

| | |
|---------------------------|-------------|
| Biblioteca | |
| SERVICIO DE PUBLICACIONES | |
| Nº 2 | AÑO 1981 |

04.81.13

265

"INFLUENCIA DE DIFERENTES VARIABLES EN ENSAYOS MECANICOS DE RECEPCION"

R. Bordoni, J.M.Falcone, M.A.Giorgis, M. Markiewicz, H.C.Sapie
Dpto de Combustibles Nucleares - Gerencia de Desarrollo.
C.N.E.A.

El buen comportamiento de las vainas de un elemento combustible (E.C) en servicio es de fundamental importancia en la performance de un reactor. En particular es indispensable que las propiedades mecánicas de dichas vainas cumplan con los requerimientos de diseño del E.C para que dicho comportamiento se verifique.

Estos requerimientos de diseño son tenidos en cuenta en los ensayos de recepción de tubos para vainas de E.C. Estos ensayos se pueden separar en tres grupos:

- a) control dimensional
- b) determinación de las propiedades del material
- c) control de defectos.

El control de las propiedades mecánicas esta comprendido dentro del grupo de propiedades del material, los ensayos que comprende este control estan indicados en la tabla I. Para asegurar los requerimientos de diseño en forma confiable es recomendable que estos ensayos de recepción esten acompañados de un conocimiento detallado de tales ensayos y de un correcto conocimiento del comportamiento mecánico de los tubos tanto fuera como dentro del reactor.

Con estas ideas generales se iniciaron experiencias que condujeran a la obtención de los objetivos enumerados. Resultaba de interés conocer el comportamiento de las magnitudes a medir en los ensayos en función de las distintas variables de dichos ensayos.

ENSAYOS DE TRACCION.

Se realizaron ensayos de tracción para distintas temperaturas, en probetas de Zircaloy 4 tipo M.Z.F.R., análogo al de Atucha, estos ensayos se realizaron con una velocidad de deformación de $0,5\%/min.$ y las elongaciones se midieron sobre una longitud de referencia de 100 mm con extensómetros mecánicos.

En la figura 1 se observa el gráfico de la tensión de fluencia en función de la temperatura en la figura 2 y 3 están graficados la resistencia mecánica en función de la temperatura y la deformación total en función de la temperatura respectivamente.

De estos resultados se observa que el material satisface las especificaciones de recepción y que de los tres parámetros medidos la resistencia mecánica y la deformación total son más fuertemente dependientes de la temperatura de ensayo que la tensión de fluencia.

Al aumentar el grado de recuperación del material tanto la resistencia mecánica como la tensión de fluencia disminuyen, resultando que de la combinación de los dos efectos, recuperación y dependencia de la temperatura, el parámetro más sensible es la resistencia mecánica, como puede observarse de la tabla II. Esto indica que deben extremarse los cuidados en la medición de esta propiedad y la temperatura de ensayo.

ENSAYO DE EXPLOSION.

Se realizaron ensayos de explosión a 400°C en vainas de Zircaloy-4 tipo Atucha. En estos ensayos se utilizó un cierre de alta presión, para los extremos de la probeta, desarrollado por los autores. Este sistema se calificó previamente antes de ser utilizado rutinariamente. En la tabla III se comparan los resultados de ensayos realizados con tapones soldados en los extremos y con los cierres anteriormente mencionados. Los resultados indican que no existe diferencia entre ellos.

Para determinar la influencia de la longitud de la probeta en los resultados de este ensayo, se utilizaron probetas de distintos largos, estas se ensayaron a 400°C y $p = 50 \text{ Kg/cm}^2 \text{ min}$. Los resultados de estos ensayos figuran en la Tabla IV.

Para la deformación a 20 mm de la fractura se observa que ambos resultados están dentro de la indeterminación, lo cual indica que se pueden considerar iguales. Pero si se observan las probetas E-72 y E-73 los valores de la deformación a 40 mm de la fractura son excesivamente grandes esto es debido a que las probetas presentaron doble ampolla (inestabilidad), rompiendo en una de ellas, este efecto complica las mediciones de estos valores. También se ensayaron probetas de 12 cm. Las mediciones a 20 mm. dieron valores iguales a las de 15 cm. y 17 cm. pero se presentaban dificultades en la medición de la deformación uniforme a 30 mm. y 40 mm. Se debe tener en cuenta que la longitud útil de las probetas de 12 cm. luego de ser colocados los cierres es de aproximadamente 9 cm.

De estos resultados se decidió utilizar como longitud rutinaria de ensayo la de 15 cm.

Teniendo en cuenta que una de las etapas importantes en el proceso de fabricación de tubos es el relevado de tensiones final y que la homogeneidad de este relevado a lo largo de la vaina dependerá de la distribución de temperaturas del horno de relevado de tensiones. Se tomó una vaina y se cortaron probetas del extremo y centro de la misma obteniéndose valores muy dispares como se muestra en la tabla V. Estos resultados indican la importancia en la elección de las probetas para ensayos. Según las especificaciones las probetas de los extremos están fuera. (Falta de ductilidad).

En las figuras 4y5 se pueden observar la dependencia de la deformación circunferencial uniforme (a 20, 30, y 40 mm.) y la tensión de rotura con la temperatura. De estas figuras se observa que la deformación circunferencial uniforme presenta un mínimo entre 300°C y 350°C. se observa también que para los 400°C la dependencia de la deformación circunferencial uniforme con la temperatura es grande, lo cual indica que este es un buen punto para realizar los ensayos de recepción. La tensión de rotura presenta un comportamiento análogo al de la resistencia mecánica en el ensayo de tracción.

En la figura 6 se graficó la dependencia de la deformación circunferencial uniforme en función de la velocidad de aumento de presión, de ella se observa que la dependencia de esta magnitud D.C.U. es muy pequeña con \dot{p} . De estos resultados se induce que la deformación circunferencial uniforme (D.C.U.) es más sensible a la temperatura que a \dot{p} .

ENSAYO DE CREEP BIAXIAL.

En este ensayo se determina la resistencia al creep

de las vainas por presión interna, midiendo la D.C.U. luego de permanecer 240 hs. a una temperatura de 400°C y una tensión tangencial de 15 Kg/mm².

Analogamente a los otros ensayos se decidió conocer el comportamiento de dicha deformación con la temperatura. En la figura 7 se observa dicho comportamiento, la dependencia, para valores de la temperatura superiores a los 430°C, es muy fuerte, llegando a los 450°C a valores próximos o de rotura. (rompió una de las probetas del ensayo), mientras que para valores menores que 380°C la dependencia se hace débil. Esto indica que los 400°C son un buen punto para realizar este ensayo.

CONCLUSIONES.

De lo expuesto resulta evidente la importancia y la utilidad de este tipo de resultados puesto que nos conducen a un conocimiento detallado de los ensayos, sus características particulares y su comportamiento. Esto nos permitirá luego elaborar procedimientos de ensayo llamando la atención en los puntos críticos de los mismos.

Se debe agregar, que el conjunto de estas experiencias con las que conduzcan a un conocimiento del comportamiento mecánico del material, permitan una correcta evaluación de las propiedades mecánicas de los lotes recepcionados y también desarrollar una mayor capacidad de decisión en los casos de lotes que se encuentren fuera de especificación.

ENSAYOS MECANICOS EN VAINAS

| ENSAYO | CONDICIONES DE ENSAYO | DETERMINACION |
|--------------------------|--|--|
| TRACCION | TEMP. AMBIENTE Y ALTA TEMP. 0.7%/min. - ϵ - 0.7%/min. | $\sigma_{0.2}$, Resistencia a la Tracción, Deformación total |
| EXPLOSION | TEMP. AMBIENTE Y ALTA TEMP. Extremos cerrados Gas ó líquido pcte. ó etc. | Deformación circunt. uniforme Tensión máx. de explosión Deformación circunferencial uniforme. |
| CREEP PRESION INTERNA | ALTA TEMPERAT. EXTREMOS CERRADOS | Deformación circunferencial uniforme |

TABLA I

ENSAYO DE TRACCION 400 °C

$\dot{\epsilon} = 0.5 \% / \text{min.}$

| PROBETA | $\bar{V}_{0.2}$ | $\bar{V}_{\text{max.}}$ | δ |
|----------|----------------------|-------------------------|----------|
| T-24 | 31.0 | 33.5 | 28.6 |
| T-22 | 30.9 | 33.8 | 26.6 |
| T-20 | 30.8 | 33.7 | 28.1 |
| Unidades | kg./mm. ² | kg./mm. ² | % |

TABLA II

CALIFICACION DE CIERRES

| PROBETA | δ_{cm} | \sqrt{R} | δ_{cs} | | | TIPO DE CIERRE |
|-----------|---------------|--------------------|---------------|-------------|-------|----------------|
| | | | 20 mm | 30 mm | 40 mm | |
| E-46 | 7.51 | 45.75 | 4.30 | 3.32 | 2.53 | TAPON SOLDADO |
| E-47 | 8.0 | 45.77 | 3.15 | 2.78 | 2.36 | " |
| E-48 | 8.44 | 46.14 | 4.01 | 2.66 | | " |
| Promedios | 8.35 ± 0.90 | 45.88 ± 0.22 | 3.82 ± 0.59 | 2.92 ± 0.35 | 2.45 | |
| E-49 | 7.83 | 45.86 | 3.39 | 2.72 | | CIERRE |
| E-50 | 8.85 | 45.78 | 3.05 | 3.17 | 2.82 | " |
| E-51 | 7.29 | 45.86 | 3.54 | 3.03 | 2.73 | " |
| Promedios | 7.99 ± 0.79 | 45.83 ± 0.05 | 3.59 ± 0.23 | 2.97 ± 0.23 | 2.78 | |
| Unidades | % | kg/mm ² | % | % | % | % |

$\dot{p} = 50 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{min}$

$T = 400 \text{ }^\circ\text{C}$

TABLA III

INFLUENCIA DE LA LONGITUD

$T = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$

$\dot{p} = 50\text{ Kg/cm}^2\text{ min}$

| PROBETA | LONGITUD | δ_{cs} | | | δ_{cm} | ∇R |
|-----------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------------|
| | | 20 mm | 30 mm | 40 mm | | |
| E-65 | 15 cm | 3.95 | 3.33 | 2.46 | 30.57 | 45.14 |
| E-66 | " | 2.62 | 2.14 | 1.89 | 25.94 | 45.06 |
| E-67 | " | 2.84 | 2.45 | 1.74 | 36.09 | 45.19 |
| Promedios | | 3.14 ± 0.71 | 2.64 ± 0.61 | 2.03 ± 0.37 | 30.86 ± 5.67 | 45.13 ± 0.06 |
| E-71 | 17 cm | 3.82 | 3.22 | 2.57 | 29.10 | 44.83 |
| E-72 | " | 3.77 | 4.80 | 11.81 | 22.15 | 45.06 |
| E-73 | " | 3.29 | 2.67 | 3.51 | 20.33 | 44.76 |
| Promedios | | 3.62 ± 0.29 | 3.54 ± 1.13 | 5.96 ± 5.08 | 23.86 ± 4.62 | 44.88 ± 0.16 |
| Unidades | | % | % | % | % | kg/mm ² |

TABLA IV

DEPENDENCIA DE
LA δ_{cs} DE LA POSICION EN LA VAINA

$T = 400 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\dot{p} = 50 \text{ Kg/cm}^2 \text{ min}$

| PROBETA | POSICION | δ_{cs} | | | δ_{cm} | \sqrt{R} |
|----------|----------|---------------|------|------|---------------|---------------------|
| | | 20mm | 30mm | 40mm | | |
| DE-30 | Extremo | 2.37 | 1.71 | 1.88 | 12.62 | 63.24 |
| DE-31 | Centro | 3.13 | 2.34 | 2.63 | 7.60 | 44.79 |
| DE-29 | Extremo | 2.15 | 1.74 | 2.03 | 10.18 | 64.61 |
| Unidades | | % | % | % | % | kg./mm ² |

TABLA V

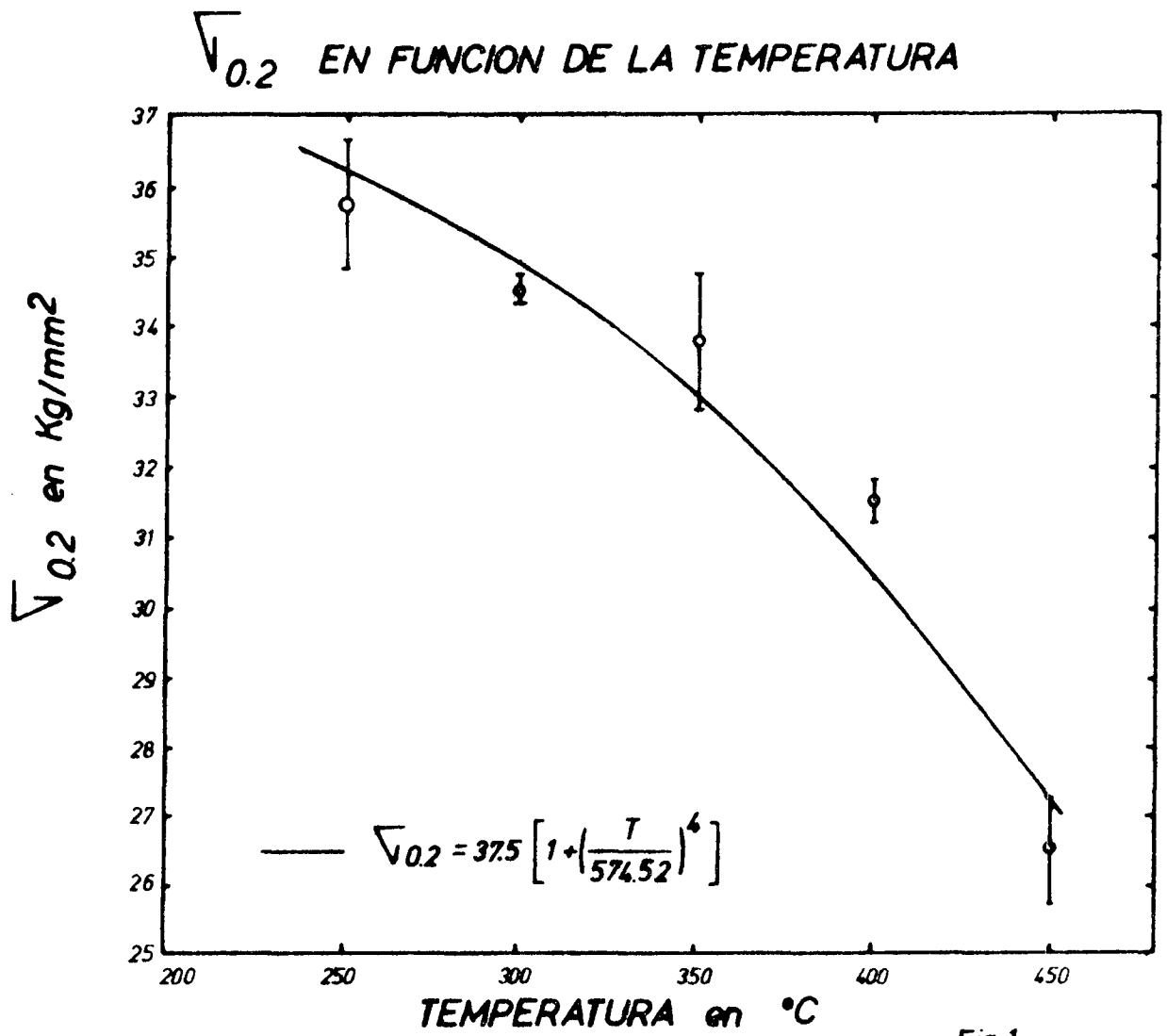


Fig.1

U.T.S. EN FUNCION DE LA TEMPERATURA

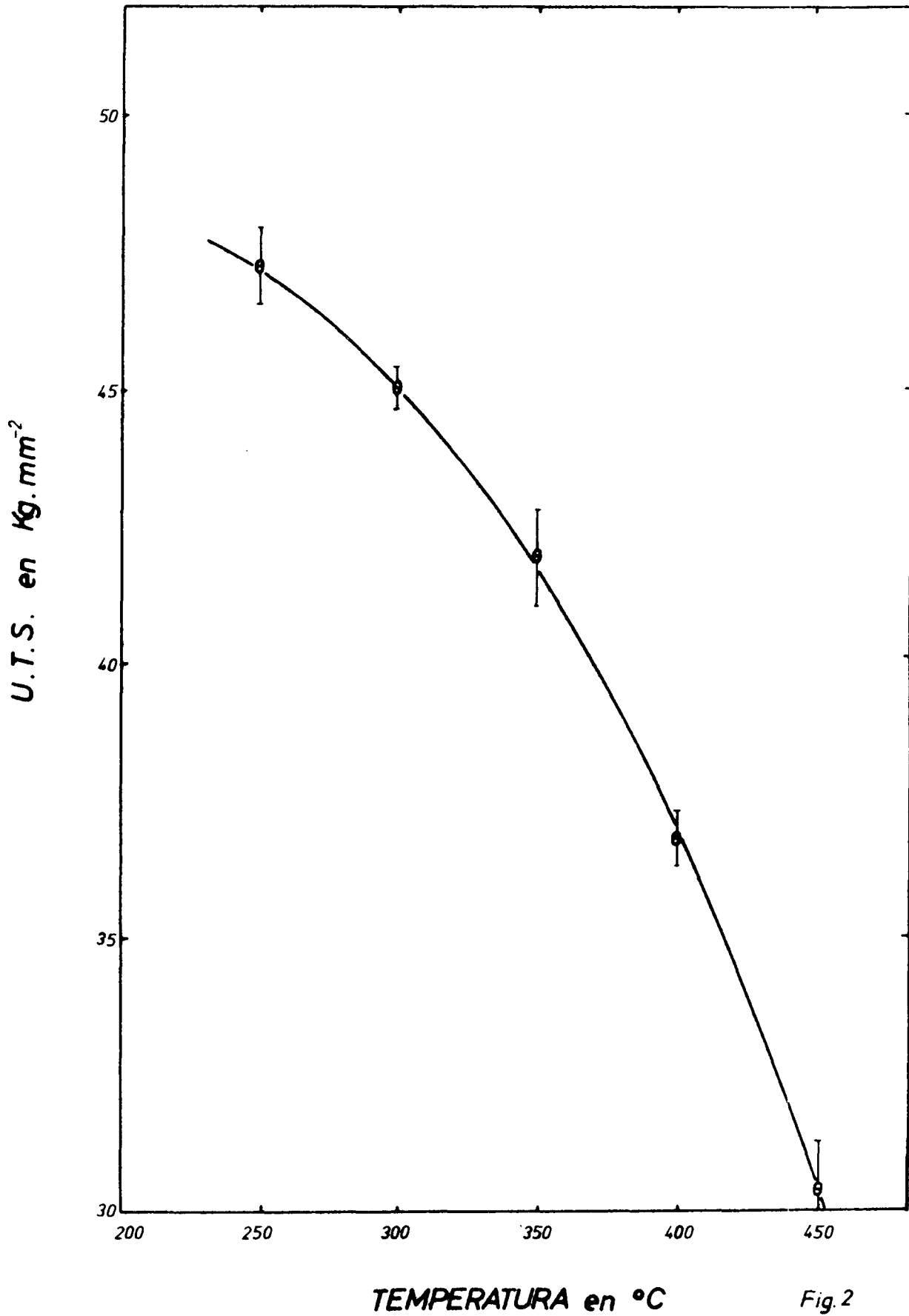


Fig. 2

DEFORMACION TOTAL PARA $l_0 = 50$ mm.
EN FUNCION DE LA TEMPERATURA

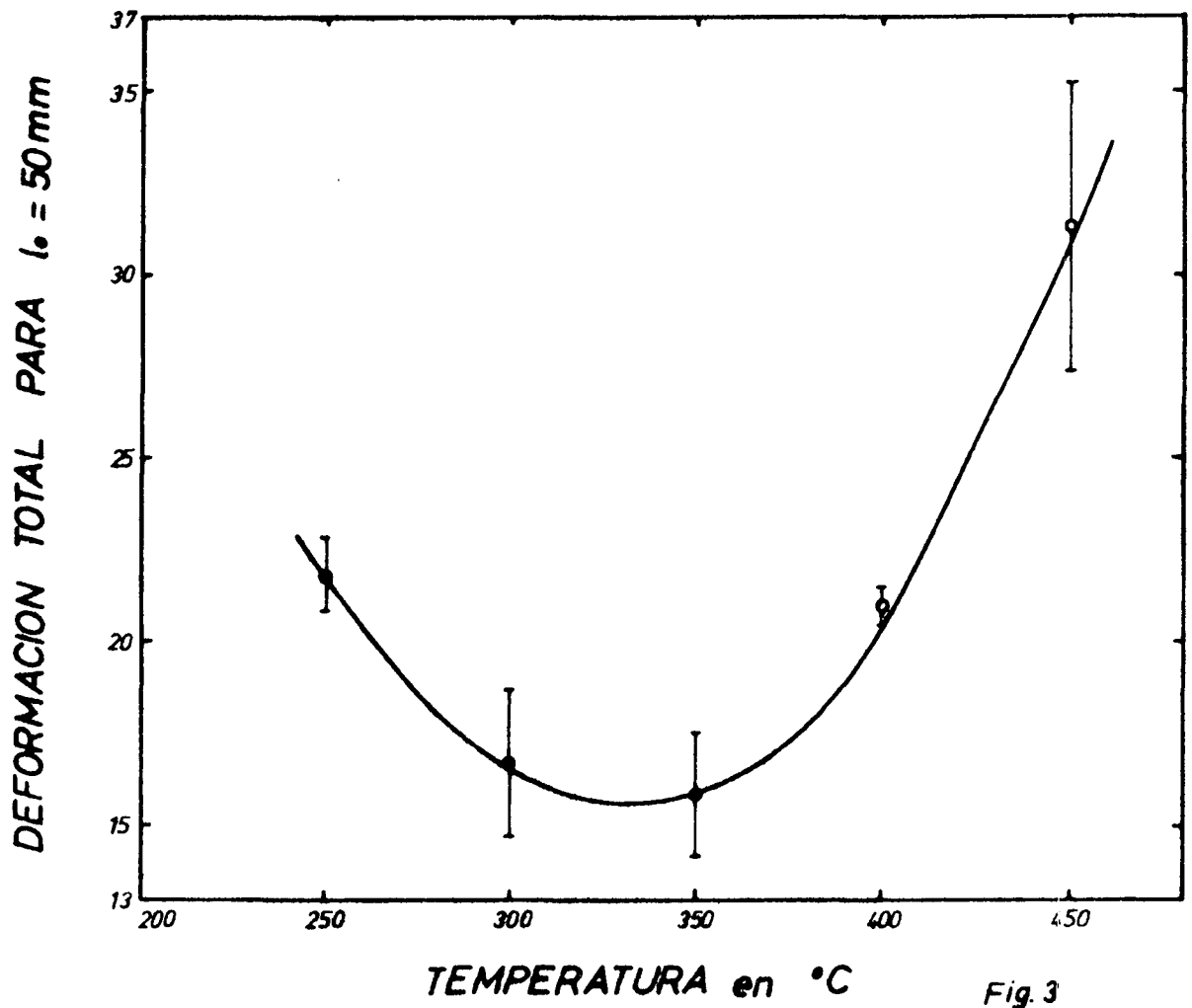


Fig. 3

ENSAYO DE EXPLOSION

DEFORMACION SIMETRICA

$$\dot{p} = 50 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{min}$$

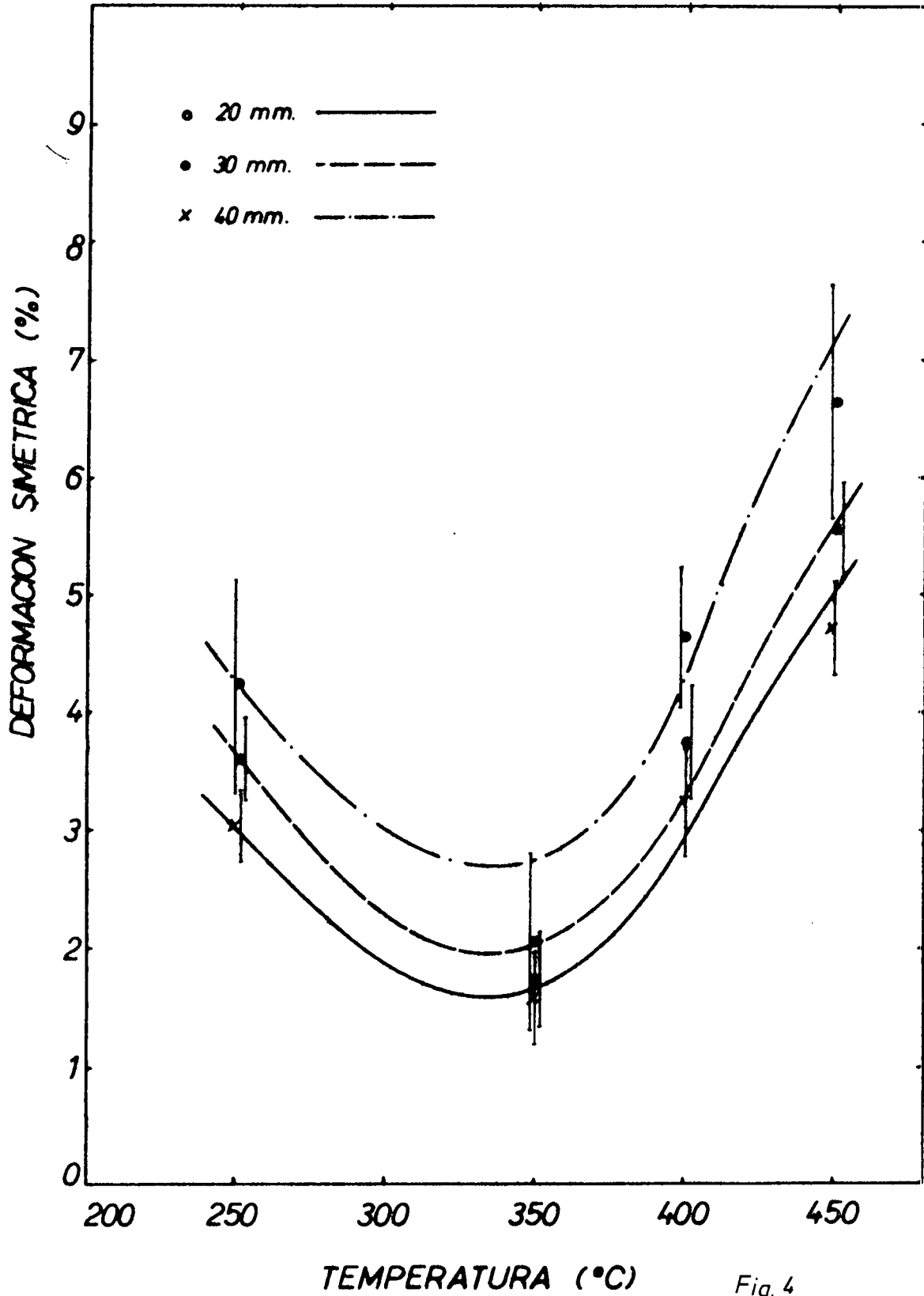


Fig. 4

ENSAYO DE EXPLOSION

TENSION DE ROTURA

$$\dot{p} = 50 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{min}$$

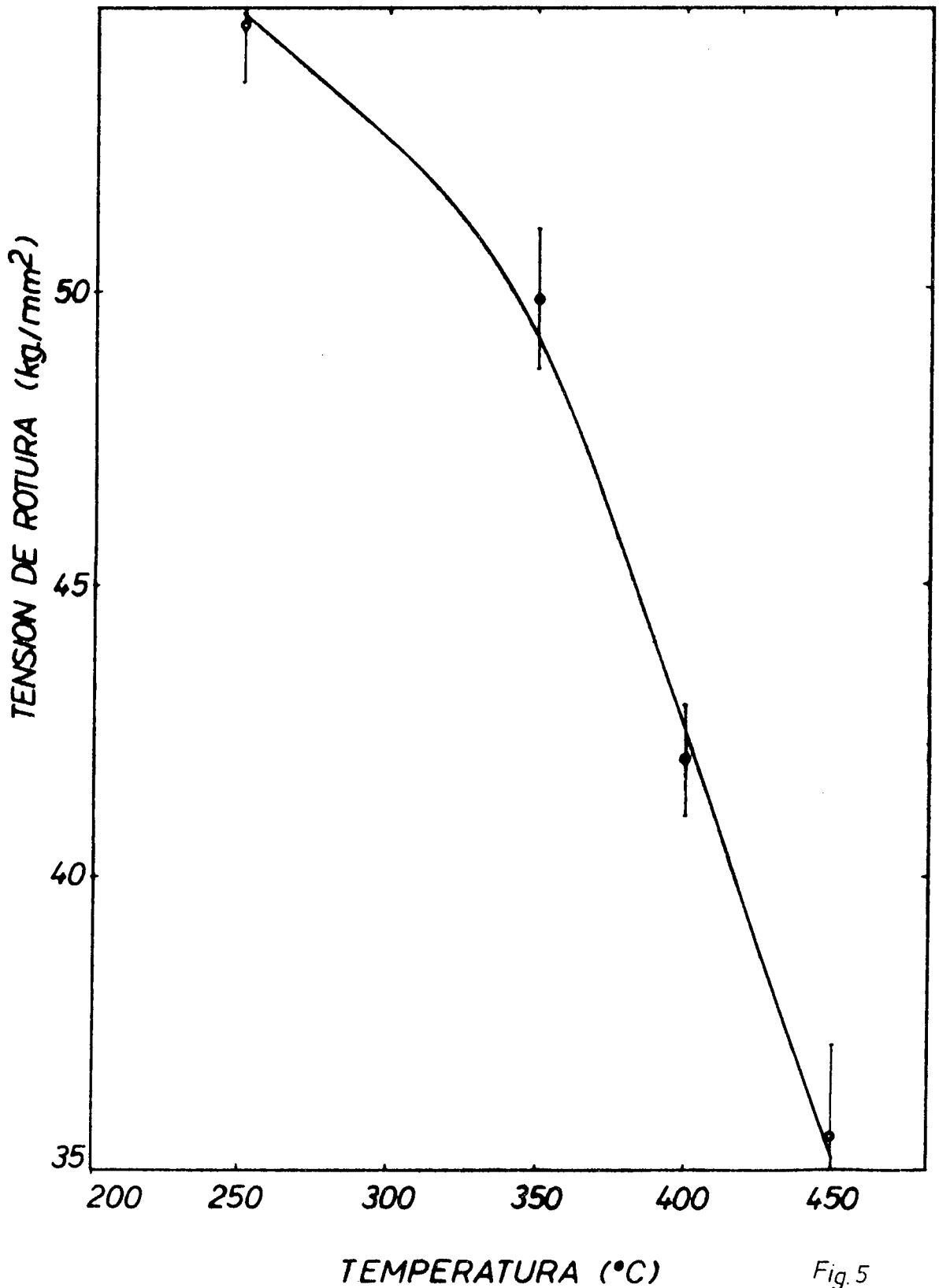


Fig. 5

280
ENSAYO DE EXPLOSION
DEFORMACION SIMETRICA

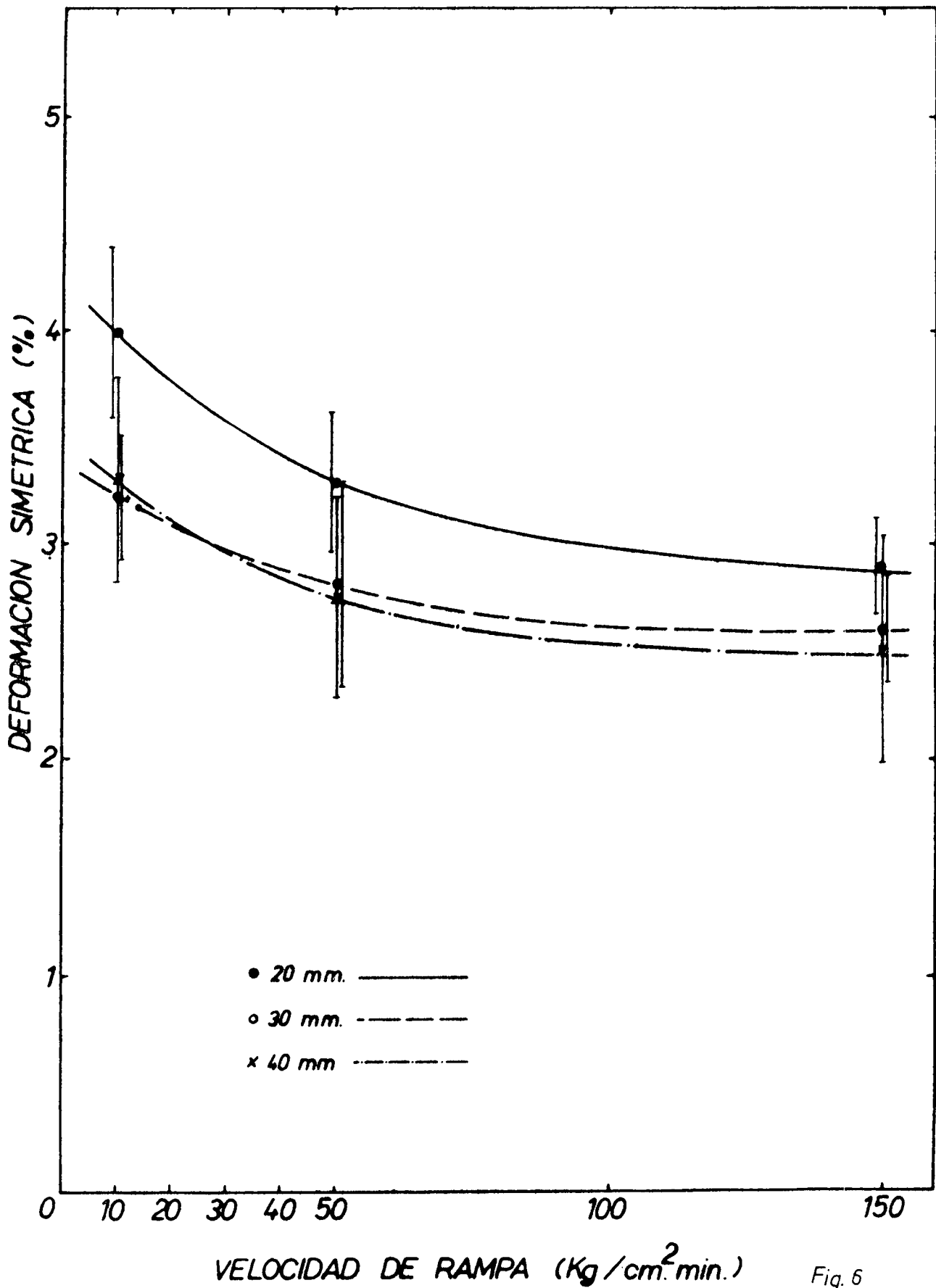


Fig. 6

ENSAYO DE CREEP POR PRESION INTERNA

$$\nabla = 15 \text{ kg/mm}^2$$

$$t = 240 \text{ hs.}$$

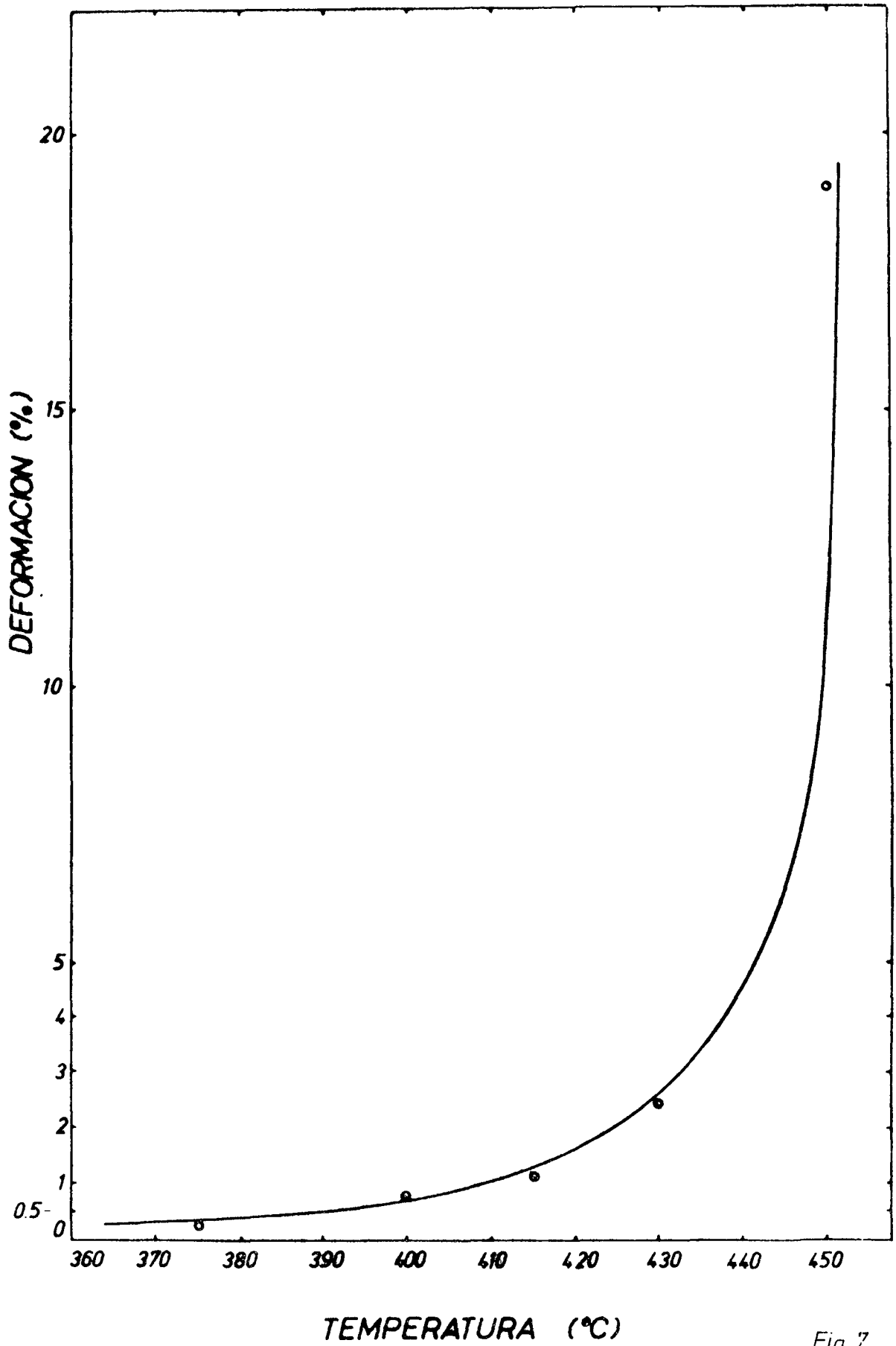


Fig. 7