gigante en forma de red; la cual - s6lo se puede romper calentando a muy altas temperaturas para causar la ruptura de las uniones qu6micas. (3)

La degradaci6n es el proceso opuesto, es decir, es el rompi miento de la cadena formada del pol6mero sin una nueva uni6n en las ter minales de las cadenas formadas.

Los cambios f6sicos que ocurren en general, son el aumento del punto de fusi6n, la disminuci6n de la solubilidad, el aumento de la viscosidad, la formaci6n de gases (CO , CO_2 , H_2 , CH_4), que al quedar -- atrapados en la estructura del espec6men pueden provocar la fractura - del espec6men.

I.3 Concreto ligero: (13) Este tipo de concreto es de menor pe so que el concreto normal, de caracter6sticas propias.

El concreto ligero se obtiene:

1. omitiendo el agregado fino,
2. usando un agregado de estructura celular, produciendose un concreto con c6lulas de aire dentro de las part6culas del agregado.
3. formando burbujas de gas o de aire en la mezcla, ya sea por medio de la acci6n qu6mica o por adici6n de un agente espumante.

C A P I T U L O I I

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS DE EXPERIMENTACION

La preparación del concreto-mortero poroso polimerizado requiere de la elaboración previa del mortero-poroso, para llenar más tarde con monómero de metil metacrilato los poros de éste y polimerizado posteriormente.

II.1 Cemento: El cemento-mortero es básicamente una mezcla de cemento Portland, arena y agua⁽⁸⁾, en una proporción adecuada para formar una pasta plástica la cual puede ser moldeada en determinada forma y tamaño.

El cemento Portland se hace de una mezcla proporcionada de materiales argilaceos (que contienen aluminio y sílica) y materiales calcareos, mezcla que es calentada hasta la completa fusión, el clinker resultante se pulveriza con un 2.5 a 5.0 % de yeso ($\text{Ca} \cdot \text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) formando un producto el cual no apaga y que posee la propiedad de combinarse químicamente con el agua y endurecer en su presencia.

Se considera que el cemento Portland está formado por cuatro componentes principales, en proporción a estos componentes pequeñas cantidades de sulfato de calcio, óxido de magnesio y álcalis, así como otros materiales están presentes.

Estos componentes principales, así como fórmula química es la que sigue;

Silicato tricálcico	$3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_3$	= C_3S
Silicato dicálcico	$2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$	= C_2S
Aluminato tricálcico	$3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	= C_3A
Aluminato tricálcico férico	$4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	= C_4AF .

El cemento Portland también tiene pequeñas cantidades de sodio, potasio, fósforo y magnesio. Estas cantidades dependen del tipo de manufactura del cemento.

El tipo de cemento empleado durante esta Tesis fué el cemento Portland Tipo II, éste tiene la particularidad que se puede utilizar donde el ataque moderado de sulfatos suele ocurrir, se caracteriza por el bajo contenido de aluminato tricálcico, el cual es responsable de su resistencia al ataque de soluciones de sulfato.

La composición del cemento Portland (8) en porcentaje es la siguiente;

Cemento Portland Tipo II

C_3S	46%	C_4AF	12 %
C_2S	29 %	Ca SO_4	2.8 %
C_3A	6 %	CaO	0.6 % libre.

MgO 3% Pérdidas por ignición 1.0 %

El peso específico real del cemento es de 3.10 (8).

II.2 Arena: El control y la manejabilidad del agregado del concreto es un problema, ya que debe mantenerse la uniformidad del producto terminado, el grado de control de los agregados depende del tamaño o importancia del trabajo y de la clase de equipo que se utiliza para efectuarlo.

La arena generalmente no cumple las especificaciones del proceso ya que puede traer defecto del tamaño de partículas o un exceso de partículas de gran tamaño; se requiere siempre en cualquier trabajo que la arena sea natural⁽⁵⁾ durante esta Tesis se utilizó arena de mina del Distrito Federal, de granulación natural donde el tamaño de partícula máximo fue de 1.0 a 3.0 mm, de acuerdo a la criba que se utilizó se encontró que el porcentaje en peso de las proporciones que pasaban por el tamiz fue de 43% y con un peso específico real de 2.60 Kg/dm y una superficie específica en m/Kg de grano esférico de 0.77, ya que la forma del grano se consideró como esfera. (5)

Propiedades de la Arena (5)

Peso específico real 2.60 Kg/dm

Peso volumétrico compactado 1590 Kg/dm

Peso volumétrico suelto	1435 Kg/ m
Densidad	1.17 Kg/ Cm ³
Absorción	7.42 %
Humedad	2.66 %
Módulo de finura	3.2
Tamaño máximo de agregado grueso	3.0 mm

II.3 Agua: La dosis de agua añadida al mortero cumple diversas misiones, la principal de ellas es la de hidratación, (5) es decir el endurecimiento y consolidación del cemento , para la hidratación de éste es necesaria una cantidad relativamente pequeña de agua, la proporción de agua depende de la clase de cemento, de la dosis de agua de amasado y de la naturaleza del tratamiento ulterior.

El cemento Portland se combina químicamente sólo con 0.08 a 0.22 partes en peso de agua (8) y la relación de agua de amasado oscila entre 0.20 y 1.00 partes en peso.

A la pasta se le da una consistencia espesa, plástica o fluida, para esto, hay que mejorar la superficie de los áridos y si se trata de áridos muy absorbentes hay que saturar de agua, así el agua de amasado influye en la consistencia del mortero fresco; para conseguir esta consistencia y docilidad del mortero hay que agregar mucha más -

agua que la cantidad químicamente necesaria, pero un exceso influye en el tiempo de fraguado de la pasta, así como la aptitud de compactación de la pasta de mortero, su docilidad y la facilidad para llenar los poros intersticiales que se forman entre los granos del árido.

El agua empleada durante esta Tesis fue agua potable de la U.N.A.M. y la relación cemento agua fue de 0.750 donde el porcentaje de poros en la pasta fue del 55% con un grado de compacidad de 0.45.

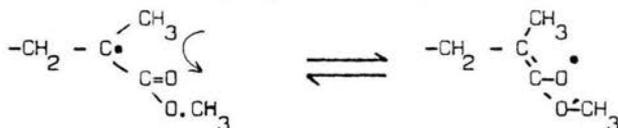
II.4 Aditivo: La adición de una sustancia, que se hace con el fin de mejorar las propiedades del mortero así como sus cualidades, una vez endurecido tiene varios propósitos, aumentar la porosidad del mortero, propósito por el cual durante esta Tesis se utilizó, el aditivo en forma de polvo, se mezcló en seco con el cemento y la arena, éste se considera como un fluidificante generador de poros, este tipo de agente aditivo aumenta la resistencia a las heladas y a los agentes atmosféricos.

El efecto del aditivo varía sobre cada tipo de cemento, siendo más destacado sobre los cementos Portland, para la mayoría de los aditivos hay límites críticos más allá de donde no se puede aumentar la dosis, sin detrimento del mortero. (5) Debido a lo anterior la dosis del aditivo fue de 30 gramos por kilo de cemento.

II.5 Monómero; El monómero es un compuesto orgánico no saturado. El monómero utilizado para este trabajo se adquirió comercialmente con las siguientes propiedades;

Denominación	Metacrilato de Metilo.	
Fórmula química	$\text{CH}_2 = \text{C} (\text{CH}_3) - \text{COOCH}_3$	
Descripción general	líquido móvil, transparente e incoloro de olor característico.	
Análisis típico	Metacrilato de metilo	99.9 %
	Metanol	0.001 %
	Acido de metacrilato	0.004 %
	Agua	0.03 %
	Topanol (estabilizante)	p.p.m. 60

Propiedades químicas: El metil metacrilato soporta la polimerización debido a su doble enlace, la cadena de polímero crece lentamente debido al radical libre que puede deslocalizarse.



El polímero de la resina es transparente e incoloro.

METODOS EXPERIMENTALES

II.5 Producción del mortero: Proporción de la mezcla. La proporción de la mezcla fija las cantidades relativas de sus componentes; una proporción completa e inequívoca expresa así la dosificación:

Cemento: arena: agua = 1 : K : W en partes en peso.

1 Kg. de cemento.

2.5 Kg. de arena.

0.750 Kg. de agua.

La relación queda:

$$1 : K : W = L : 2.5 : 0.75$$

Amasado: El éxito de una mezcla no sólo depende de la concordancia entre los distintos componentes y de la elección de la composición granulométrica, sino también de la distribución uniforme del cemento sobre los áridos del mortero.

El amasado se realizó mecánicamente por medio de una batidora de oscilación completa.

esto fue con el fin de lograr un amasado de buena calidad y siempre igual donde se hizo una mezcla previa en seco; primero se introdujo una parte de agua al tazón de la batidora, luego se cargaron los materiales secos y finalmente se añadió el resto del agua, la mezcla previa en seco se hizo con el fin de producir uniformidad de los ingredientes, así como

mayores resistencias del mortero.

II.7. Puesta en obra: La puesta en obra se llevó a cabo después del amasado, se vació el mortero a moldes previamente engrasados, se utilizó como método de compactación un vibrador de mesa con una frecuencia de $n = 2.800 / \text{min.}$ (47 Hertz o mayor) con la finalidad de alcanzar el trabajo de compactación que le corresponde, aumentando su resistencia.

La temperatura durante la producción del mortero osciló entre $21^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}.$

Las probetas se mantuvieron durante 24 hrs. y después se demoldaron aplicándoles el tratamiento ulterior.

II.8 Tratamiento Ulterior. El Tratamiento ulterior que debe darse al mortero recién hecho consiste en mantenerlo húmedo para evitar el desarenado de las capas superficiales y favorecer su impermeabilización, la conservación de los especímenes, se hizo manteniendolos dentro del agua durante 15, 20, 28 días de curado a fin de obtener y evitar, especialmente en las vigas las mínimas tensiones internas debidas a la retracción que puede falsear los resultados de las pruebas mecánicas posteriores.

II.9 Edad de endurecimiento. La influencia de la edad sobre las propiedades del mortero es diferente dependiendo de la clase y calidad del cemento, así como del tipo de conservación dosificación y proporción de los componentes.

El aumento de la resistencia con la edad se debe a la progresiva

combinación con el agua y reducción de volúmen de poros de la pasta solidificada, con la resistencia a la compresión crece el módulo de elasticidad y la resistencia a las heladas, el peso específico aparente disminuye hasta el equilibrio por desecación y la retracción crece hasta dicho equilibrio, la impermeabilidad es mayor cuando la conservación se ha hecho en agua.

Curado en inmersión de agua.

Edad	Endurecimiento %
24 Hrs	32 %
7 Días	63 %
28 Días	84 %
1 Año	100 %

II.10 Tamaño y forma de las probetas: Los resultados de ensayo se refieren siempre a la unidad de longitud y de volúmen, por lo que el tamaño y forma de las probetas no deja de influir.

Se utilizaron dos tipos de probetas cilíndricas; un tipo con una altura de 10 cm. y 5.0 cm de diámetro, el otro con una altura de 11 cm y 5.5 cm de diámetro, donde la relación de las resistencias a la compresión sobre el cilindro fue de 1.00 en un tipo y 0.87 en el otro, valores obtenidos de la relación h/d .

Los moldes utilizados para vigas destinados a pruebas mecánicas de flexión fueron moldes de microconcreto de 28.5 cm de longitud y 2.5X2.5X2.5cm.

formando prismas rectangulares.

II.11 Impregnación. Antes de la impregnación, una vez que los especímenes cumplieron con su tiempo de curado, se procedió a sacarlos del medio de curado. Los especímenes se secaron a temperatura constante de 35°C la cual no afecta la estructura del concreto-mortero poroso utilizándose una estufa. Este proceso se efectúa con el fin de eliminar toda el agua contenida en el espécimen para una óptima impregnación con el monómero.

La impregnación con el monómero consiste en empapar con el monómero líquido los especímenes secos durante un tiempo para que los poros puedan llenarse.

Durante este trabajo se hicieron dos tipos de impregnación: la impregnación en atmósfera de aire, y la impregnación a vacío. En la primera los especímenes una vez secados y pesados, se colocan en un recipiente el cual se llena con monómero que cubre al espécimen y se deja impregnar durante 24 Hrs. En la segunda los especímenes secados y pesados previamente se colocan en un recipiente a vacío donde permanecen por 30 minutos, después de los cuales se impregnan con monómero durante un tiempo de 6 Hrs.

La cantidad de monómero a emplearse depende del tipo de porosidad del concreto.

Después de impregnada la muestra, se cubre con una hoja de

aluminio y se recubre con polietileno para evitar la evaporación después de lo cual el espécimen es pesado nuevamente.

El peso ganado por el espécimen durante la impregnación está en función del aire evacuado de los poros.

II.12 Polimerización. La polimerización por radiación ofrece mayores ventajas que la polimerización por otros métodos clásicos, el llevarse a cabo en un tiempo menor y la no intervención de sustancias extrañas durante la misma, otra ventaja es que no se requiere catalizador.

II.13 Gamma Beam 650. La irradiación de los especímenes se efectuó en un equipo Gammabeam 650 tipo IR 31 . Unidad de radiación de cobalto (9) 60 manufacturado por la Atomic Energy of Canada Limited. (A.E.C.L.)

Esta unidad consiste en un contenedor en forma de cilindro conteniendo aproximadamente 4990 Kg. de Plomo, en su interior se encuentran doce cavidades donde están almacenadas las fuentes cuando el equipo se encuentra en funcionamiento.

En la parte superior se presenta un ensamble de un conjunto de doce tubos de exposición en forma de cilindros, los cuales pueden ser radialmente ajustables y con ello poder variar el diámetro de configuración.

Las muestras pueden ser irradiadas ya sea central o panorámicamente, es decir colocando las muestras en el centro de los tubos o alrede-

dor de ellos.

Las fuentes son cápsulas de Co^{60} en forma de cilindros con las siguientes dimensiones; 1.0 mm de diámetro por 1.0 mm de largo las cuales estan situadas dentro de cápsulas de acero inoxidable especial. Cada tubo de almacenamiento de fuentes contiene cinco cápsulas teniendo un total de 60 de ellas.

La actividad de la fuente en los meses de trabajo era de 43,000 a 35,000 Curios.

Un sistema neumático se emplea para sacar las cápsulas de su posición de almacenamiento del interior del contenedor y llevarlas a su posición de almacenamiento del interior del contenedor y llevarlas a su posición de exposición dentro de los tubos, para este fin se utilizan dos compresoras.

El equipo se encuentra en el interior de un cuarto blindado, la operación del mismo se lleva a cabo por medio de una consola de mandos que se encuentra en el exterior del cuarto de irradiación.

II.14 Disposición y ensayo de los especímenes. Normas de ensayo a la compresión y flexión.

Se utilizarón los métodos standards para pruebas; en el caso de los cilindros se utilizó la Designación A.S.T.M. C 39 - 64, en este método se prueba el esfuerzo de la compresión para cilindros moldeados de

concreto.

En el caso de las vigas se utilizó la designación C 29368 la cual permite la determinación del esfuerzo a la flexión en especímenes de tamaño pequeño, utilizando una viga con un punto de apoyo central.

II.15 Absorción de agua La absorción de agua (6) en cementos ligeros es mayor que en concretos normales, pero cuando los poros han sido llenados por el monómero y polimerizados, ésta disminuye a valores despreciables debido al aumento del contenido de polímero.

Los especímenes escogidos para esta prueba se seleccionaron de acuerdo al tiempo de curado, tipo de impregnación, razón de dosis y dosis total.

Los especímenes después de la evaporación del monómero completamente secos, se pesaron y se introdujeron en recipientes de vidrio con agua durante siete días, siendo pesados a intervalos de 24 horas.

II.16 Resistencia al ataque químico El ataque químico (6) generalmente se presenta como agua freática corrosiva, particularmente sulfato, un ambiente contaminado y escurrimiento de líquidos reactivos. El concreto ligero no posee una resistencia especial a estos agentes, sino que, por el contrario, por el hecho de ser más poroso que los concretos

normales es acaso más vulnerable.

El ataque químico del aire no es significativo a excepción del que se produce en medios sumamente contaminados, un aspecto químico de la durabilidad es la estabilidad del material, particularmente ante la presencia de humedad.

La corrosión en el cemento, es el resultado de la formación de productos solubles, debido al ataque de ácidos orgánicos e inorgánicos, produciendo desintegración en el concreto poroso, fenómeno que ocurre en toda la masa de los especímenes debido a los poros, este ataque se reduce al introducir el polímero.

Los especímenes escogidos para esta prueba, cumplieron los mismos requisitos que los empleados en la prueba de absorción de agua, se pesaron antes de introducirlos en los ácidos, observándose los cambios producidos en ellos durante siete días.

Se emplearon diluciones de HCL y $H_2S - O_4$ al 15%.

Cualquier trabajo de investigación carecería de sentido sino estuviera referido a prueba de control.

Todas las pruebas realizadas a lo largo de esta Tesis se llevaron a cabo con especímenes de control y especímenes tratados, siendo escogidos los especímenes de control tomando en cuenta los siguientes parámetros; mezcla y tiempo de curado.

ESPECIFICACIONES EQUIPO

BATIDORA:

Marca	Hobart
Modelo	Nº 50
Volts	115
Velocidad	1425
Ciclos	50
Fase	1
Amperes	3.2
Temperatura Max	50°C
Tipo Batido	Continuo
H. P.	1/6

Máquina de pruebas al esfuerzo de la Compresión y tensión

Marca y Tipo:

Lisenhausenwerk. Dusseldosfer.

Maschinenbaun A. G.

Düsseldorf Grafernberg

Carga Máxima 10 Ton. y 100 Ton.

CAPITULO III

CAPITULO III

ANALISIS DE MERCADO

Las dificultades técnicas del establecimiento de una industria doméstica de materiales son considerablemente menores comparadas con las dificultades económicas generalmente presentes; escasez crónica de capital, tendencia a operaciones intensas de trabajo con la subsecuente falta de eficiencia de producción, pocos mercados y una infraestructura poco adecuada para soportar la industria.

Mientras que la importancia de la investigación de los aspectos puramente técnicos del desarrollo de materiales de construcción no se debe devalorar, es obvio que la investigación de los aspectos económicos del desarrollo de materiales y de la tecnología de construcción es de un beneficio más inmediato para las regiones en desarrollo.

Esta Tesis analiza muy brevemente los conceptos económicos básicos y los datos relevantes para la industria de los materiales de construcción en los países en desarrollo.

Los países en desarrollo como el nuestro tiene problemas graves en la construcción de escuelas, hospitales, casas habitación y otras construcciones de servicios. Por lo cual el desarrollo de la industria de la construcción debe ser barato, útil y fácil de construir, por lo tanto, debe cumplir algunos requisitos tales como:

- 1.- Los materiales de construcción deben ser, si es posible, fáciles de localizar.
- 2.- Estos materiales deben ser baratos en su producción.
- 3.- Deben ser fáciles y económicos de usarse en las construcciones.
- 4.- Deben de adaptarse a todos los usos de todas las partes de la construcción (paredes, pisos, techos).
- 5.- Y sobretodo, deben de cumplir los requisitos de salud y en especial, cubrir las condiciones climáticas.

Todo lo anterior cubre las nuevas técnicas del desarrollo de nuevos materiales de construcción y componentes integrales de la construcción moderna.

III. 1 Macroeconomía de las regiones en desarrollo. En la investigación del desarrollo y construcción de una tecnología se incluyen los factores de: Capital, mano de obra y las restricciones de los mercados.

Sólo algunos países pueden mantener su velocidad de crecimiento, ya que cuentan con fuentes de capital adecuadas, pero la mayoría de los países, sin embargo, forman su capital por medio de la ayuda exterior, el cual no se distribuye equitativamente.

La mano de obra de los países en desarrollo es muy barata y

abundante debido a que hay ausencia de tecnología, ya que la mayoría de estos países son agrarios, y las áreas urbanas consecuentemente son habitadas por campesinos que solo tienen una tecnología limitada, la mayoría de los trabajadores tienen directa o indirectamente experiencia con maquinaria y los verdaderos trabajadores técnicos casi no existen.

Hay una relación directa entre el capital y la mano de obra, ya que cualquier actividad económica necesita de un capital cuando hay maquinaria específica presente, por lo que la mano de obra debe ser especializada; como consecuencia ningún proceso en estas condiciones es económico, ya que las operaciones con capital siempre requieren del mínimo costo posible y alta calidad.

La restricción de los mercados para los productos en desarrollo está limitada en tamaño y extensión geográfica debido a la infraestructura inadecuada.

III.2 Microeconomía de los materiales de construcción. La microeconomía de los materiales de construcción varía grandemente de producto a producto, por lo que el proceso de manufactura y la posible utilidad se deben considerar en forma individual en función del mercado de demanda, el costo de los materiales básicos, el costo de producción, el cual depende de la escala del producto, el costo de la mano de obra,

fuentes de poder combustibles y otros factores.

Dadas las condiciones actuales en la investigación del material producido a lo largo de esta Tesis, es imposible el análisis del costo exacto, debido a los factores independientes que lo afectan relacionados con su aplicación futura.

III.3

Costos

1 Kg. CEMENTO	\$	0.60
2.5 Kg. DE ARENA	\$	0.02
ADITIVO	\$	0.72
	\$	<u>1.34</u>
Costo de doce especímenes cilíndricos:	\$	1.34
Costo de cada espécimen cilíndrico:	\$	0.116
Costo por m ³ de concreto poroso producido:	\$	443.80
Costo de monómero absorbido por cada espécimen:	\$	0.502
Costo concreto-mortero poroso impregnado:	\$	<u>2357.00</u>
	m ³	

Costos M.N. / Kg.			
MATERIAL	M.N./KG	% POR KG DE CONCRETO	COSTO M.N./KG.
M.M.A.	20.00	2.51	12.55
CONCRETO	1.34	100.00	1.34
TOTAL			13.89

III.4 Relación entre la tecnología de la construcción y los materiales en desarrollo. Actualmente los materiales en desarrollo, son materiales que por sus propiedades físicas y químicas superan a los materiales fabricados en forma tradicional.

La tecnología propuesta en esta Tesis es una tecnología para el futuro, cuando la utilización de la energía nuclear en nuestro país lo permita a escala industrial, dado que la tecnología de los materiales para la construcción es tradicionalista hoy en día.

CAPITULO IV

CAPITULO IV

CALCULOS

Volúmen:

$$\text{Cilindros} \quad V^{\circ} = \pi br^2$$

$$\text{Prisma recto} \quad V = a.b.c.$$

$$\text{Densidad: } P = \frac{m}{v}$$

$$\text{Area Cilindros: } \pi r^2$$

% polímero en peso:

$$\frac{\text{Peso polímero}}{\text{Peso concreto}} \times 100 = \% \text{ en peso}$$

% Absorción de agua:

$$A = \frac{\text{Pes} - P_s}{P_s} \times 100$$

P_s = peso espécimen seco

Pes = peso espécimen saturado de agua

Esfuerzo a la compresión:

(A S T M Designation C 39, 64)

$$R = \frac{P}{\text{area seccional}}$$

Esfuerzo a la flexión:

(A S T M Designation C 293 - 68)

$$R = \frac{3 P l}{2 b d^3}$$

R^o Módulo de ruptura (Kg/cm^2)

P_c = carga (kilogramos)

l = distancia entre puntos = 7.5 cm.

b = ancho = 28.6 cm

d = altura = 2.5 cm

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Resistencia a la compresión:

Se observó que los valores máximos a la resistencia a la compresión se obtenían en los especímenes impregnados a vacío y polimerizados a 1.2 Megarad a 65 rad/seg y 130 rad/seg., de tal forma que la resistencia a la compresión se vió aumentada en un 600% (Gráficas 1-14)

Resistencia a la Flexión:

Los valores del esfuerzo a la flexión más altos se obtuvieron en especímenes impregnados a vacío e irradiados a 1.2 Megarads a 130 rad/seg. La resistencia a la flexión se incrementó en un 80% en los especímenes tratados. (Gráficas 15 - 21)

Absorción de agua:

La absorción de agua se reduce a valores despreciables a partir del tercer día de inmersión; la máxima absorción de agua se efectúa en el primer día de inmersión, los especímenes tratados absorben el 50% menos que los especímenes control.

% absorcion de agua (valores promedio)							
	1° DIA	2° DIA	3° DIA	4° DIA	5° DIA	6° DIA	7° DIA
ESPECIMENES							
CONTROL	12.18	13.97	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34
TRATADOS	7.72	9.51	9.88	9.88	9.88	9.88	9.88

Ataque Químico:

La resistencia del concreto mortero poroso polimerizado al ácido clorhídrico al 15% indica que el polímero es atacado en gran escala al principio, pero este ataque disminuye con la exposición continua al ácido comparada con los especímenes de control.

Los especímenes expuestos a H_2SO_4 al 15% son desintegrados debido al ataque simultáneo que sufre tanto el polímero como el concreto, motivo por el cual esta de mas hacer una relación de datos, de dicho ataque.

Otros efectos observados:

Los efectos producidos por el agua en la polimerización al impregnar especímenes húmedos, son: 1.- el mínimo aumento de la resistencia a la compresión debido a que durante el proceso de polimerización se generan gases, los cuales provocan la ruptura interna del

especímen. 2.- El agua retenida en los especímenes antes de impregnar afecta a la densidad, debido al aumento de peso, por lo que el concreto mortero poroso deja de ser un concreto ligero. 3.- El % de polímero en peso se ve afectado dado que los poros intersticiales se encuentran ocupados por el agua resultando una impregnación deficiente y a su vez da como resultado un bajo % de polímero, afectando notablemente la resistencia a la compresión del concreto mortero poroso polimerizado. (Tabla # 7)

En el proceso de polimerización al aumentar el tiempo de irradiación, o sea al aumentar la dosis total, la producción de calor es mayor afectando la estructura interna del concreto mortero poroso, produciendo rupturas internas con la consiguiente disminución de la resistencia. (Tabla no. 4)

Cuando los especímenes tratados son nuevamente expuestos a impregnación e irradiación, se observó que hay un aumento considerable en la resistencia a la compresión llegando a un valor de 559.74 Kg -cm^2 es decir 500 veces más que los valores obtenidos en los especímenes de control.

La penetración del monómero en especímenes impregnados en condiciones atmosféricas fue de 1.5 cms, no así en los especímenes impregnados a vacío, en los cuales la penetración del monómero fue total debido a la evacuación de aire contenido en los poros. Las mejores

propiedades encontradas fueron para probetas impregnadas a vacío de - 20 días de curado e irradiadas a una dosis de 65 rad/seg. En cilindros se observó un valor máximo de 777.3 Kg-cm^2 para el esfuerzo a la compresión. En vigas un valor máximo de carga de 91.6 Kg y un esfuerzo máximo a la tensión de 2.3 Kg-cm^2 .

Aplicaciones

Consideramos que los productos a base de concreto-mortero poroso, fabricado en condiciones bien definidas, puede tener aplicación en la fabricación de ladrillos o bloques huecos, piezas para techos y pisos, placas para paredes, placas para cubiertas, muros para edificios, vigas de puentes, zapatas para puentes, piloteado, vigas para elementos de edificios industriales, estructuras resistentes a los temblores y amortiguadores de choques, postes y estructuras flotantes; ya que sus propiedades y ventajas tales como peso propio más bajo, estructura y carga de cementación reducida, mejor resistencia al fuego, mejor aislante del calor, mejor resistencia a las heladas y al deshielo, permeabilidad reducida, conducen a su elección al compararlo con el concreto normal ya que las condiciones a cumplir serán más severas que con otro tipo de concreto.

BIBLIGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

1. RADIATION CHEMISTRY OF POLIMERIC SYSTEMS
Vol. XV High Polimers.
John Wiley and Sons Inc.
1962.
2. ATOMIC RADIATION OF POLIMERS.
A. Charlesby.
Pergamon Press
Oxford, 1960.
3. AN INTRODUCTION TO RADIATION CHEMISTRY.
J.W.T. Spinks and R.J. Woods.
John Wiley and Sons Inc.
Sidney, 1964.
4. INTRODUCCION A LA FISICA NUCLEAR.
David Halliday.
Ed. Reverte, S.A.
Barcelona, 1961.
5. PRONTUARIO DEL HORMIGON.
Alfred Humonel.
Editores Técnicos Asociados.
Barcelona, 1961.
6. CONCRETO LIGERO.
Andrew Short, William Kinnisburgh.
Ed. Limusa. Willey, S.A.
México, 1967.
7. CONCRETE-POLIMERS MATERIALS, FIRST TROPICAL REPORT.
Brookhaven National Laboratory and Bureau of Reclamation.
BNL 50134 (T-509) .
Diciembre, 1968.

8. CONCRETE MANUAL.

36

U.S.A. Department of the Interior Bureau of Reclamation.
Water Resources Technical Publication.
Seventh Edition, 1965.

9. INSTRUCTIVO DE MANEJO "GAMMABEAM 550"

10. TECHNICAL SERVICES DATA

Sheet TS/C/2108/1

Imperial Chemical Industries Limited.

11. ESTUDIO DE CONCRETOS LIGEROS.

Manual Mena Ferrer

Revista IMCXC

Vol 5, No. 32, Mayo-Junio 1968.

12. UNA REVISION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POLIMERIZADO.

Allan Anskern.

Revista IMCXC.

Vol. XII, No. 67, Mayo-Abril 1974.

13. UNA INTRODUCCION AL CONCRETO LIGERO.

Suplemento No. 14 de la revista IMCXC, Mayo-Junio 1965.

A P E N D I C E

LISTA DE TABLAS

- TABLA No 1 Relación entre la resistencia del concreto polimerizado y la resistencia del concreto normal. Compresión: Kg-cm^2 .
- TABLA No 2 Relación entre la resistencia del concreto polimerizado y la resistencia del concreto normal. Tensión: Kg-cm^2 .
- TABLA No 3 Datos de mezclas de concreto-mortero poroso.
- TABLA No 4 Datos de resultados de pruebas efectuadas sobre especímenes cilíndricos.
- TABLA No 5 Datos de resultados de pruebas efectuadas sobre especímenes prisma rectangulares (vigas).
- TABLA No 6 Datos de secado de especímenes hasta peso constante a una temperatura de 35°C .
- TABLA No 7 Datos de especímenes con residuos de agua, impregnados — con M.M.A., e irradiados a una razón de dosis de 65 rad/seg .

Tabla No. 1

RELACION ENTRE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO POLIMERIZADO Y LA RESISTENCIA DEL CONCRETO NORMAL. (COMPRESION KG - CM²)

CONTROL	CON POLIMERO	DIFERENCIA %
118.000	429.47	263.95
118.000	541.00	443.94
118.000	375.84	219.35
118.000	449.31	280.77
118.000	431.51	265.68
118.000	538.38	394.48
81.000	139.58	72.32
81.000	161.73	99.67
81.000	149.04	84.00
81.000	439.99	443.19
81.000	404.20	399.00
81.000	159.07	96.30
81.000	559.79	591.09
81.000	150.27	85.52
81.000	509.42	528.91
81.000	513.47	533.91
81.000	488.41	502.97
81.000	528.41	553.09
DIFERENCIA % = (C.P. - CONTROL / CONTROL) x 100		

Tabla No. 1		
RELACION ENTRE RESISTENCIA DEL CONCRETO POLIMERIZADO Y LA RESISTENCIA DEL CONCRETO NORMAL (COMPRESION KG - CM ²)		
CONTROL	CON POLIMERO	DIFERENCIA %
55.296	128.69	132.72
55.296	128.21	124.62
55.296	372.39	573.44
55.296	124.865	125.80
55.296	134.74	146.67
55.296	246.28	344.87
55.296	294.465	351.13
55.296	362.06	554.74
55.296	218.79	294.29
55.296	292.82	429.55
55.295	346.40	525.51
55.296	315.78	471.07
118.000	204.29	73.05
118.000	206.31	74.83
118.000	318.38	169.81
118.000	194.83	65.11
118.000	525.00	344.91
118.000	148.84	25.42
118.000	172.62	46.28
118.000	346.83	193.92

Tabla No. 2

RELACION ENTRE RESISTENCIA DEL CONCRETO POLIMERIZADO Y RESISTENCIA DEL
 CONCRETO NORMAL. (TENSION KG-CM²)

CONTROL	CON POLIMERO	DIFERENCIA %
0.9538	1.004	5.0
0.9538	1.004	5.0
0.9538	1.054	10.50
1.164	1.755	50.77
1.164	1.179	1.0
1.164	1.706	46.56
1.164	2.058	76.804
1.4421	2.51	74.05
1.4421	2.15	49.08
1.4421	1.706	25.17
1.4421	1.877	30.15
1.4421	2.208	30.15
1.4421	2.158	49.64
1.4421	1.706	18.299
<p>DIFERENCIA % = (C.P. - CONTROL / CONTROL) 100</p>		

Tabla No. 3

DATOS DE MEZCLAS DE CONCRETO - MORTERO POROSO.

Condiciones de preparación	I	II	III	IV	V	VI
Fecha de colado.	20 SEP 1973	20 SEP 1973	20 SEP 1973	27 DIC 1973	25 OCT 1973	26 DIC 1973
Hora de colado.	11.00 a.m.	12.00 a.m.	13.00 p.m.	12.00 a.m.	12.00 a.m.	12.00 a.m.
Temperatura.	20 ° C	20 ° C	20 ° C	20 ° C	20 ° C	20 ° C
Tiempo de premezclado.	5 min.	5 min.	5 min.	5 min.	5 min.	5 min.
Tiempo total de mezclado.	9 min.	9 min.	9 min.	9 min.	9 min.	9 min.
Moldeado.	24 hrs.	24 hrs.	24 hrs.	24 hrs.	24 hrs.	24 hrs.
Fecha inicial de curado.	21 SEP 1973	21 SEP 1973	21 SEP 1973	28 DIC 1973	26 OCT 1973	27 DIC 1973
Temperatura.	21 ° C	21 ° C	21 ° C	20 ° C	20 ° C	20 ° C
Tiempo total de curado.	28 Días	28 Días	28 Días	28 Días	20 Días	20 Días ^u
Humedad.	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Forma de curado.	I N M E R S I O N			E N		A G U A
No. total de especímenes.	12	12	12	12	12	12

Tabla No. 3

DATOS DE MEZCLAS DE CONCRETO - MORTERO POROSO.

Condiciones de preparación.	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Fecha de colado.	3 ENE 1974	3 ENE 1974	5 OCT 1973	5 OCT 1973	5 ENE 1974	5 ENE 1974
Hora de colado.	12.00 a.m.	13.00 p.m.	12.00 a.m.	12.00 a.m.	14.00 p.m.	13.00 p.m.
Temperatura ambiente.	20 ° C	20 ° C	20 ° C	20 ° C	20 ° C	20 ° C
Tiempo de premezclado.	5 min.	5 min.	5 min.	5 min.	5 min.	5 min.
Tiempo total de mezclado.	9 min.	9 min.	9 min.	9 min.	9 min.	9 min.
Moldeado.	24 hrs.	24 hrs.	24 hrs.	24 hrs.	24 hrs.	24 hrs.
Fecha inicial de curado.	4 ENE 1974	1 ENE 1974	6 Oct 1973	6 OCT 1973	4 ENE 1974	6 ENE 1974
Temperatura.	20 ° C	20 ° C	20 ° C	20 ° C	20 ° C	20 ° C
Tiempo total de curado.	20 Días	20 Días	20 Días	20 Días	20 Días	20 Días
Humedad.	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Forma de curado.	I N M E R S I O N				E N A G U A .	
No. total de especímenes.	12	12	12	12	12	12

Tabla No. 4

DATOS DE RESULTADOS DE PRUEBAS EFECTUADAS SOBRE ESPECIMENES CILINDRICOS.

No.	Densidad inicial ₃ gm/cm	Densidad final ₃ gm/cm	Monómero % en peso	Polímero % en peso	Razón de dosis rad/seg	Compresión carga	Compresión Kg- cm ²	Dosis total Megarads	Edad Días	Medio
1	1.592	1.779	3.973	2.881	65	2975	128.69	0.6	28	aire
2	1.720	1.620	4.250	0.105	65	2950	124.21	0.9	28	aire
3	1.250	1.705	2.026	0.728	65	8850	371.39	1.2	28	aire
4	1.665	1.680	6.260	0.825	65	4869	204.20	0.6	20	aire
5	1.667	1.685	8.102	1.360	65	6249	306.31	0.9	20	aire
6	1.813	2.115	7.901	2.663	65	6536	318.38	1.2	20	aire
7	1.650	1.860	8.444	2.461	65	7338	199.58	0.6	15	aire
8	1.830	2.182	9.162	1.332	65	8318	224.08	0.9	15	aire
9	1.650	1.800	1.656	1.982	65	5915	154.00	1.2	15	aire
10	1.167	1.779	7.948	2.102	65	8600	249.46	0.6	28	vacío
11	1.632	2.106	8.100	3.240	65	4390	361.05	0.9	28	vacío
12	1.887	1.974	14.281	17.850	65	8237	318.39	1.2	28	vacío
13	1.691	1.800	17.299	6.187	65	10199	347.83	0.6	20	vacío
14	1.651	1.805	17.630	9.777	65	12468	429.47	0.9	20	vacío
15	1.830	2.946	16.580	7.079	65	12599	641.86	1.2	20	vacío
16	1.857	1.989	7.418	4.140	65	10992	559.97	0.6	15	vacío
17	1.711	1.800	9.967	1.852	65	12468	525.00	0.9	15	vacío
18	1.703	1.989	8.469	17.710	65	12098	509.42	1.2	15	vacío
18a	1.656	1.744	8.060	1.359	130	4100	172.62	1.5	20	aire

Tabla No. 4

DATOS DE RESULTADOS DE PRUEBAS EFECTUADAS SOBRE ESPECIMENES CILINDRICOS.

No.	Densidad inicial ₃ gm/cm ³	Densidad final ₃ gm/cm ³	Monómero % en peso	Polímero % en peso	Razón de Dosis rad/seg	Compresión carga	Compresión Kg-cm ²	Dosis total Megarads	Edad Días	Medio
19	1.727	2.071	4.552	5.814	130	2495	124.86	0.6	28	aire
20*	1.592	1.308	3.147	2.737	130	5849	134.74	0.9	28	aire
21	1.504	1.629	5.723	1.523	130	4627	246.28	1.2	28	aire
22	1.679	1.705	5.872	1.763	130	6089	194.83	0.6	20	aire
23	1.501	2.089	3.643	1.700	130	4128	310.30	0.9	20	aire
24	1.639	1.748	8.381	2.412	130	4099	173.84	1.2	20	aire
25	1.656	1.668	10.189	0.461	130	10449	172.62	0.6	15	aire
26	1.884	1.902	1.259	6.010	130	9599	439.99	0.9	15	aire
27	1.881	1.747	2.202	12.880	130	8794	404.20	1.2	15	aire
28	1.670	2.370	2.107	0.826	130	7499	448.00	0.6	28	vacío
29	1.516	1.639	13.684	5.118	130	8227	292.82	0.9	28	vacío
30	1.462	1.374	8.286	3.023	130	7499	346.40	1.2	28	vacío
31	1.577	1.706	11.093	8.364	130	8949	315.78	0.6	20	vacío
32	1.462	1.678	16.359	4.573	130	10671	376.84	0.9	20	vacío
33	1.830	1.865	9.718	1.150	130	10240	449.31	1.2	20	vacío
34	1.720	1.783	16.336	9.660	130	13855	431.57	0.6	28	vacío
35	1.611	1.893	18.650	15.590	130	12194	583.38	0.9	15	vacío
36	1.861	1.945	9.486	10.953	130		513.47	1.2	15	vacío

Tabla No. 5

DATOS DE RESULTADOS DE PRUEBAS EFECTUADAS SOBRE ESPECIMENES PRISMAS RECTANGULARES (VIGAS)

No.	Densidad inicial ₃ gm/cm ³	Densidad final ₃ gm/cm ³	Polimero % en peso	Razón de dosis rad/seg	Tensión carga	Tensión Kg-cm ²	Dosis total Megarads	Edad Días	Medio
1	1.672	1.682	0.334	65	40	1.004	0.6	15	aire
2	1.631	1.642	0.891	65	40	1.004	0.9	15	aire
3	1.594	1.611	0.841	65	42	1.054	1.2	15	aire
4	1.622	1.626	0.000	65	20	0.502	0.6	15	vacío
5	1.727	1.726	0.325	65	22	0.552	0.9	15	vacío
6	1.650	1.734	1.612	65	67	1.675	1.2	15	vacío
7	1.630	1.659	1.853	65	76	1.179	0.6	15	vacío
8	1.750	1.763	0.309	130	47	1.204	0.9	15	aire
9	1.602	1.614	0.698	130	48	0.828	1.2	15	aire
10	1.523	1.541	1.101	130	33	1.204	0.6	15	aire
11	1.575	1.597	1.633	130	48	1.004	0.9	15	aire
12	1.631	1.642	1.028	130	40	1.706	1.2	15	vacío
13	1.756	1.766	1.291	130	68	2.058	0.6	15	vacío
14	1.846	1.883	1.787	130	82	2.510	0.9	15	vacío
15	1.918	1.966	1.166	65	100	2.158	1.2	20	aire
16	1.846	1.928	4.242	65	86	2.300	0.6	20	aire
17	1.857	1.986	3.122	65	91.6	1.255	0.9	20	aire
18	1.745	1.796	2.435	65	50	1.706	1.2	20	vacío

Tabla No. 5

DATOS DE RESULTADOS DE PRUEBAS EFECTUADAS SOBRE ESPECIMENES PRISMAS RECTANGULARES (VIGAS).

No.	Densidad inicial ³ gm/cm	Densidad final ³ gm/cm	Polímeros % en peso	Razón de dosis rad/seg	Tensión carga	Tensión Kg-cm ²	Dosis total Megarads	Edad Días	Medio
19	1.683	1.726	2.272	65	68	1.706	0.9	20	vacío
20	1.751	1.829	2.322	65	65	1.410	1.2	20	vacío
21	1.868	1.903	1.646	130	86	2.158	0.6	20	aire
22	1.765	1.798	1.711	130	72	1.877	0.9	20	aire
23	1.756	1.808	2.574	130	88	2.208	1.2	20	aire
24	1.868	1.883	0.543	130	30	0.753	0.6	20	vacío
25	1.823	1.867	0.613	130	86	2.158	0.9	20	vacío
26	1.681	1.710	1.500	130	68	1.706	1.2	20	vacío
27	1.532	1.567	1.094	65	36	0.903	0.6	28	aire
28	1.538	1.550	0.581	65	38	0.953	0.9	28	aire
29	1.549	1.593	2.522	65	38	0.953	1.2	28	aire
30	1.596	1.614	0.9122	65	44	1.104	0.6	28	vacío
31	1.472	1.485	0.6844	65	44	1.104	0.9	28	vacío
32	1.851	1.900	2.416	65	74	1.932	1.2	28	vacío
33	1.854	1.883	1.357	130	70	1.757	0.6	28	aire
34	1.565	1.597	1.822	130	56	1.405	0.9	28	aire
35	1.418	1.439	1.261	130	42	1.054	1.2	28	aire
36	1.857	1.889	1.506	130	88	2.208	0.6	28	vacío

Tabla No. 5

DATOS DE RESULTADOS DE PRUEBAS EFECTUADAS SOBRE ESPECIMENES PRISMAS RECTANGULARES (VIGAS)

No.	Densidad inicial gm/cm ³	Densidad final gm/cm ³	Polímero % en peso	Razón de dosis rad/seg	Tensión carga	Tensión Kg-cm ²	Dosis total Megarads	Edad Días	Medio
37	1.566	1.581	2.0	130	22	0.552	0.6	28	vacío
38	1.580	1.592	1.5	130	34	0.877	0.9	28	vacío
39	1.885	1.940	9.0	130	100	2.510	1.2	28	vacío
40	1.846	1.876	4.7	130	78	1.957	1.2	28	vacío

Tabla No. 6.

SECADO DE ESPECIMENES HASTA PESO CONSTANTE A TEMPERATURA DE 35 ° C.

No	P E S O S (gr)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
A	406.00	397.70	396.50	395.00	394.20	373.30	352.00
B	422.50	420.01	418.20	415.50	414.20	394.70	392.00
C	388.40	386.70	385.50	384.20	383.80	366.00	365.40
D	416.80	413.20	412.30	410.00	410.00	389.50	389.00
E	430.00	426.70	425.75	424.50	422.00	420.70	399.20
F	430.00	425.75	424.50	422.00	420.00	400.20	396.90
G	415.00	412.30	411.00	408.00	406.50	386.90	386.50
H	405.70	402.20	401.50	300.00	398.30	379.60	370.00
I	400.00	396.35	395.50	393.70	393.70	392.80	370.00

Tabla No. 7

DATOS DE ESPECIMENES CON RESIDUOS DE AGUA, IMPREGNADOS CON M.M.A., E IRRADIADOS A UNA RAZON DE DOSIS DE 65 RAD/SEG.

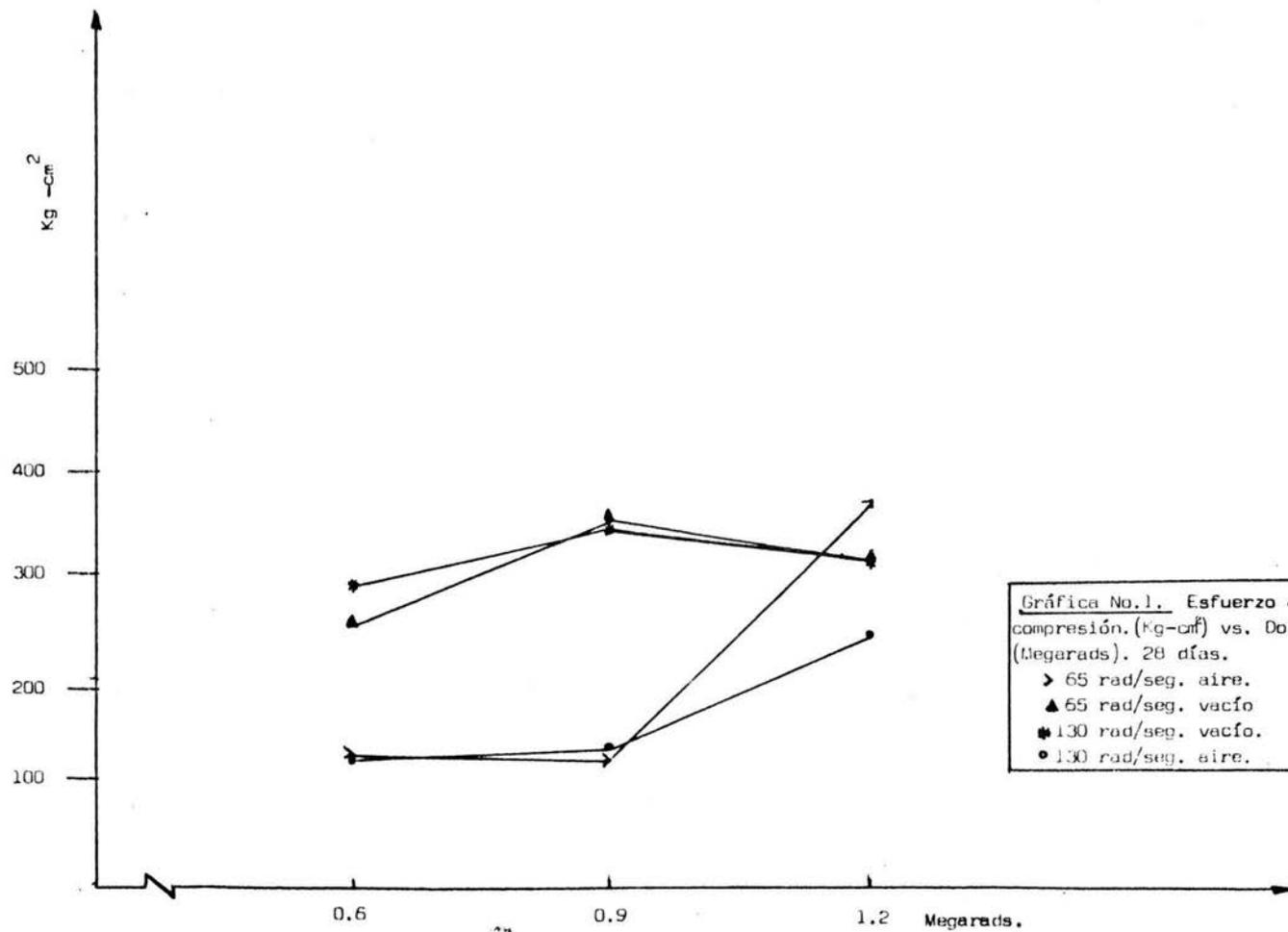
No.	Densidad inicial ³ gm/cm ³	Densidad final ³ gm/cm ³	Polímero % en peso	Compresión carga	Compresión Kg-cm ²	Dosis total Megarads	Edad Días	Medio
a	1.962	2.338	2.772	2740	139.58	0.6	28	aire
b	1.892	1.904	1.604	-	-	0.6	28	vacío
c	1.861	1.986	1.007	2740	137.58	0.6	20	aire
d	1.832	2.026	10.530	4160	174.00	0.6	20	vacío
e	1.864	2.037	8.740	-	-	0.6	15	aire
f	1.880	2.047	8.201	4275	180.00	0.6	15	vacío
g	2.820	2.047	0.720	3120	159.95	0.9	28	aire
h	2.786	2.826	0.727	2680	163.52	0.9	28	vacío
i	2.816	2.780	0.176	-	-	0.9	20	aire
j	2.790	2.806	1.083	2906	147.53	0.9	20	vacío
k	2.784	2.770	0.367	3000	152.82	0.9	15	aire
l	2.743	2.801	1.256	-	-	0.9	15	vacío
m	1.862	1.884	1.531	-	-	1.2	28	aire
n	1.910	1.954	0.531	2900	147.53	1.2	28	vacío
o	1.940	1.955	1.302	2950	150.28	1.2	20	aire
p	2.762	2.780	1.282	3160	160.22	1.2	15	vacío

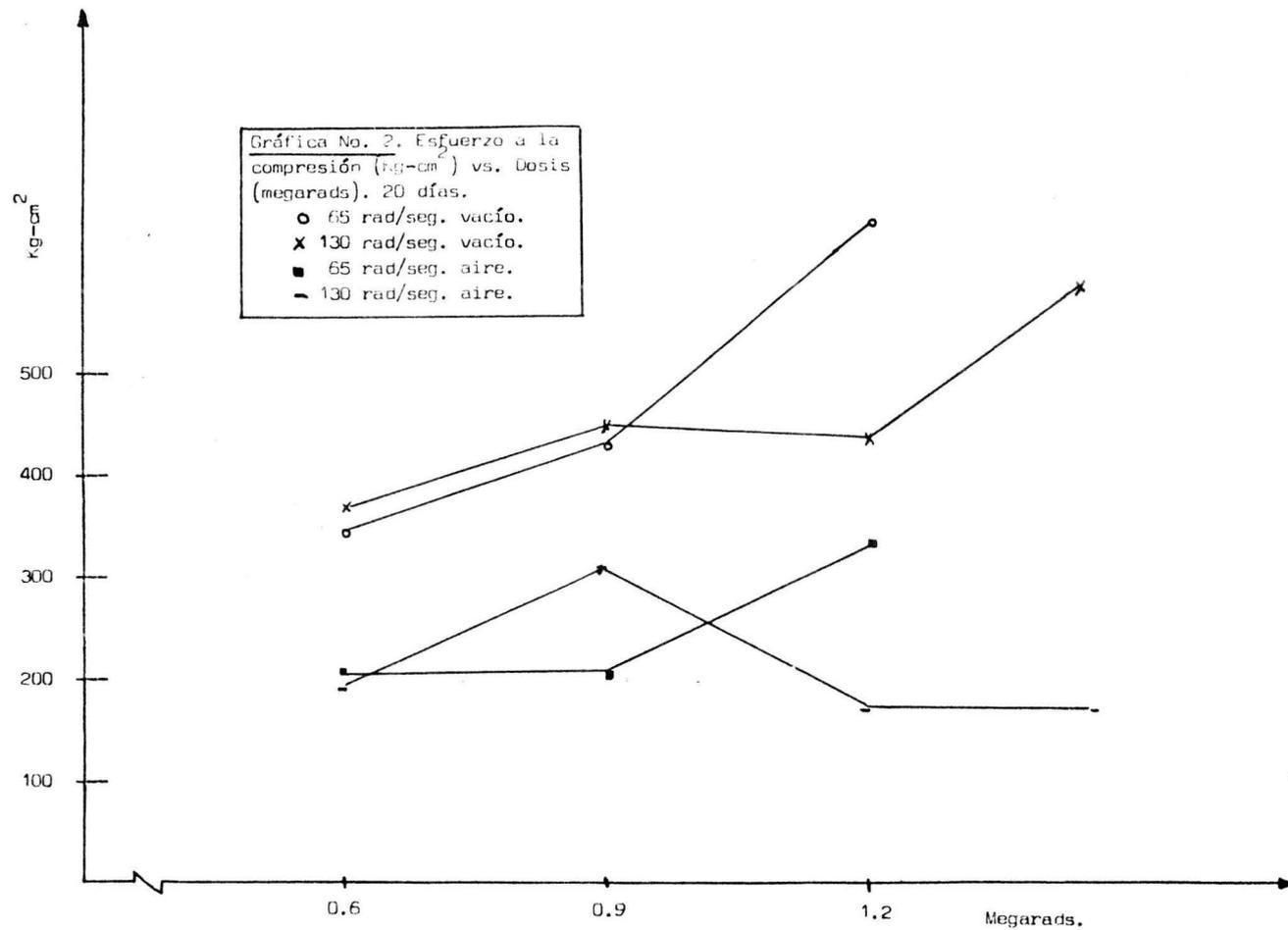
LISTA DE GRAFICAS

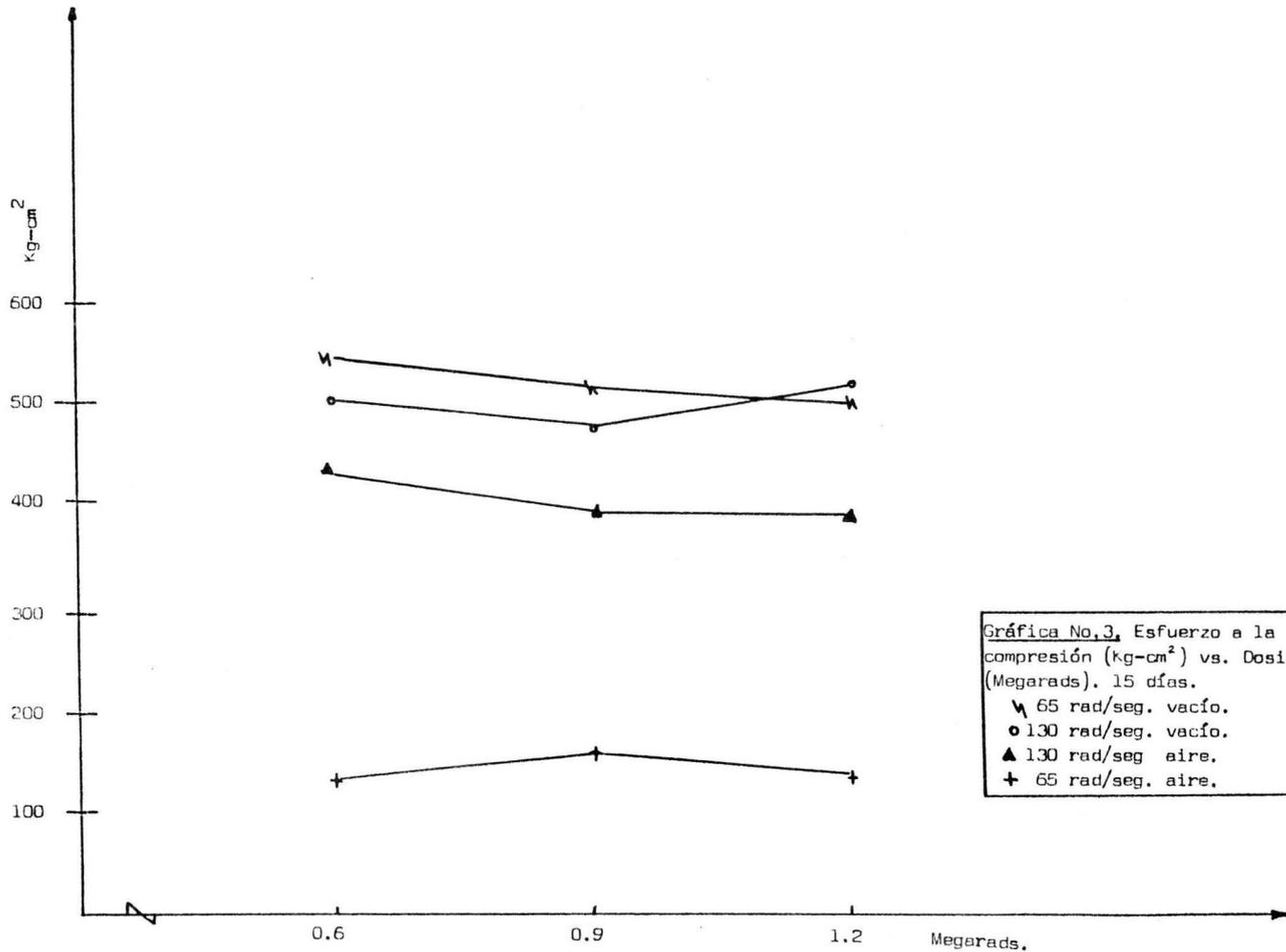
- GRAFICA No 1 Esfuerzo a la compresión (Kg-cm^2) VS. Dosis (Megarads),
28 días.
- GRAFICA No 2 Esfuerzo a la compresión (Kg-cm^2) VS. Dosis (Megarads),
20 días.
- GRAFICA No 3 Esfuerzo a la compresión (Kg-cm^2) VS. Dosis (Megarads),
15 días.
- GRAFICA No 4 Esfuerzo a la compresión (Kg-cm^2) VS. Dosis (Megarads),
130 rad/seg, aire, 28 días, 20 días y 15 días de curado
- GRAFICA No 5 Esfuerzo a la compresión (Kg-cm^2) VS. Dosis (Megarads),
130 rads/seg, vacío, 28, 20 y 15 días de curado.
- GRAFICA No 6 Esfuerzo a la compresión (Kg-cm^2) VS. Dosis (Megarads),
55 rad/seg, vacío, 28, 20 y 15 días de curado.
- GRAFICA No 7 Esfuerzo a la compresión (Kg-cm^2) VS. Dosis (Megarads),
65 rad/seg, aire, 28, 20 y 15 días de curado.
- GRAFICA No 8 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 28 días, cilindros.
- GRAFICA No 9 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 20 días, cilindros.
- GRAFICA No 10 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 15 días, cilindros.

- GRAFICA No 11 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 130 rad/seg, -
aire, 28, 20 y 15 días de curado, cilindros.
- GRAFICA No 12 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 130 rad/seg, -
vacío, 28, 20 y 15 días de curado, cilindros.
- GRAFICA No 13 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 65 rad/seg, -
aire, 28, 20 y 15 días de curado, cilindros.
- GRAFICA No 14 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 65 rad/seg, -
vacío, 28, 20 y 15 días de curado, cilindros.
- GRAFICA No 15 Esfuerzo a la tensión (Kg-cm^2) VS Dosis (Megarads), -
28 días.
- GRAFICA No 16 Esfuerzo a la tensión (Kg-cm^2) VS Dosis (Megarads), -
20 días.
- GRAFICA No 17 Esfuerzo a la tensión (Kg-cm^2) VS Dosis (Megarads), -
15 días.
- GRAFICA No 18 Esfuerzo a la tensión (Kg-cm^2) VS Dosis (Megarads), 130
rad/seg, aire, 28, 20 y 15 días de curado.
- GRAFICA No 19 Esfuerzo a la tensión (Kg-cm^2) VS Dosis (Megarads), 130
rad/seg, vacío, 28, 20 y 15 días de curado.
- GRAFICA No 20 Esfuerzo a la tensión (Kg-cm^2) VS Dosis (Megarads), 65 -
rad/seg, vacío, 28, 20 y 15 días de curado.
- GRAFICA No 21 Esfuerzo a la tensión (Kg-cm^2) VS Dosis (Megarads), 65 -
rad/seg, aire, 28, 20 y 15 días de curado.

- GRAFICA No 22 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 28 días, vigas.
- GRAFICA No 23 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 20 días, vigas.
- GRAFICA No 24 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 15 días, vigas.
- GRAFICA No 25 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 130 rad/seg, -
28, 20 y 15 días de curado, vigas, aire.
- GRAFICA No 26 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 130 rad/seg, -
vacío, 28, 20 y 15 días de curado, vigas.
- GRAFICA No 27 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 65 rad/seg, -
aire, 28, 20 y 15 días de curado, vigas.
- GRAFICA No 28 Polímero % en peso VS Dosis (Megarads), 65 rad/seg, -
vacío, 28, 20 y 15 días de curado, vigas.
- GRAFICA No 29 Gráfica de % de absorción de agua VS días de inmersión.



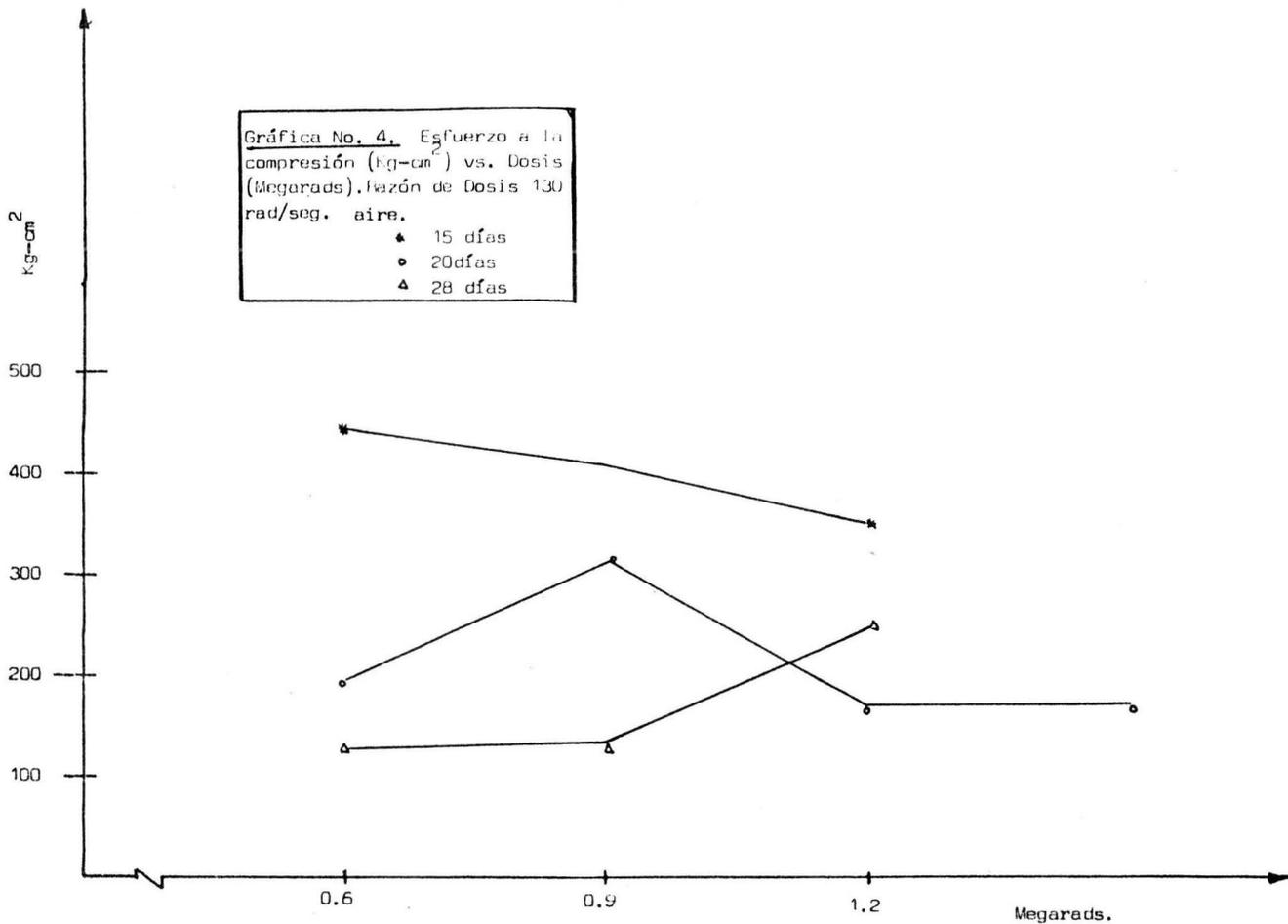


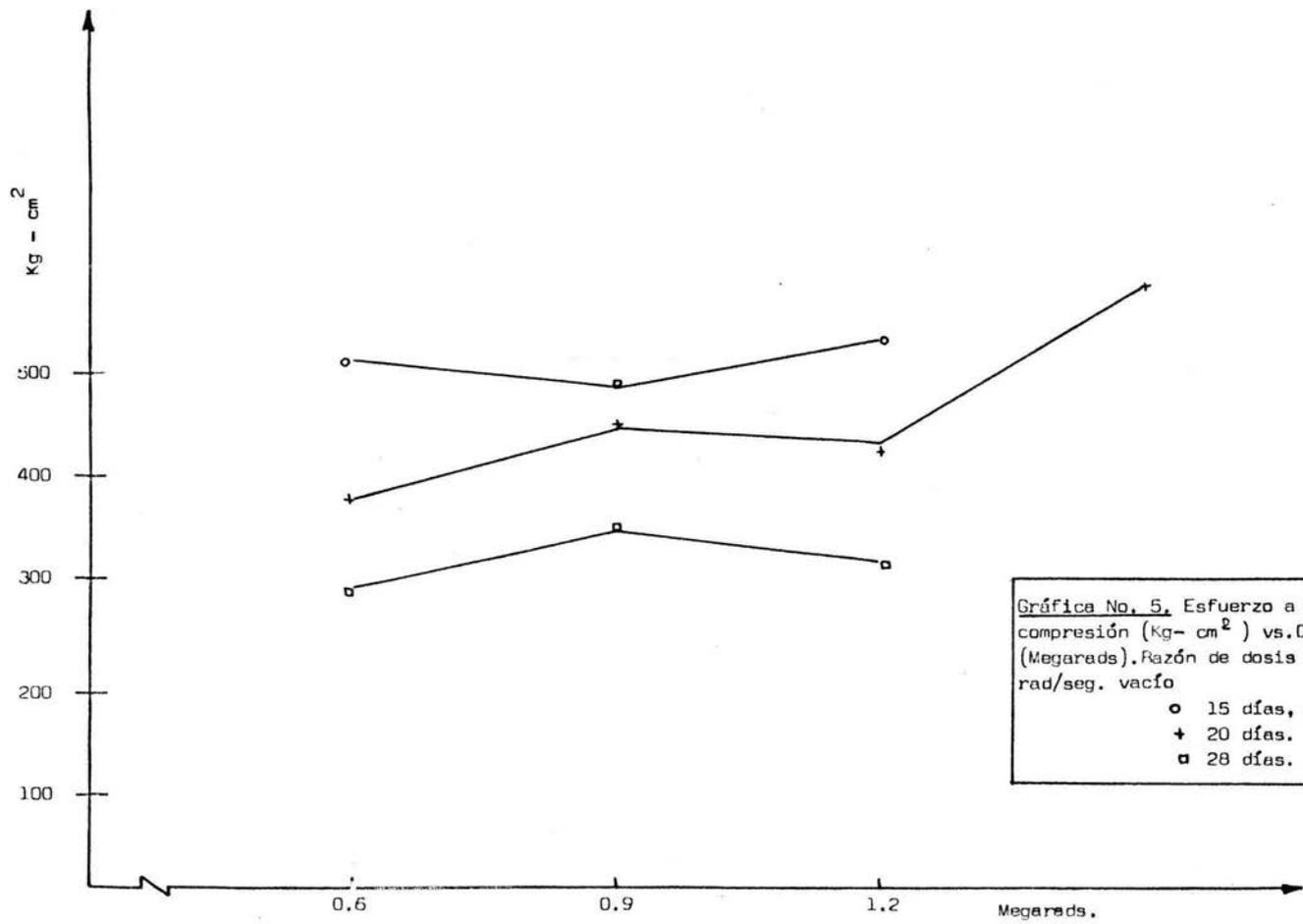


Gráfica No.3, Esfuerzo a la compresión (kg-cm²) vs. Dosis (Megarads). 15 días.
 √ 65 rad/seg. vacío.
 ○ 130 rad/seg. vacío.
 ▲ 130 rad/seg. aire.
 + 65 rad/seg. aire.

Gráfica No. 4. Esfuerzo a la compresión (kg-cm^2) vs. Dosis (Megarads). Razón de Dosis 130 rad/seg. aire.

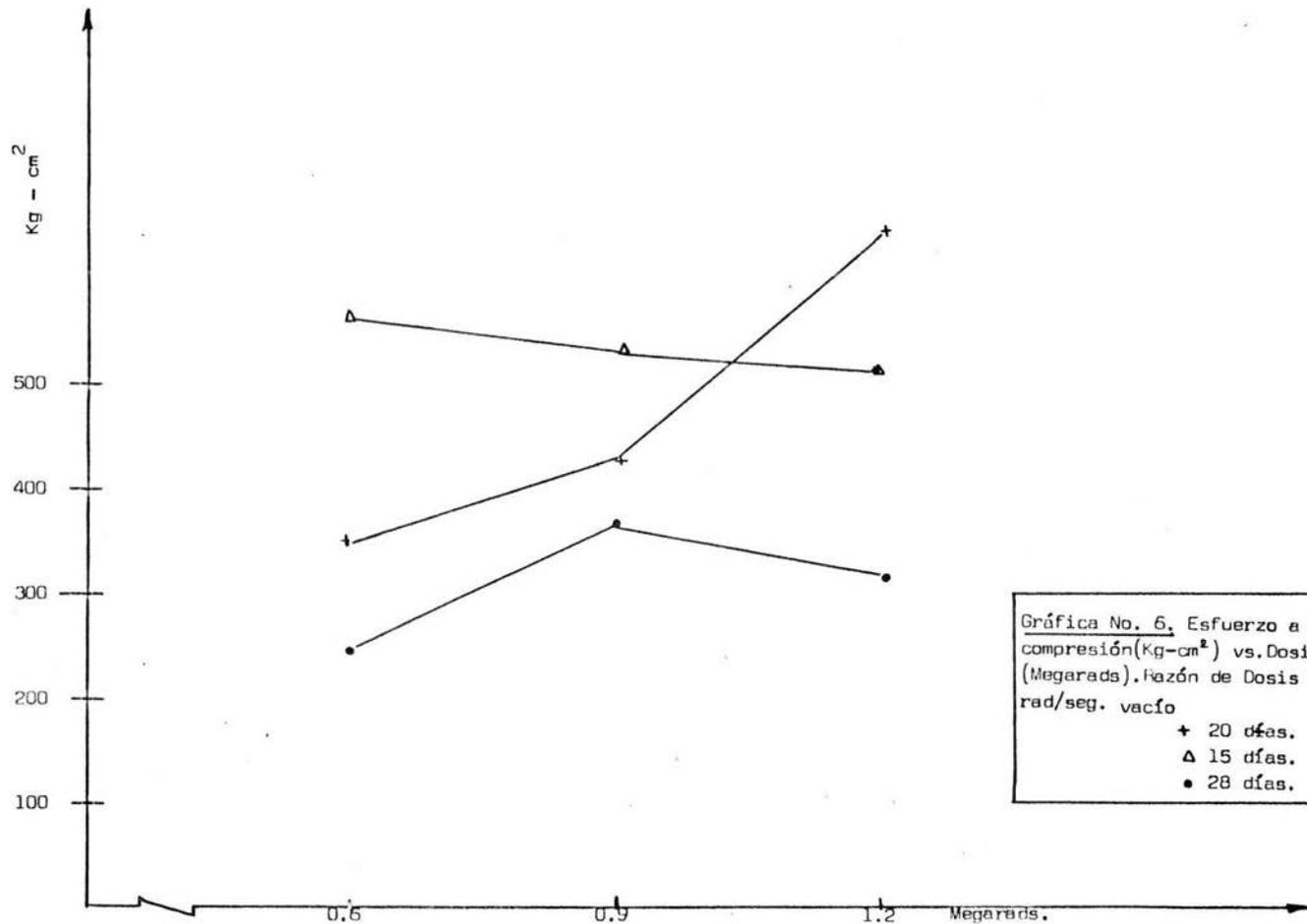
- ◆ 15 días
- 20 días
- △ 28 días





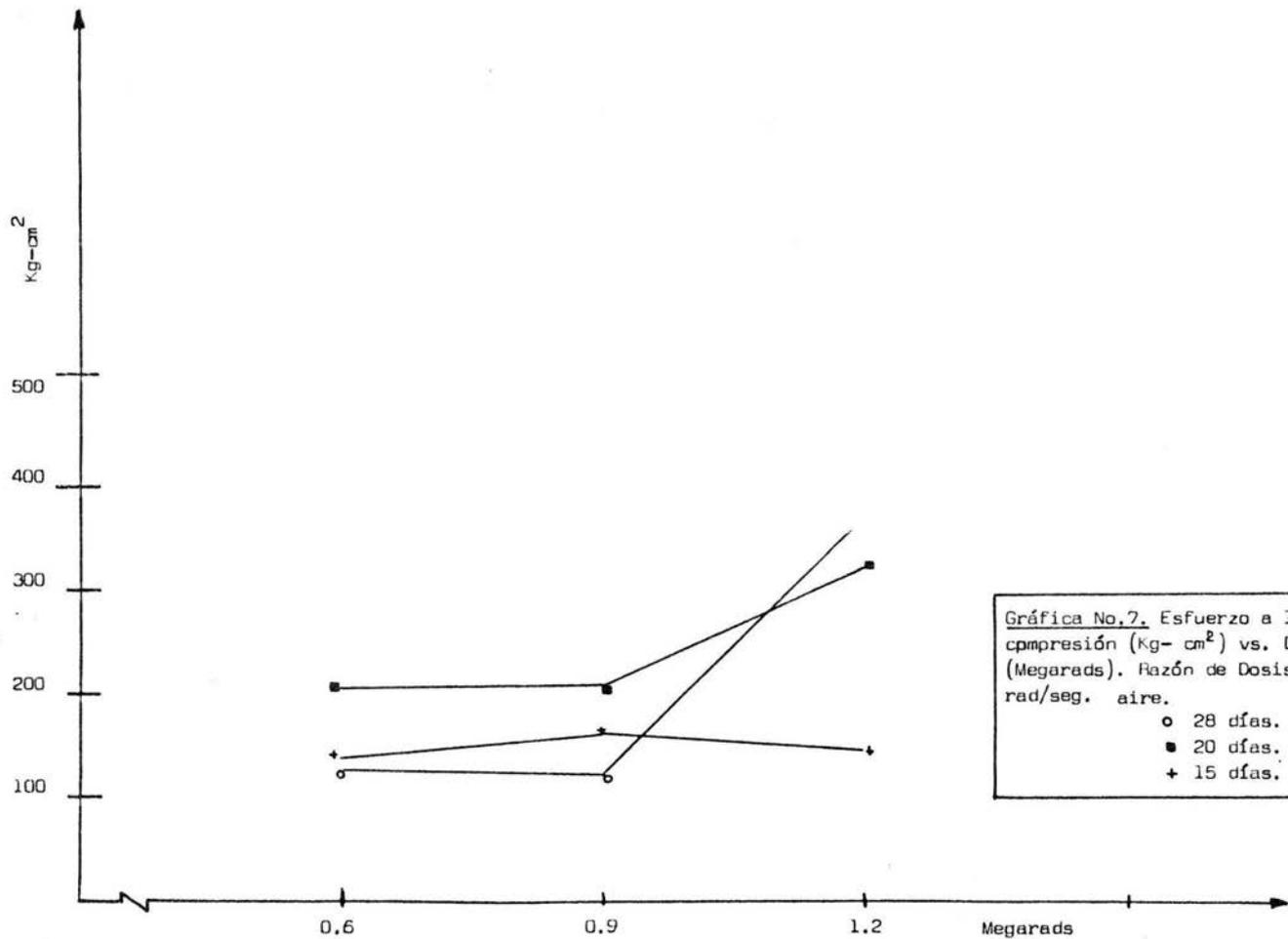
Gráfica No. 5. Esfuerzo a la compresión (Kg-cm²) vs. Dosis (Megarads). Razón de dosis 130 rad/seg. vacío

- 15 días,
- + 20 días.
- 28 días.



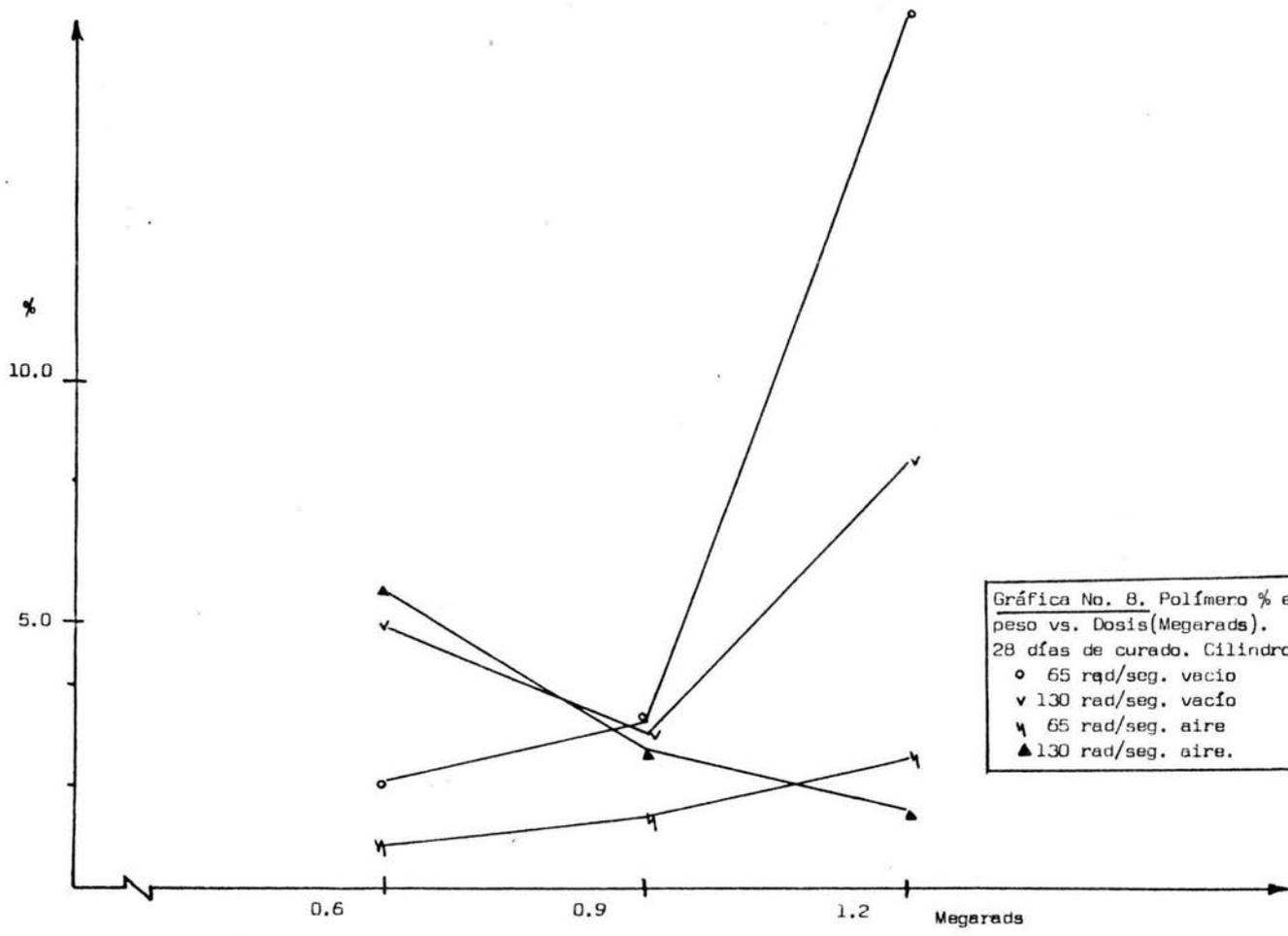
Gráfica No. 6. Esfuerzo a la compresión (Kg-cm^2) vs. Dosis (Megarads), Razón de Dosis 65 rad/seg. vacío

- + 20 días.
- Δ 15 días.
- 28 días.

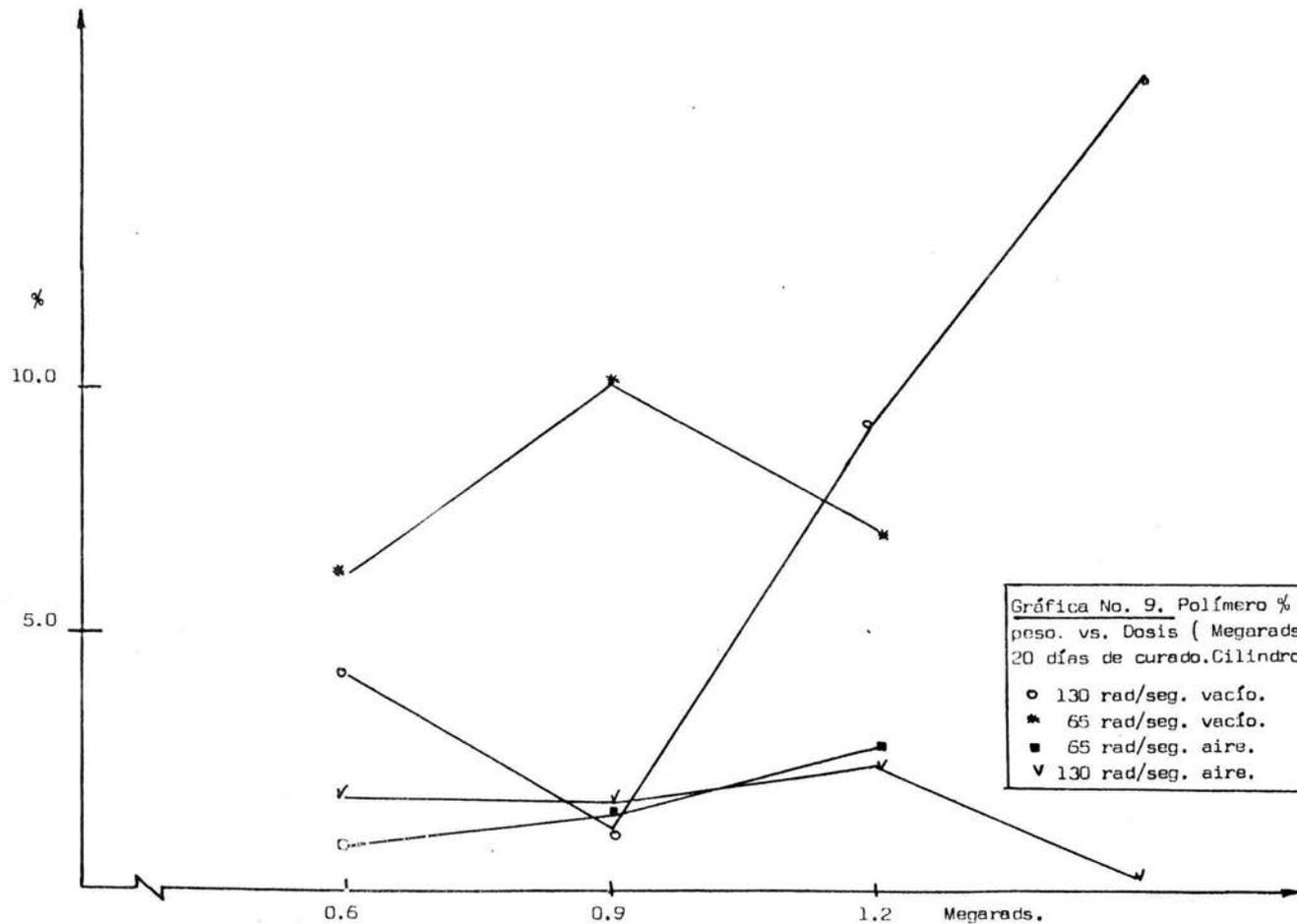


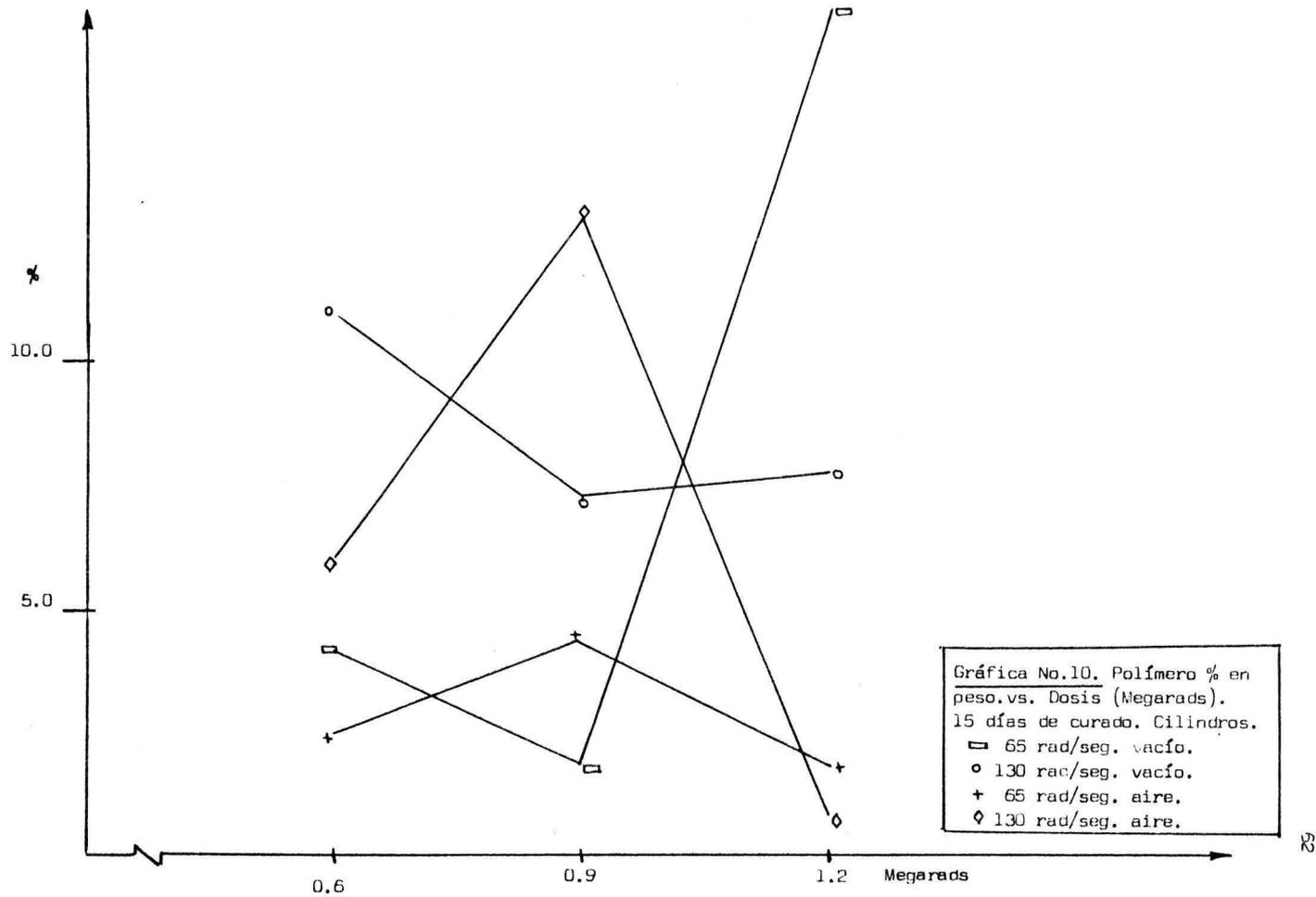
Gráfica No. 7. Esfuerzo a la compresión (Kg-cm^2) vs. Dosis (Megarads). Razón de Dosis 65 rad/seg. aire.

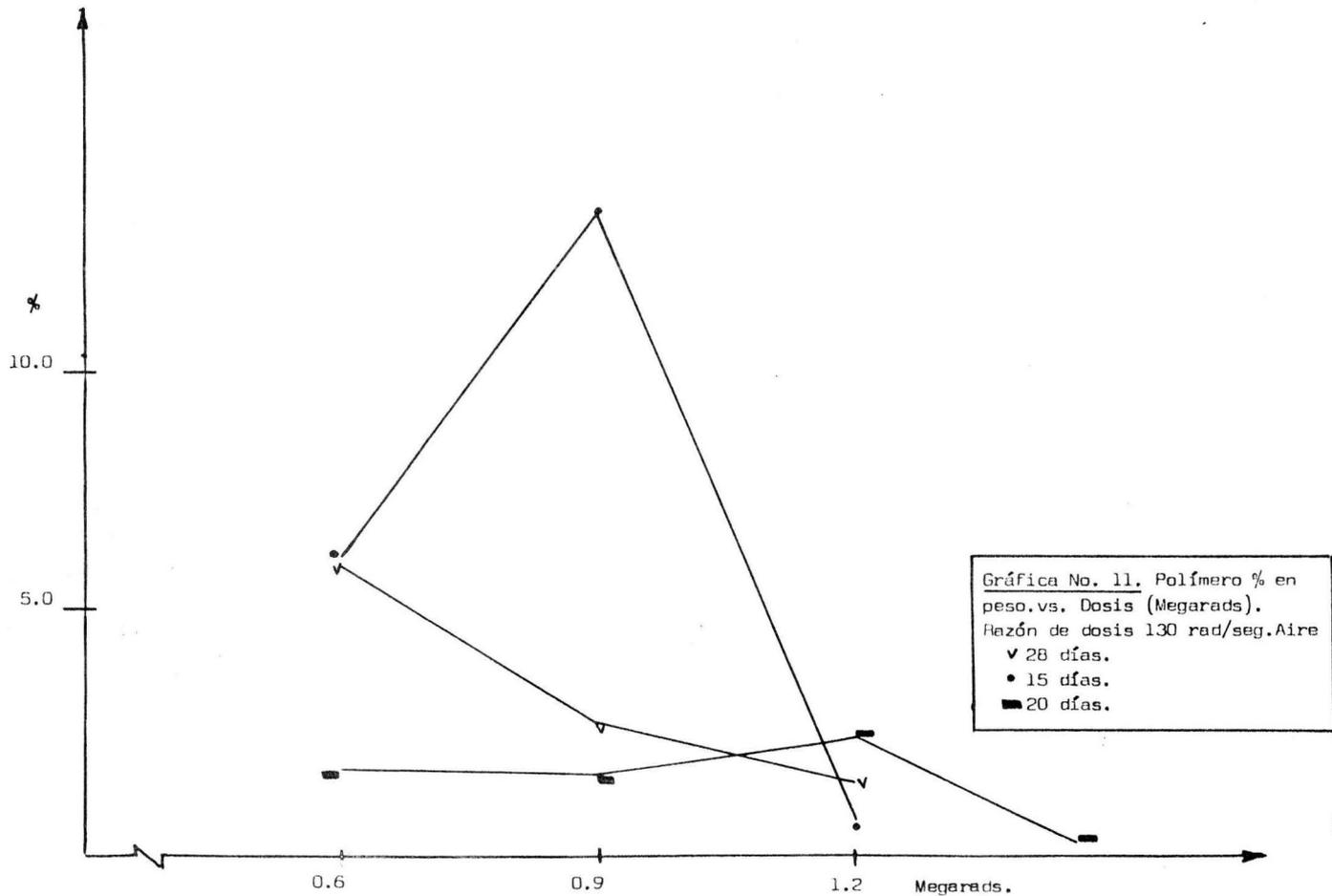
- 28 días.
- 20 días.
- + 15 días.

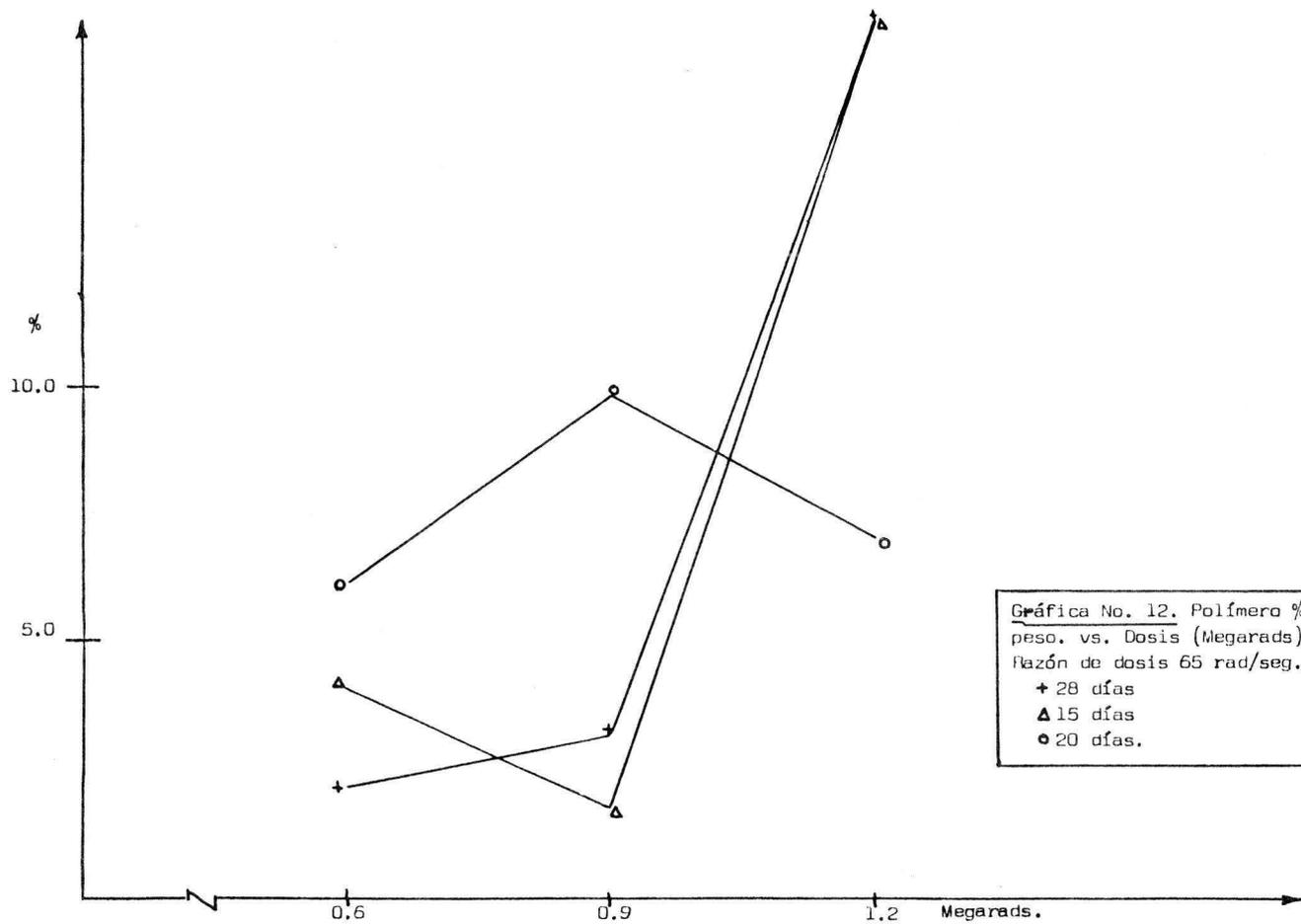


Gráfica No. 8. Polímero % en peso vs. Dosis (Megarads).
 28 días de curado. Cilindros.
 ○ 65 rad/seg. vacío
 ▼ 130 rad/seg. vacío
 ✕ 65 rad/seg. aire
 ▲ 130 rad/seg. aire.



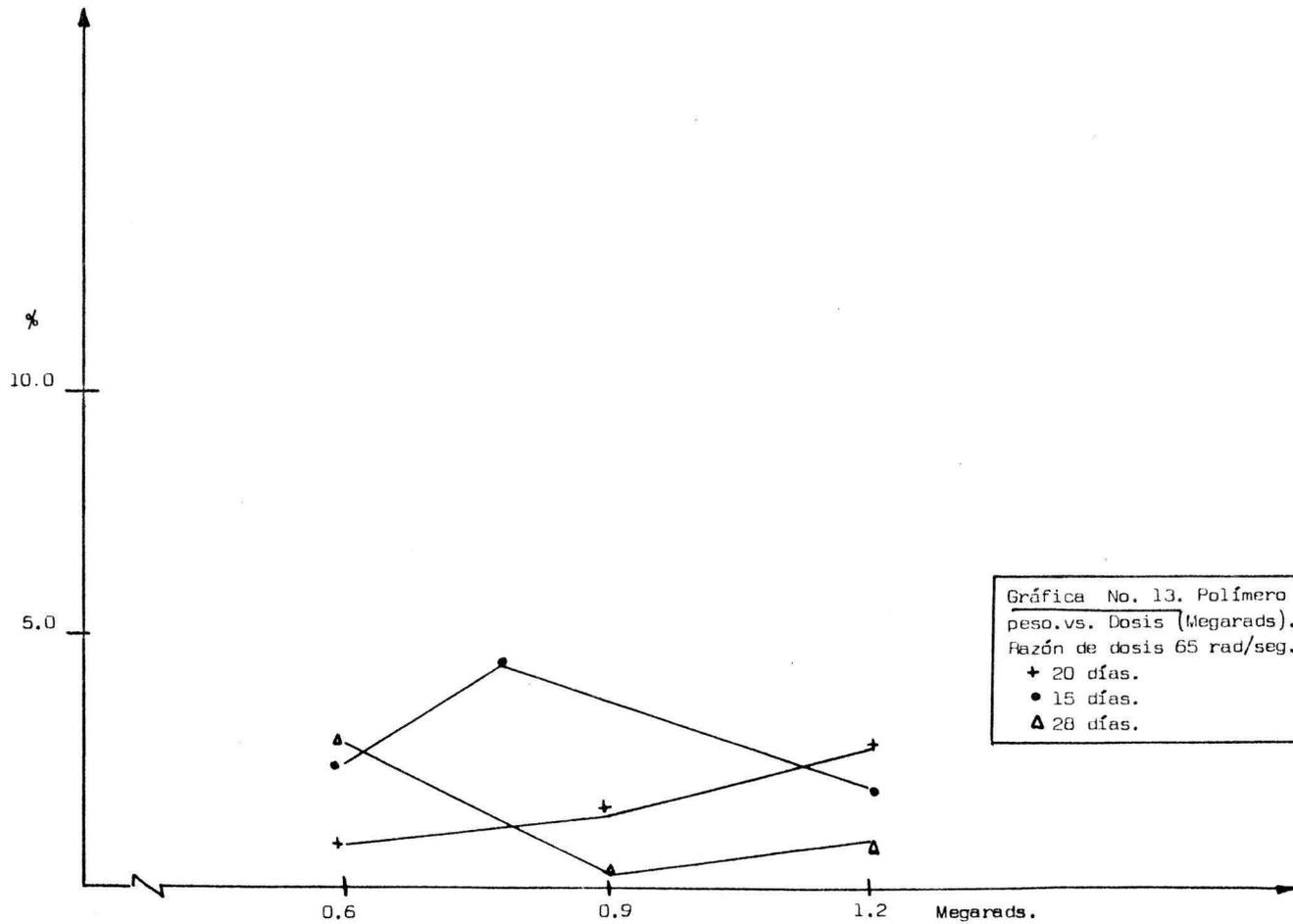


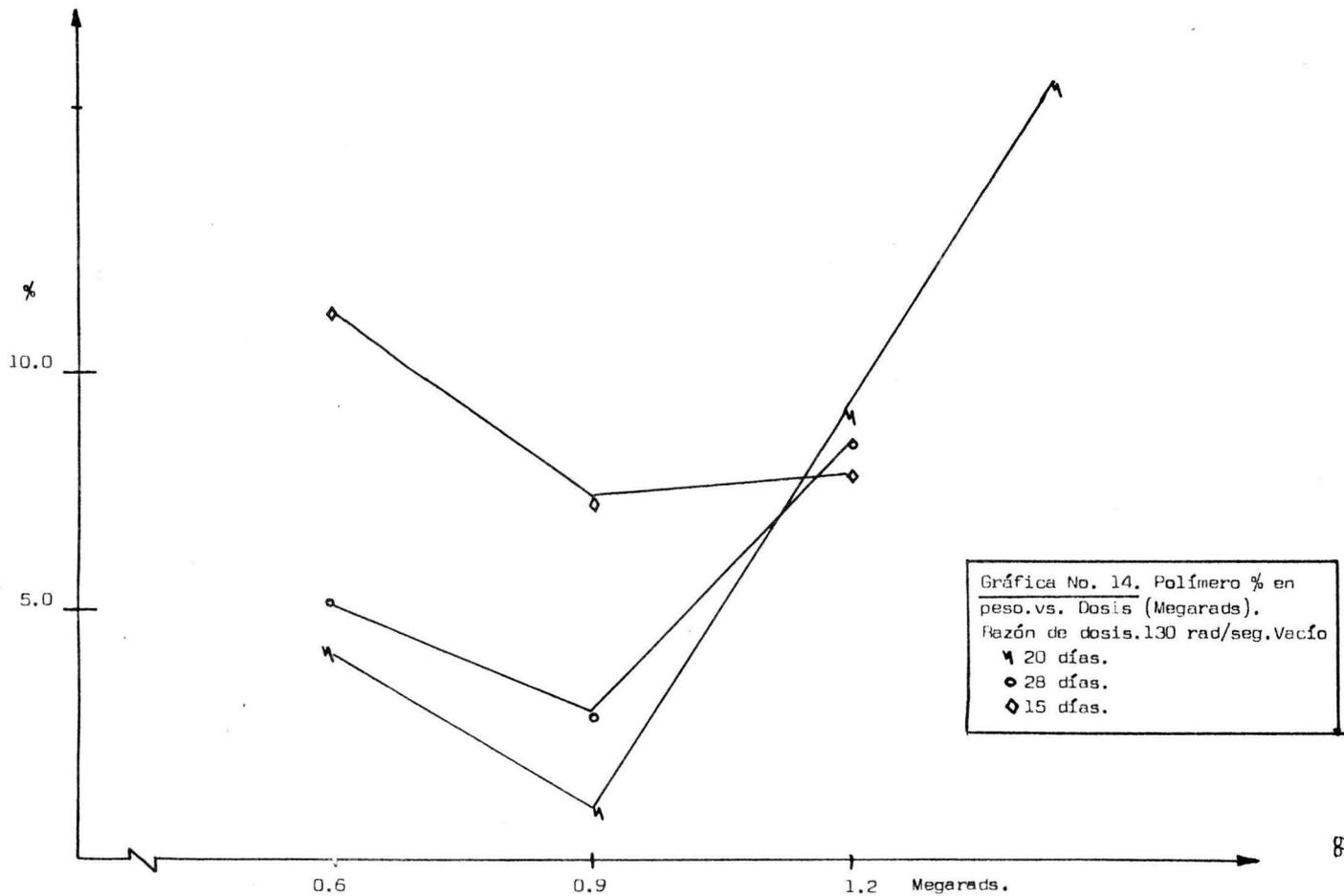


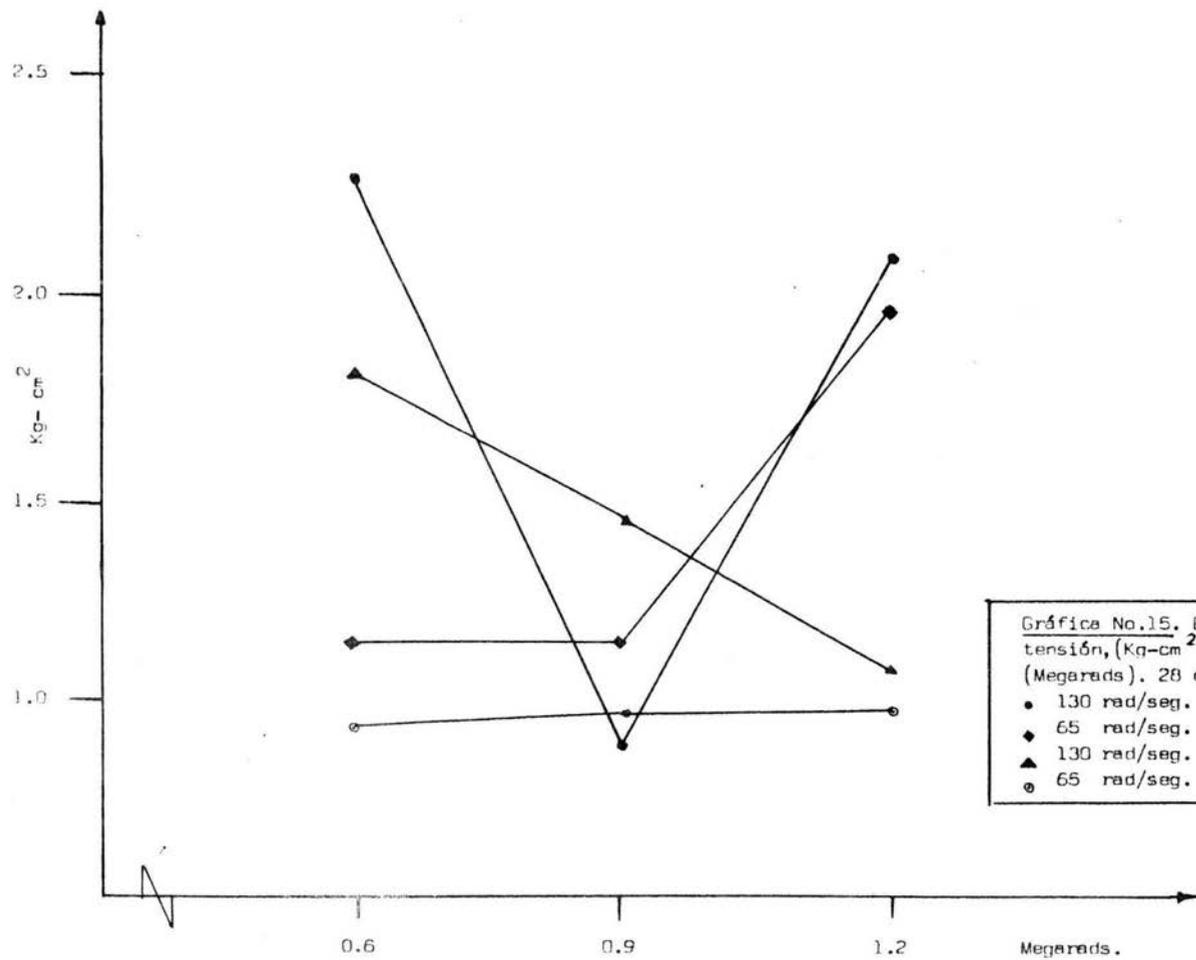


Gráfica No. 12. Polímero % en peso. vs. Dosis (Megarads).
 Razón de dosis 65 rad/seg. Vacío

- + 28 días
- ▲ 15 días
- 20 días.

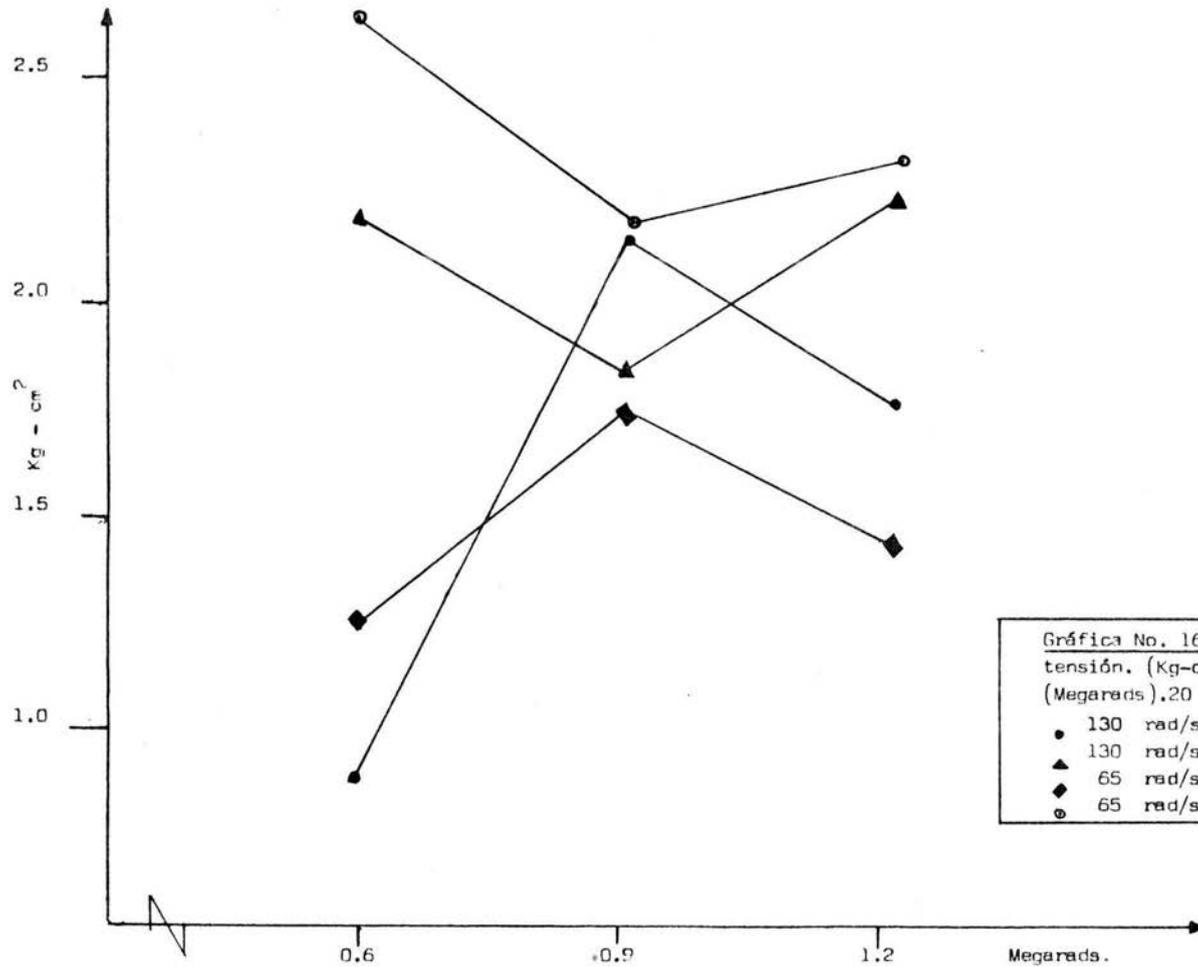


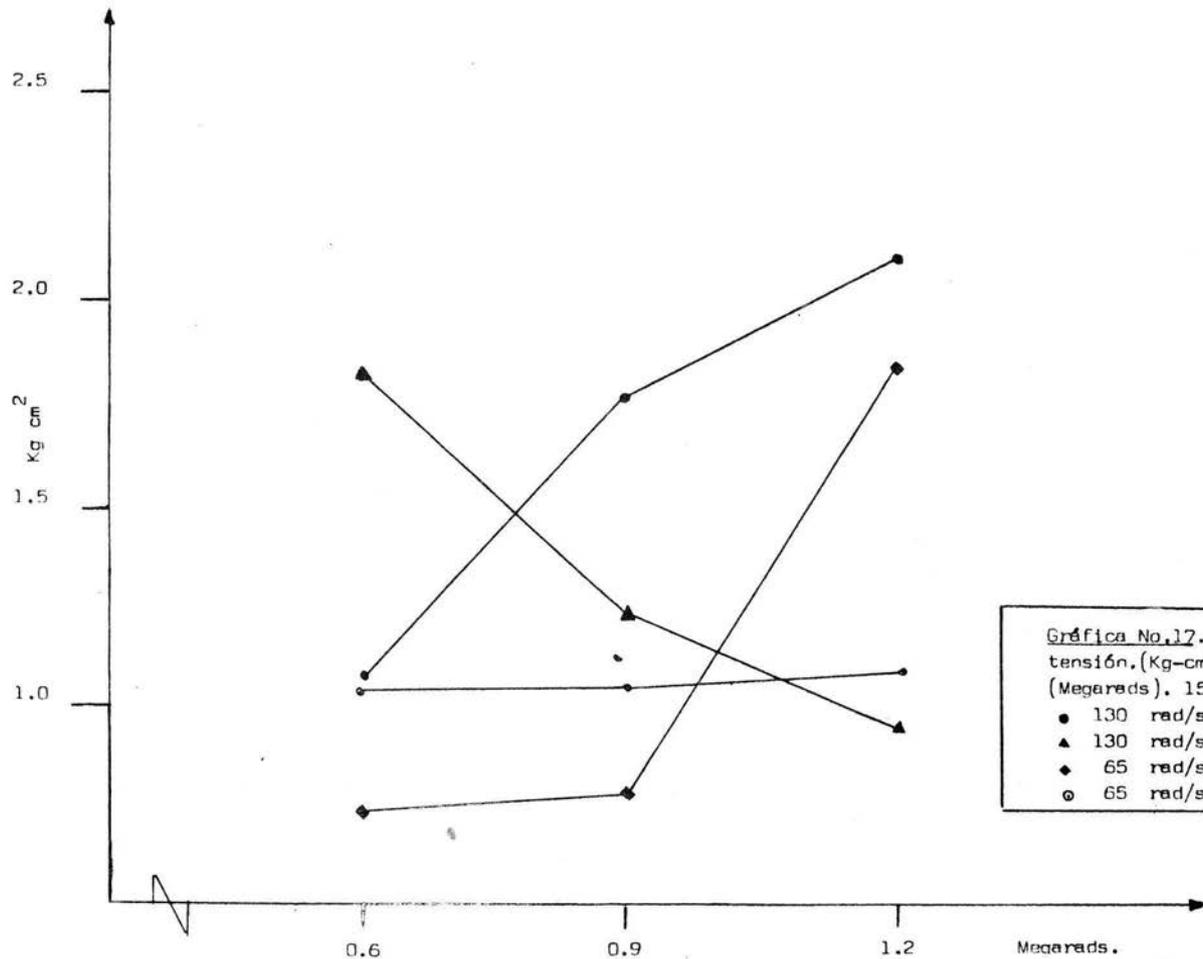




Gráfica No.15. Esfuerzo a la tensión, (Kg-cm²). vs. Dosis (Megarads). 28 días.

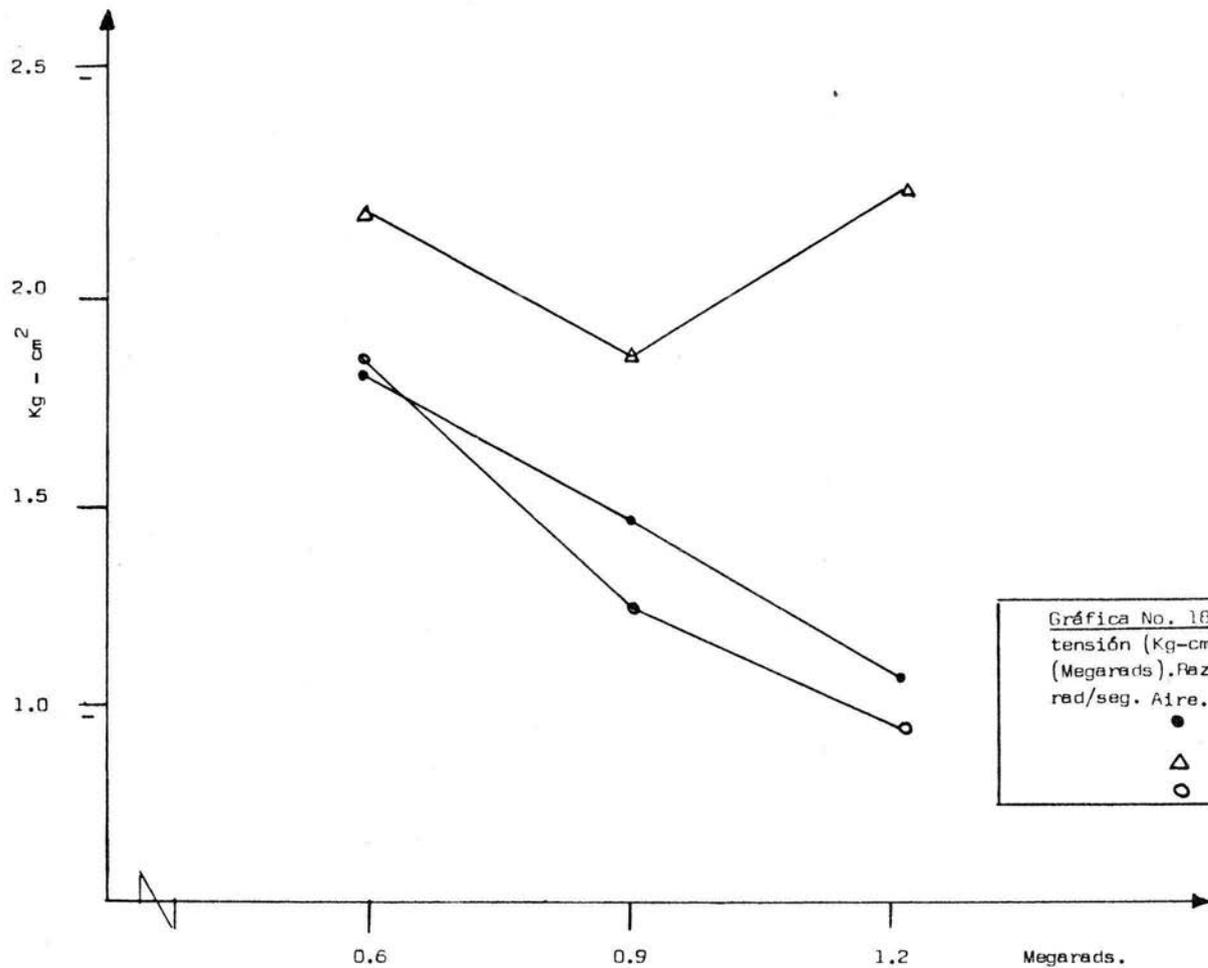
- 130 rad/seg. vacio.
- ◆ 65 rad/seg. vacio.
- ▲ 130 rad/seg. aire.
- 65 rad/seg. aire.





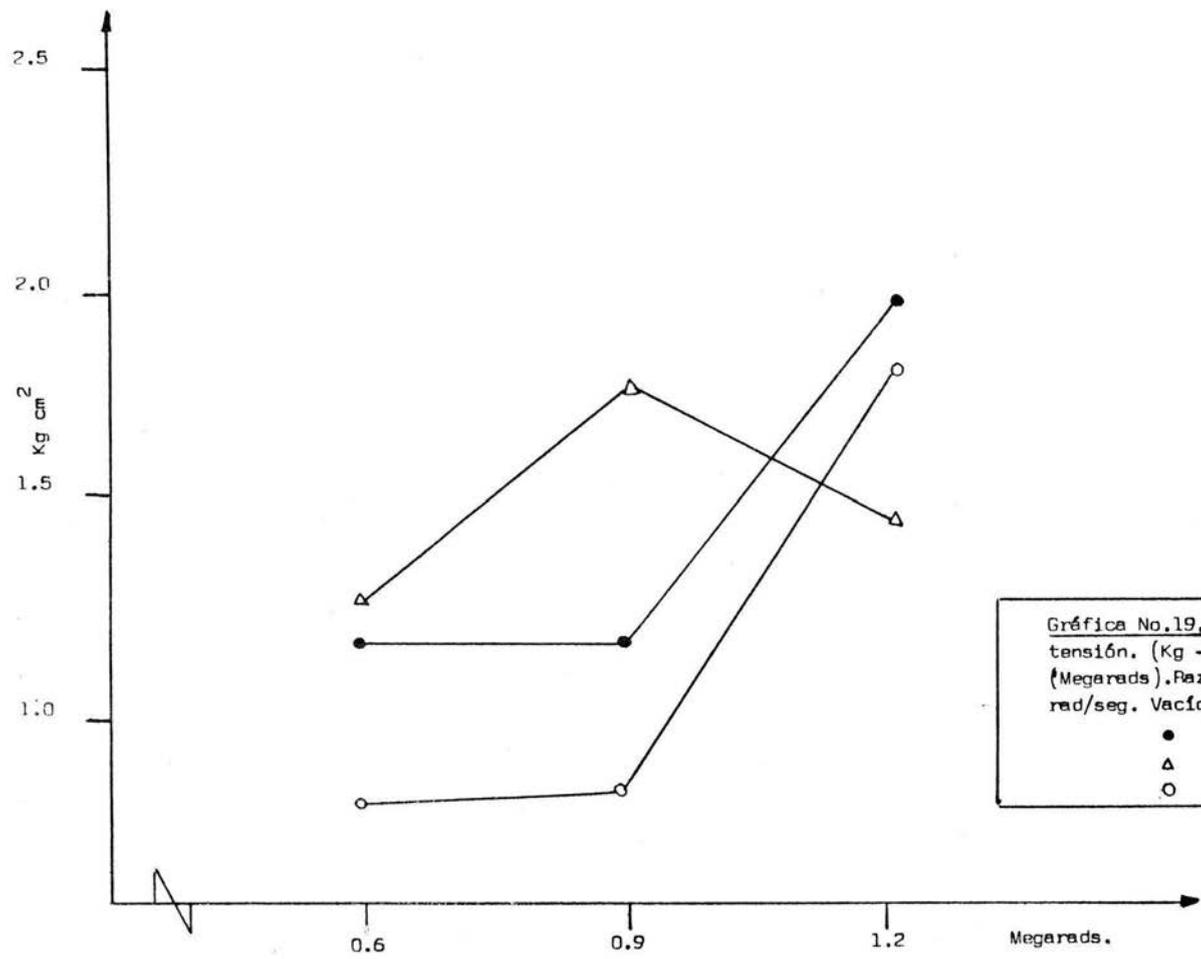
Gráfica No.17. Esfuerzo a la tensión. (Kg-cm²). vs. Dosis (Megarads). 15 días.

- 130 rad/seg vacio.
- ▲ 130 rad/seg aire.
- ◆ 65 rad/seg vacio.
- 65 rad/seg aire.



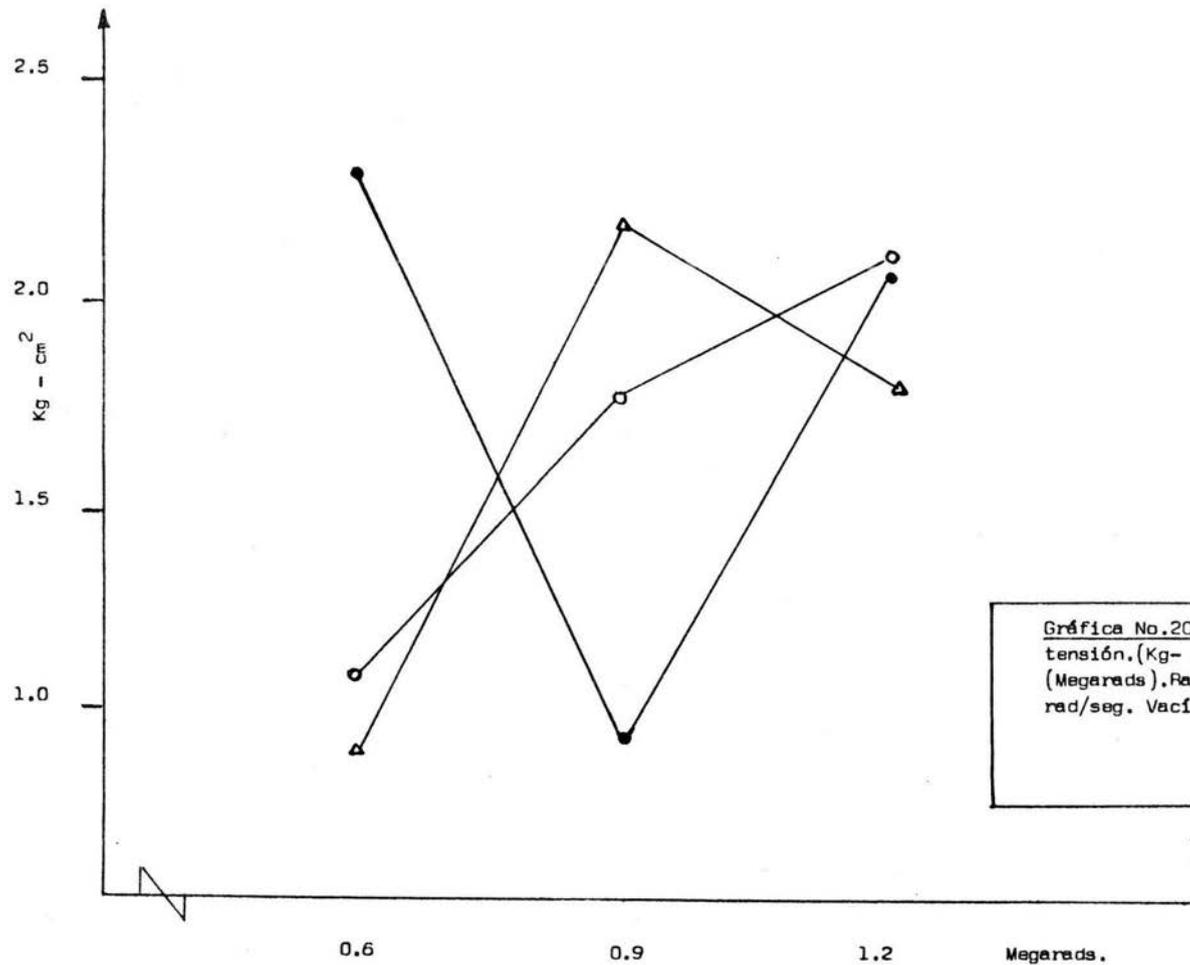
Gráfica No. 18. Esfuerzo a la tensión (Kg-cm²) vs. Dosis (Megarads). Razón de dosis 130 rad/seg. Aire.

- 28 días.
- △ 20 días.
- 15 días.



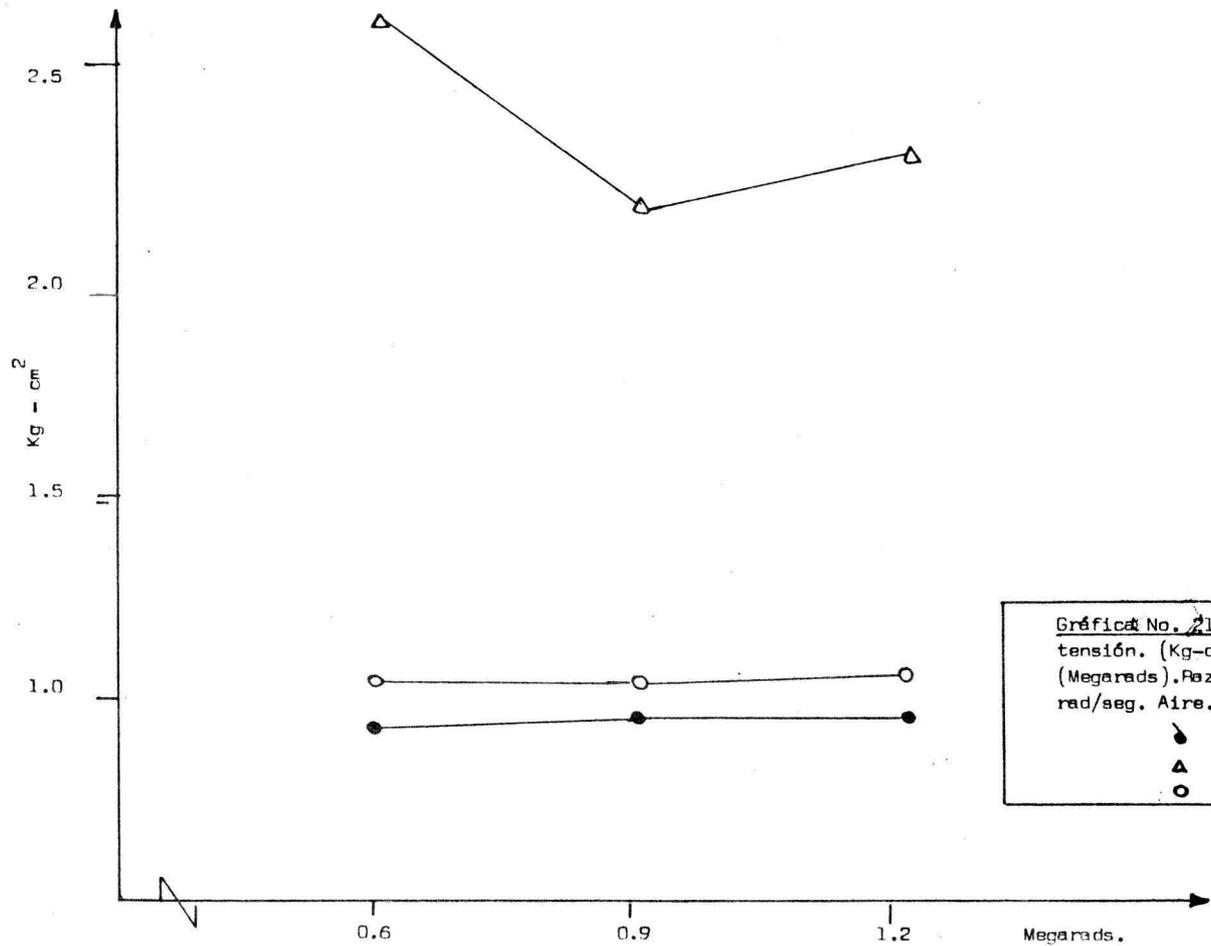
Gráfica No.19, Esfuerzo a la tensión. (Kg - cm²) vs. Dosis (Megarads). Razón de dosis 65 rad/seg. Vacío.

- 28 días.
- △ 20 días.
- 15 días.



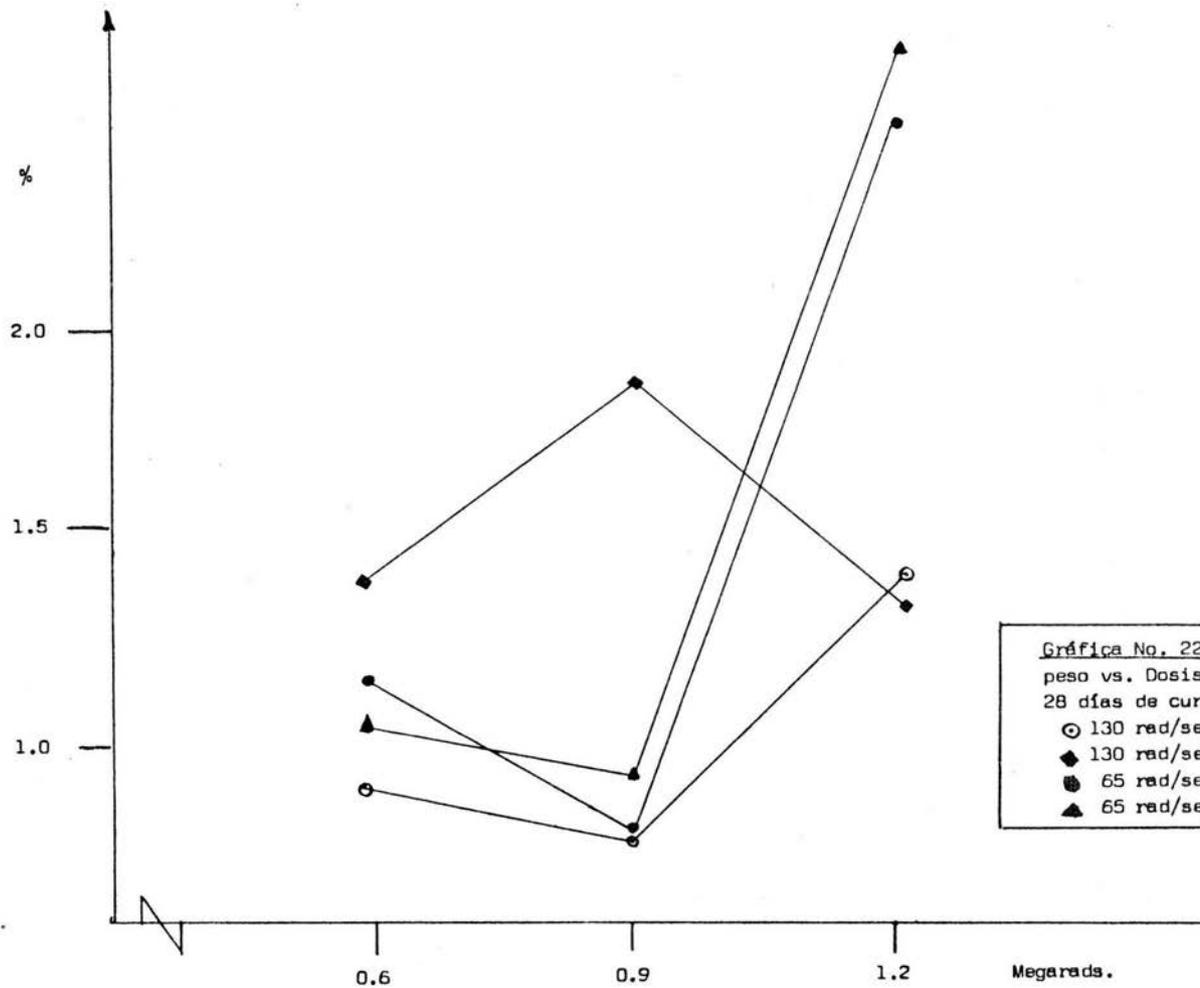
Gráfica No.20. Esfuerzo a la tensión. (Kg-cm²) vs. Dosis (Megarads). Razón de dosis 130 rad/seg. Vacío.

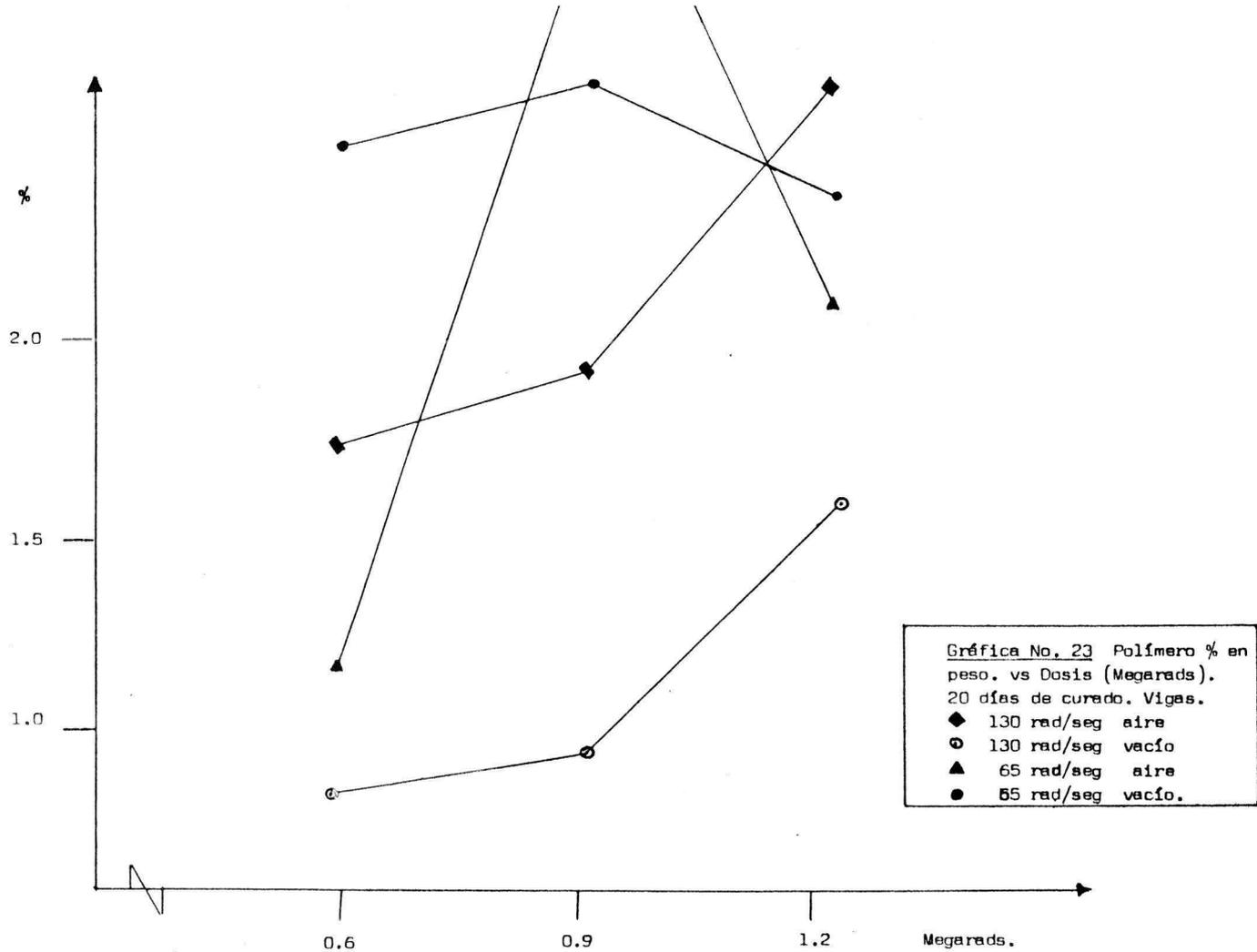
28 días.
20 días.
15 días.

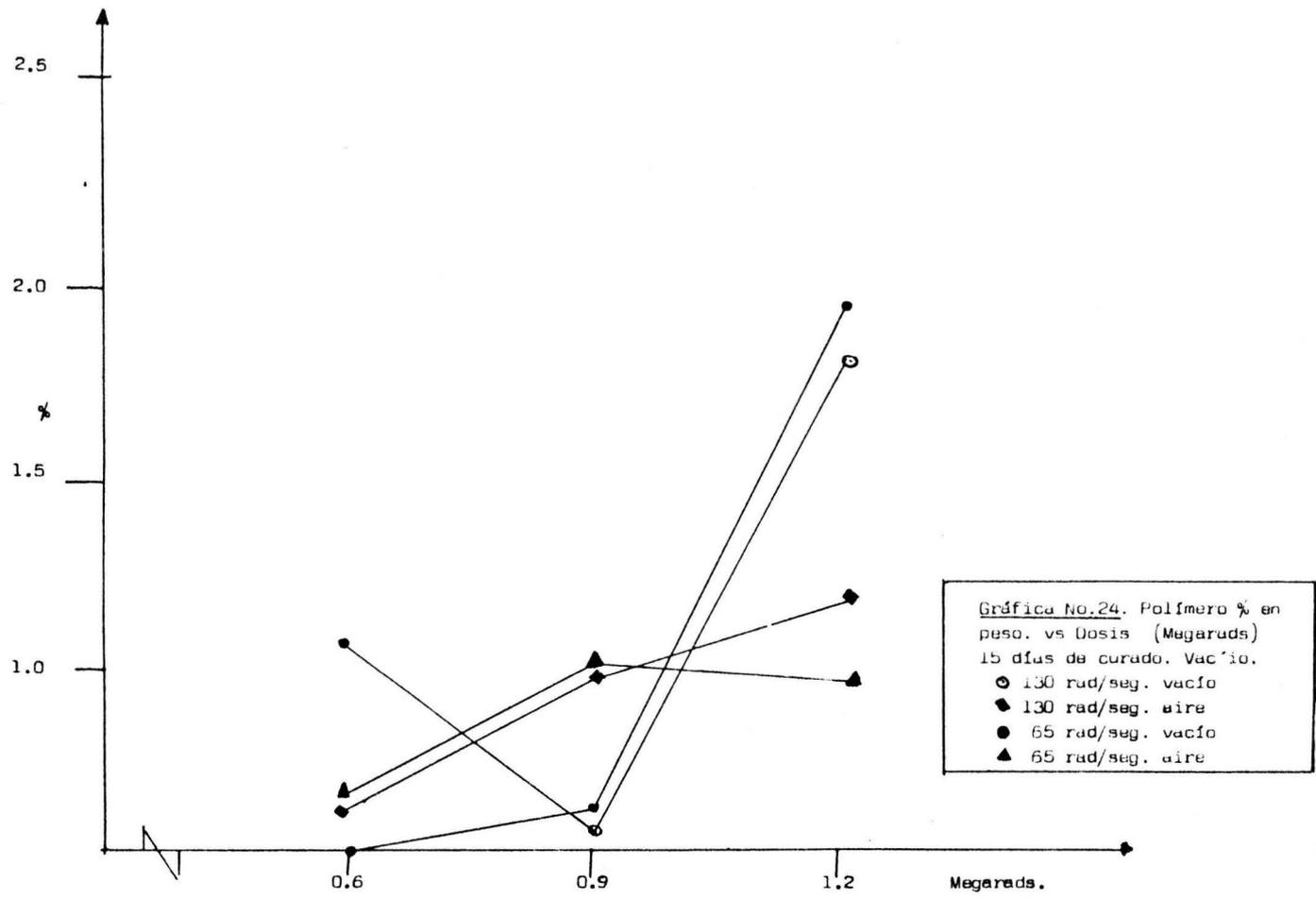


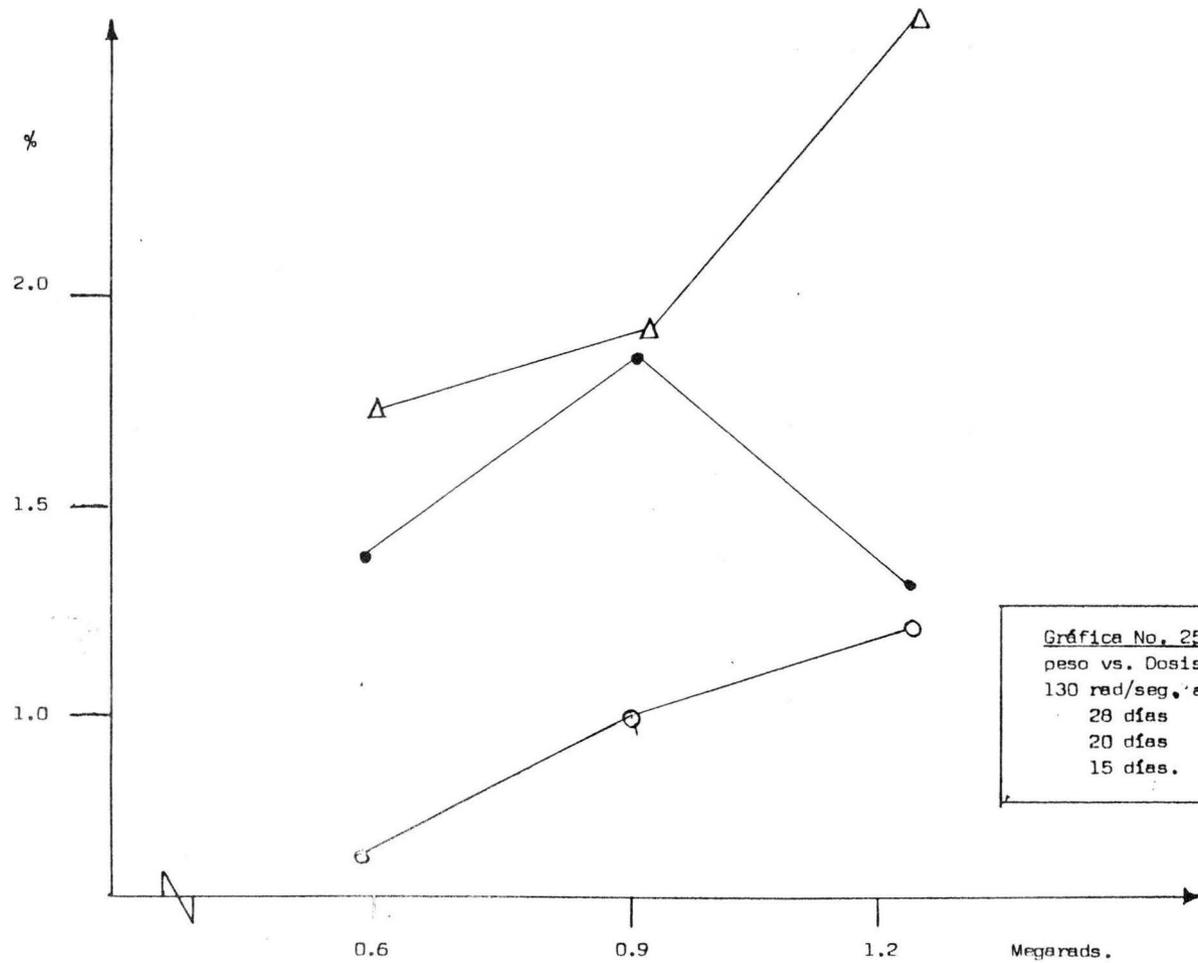
Gráfica No. 21. Esfuerzo a la tensión. (Kg-cm²) vs. Dosis (Megarads). Razón de dosis 65 rad/seg. Aire.

- 28 días.
- ▲ 20 días.
- 15 días.



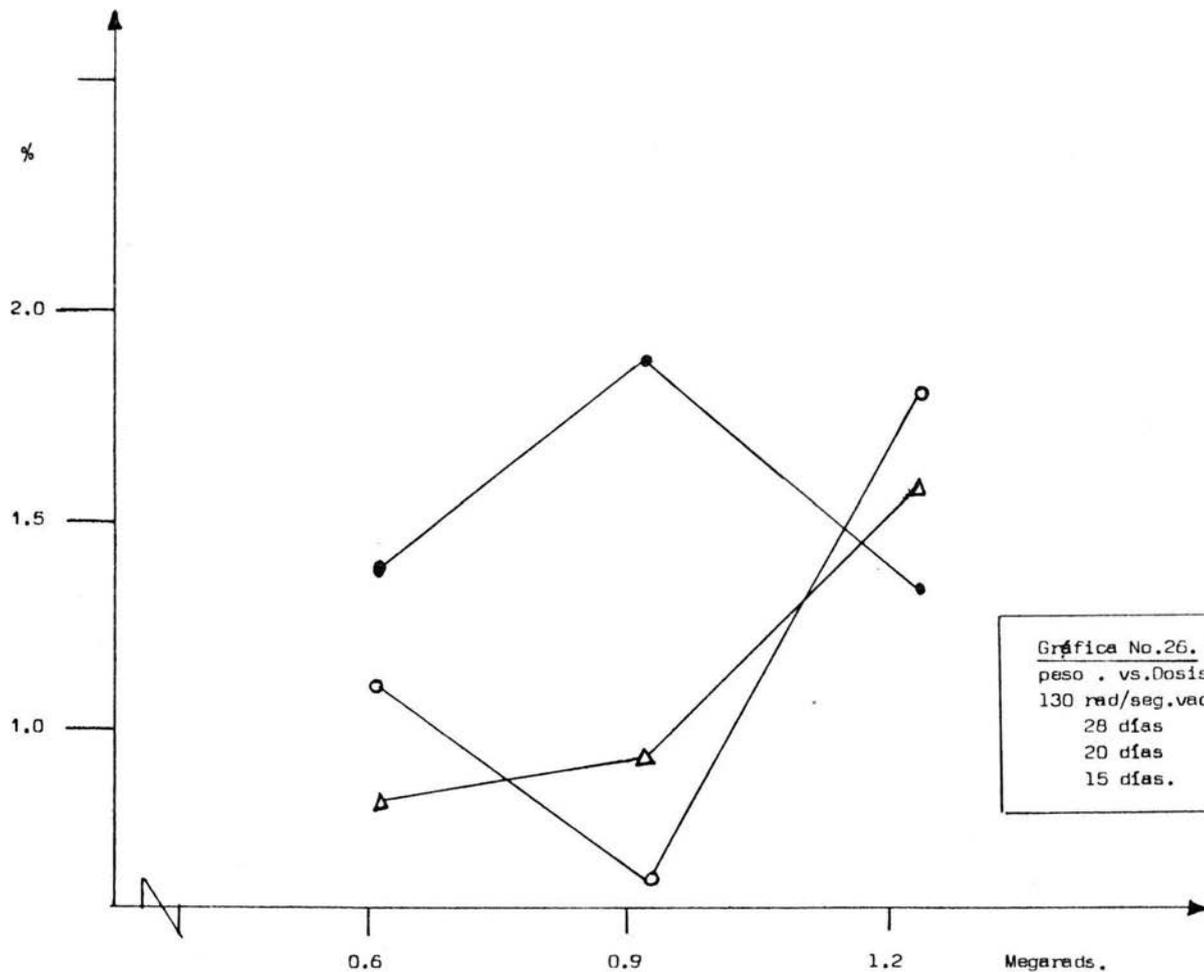






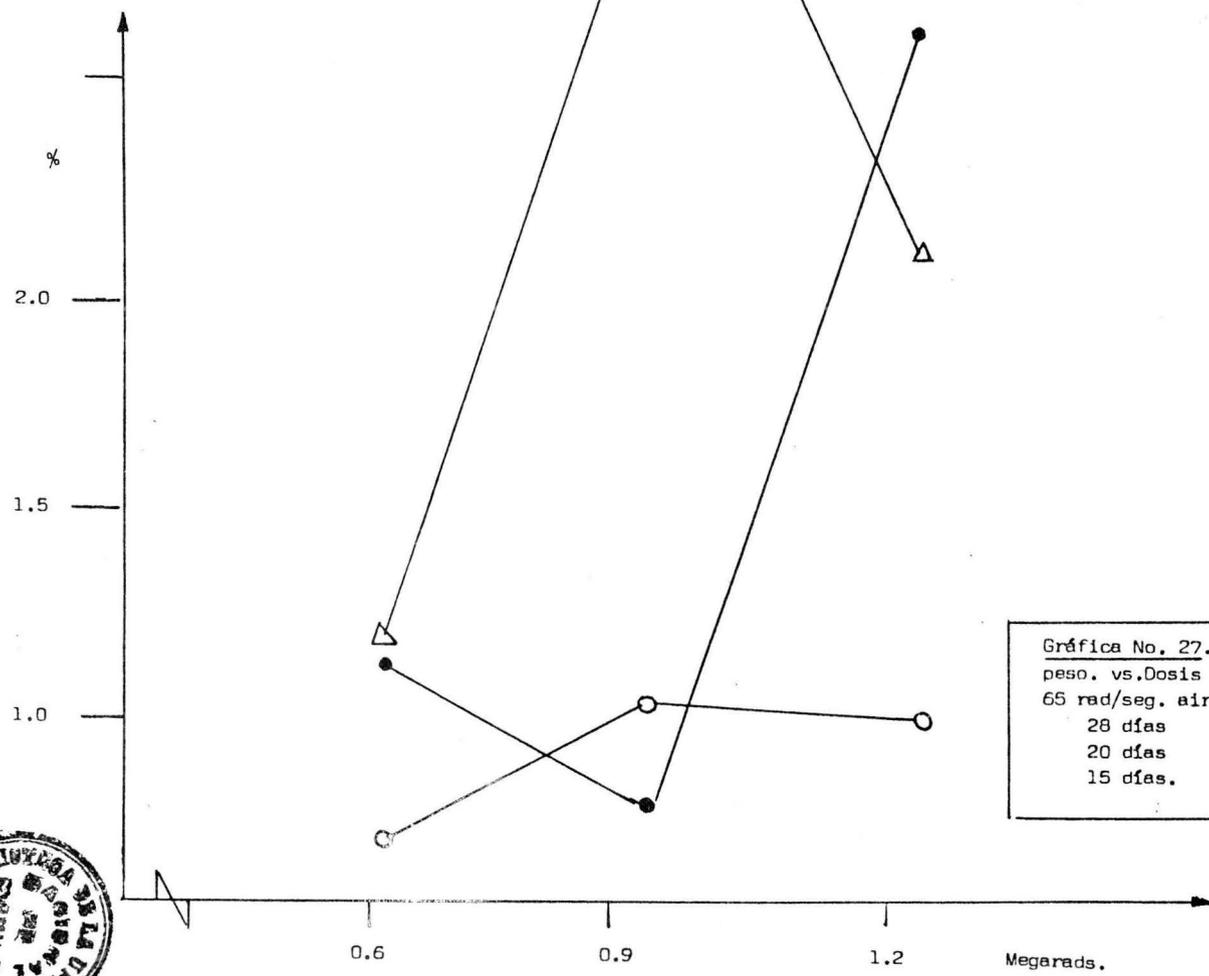
Gráfica No. 25. Polímero % en peso vs. Dosis (Megarads)
 130 rad/seg. aire. Vigas.

28 días	●
20 días	△
15 días.	○

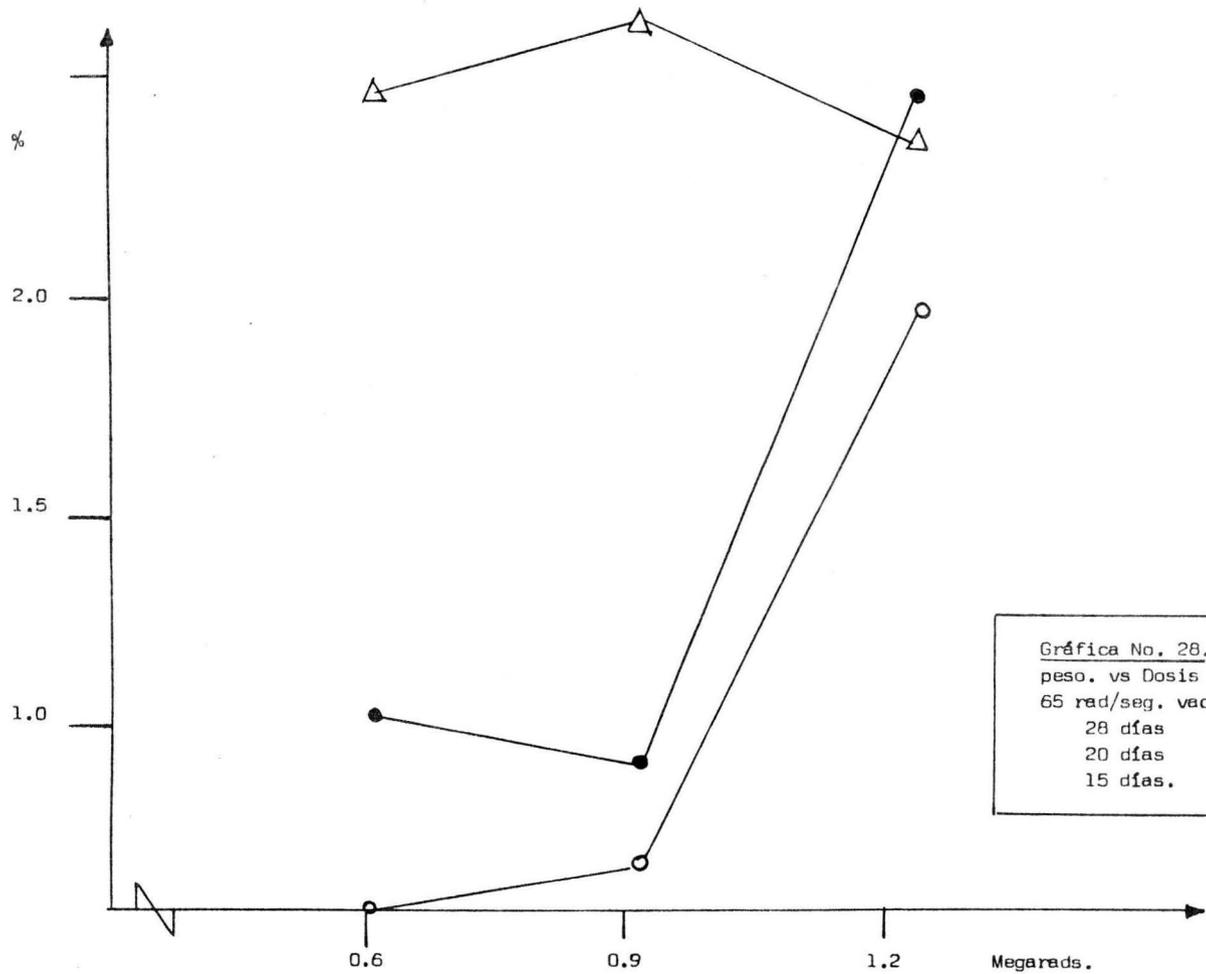


Gráfica No.26. Polímero % en peso . vs.Dosis (Megarads).
 130 rad/seg.vacío.Vigas.
 28 días ●
 20 días △
 15 días. ○

QUIMICO



Gráfica No. 27. Polímero % en peso. vs. Dosis (Megarads).
65 rad/seg. aire. Vigas.
28 días ●
20 días △
15 días ○



Gráfica No. 28. Polímero % en peso. vs Dosis (Megards)
 65 rad/seg. vacío. Vigas.
 28 días ●
 20 días △
 15 días ○

