



GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA
Y SEGURIDAD

REPO-4

C.N.E.A. Biblioteca

ARCHIVO PUBLICACIONES

CNEA-NT 24/85

Nº 1	AÑO 1985
------	----------

EVOLUCION TEMPORAL DE UN MACIZO
GRANITICO BAJO CARGAS TERMICAS GENERADAS
POR PRODUCTOS DE FISION
(ESTUDIO PARAMETRICO)

Ventura, M.; Ferreri, J.C.**



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

BUENOS AIRES - ARGENTINA

1985

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Dependiente de la Presidencia de la Nación
GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD*

REPO-4

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1985

CNEA-NT 24/85

EVOLUCION TEMPORAL DE UN MACIZO
GRANITICO BAJO CARGAS TERMICAS GENERADAS
POR PRODUCTOS DE FISION
(ESTUDIO PARAMETRICO)

Ventura, M.; Ferreri, J.C.**

* Casilla de Correo 40
1802 AEROPUERTO DE EZEIZA, Argentina

** Miembro de la Carrera del Investigador del CONICET.

Buenos Aires
1985

INIS CLASSIFICATION AND KEYWORDS

E52.00

GRANITES
HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTES
RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL
REPOSITORIES(*)
ROCKS
THERMAL CONDUCTION
UNDERGROUND DISPOSAL

(*) Not shown in INIS Thesaurus 1985.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen muy especialmente al Sr. Carlos CABALLERO del Depto. Ingeniería de Plantas Químicas, CNEA, por su disposición al elaborar los programas de graficación que permitieron la adecuada representación de los casos analizados.

RESUMEN

Se realiza un estudio paramétrico de la historia térmica de un macizo granítico bajo cargas térmicas originadas en subproductos terminales del ciclo de combustible del plan nuclear. Se consideran variaciones de la conductividad y densidad de la roca y de la geometría de la celda unitaria considerada. De esta forma se ha buscado acotar, para lapsos temporales cortos (del orden de 100 años), la influencia de posibles incertezas en el conocimiento de la roca sobre los resultados de interés para el diseño de ingeniería. En las situaciones consideradas razonables, la temperatura máxima en la roca no supera los 80°C.

1. INTRODUCCION

Se realiza un estudio paramétrico del comportamiento térmico de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por los subproductos terminales del ciclo de combustible del plan nuclear.

El presente es una extensión de un trabajo anterior sobre este tema (Ventura y Ferrerí, 1982) que llamaremos "trabajo original", en adelante (T0).

Partiendo del mismo modelo numérico y respetando la misma discretización utilizada en dicho trabajo, se realizó este estudio de la variación de los parámetros físicos y geométricos a fines de verificar su influencia.

Los parámetros analizados, por ser de especial interés, fueron: la densidad y la conductividad de la roca, la distancia entre contenedores, la distancia entre pilares de galería y la temperatura inicial a 500 m de profundidad.

En lo que sigue se especifica el problema en forma análoga a la utilizada en T0, se presentan los resultados para los distintos casos analizados y se discute la influencia de la variación de los parámetros sobre la historia térmica de la celda considerada. El énfasis mayor está puesto en los primeros años de evolución del repositorio, debido a que, en su transcurso, la temperatura pasa por su máxima en la zona considerada crítica.

2. ESPECIFICACION DEL PROBLEMA BASE (PB)

2.1. Geometría del repositorio

Para simular al repositorio en su totalidad, se utiliza una celda representativa unitaria, con sus correspondientes condiciones de borde.

La distancia entre contenedores es de 5 m y la distancia entre pilares de galería es de 20 m.

La celda tridimensional utilizada y su discretización se muestran en las figuras 1 y 2 respectivamente.

2.2. Condiciones de borde e iniciales

Las condiciones de borde, compatibles con las aproximaciones utilizadas, son: condición de borde adiabática sobre los planos verticales y temperatura constante sobre los horizontales.

A 500 m de profundidad la temperatura considerada fue de 32°C, con un gradiente geotérmico de 1°C/30 m, lo que implicaba una temperatura fija de 15,34°C sobre la superficie de la tierra y 48,67°C a 1000 m de profundidad.

La temperatura inicial a 500 m fue uno de los parámetros variados, lo que será discutido más adelante. Si no se lo menciona explícitamente, la distribución inicial de la temperatura fue la indicada más arriba.

2.3. Propiedades físicas de los materiales

Las propiedades físicas de las diversas zonas que constituyen el repositorio son:

	granito	arena + bentonita	vidrio
$\rho \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$	2600	2242	3000
$C \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$	0,20	0,17	0,22
$K \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$	2,58	1,70	0,94

Tabla 1: Propiedades de los materiales del repositorio

2.4. Intensidad de la fuente

La densidad de potencia por celda, considerada, resultó de tomar la potencia total de 430 kcal/h distribuida uniformemente en el volumen del paralelepípedo de 0,6 x 0,6 x 1,6 m.

$$\text{Es decir que } Q_0 = 746,5 \frac{\text{Kcal}}{\text{h m}^3}$$

función de decaimiento temporal de la fuente es:

$$Q = 746,5 e^{-2.28 \times 10^{-6} t}$$

t expresado en horas.

Todas las propiedades y condiciones hasta aquí descriptas constituyen lo que llamaremos "problema base" (PB). A partir del mismo, se hicieron los estudios paramétricos que analizaremos en lo que sigue.

Las figuras 3, 4 y 5 se refieren a este PB.

En la figura 3 se ilustra la variación temporal de la temperatura en función de la profundidad para la línea que pasa por el punto de coordenadas P (0,5, -496,0, 0) que es el de mayor temperatura en la roca.

La figura 4 muestra la variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, para el centro del pilar.

La figura 5 indica la variación temporal del incremento de la temperatura con respecto al valor inicial, en función del tiempo, para el punto P (0,5, -496,0, 0).

3. MODELO COMPUTACIONAL

3.1. Como en el TO, el programa utilizado fue el Heating 5; se mantuvo también el espaciado de la grilla del TO.

3.2. Aproximaciones al problema

Para todos los casos estudiados, el tratamiento de la celda unitaria fue realizado en base a una aproximación tridimensional (3D).

La representación bidimensional (2D) fue utilizada en el caso en que se simuló que la distancia entre contenedores es 1 m, pues la resolución de la aproximación 3D, no resolvía esta distancia. La aproximación 2D es suficientemente precisa en este caso, ya que la variación en el sentido Z puede despreciarse.

4. ESTUDIO PARAMETRICO

4.1. Variación de la densidad (ρ) del granito

Manteniendo las condiciones y propiedades del PB, se estudió la influencia de la variación de la densidad en la temperatura que alcanza la roca. Los valores aquí analizados son los valores extremos que se encuentran en la bibliografía.

ρ del granito (Kg/m ³)	T max en el granito (°C)
2500,0	61,75
2600,0*	61,36
3000,0	60,12

Tabla 2: Temperatura máxima alcanzada en el granito para las distintas densidades del mismo.

Las figuras 6, 7 y 8 están referidas al caso en que $\rho = 2500 \text{ Kg/m}^3$.

En la figura 6, está representada la variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, para la línea que pasa por el punto P (0,5, -496,0, 0), que es el de mayor temperatura en la roca.

La figura 7 muestra la variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, para el centro del pilar.

La figura 8 ilustra la variación temporal del incremento de la temperatura, con respecto al valor inicial, en función del tiempo, para el punto P (0,5, -496,0, 0).

Las figuras 9, 10 y 11 corresponden a una densidad $\rho = 3000 \text{ Kg/m}^3$.

La figura 12 muestra la variación de la temperatura en función de la densidad, para el punto de mayor temperatura en la roca, P (0,5, -496,0, 0).

* Valor correspondiente a PB.

4.2. Variación de la conductividad (K), del granito

En este caso se varió la conductividad dejando las demás propiedades y condiciones como en PB.

Se estudió la influencia de dicha variación en la temperatura de la roca.

Los valores analizados son los valores extremos que se encuentran en la bibliografía

$\frac{K}{\frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}}$	T max en el granito ($^\circ\text{C}$)
1,80	72,29
2,58*	61,35
3,80	55,15

Tabla 3: Temperatura máxima alcanzada en el granito para las distintas conductividades del mismo.

Los gráficos 13, 14 y 15 corresponden al caso en que la conductividad es de $K = 1,8 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$

La figura 13 muestra la variación de la temperatura como función de la profundidad y en función del tiempo, para la línea que pasa por el punto que alcanza la mayor temperatura en la roca, P (0,5, -496,0, 0).

La figura 14 ilustra la variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, para el centro del pilar.

La figura 15 muestra la evolución temporal del incremento de la temperatura con respecto al valor inicial, en función del tiempo, también para el punto P (0,5, -496,0, 0).

Las figuras 16, 17 y 18, son equivalentes a las 13, 14 y 15 cuando la conductividad $K = 3,8 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$

La figura 19 representa la variación de la temperatura máxima alcanzada en función de la conductividad.

* Valor correspondiente a PB

4.3. Variación de la conductividad de la mezcla arena-bentonita

Estimábamos que la influencia de la conductividad de la mezcla arena-bentonita que rellena la galería sobre la temperatura de la roca no era significativa.

No obstante, debido a los valores disímiles que se encuentran en la bibliografía, comparamos, a modo de comprobación, los valores de temperatura obtenidos en la roca cuando la conductividad de la mezcla arena-bentonita es:

$K_1 = 2.15 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$ (PB), con los valores obtenidos

cuando $K_1 = 0.94 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$

En este caso, la comparación se hizo con los valores obtenidos para la solución estacionaria del problema, por razones de economía de tiempo de cómputo.

La solución estacionaria, en nuestro caso, es la correspondiente a las condiciones de borde mencionadas y a una fuente igual a la del estado inicial.

Los resultados obtenidos confirmaron la presunción antedicha.

La tabla 4 ilustra lo dicho.

CASO ESTACIONARIO		
K_1 de la arena + bentonita	T = Temp.max. en el granito ($^\circ\text{C}$)	T = Temp.max. centro del pilar ($^\circ\text{C}$)
2,15*	47,29	33,86
0,94	47,71	33,98

Tabla 4: Temperatura alcanzada en el granito para distintas conductividades K_1 de la mezcla arena-bentonita.

4.4. Variación de la distancia entre contenedores

Otro de los parámetros variados, manteniendo como siempre las demás propiedades y condiciones del PB, fue la distancia existente entre centros de contenedores.

* Valor correspondiente a PB

En la tabla 5, se resumen los casos analizados, así como las temperaturas máximas alcanzadas

D = distancia entre contenedores	T = temp.max en el granito (°C)
6	58,15
5*	61,35
3	76,27
1	185,93

Tabla 5: temperaturas máximas alcanzadas en la roca para distintas distancias entre contenedores

Los primeros cuatro casos fueron resueltos con aproximación 3D y el último con 2D, dada la escasa resolución de 3D para distancias tan cortas, como se menciona en 3.2.

Para D = 2 m no era posible encontrar la solución 3D, debido a la escasa resolución de la grilla adoptada (debe tenerse en cuenta que la integración de 100 años implicaba cuatro horas de CPU).

Para el cálculo con aproximación 2D, se consideró una fuente equivalente al caso 3D. La fuente, consistía en un paralelepípedo de 1,6 m de altura, 0,6 m de ancho y 1 m de longitud (que es la distancia considerada entre ejes de contenedores

Siendo la potencia por contenedor de

$$P_C = 20,79 \frac{\text{Kcal}}{\text{hKg óxido}} \times 34.7 \text{ Kg óxidos} = 721 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

resulta una potencia específica de

$$Q_0 = \frac{721}{0.6 \times 1.6 \times 1} \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^3} = 751,04 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^3}$$

* Valor considerado en el PB

Las figuras 20, 21 y 22 se refieren al caso en que la distancia entre contenedores es de 6 m:

La figura 20 representa la variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, para la línea que pasa por el punto que alcanza la mayor temperatura en la roca $P(0,5, -496,0, 0)$.

La figura 21 muestra la variación temporal de la temperatura en función de la profundidad en el centro del pilar.

La figura 22 ilustra la variación temporal del incremento de la temperatura con respecto al valor inicial, en función del tiempo, para $P(0,5, -496,0, 0)$.

Las figuras 23, 24 y 25 son equivalentes a las anteriores, cuando la distancia entre centros de contenedores es 3 m.

El caso en que dicha distancia era de 1 m no fue considerado como un caso real factible. Sólo se lo incluyó con el fin de obtener una cota para la curva $T_{\max}$ vs distancia entre contenedores.

La figura 26 muestra la variación de la temperatura máxima en la roca, en función de los distintas distancias entre contenedores.

4.5. Variación de la distancia entre pilares de galerías

Manteniendo fijas las propiedades y condiciones de PB, se cambió esta vez la distancia entre pilares de galerías.

La tabla 6 resume los casos considerados.

D = distancia entre pilares (m)	T = temp.max en el granito (°C)
40**	55,50
20*	61,36
10	82,16

Tabla 6: temperatura máxima alcanzada en la roca para distintas distancias entre pilares de galerías

Los gráficos 27, 28 y 29 corresponden al caso en que la distancia entre pilares es de 10 m.

* Valor considerado en el PB

** Valor considerado en el TO

La figura 27 ilustra la variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, para la línea que pasa por el punto P (0,5, -496,0, 0).

La figura 28 representa la variación temporal de la temperatura en función de la profundidad en el centro del pilar.

La figura 29 muestra la variación temporal del incremento de la temperatura con respecto al valor inicial, para el punto P (0,5, -496,0, 0).

La figura 30 ilustra la variación de la temperatura máxima en la roca, para las distintas distancias entre pilares (D_p).

4.6. Variación de la temperatura inicial a 500 m de profundidad

Los casos aquí considerados son los resumidos en la tabla 7.

Temp. inicial a 500m (°C)	Temp.max. en el granito (°C)	Temp.max. centro del pilar (°C)
32°*	61,36	52,83
40°	69,41	60,77

Tabla 7: Temperatura máxima alcanzada en la roca para distintas temperaturas a 500 m.

La temperatura fija sobre la superficie de la tierra es de 23,33°C y, a 1000 m de profundidad, de 56,67°C. Estos valores son coherentes, con los 40°C considerados a 500 m de profundidad y con el gradiente geotérmico de 1°C / 30 m.

Las figuras 31, 32 y 33 se refieren a estas condiciones.

La figura 31 representa la evolución temporal de la temperatura, en función de la profundidad, para la línea que pasa por el punto de máxima temperatura en la roca.

La figura 32 ilustra la evolución temporal de la temperatura en función de la profundidad, para el centro del pilar.

La figura 33 muestra la variación temporal del incremento de la temperatura respecto al valor inicial, también para el punto de mayor temperatura.

* Valores considerados en PB

5. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

La discusión de los resultados estará basada en el análisis de las figuras 12, 19, 26 y 30, que representan, respectivamente, la influencia de la densidad de la roca, la conductividad de la misma, la distancia entre contenedores y la distancia entre pilares de dos galerías consecutivas. En lo que sigue, se descartará el caso para $D_C = 1$ m, pues sólo se lo estudió para obtener una cota para el valor de la temperatura máxima en la roca.

En la figura 12 se observa que los cambios en la densidad de la roca tienen escasa influencia en la temperatura máxima en la misma.

En la figura 19 se observa que la variación de la conductividad, de acuerdo al rango indicado por la literatura, influencia significativamente la temperatura máxima en la roca, implicando temperaturas comprendidas en el rango de $55,2 \leq T_{\max} (^{\circ}\text{C}) \leq 72,3$.

Se verificó, además, la influencia de la conductividad de la mezcla arena-bentonita. Para ello se efectuó el cálculo de la distribución estacionaria de temperatura (por razones de economía de tiempo de cómputo). Se comprobó así que esta variación (ver tabla 6) no tenía mayor efecto sobre la temperatura de la roca.

Las figuras 26 y 30 marcan la influencia de la geometría del repositorio, pues ilustran la variación de $T_{\max}$ como función de la distancia entre los contenedores (D_C) y de los pilares de galerías (D_P).

Estas variables tienen, como es natural, incidencia en el aspecto económico del proyecto, pues dan una idea de la máxima carga térmica para un área determinada.

El rango estudiado, descartando $D_C = 1$ m, fue:

$$3 \leq D_C(\text{m}) \leq 6$$

$$10 \leq D_P(\text{m}) \leq 40$$

En cualquier caso, la temperatura no superó la cota $T_{\max} = 82,2 ^{\circ}\text{C}$.

Se consideró el efecto de la incerteza en el valor de la temperatura a 500 m de profundidad, estableciendo el mismo gradiente geotérmico y una temperatura $T(-500\text{m}) = 40^{\circ}\text{C}$, en oposición a $T(-500\text{m}) = 32^{\circ}\text{C}$ del PB. La temperatura máxima en la roca no superó los 70°C frente a 61°C del PB.

6. CONCLUSIONES

El estudio paramétrico ha permitido obtener, dentro del rango analizado, las siguientes conclusiones:

6.1. La densidad de la roca no afecta sensiblemente los resultados en el rango $2500 < \rho \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) < 3000$.

6.2. La conductividad de la roca incide notablemente en la temperatura máxima en la roca para el rango

$$1.8 < K \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}} \right) < 3.8$$

6.3. La distancia entre contenedores influye notablemente, como era de esperar, en la temperatura máxima en la roca, al igual que la distancia entre pilares de galería. En el rango estudiado, surge que es posible llevar D_p a 10 m sin superar los 82°C y que es posible llevar D_c a 3 m sin superar los 76°C .

Es esperable que cambios simultáneos de los parámetros considerados cambien estos límites. No hemos considerado razonable indagar todos los casos posibles, pues algunos de ellos no serían tratables con la discretización considerada. Dado que esto llevaría a costos excesivos en tiempo de cómputo, se optó por presentar los aquí discutidos, a la espera de una mejor definición de parámetros para afrontar el caso definitivo.

FIGURAS

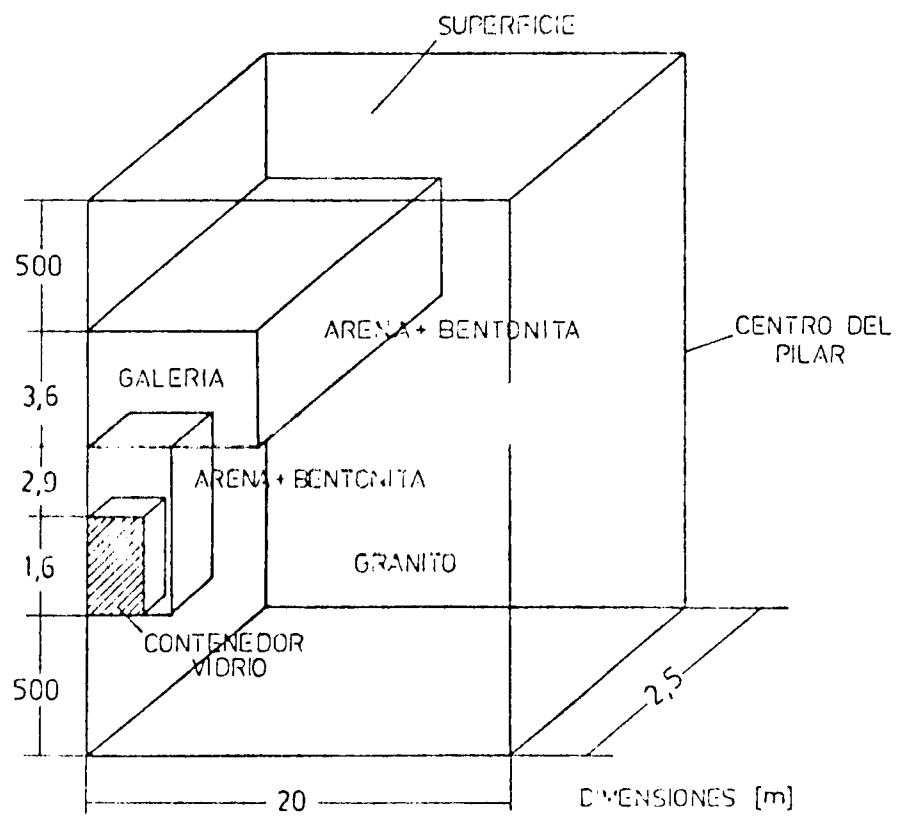


Figura 1 Celda Unitaria 3 D.

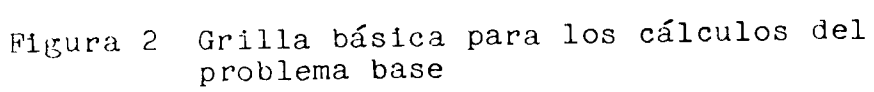


Figura 2 Grilla básica para los cálculos del problema base

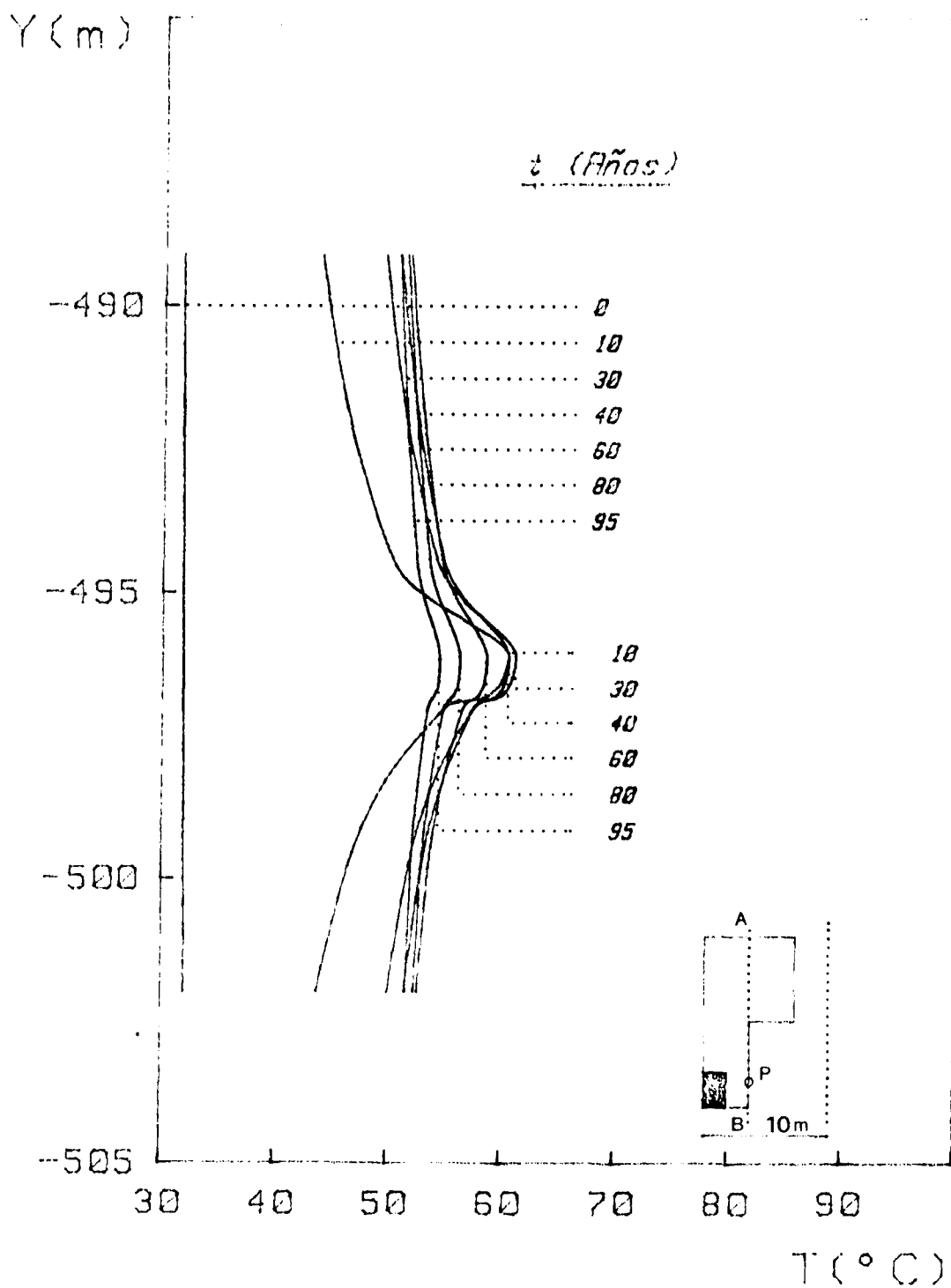


Figura 3 Variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, línea AB, $X = 0,5$; $Z = 0$. Caso base

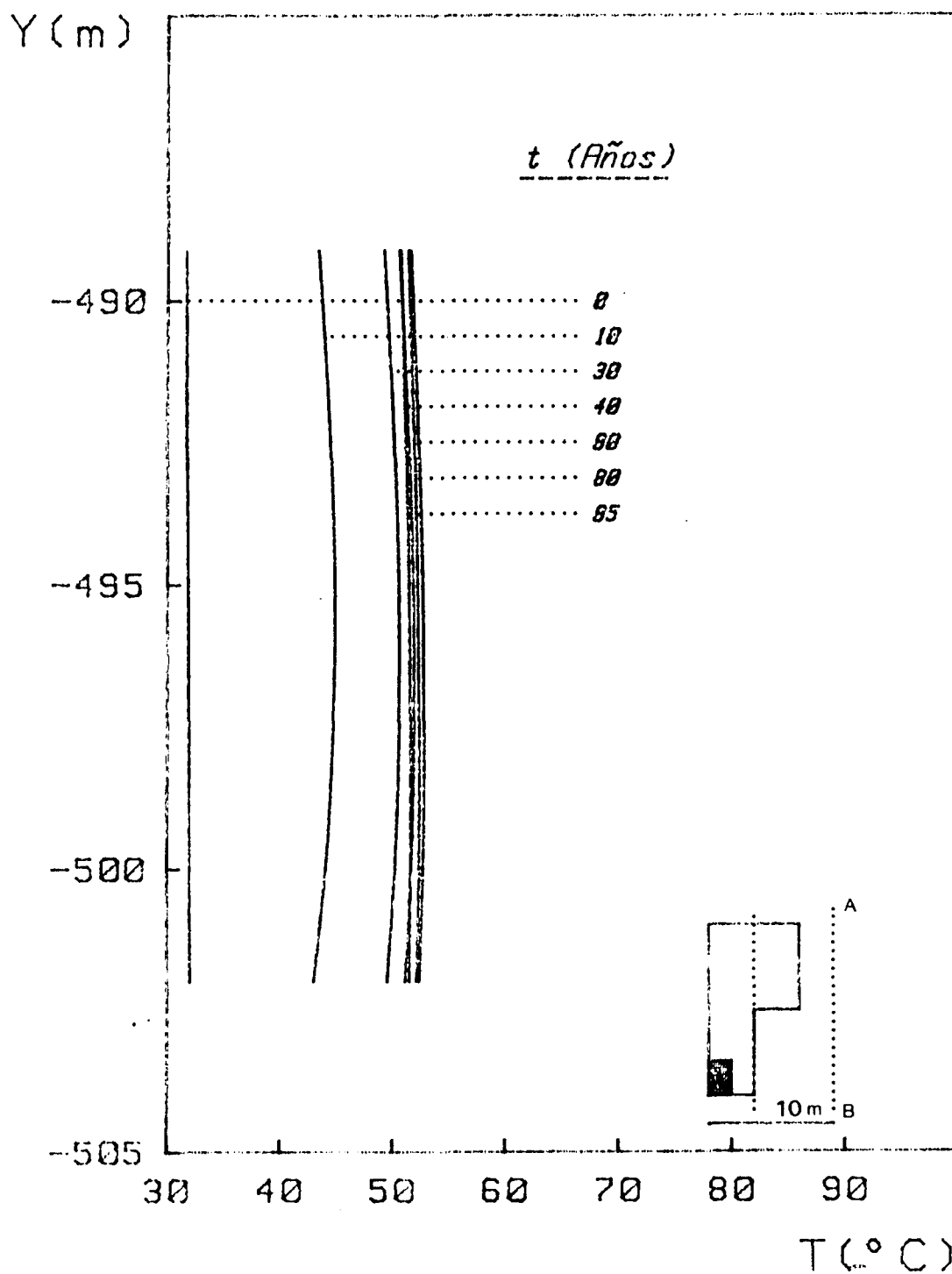


Figura 4 Variación temporal de la temperatura en el centro del pilar, línea AB, $X = 10,0$; $Z = 0$. Caso base

Incr. de $T(^{\circ}C)$

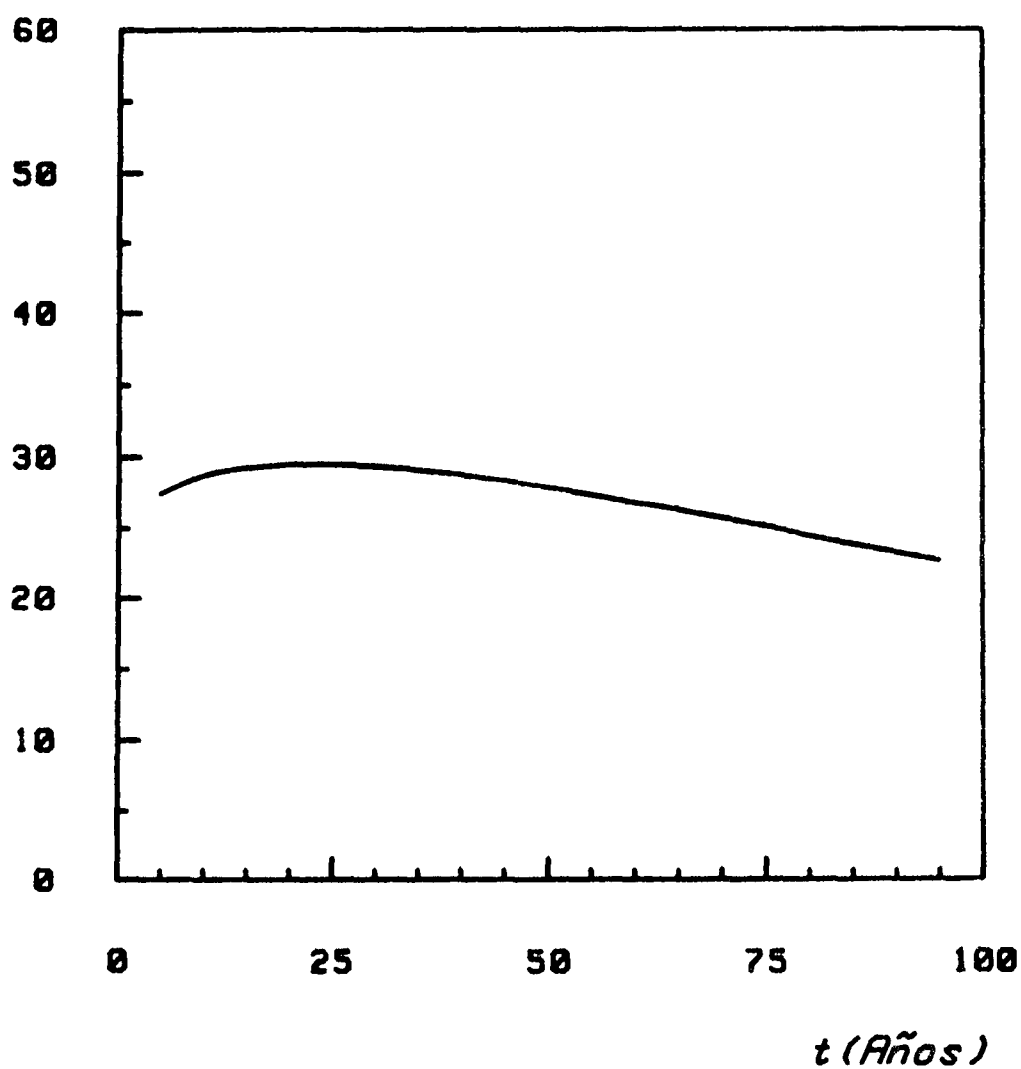


Figura 5 Variación temporal del incremento de la temperatura P (0,5, -496,0, 0). Caso base

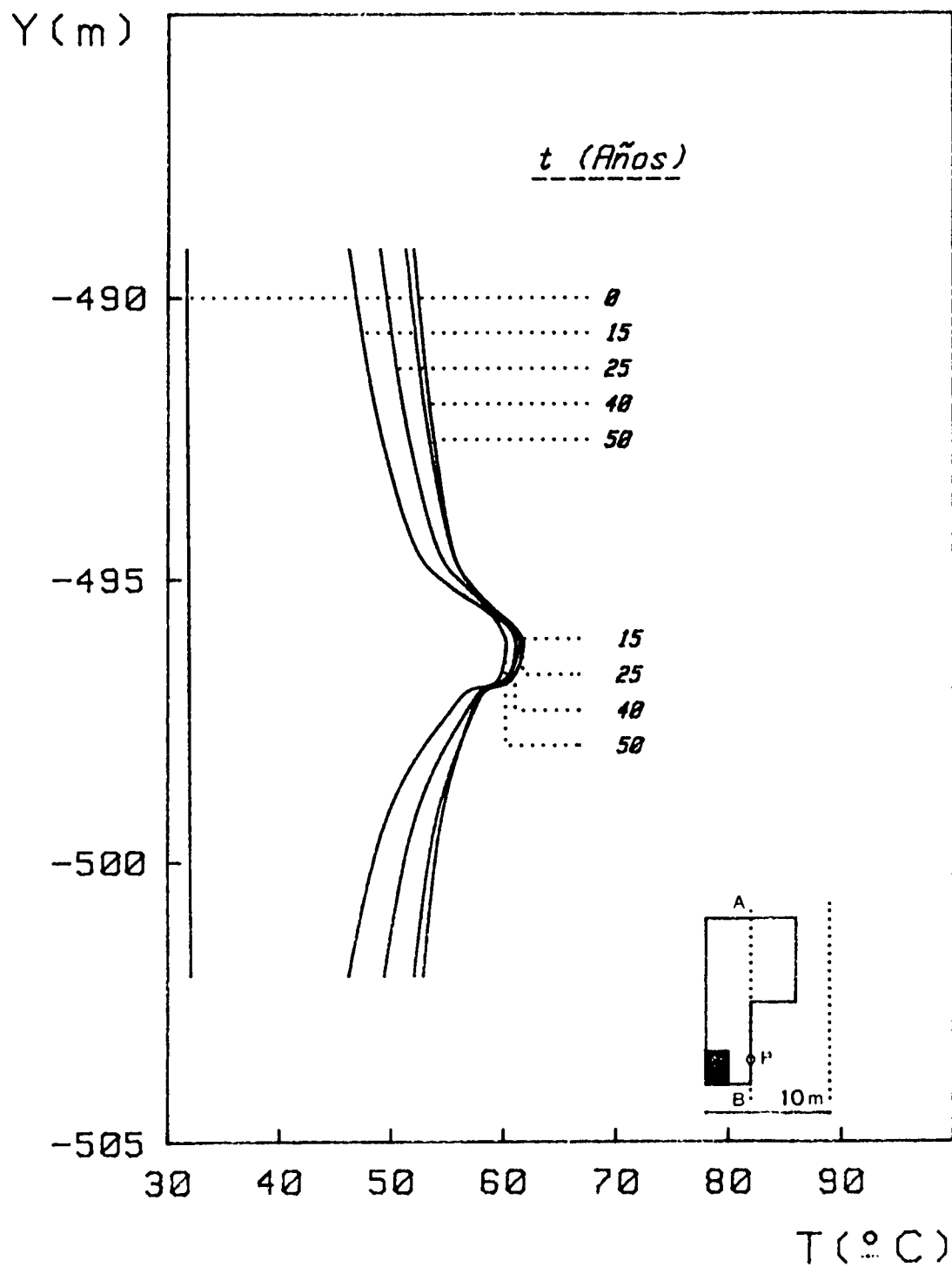


Figura 6 Variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, línea AB, $X = 0,5$; $Z = 0$. $\rho = 2500,0 \text{ kg/m}^3$

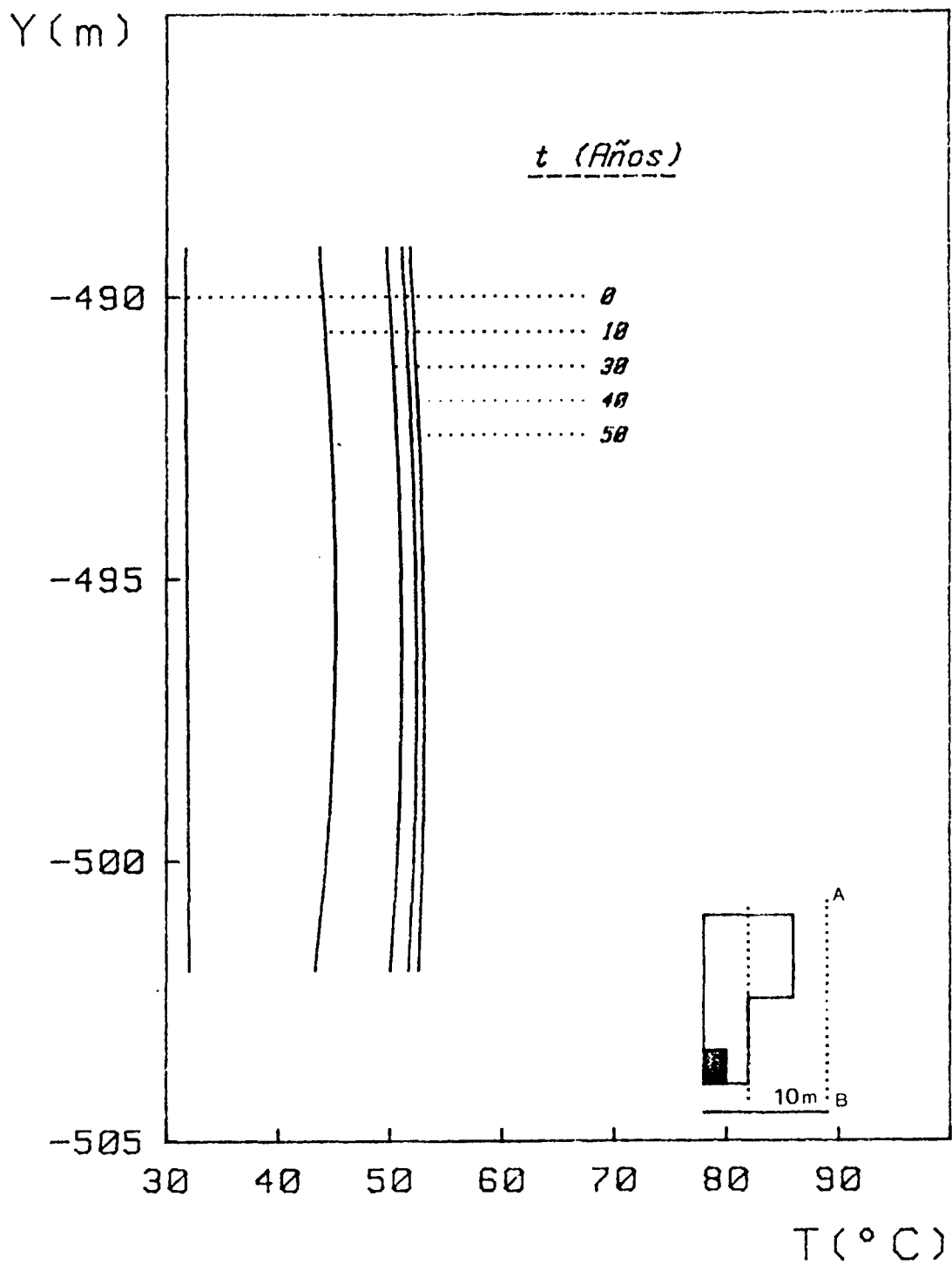


Figura 7 Variación temporal de la temperatura en el centro del pilar, línea AB, $X = 10,0$; $Z = 0$. $\rho = 2500,0 \text{ kg/m}^3$

Incr. de $T(^{\circ}C)$

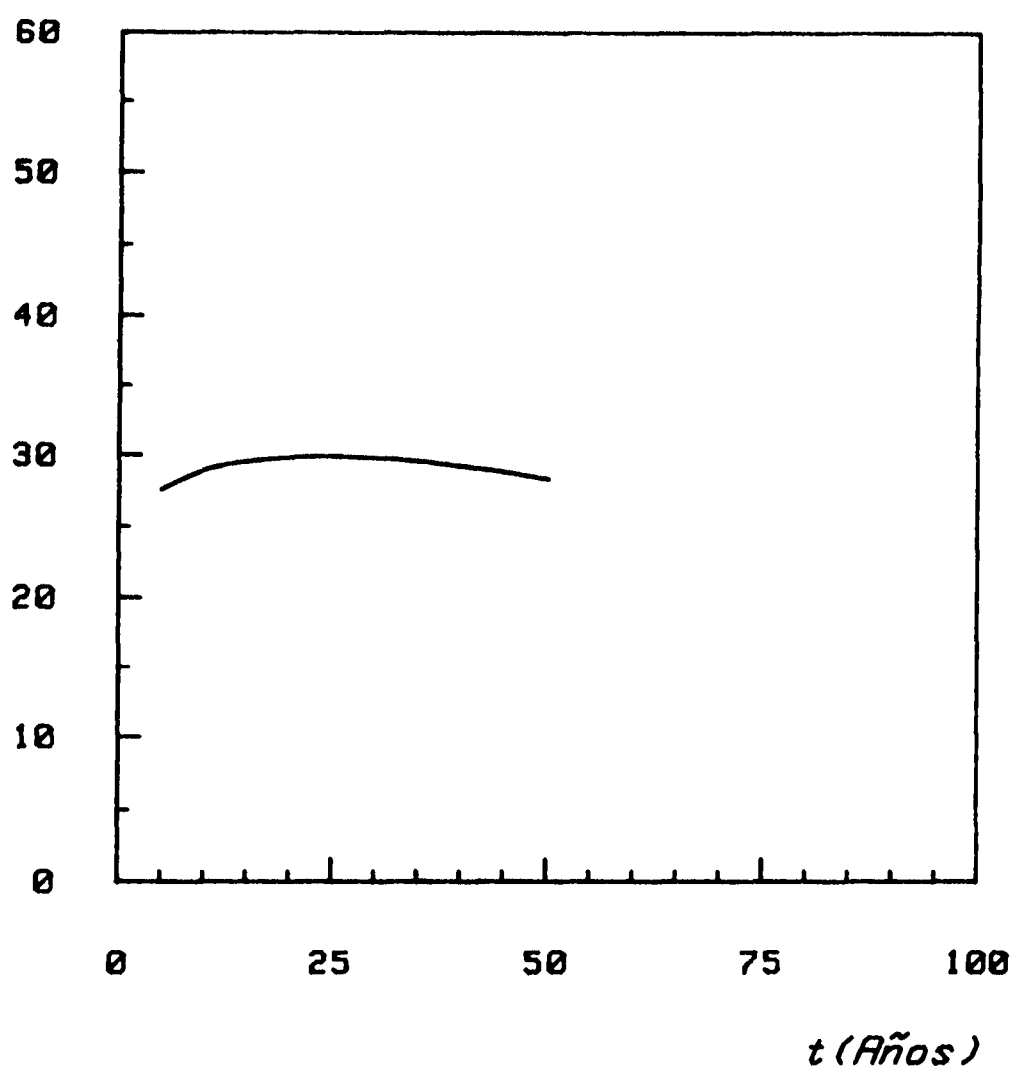


Figura 8 Variación temporal del incremento de la temperatura P (0,5, -496,0, 0).
 $\rho = 2500,0 \text{ kg/m}^3$

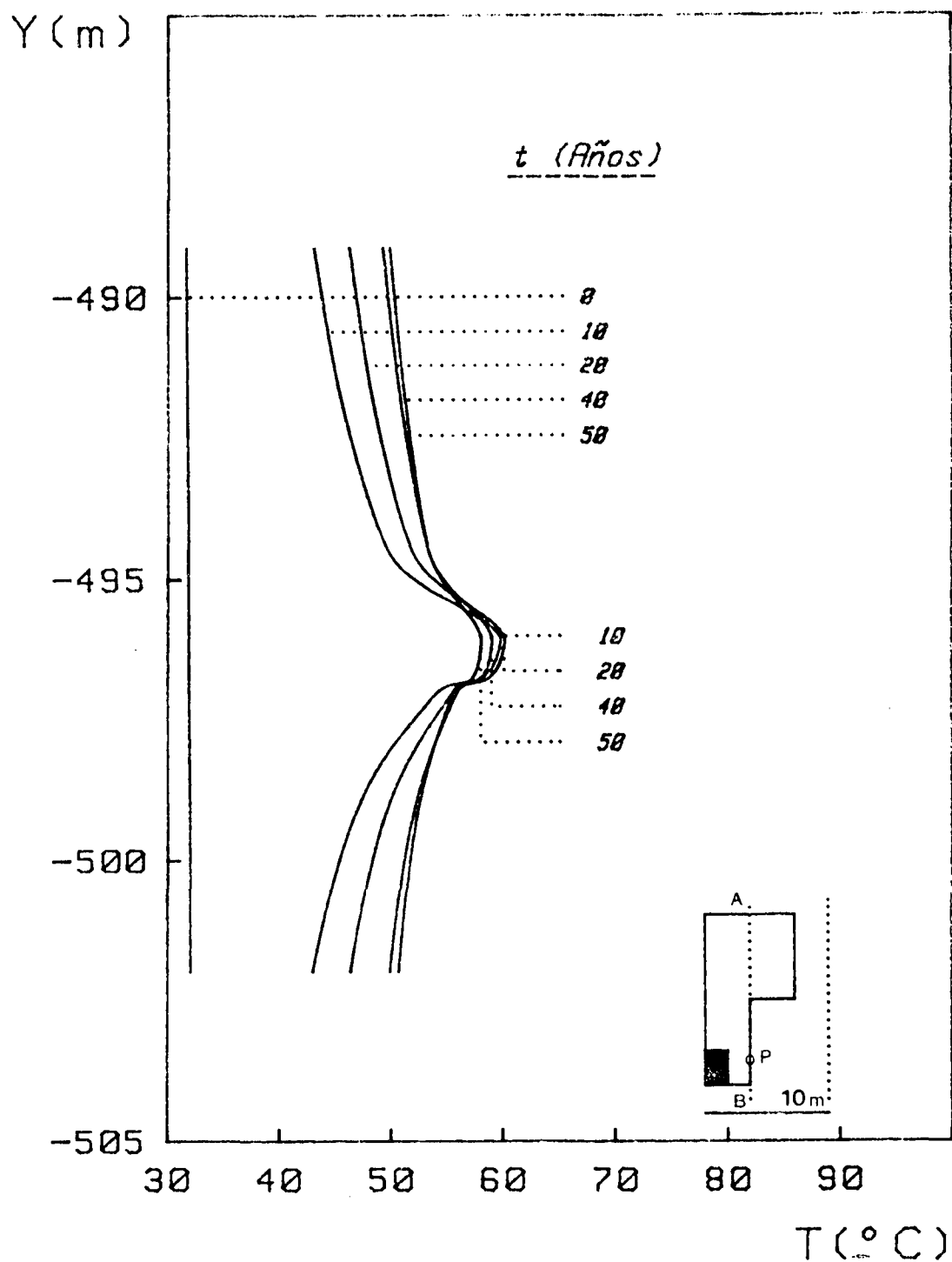


Figura 9 Variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, línea AB, $X = 0,5$; $Y = 0$. $\rho = 3000,0 \text{ kg/m}^3$

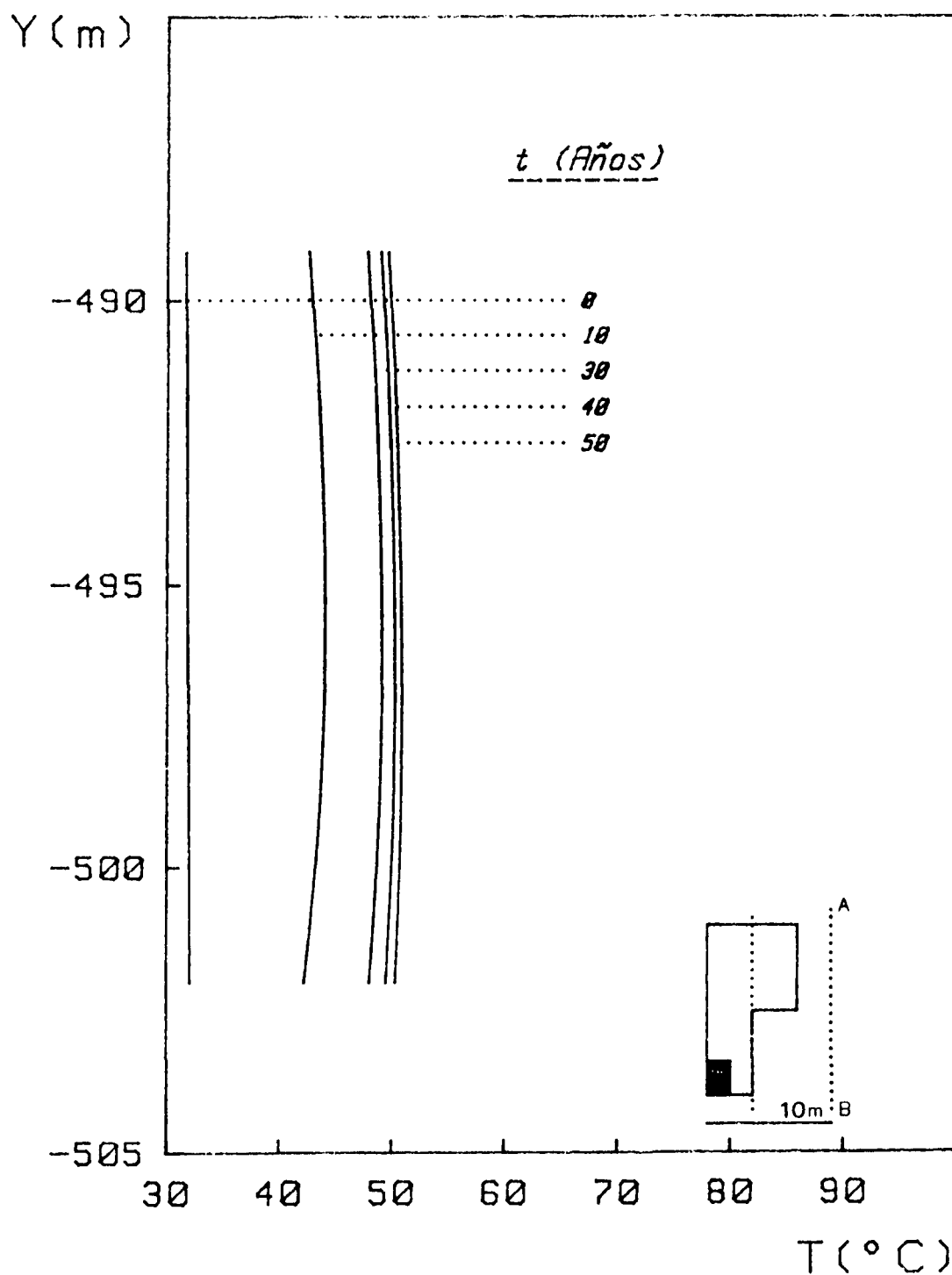


Figura 10 Variación temporal de la temperatura en el centro del pilar, línea AB, $X = 10,0$; $Z = 0$. $\rho = 3000,0 \text{ kg/m}^3$

Incr. de $T(^{\circ}C)$

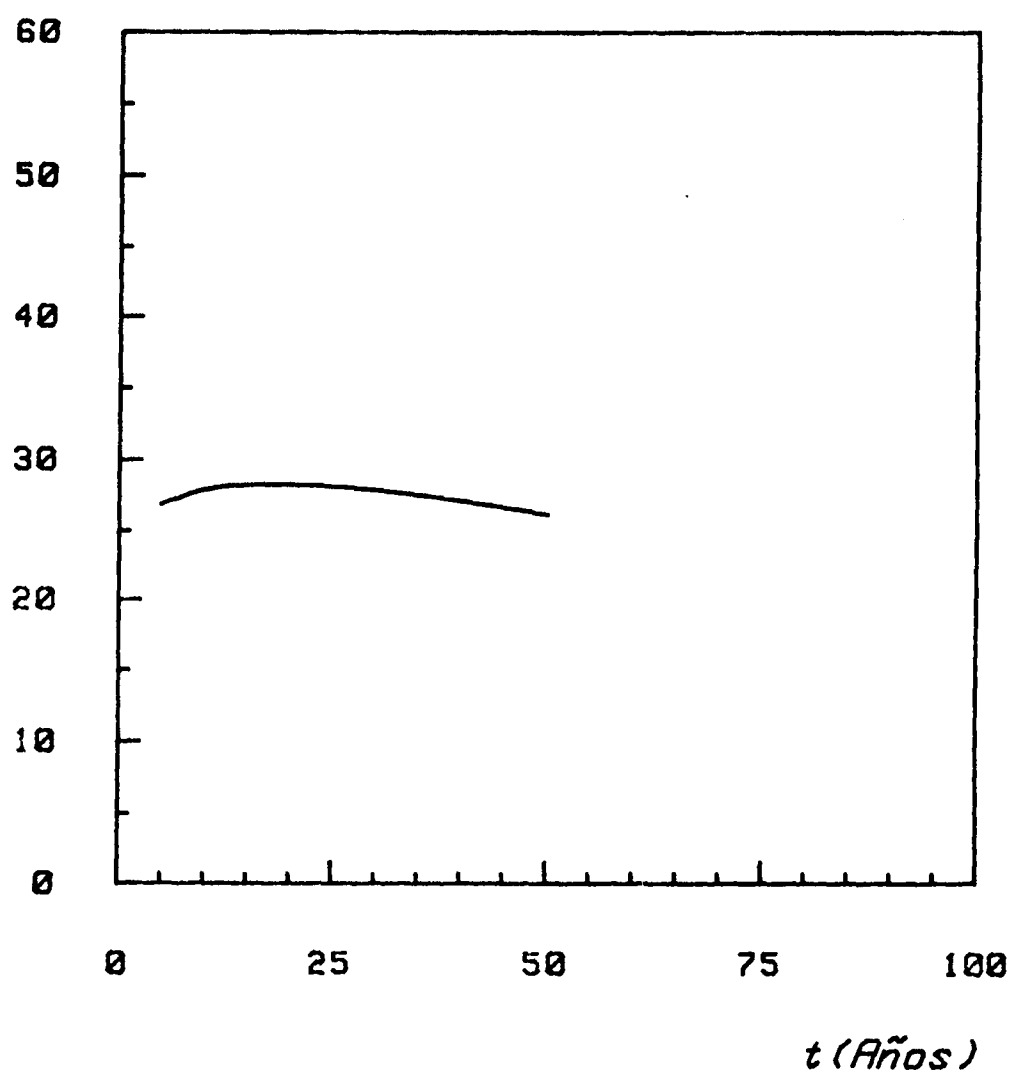


Figura 11 Variación temporal del incremento de la temperatura $P(0,5, -496,0, 0)$.
 $\rho = 3000,0 \text{ kg/m}^3$

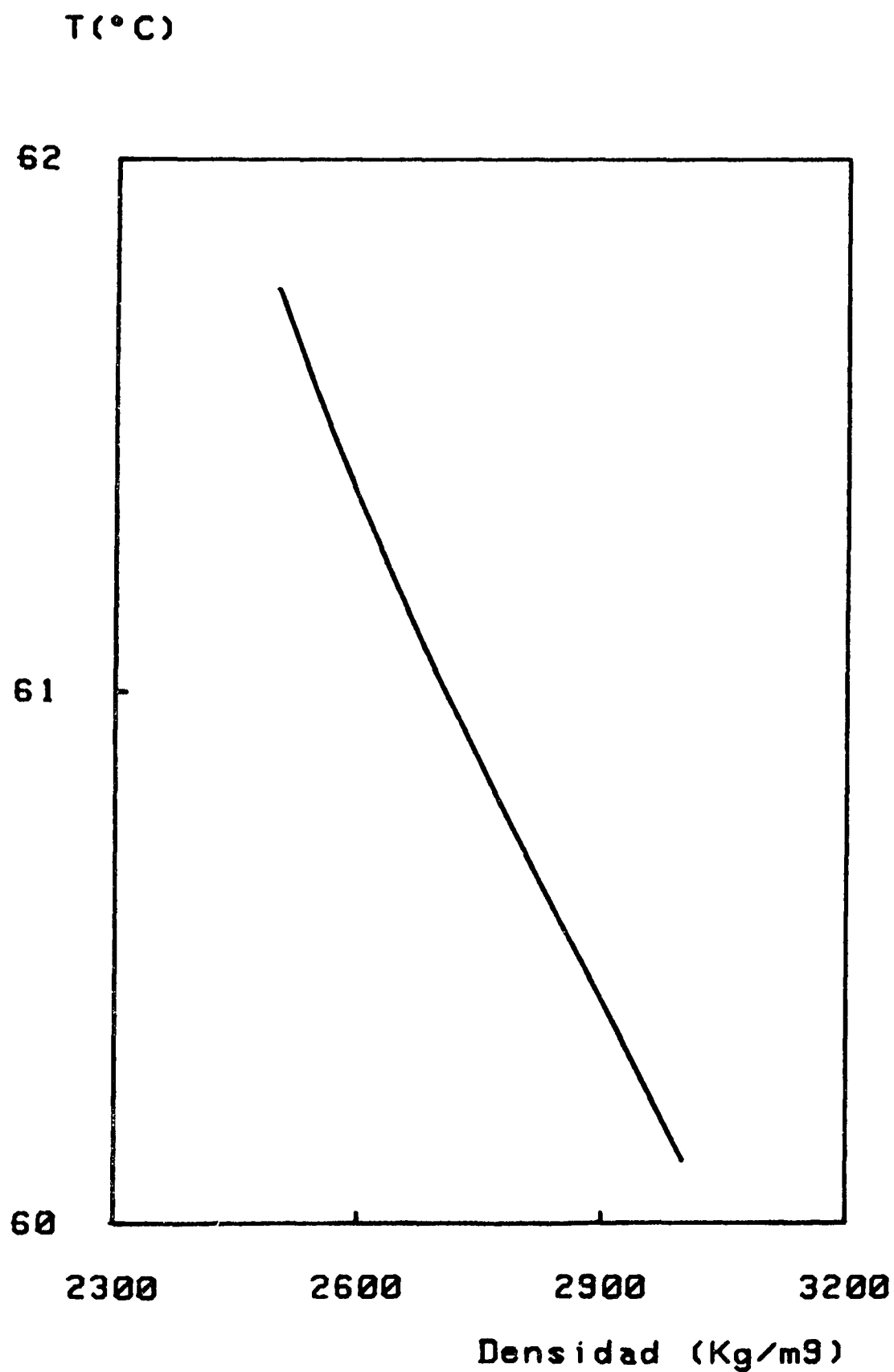


Figura 12 Variación de la temperatura en función de la densidad, $P(0,5, -496,0, 0)$

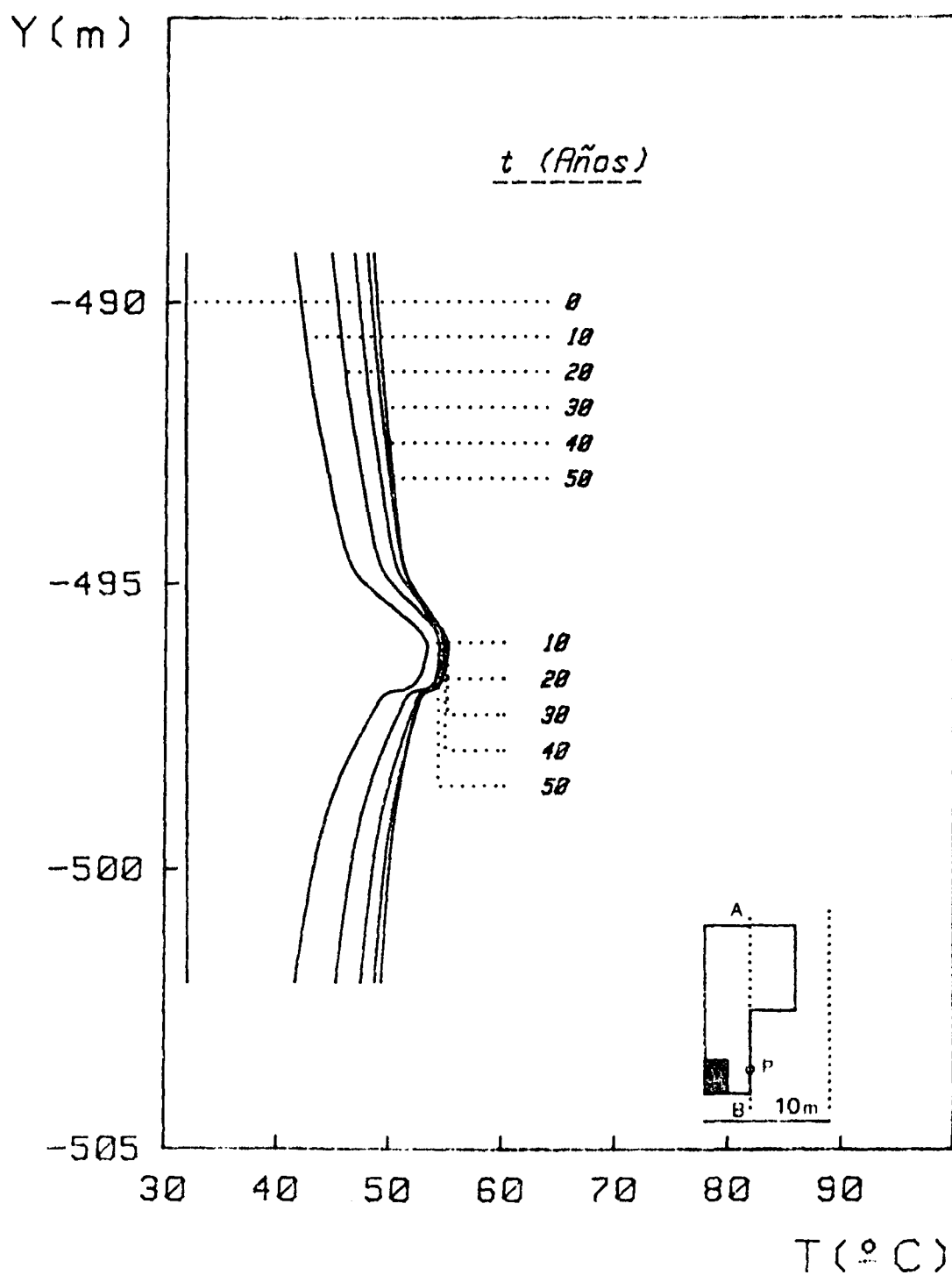


Figura 13 Variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, línea AB, $X = 0,5$; $Z = 0$. $k = 1,8 \frac{\text{Kcal}}{\text{h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$

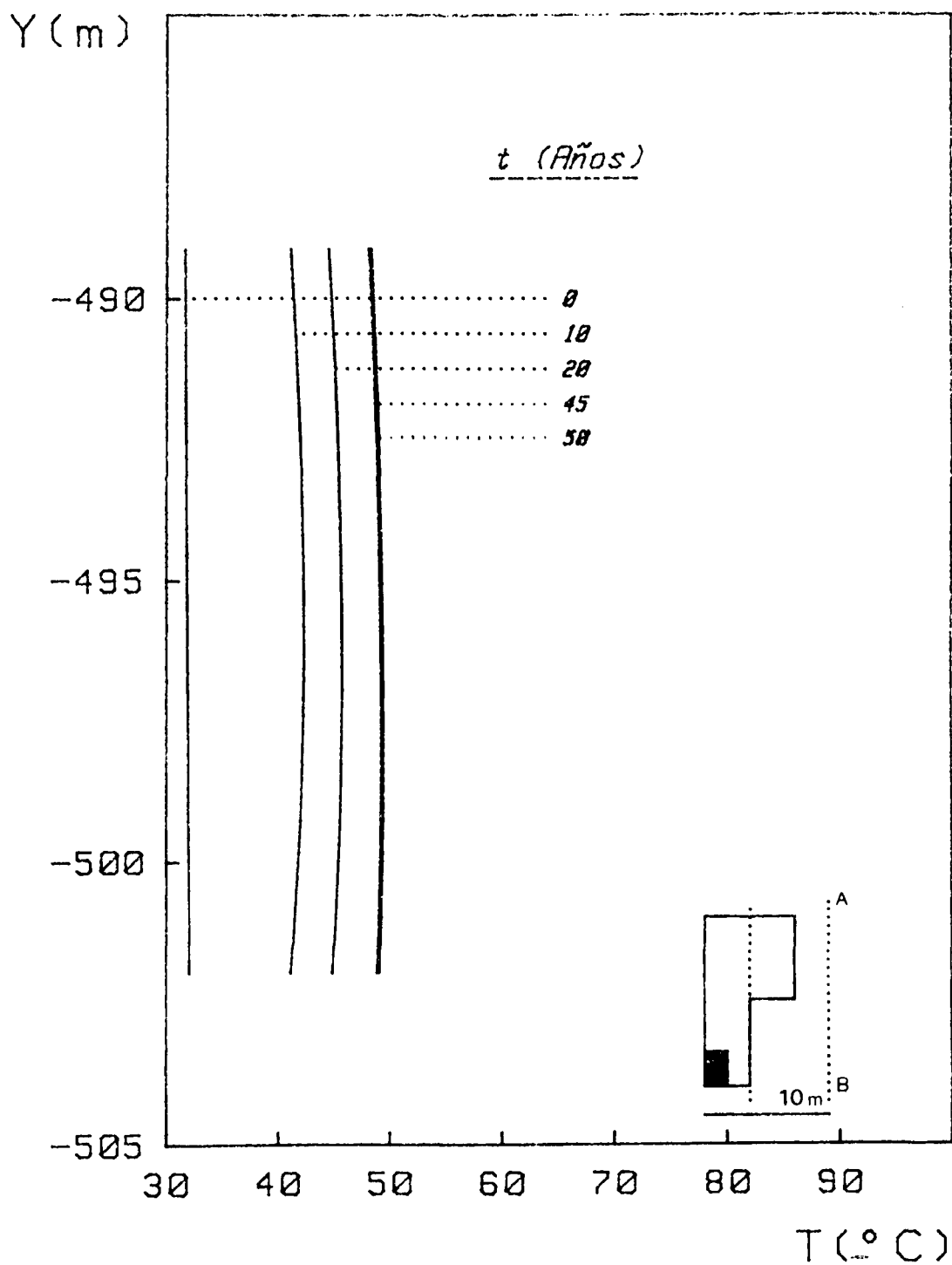


Figura 14 Variación temporal de la temperatura en el centro del pilar, línea AB,
 $X = 10,0$; $Z = 0$. $k = 1,8 \frac{\text{Kcal}}{\text{h m}^{\circ}\text{C}}$

Incr. de $T(^{\circ}C)$

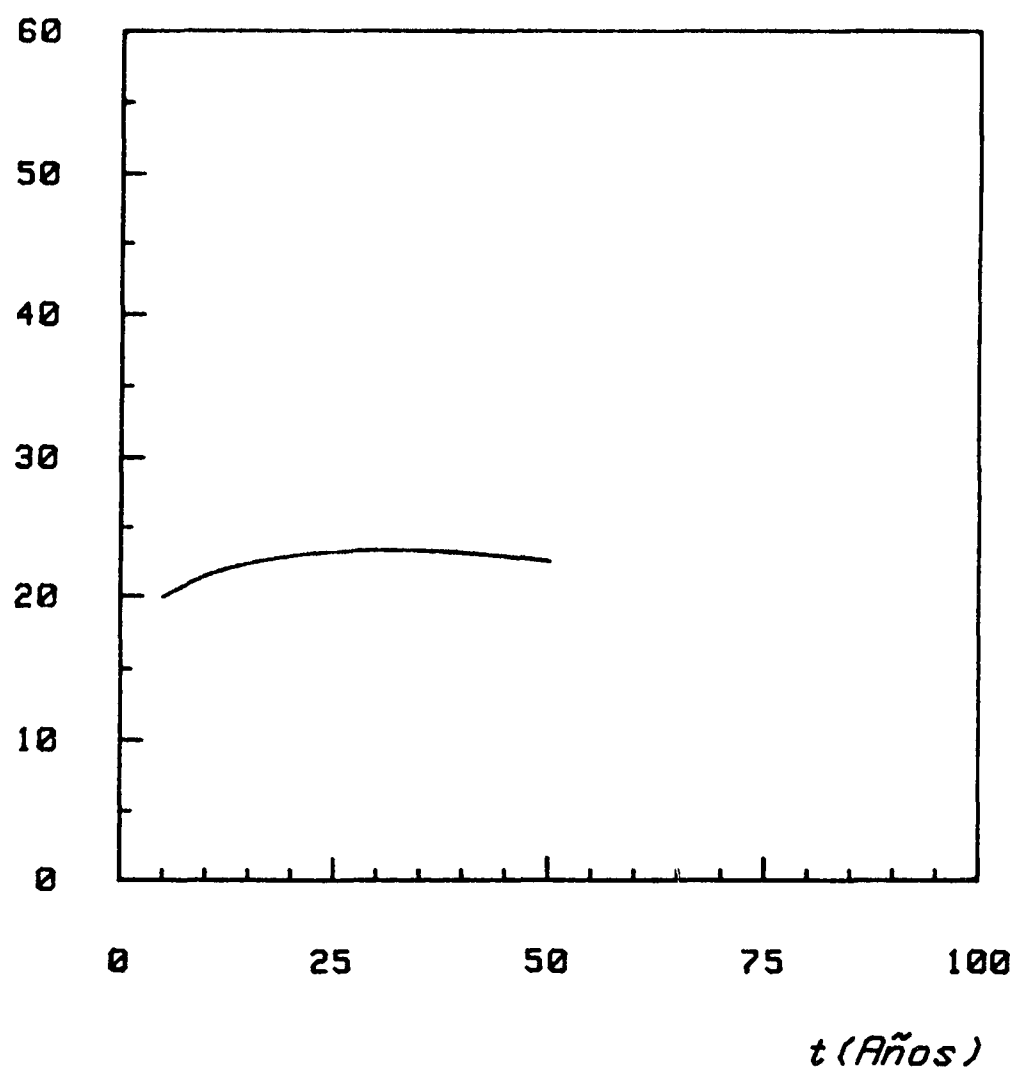


Figura 15 Variación temporal del incremento de la temperatura P (0,5, -496,0, 0).

$$k = 1,8 \frac{\text{Kcal}}{\text{h m}^{\circ}\text{C}}$$

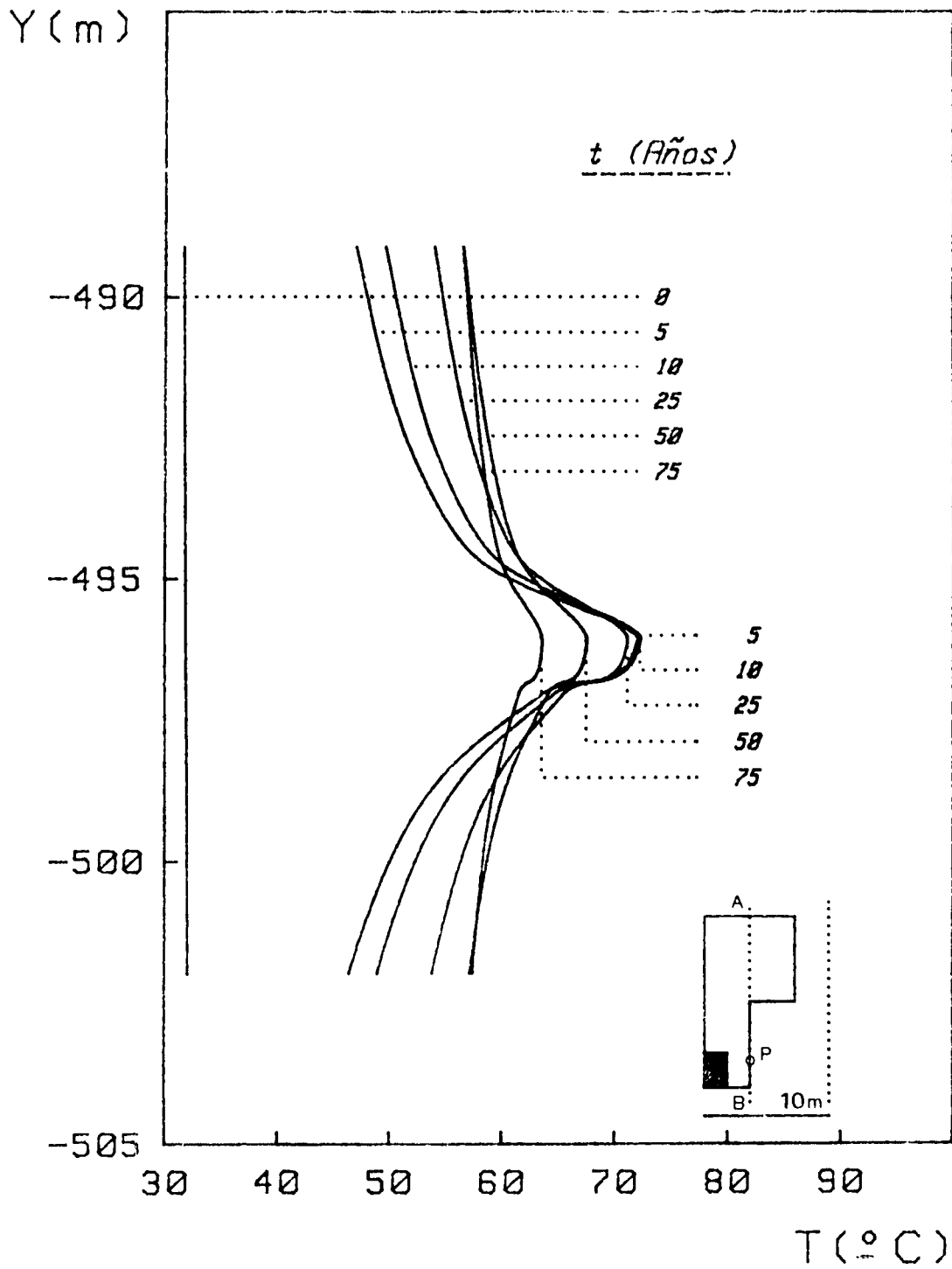


Figura 16 Variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, línea AB, $X = 0,5$; $Z = 0$. $k = 3,8 \frac{\text{Kcal}}{\text{h m}^\circ\text{C}}$

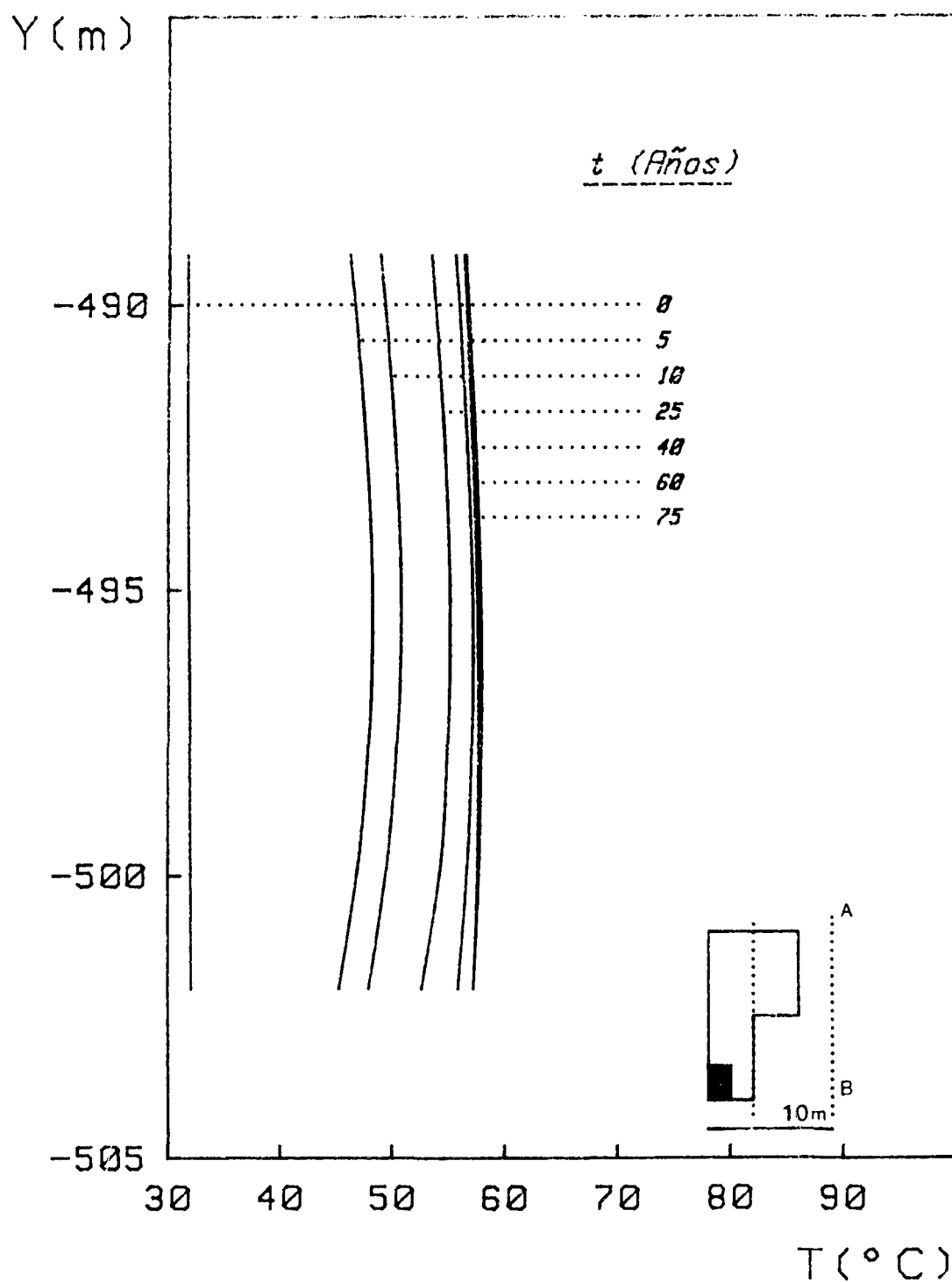


Figura 17 Variación temporal de la temperatura en el centro del pilar, línea AB,
 $X = 10,0$; $Z = 0$. $k = 3,8 \frac{\text{Kcal}}{\text{h m}^\circ\text{C}}$

Incr. de $T(^{\circ}C)$

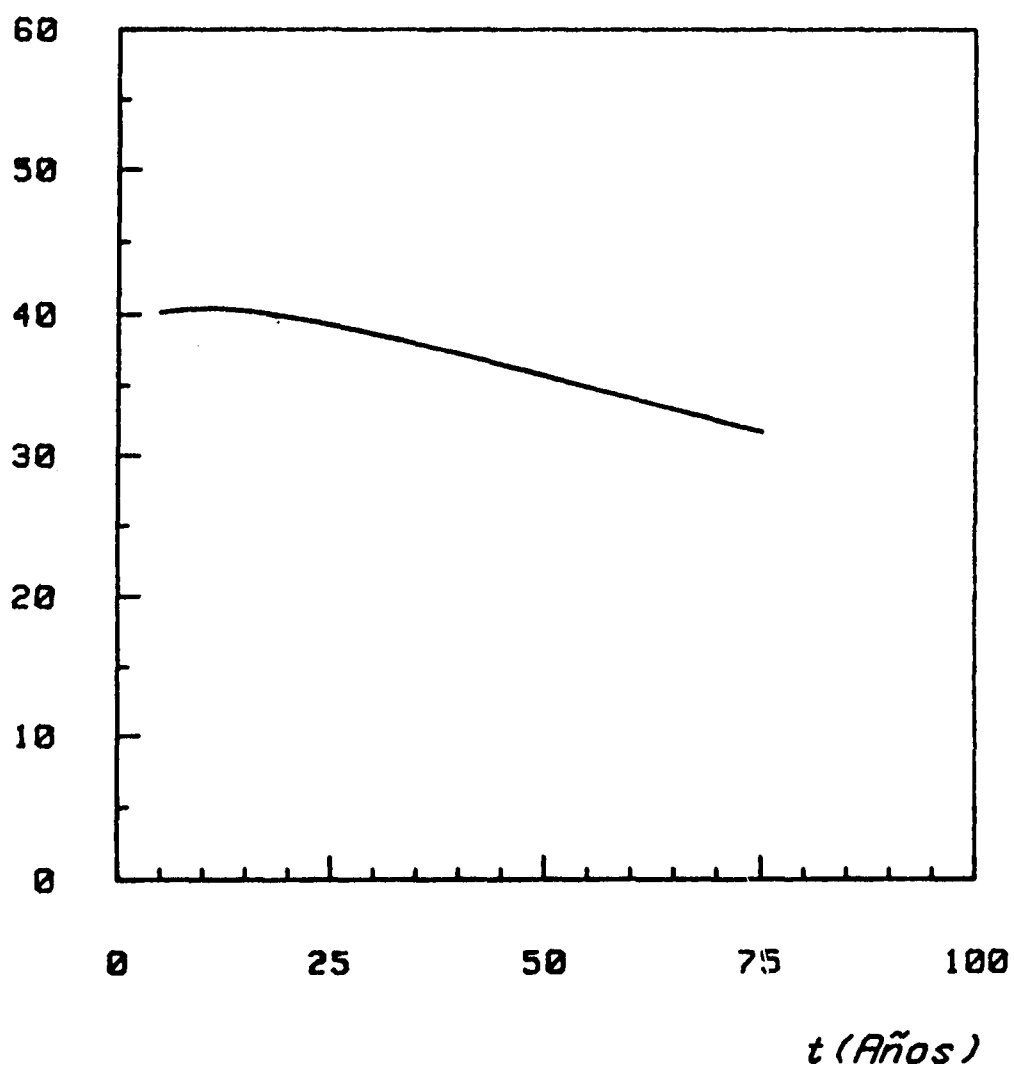


Figura 18 Variación temporal del incremento de la temperatura P (0,5, -496,0, 0).

$$k = 3,8 \frac{\text{Kcal}}{\text{h m}^{\circ}C}$$

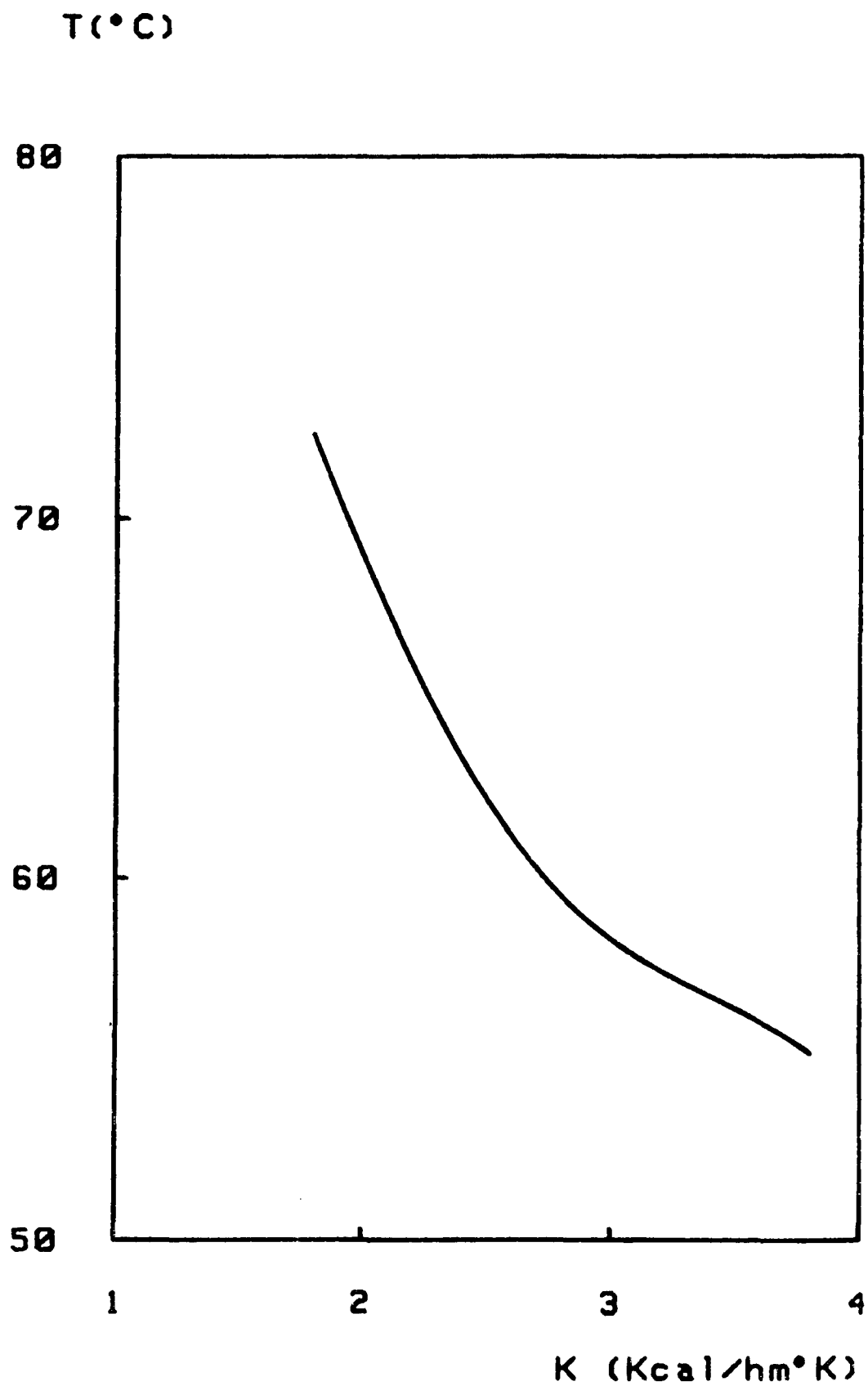


Figura 19 Variación de la temperatura en función de la conductividad, línea AB, P (0,5, - 496,0,0).

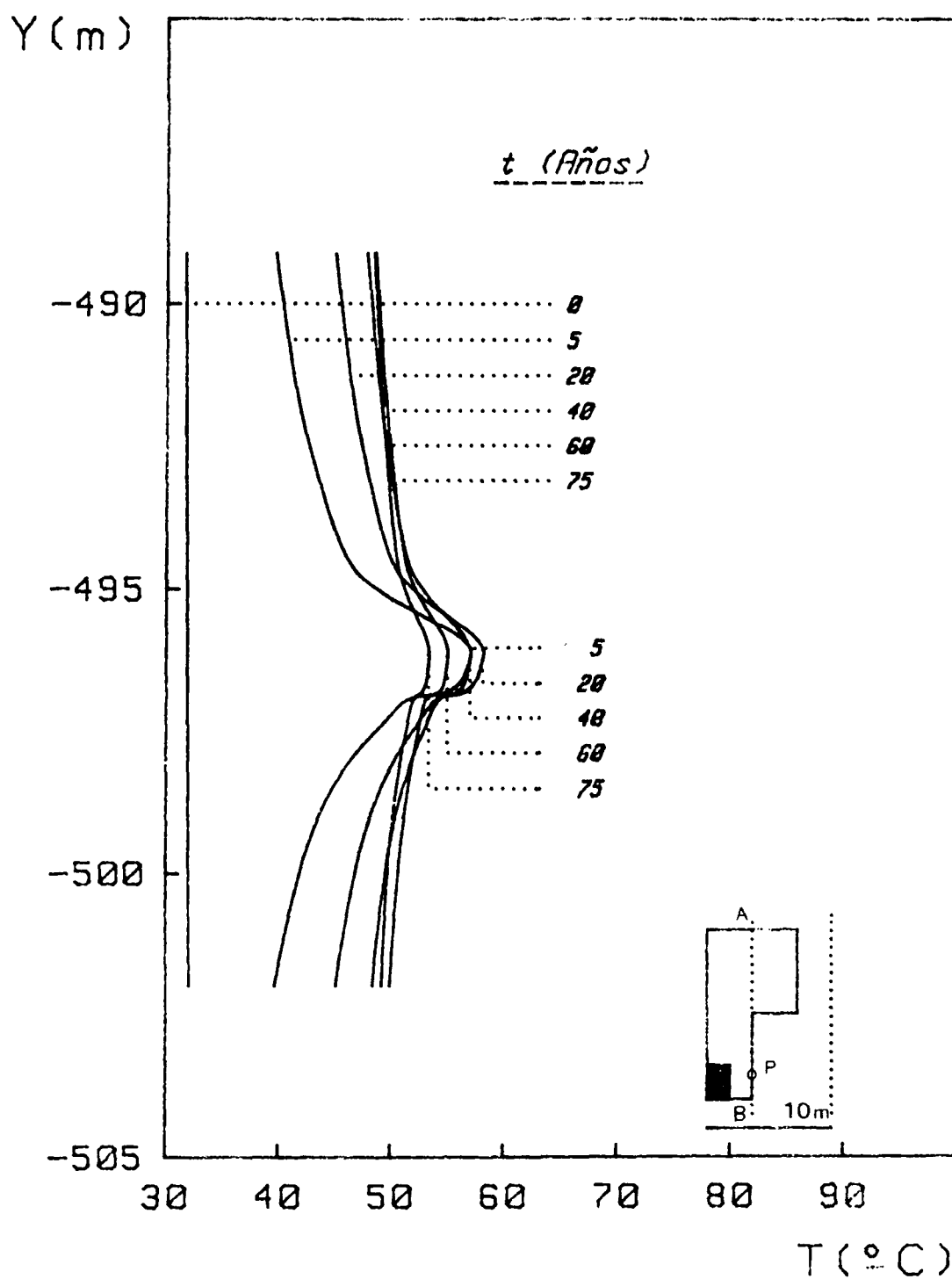


Figura 20 Variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, línea AB, $X = 0,5$; $Z = 0$. Distancia entre contenedores: 6 m

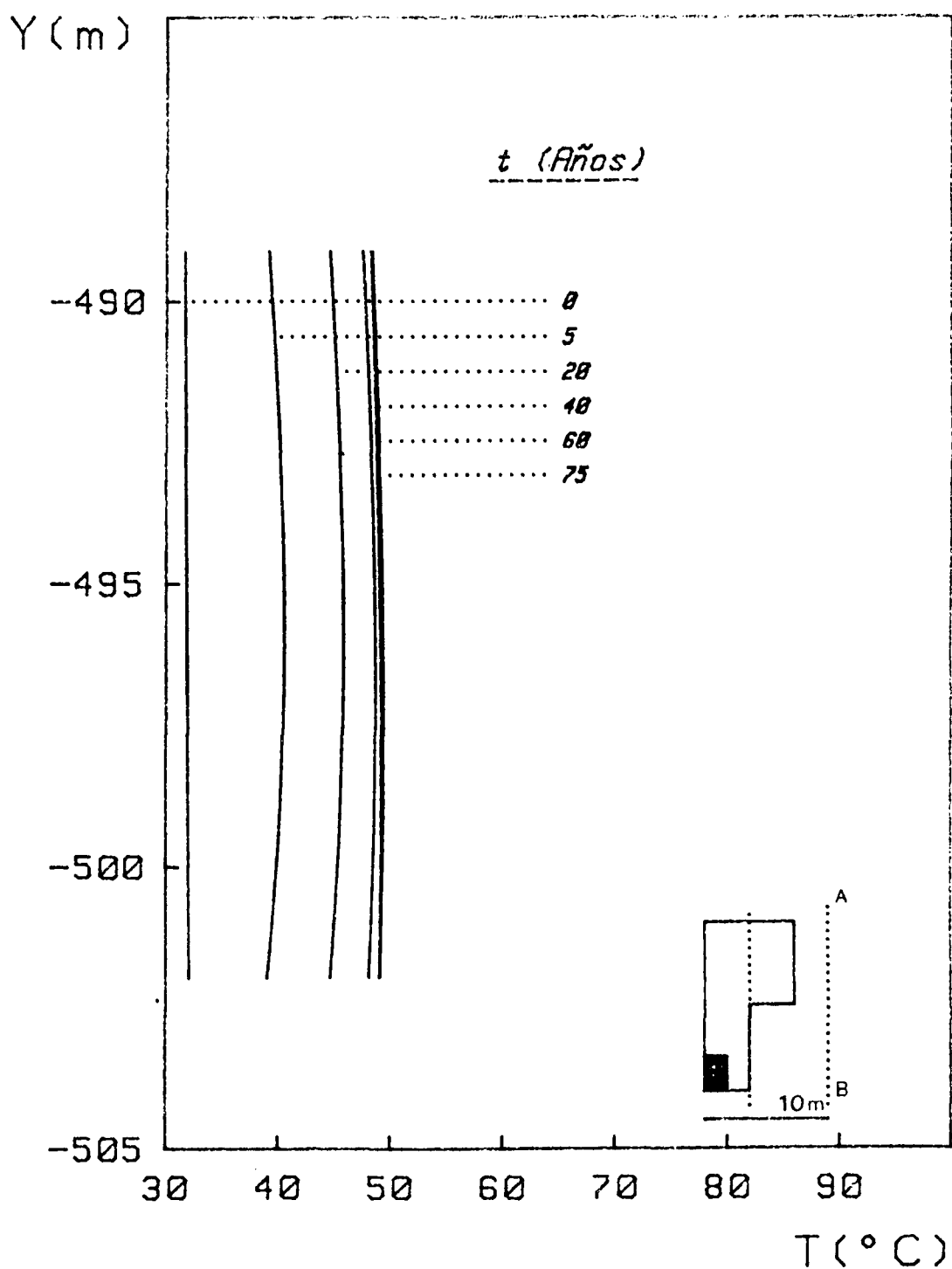


Figura 21 Variación temporal de la temperatura en el centro del pilar, línea AB, $X = 10,0$; $Z = 0$. Distancia entre contenedores: 6 m

Incr. de $T(^{\circ}C)$

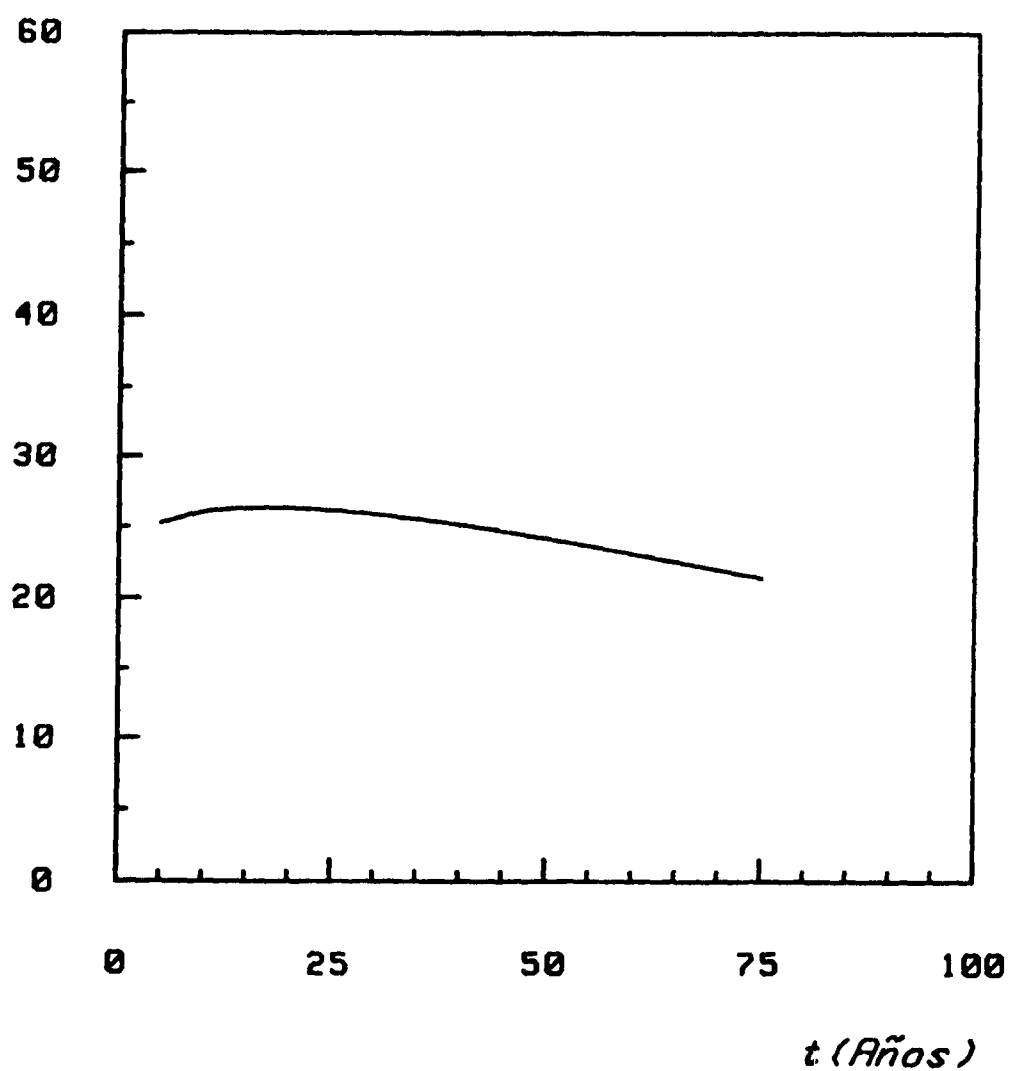


Figura 22 Variación temporal del incremento de la temperatura P (0,5, -496,0, 0). Distancia entre contenedores: 6 m

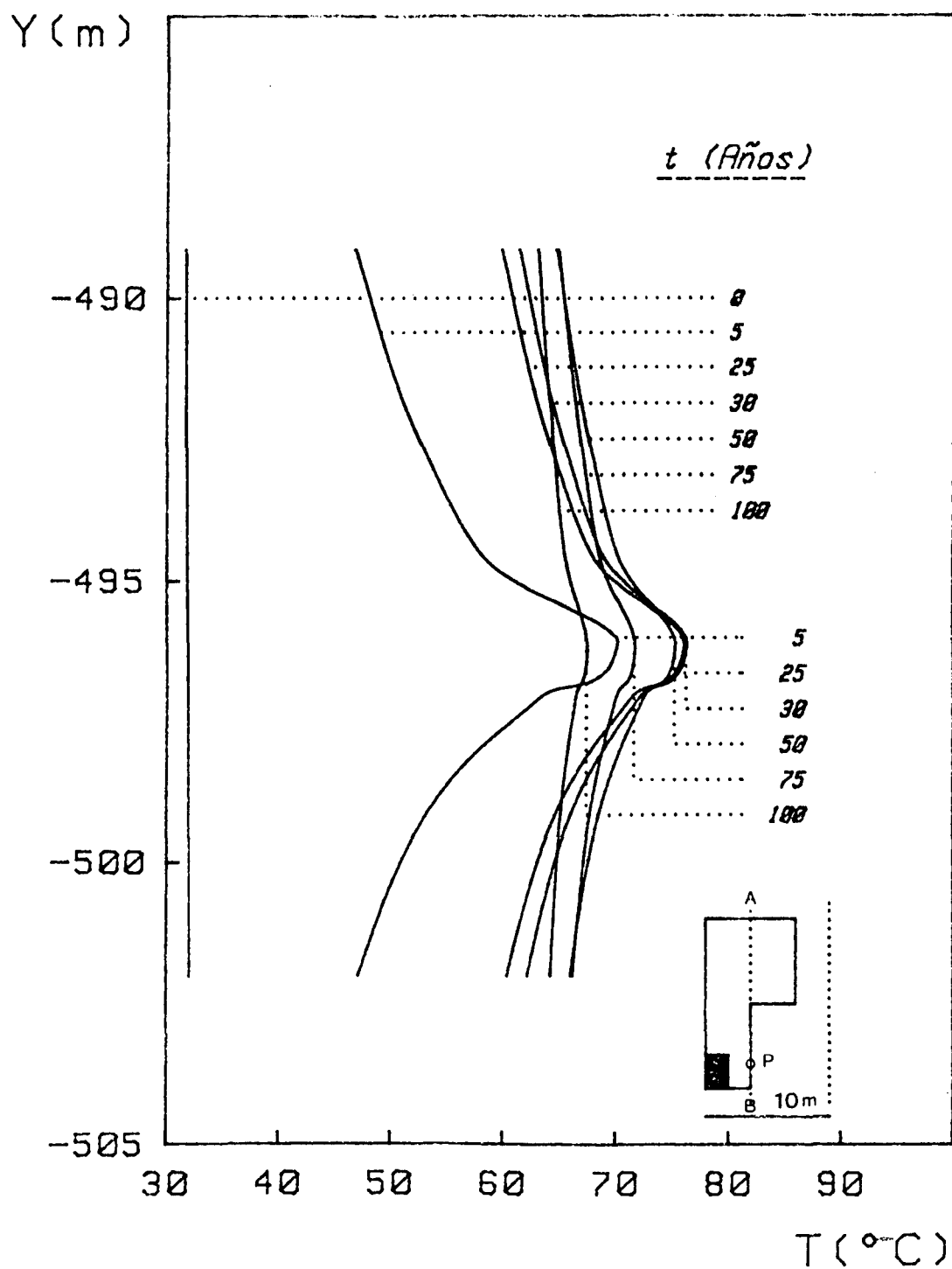


Figura 23 Variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, línea AB, $X = 0,5$; $Z = 0$. Distancia entre contenedores: 3 m

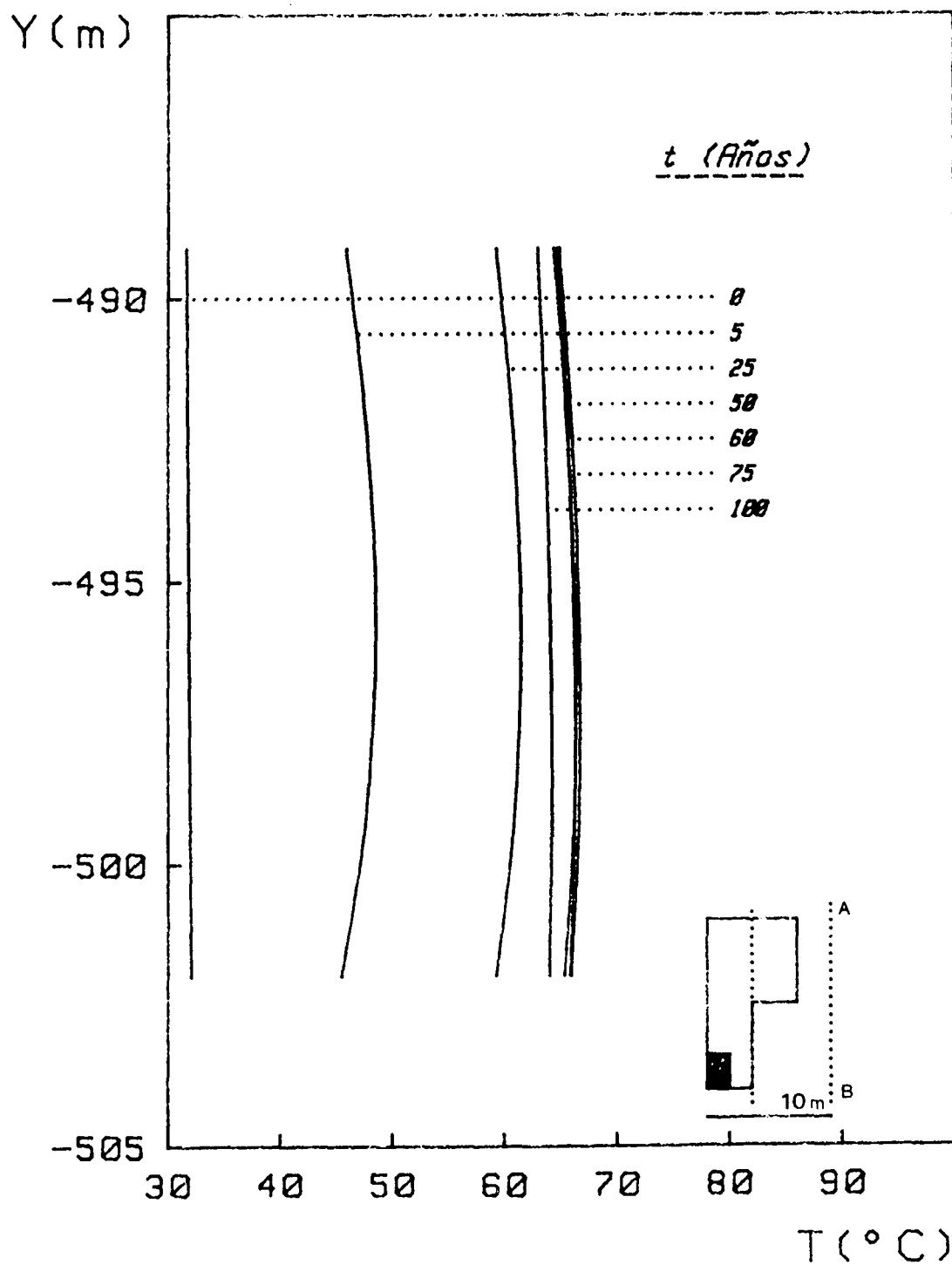


Figura 24 Variación temporal de la temperatura en el centro del pilar, línea AB, $X = 10,0$; $Z = 0$. Distancia entre contenedores: 3 m

Incr. de $T(^{\circ}C)$

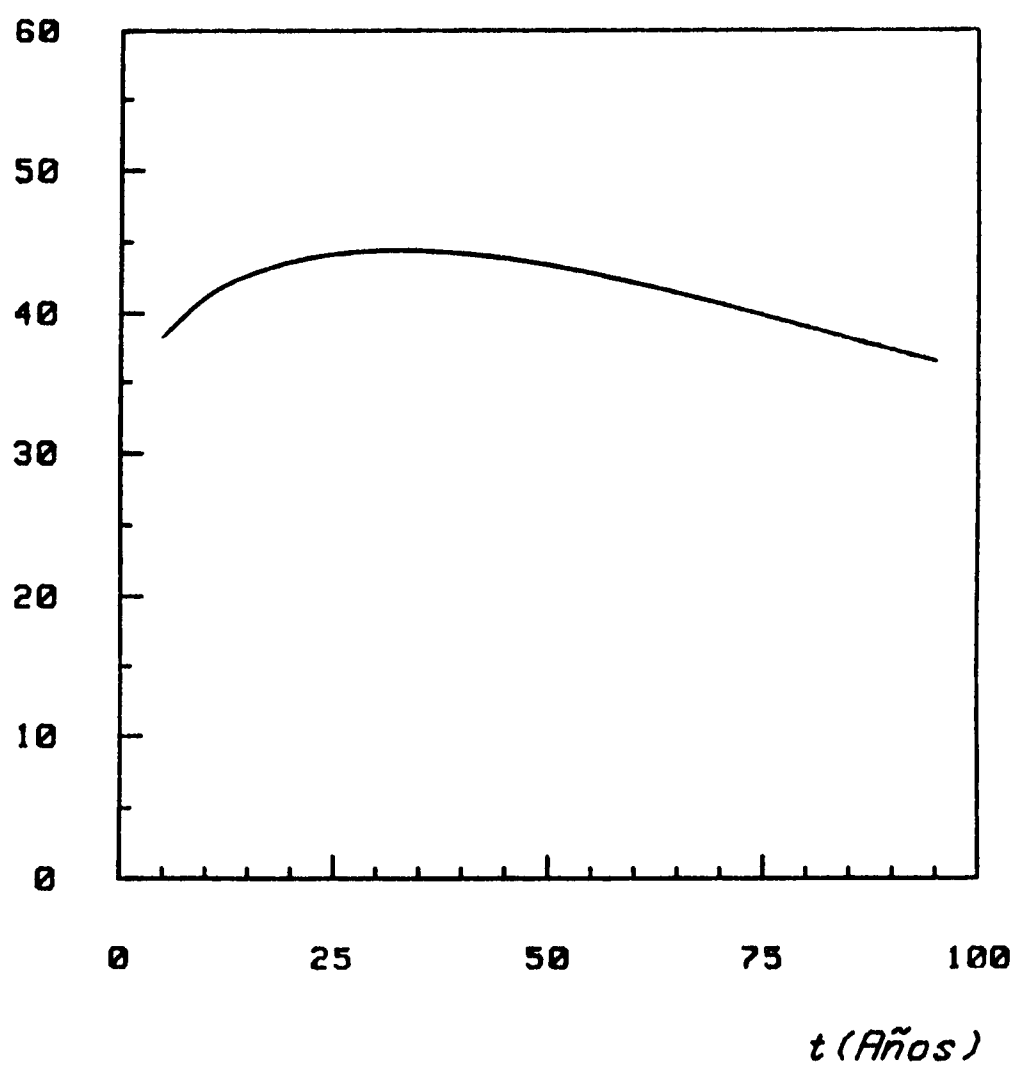


Figura 25 Variación temporal del incremento de la temperatura P (0,5, -496,0, 0). Distancia entre contenedores: 3 m

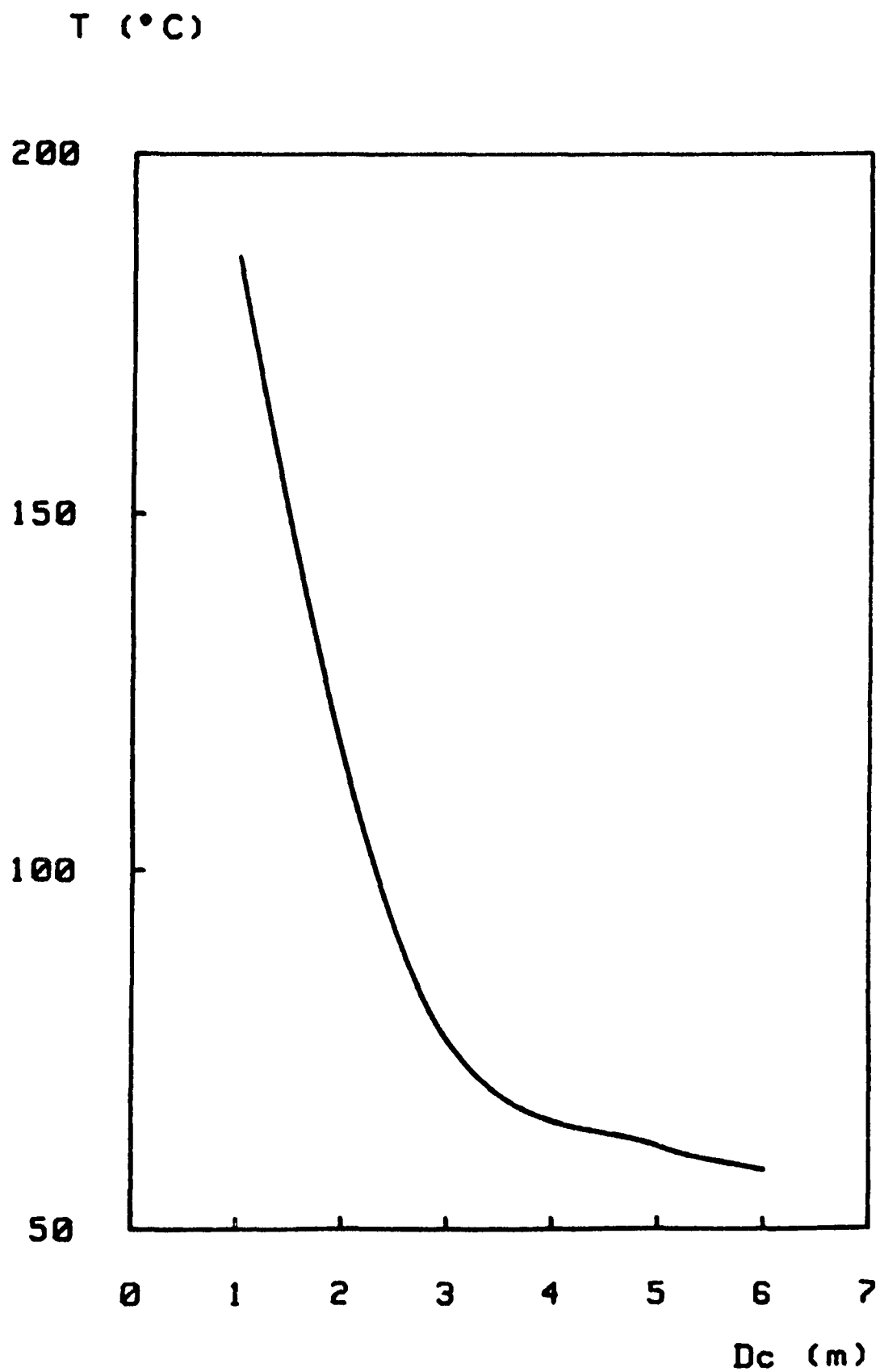


Figura 26 Variación de la temperatura en función de la distancia entre contenedores:
P (0,5, -496,0, 0).

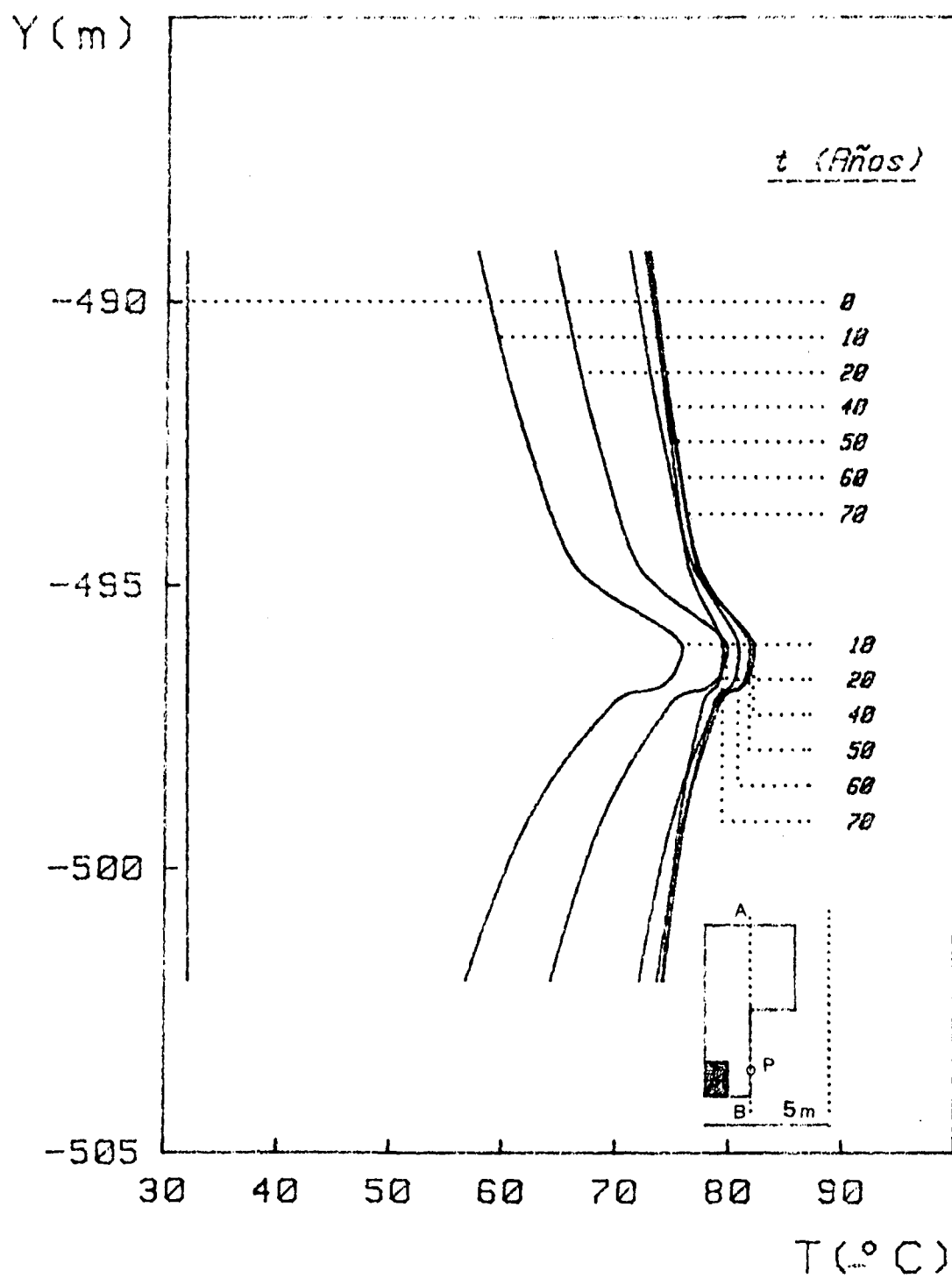


Figura 27 Variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, línea AB, $X = 0,5$; $Z = 0$. Distancia entre pilares de galería: 10m

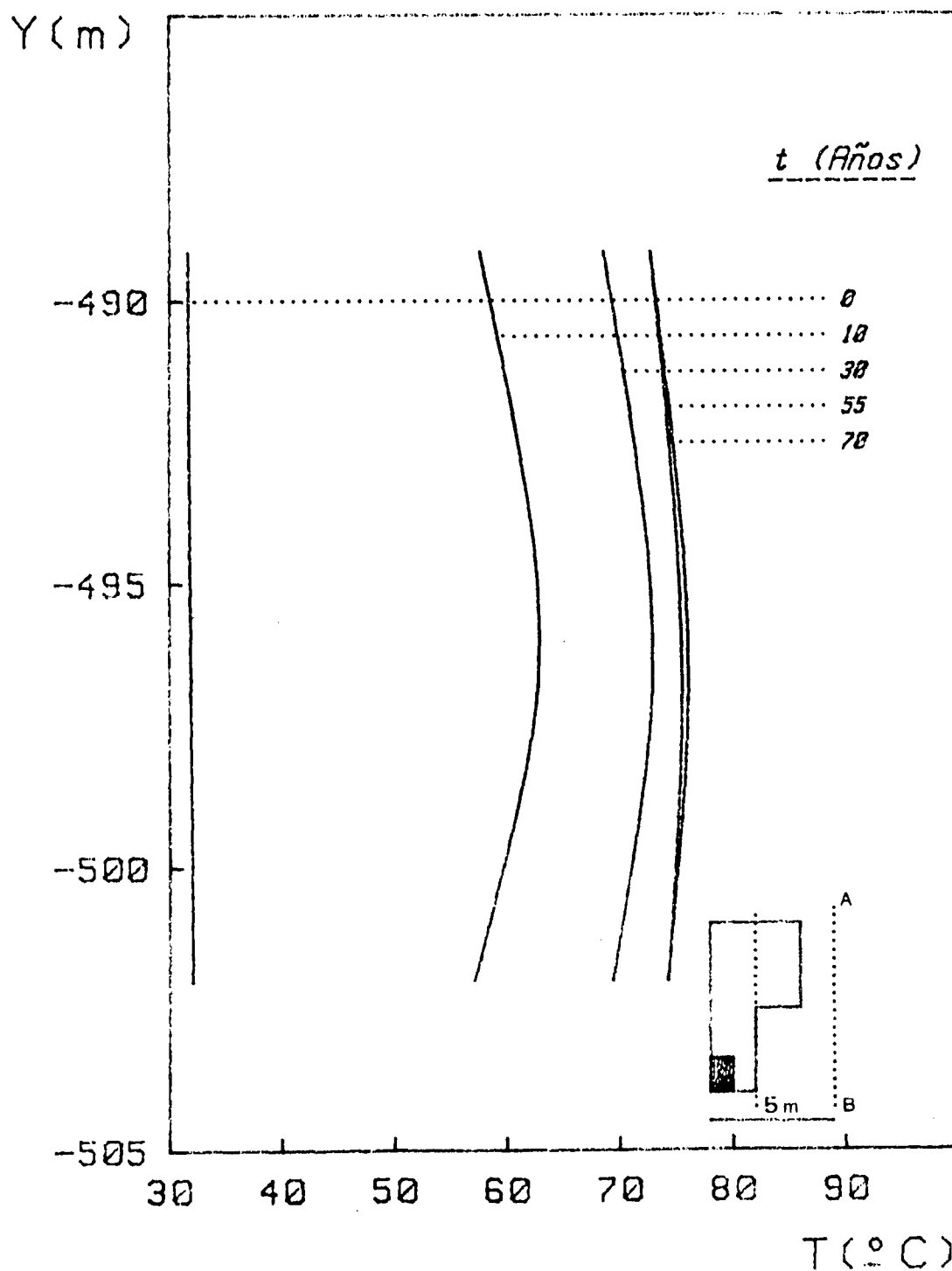


Figura 28 Variación temporal de la temperatura en el centro del pilar, línea AB , $X = 5,0$; $Z = 0$. Distancia entre pilares de galería: 10 m

Incr. de $T(^{\circ}C)$

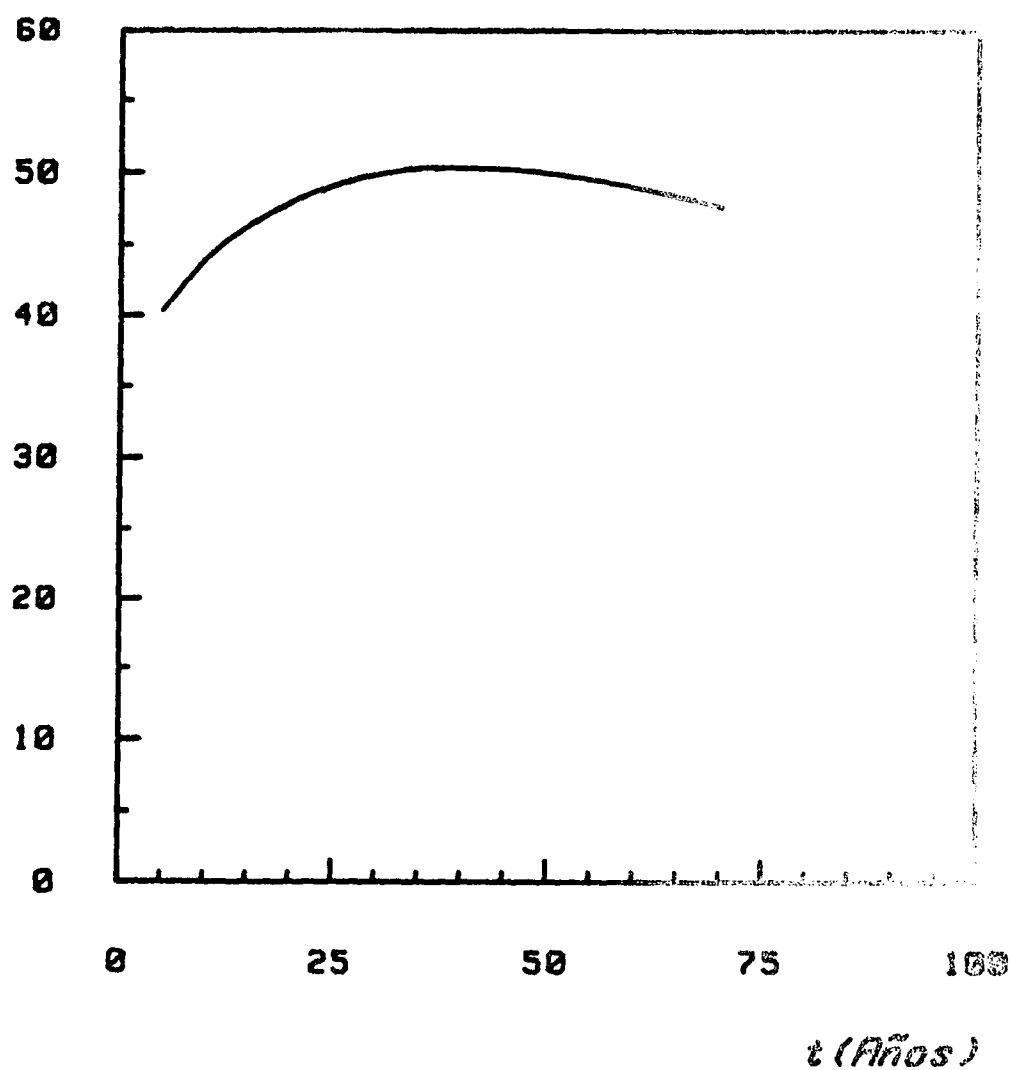


Figura 29 Variación temporal del incremento de la temperatura P (0,5, -496,0, 0). Distancia entre pilares de galería: 10 m

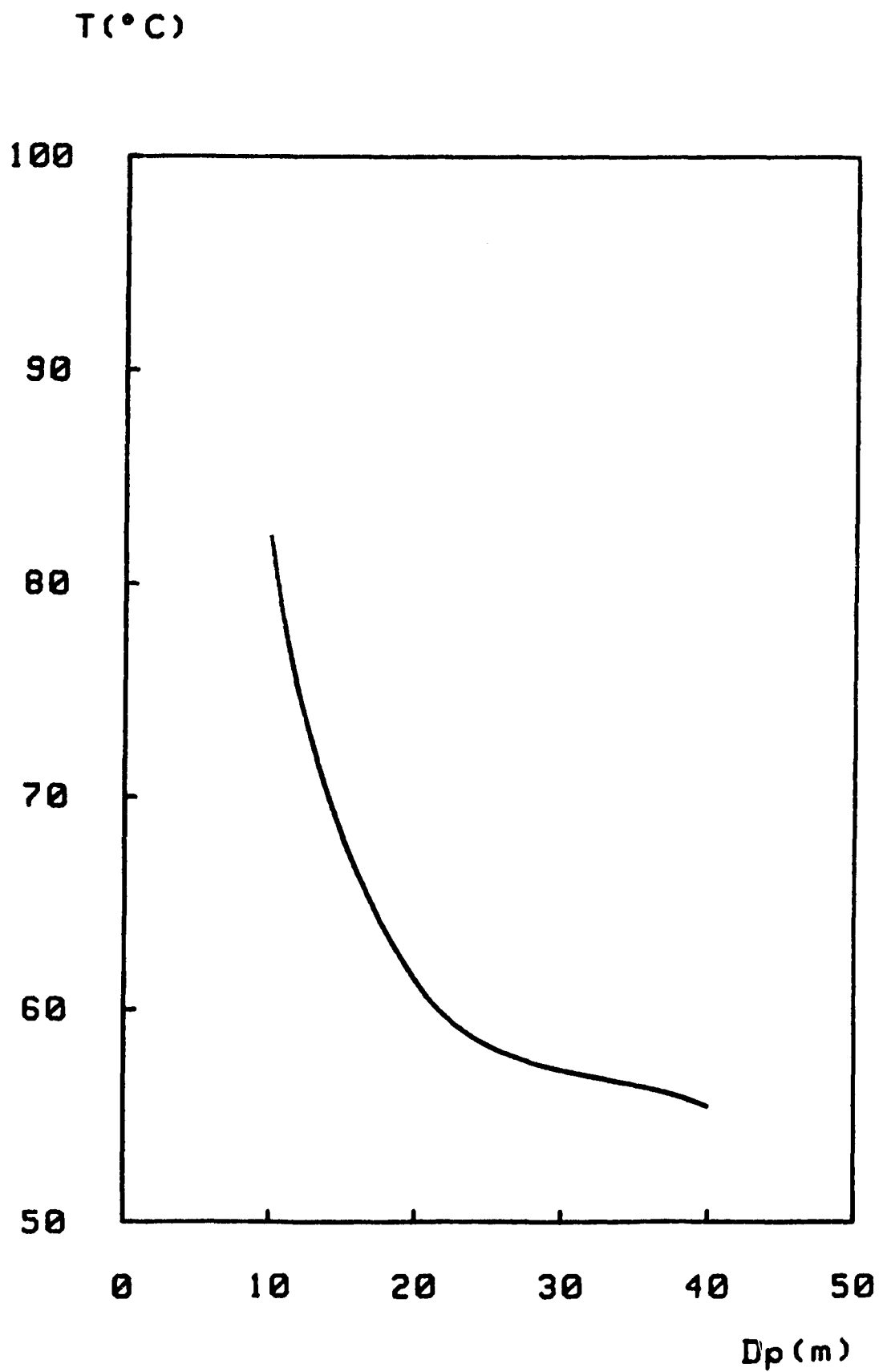


Figura 30 Variación de la temperatura en función de la distancia entre pilares de galería $P(0,5, -496,0, 0)$.

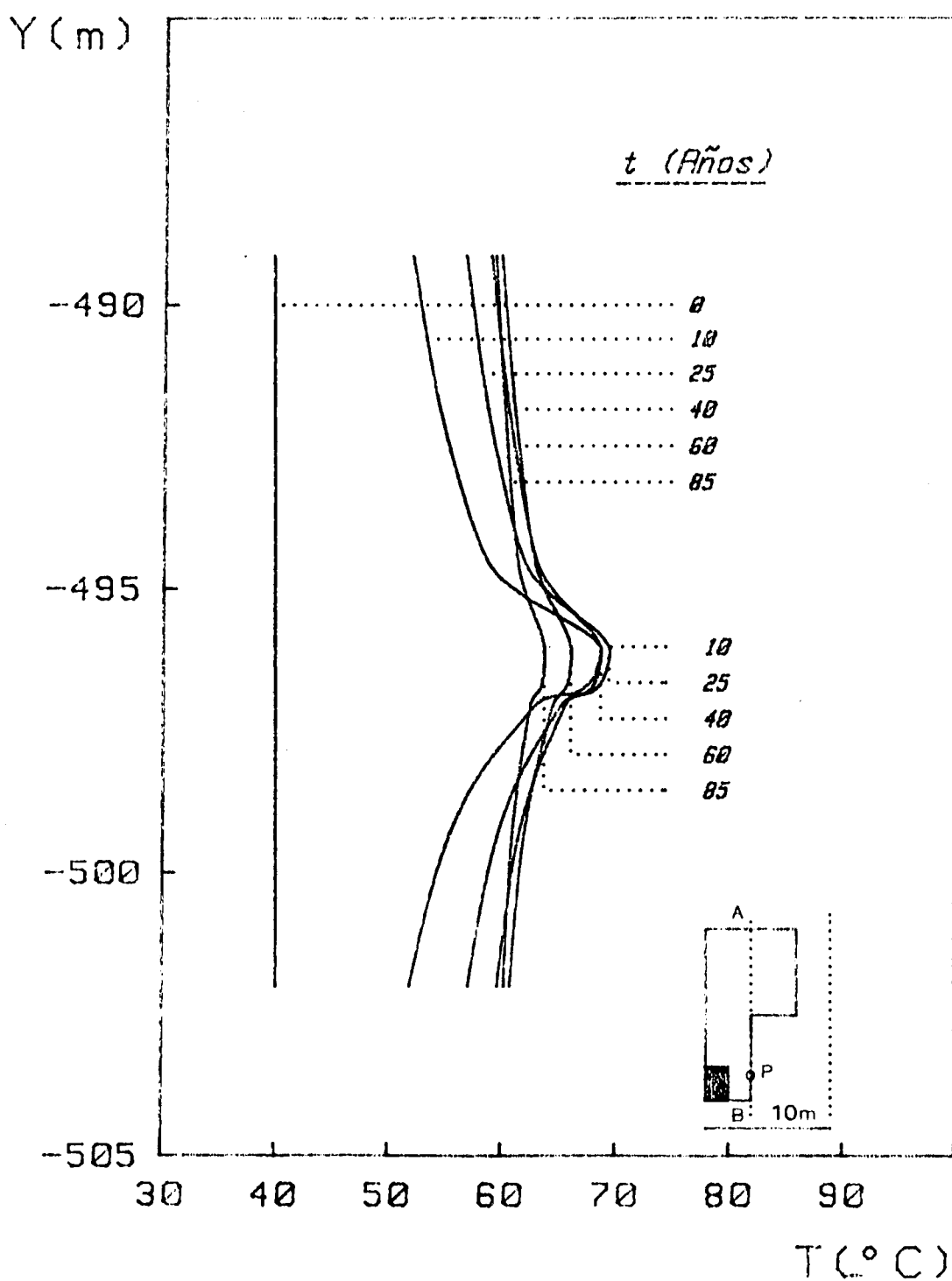


Figura 31 Variación temporal de la temperatura en función de la profundidad, línea AB, $X = 0,5$; $Z = 0$. Temperatura inicial a 500 m : 40°C

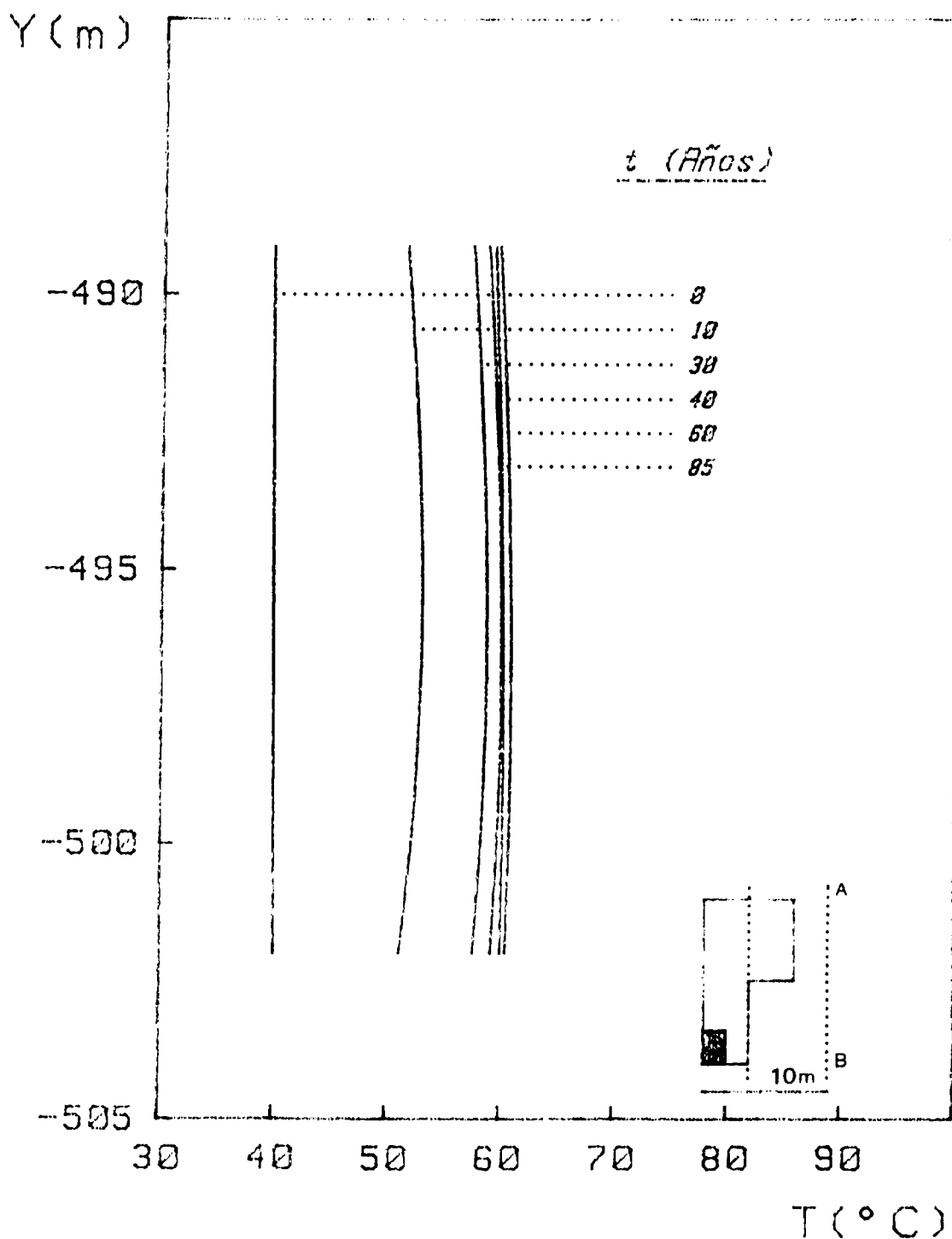


Figura 32 Variación temporal de la temperatura en el centro del pilar, línea AB, $X = 10,0$; $Z = 0$. Temperatura inicial a 500 m : 40°C

Incr. de $T(^{\circ}C)$

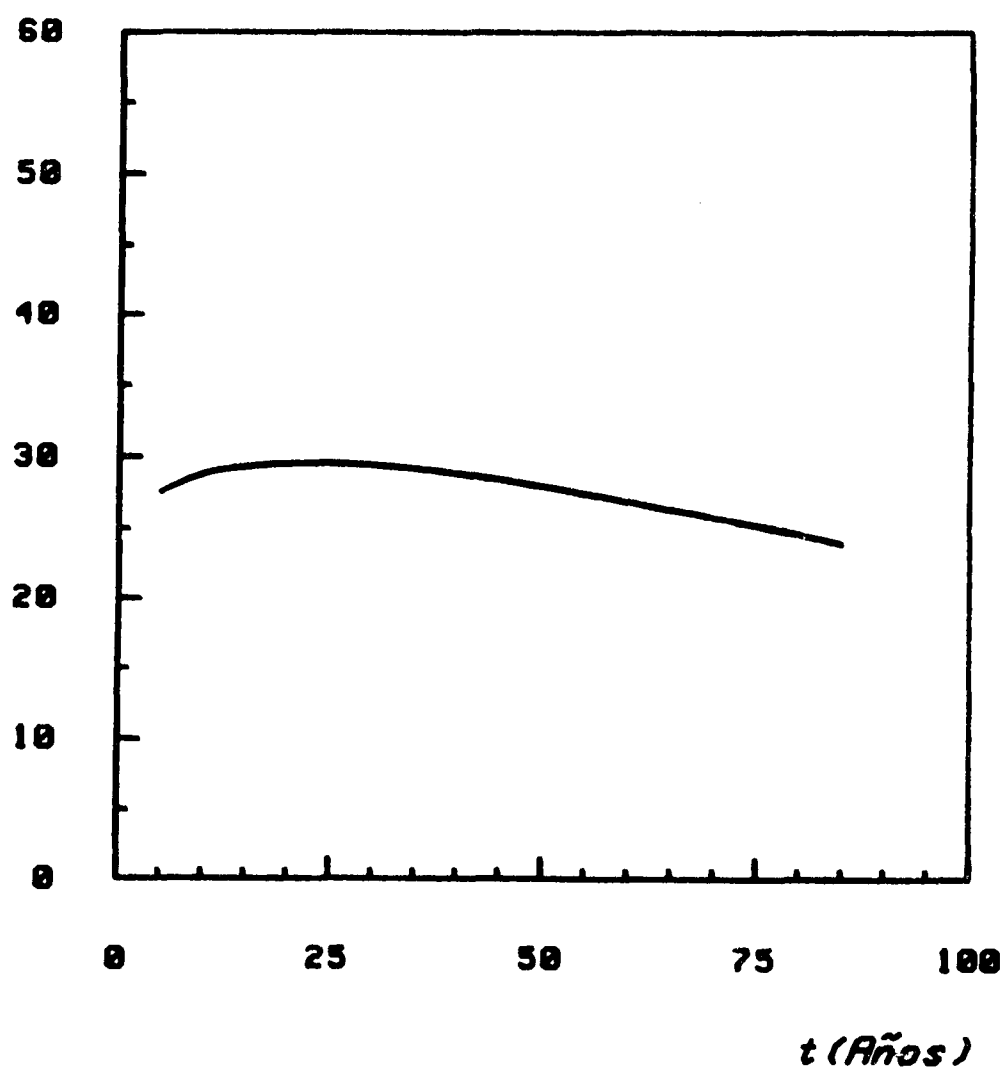


Figura 33 Variación temporal del incremento de la temperatura P (0,5, -496,0, 0).
Temperatura inicial a 500 m: $40^{\circ}C$

- REP01 - Beninson, D.; Migliori de Beninson, A.
"Radiological impact of radioactive waste management"
- REP02 - Lucero Michaut, H.
"Aplicación de la geoestadística a la resolución de problemas estructurales en macizos rocosos homogéneos"
- REP03 - Ventura, M.; Ferreri, J.C.
"Evolución temporal de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por productos de fisión"
- REP04 - Ventura, M.; Ferreri, J.C.
"Evolución temporal de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por productos de fisión (estudio paramétrico)"
- REP05 - Beninson, D.
"Radioactive emissions and radiation exposures resulting from nuclear power production"
- REP06 - Beninson, D.; Lindell, B.
"Application of ICRP recommendations to radioactive waste isolation"
- REP07 - Migliori de Beninson, A.; Cancio, D.
"Impacto radiológico de la gestión de residuos radiactivos del Programa Nuclear Argentino"
- REP08 - Migliori de Beninson, A.; Palacios, E.
"Política en materia de gestión de desechos y su aplicación en Argentina"
- REP09 - Palacios, E. y otros.
"Bases conceptuales para la construcción de un repositorio en la Argentina"
- REP010- Palacios, E. y otros.
"Estudios para la selección del emplazamiento de un repositorio en Argentina"
- REP011- Matar, J.A.; Girardi, J.P.; Sarquis, M.A. M. de
"Aplicación de técnicas geoestadísticas al estudio de una formación granítica destinada a la construcción de un repositorio"
- REP012- Ferreri, J.C.; VENTURA, M.
"Numerical aspects of the study of the regional thermal impact of a radioactive waste repository"
- REP013- Ferreri, J.C.; Caballero, C.H.
"Difusión de calor a partir de una fuente plana rectangular finita"
- REP014- Beninson, D.; González, A.J.
"Radiological protection criteria for radioactive waste repositories"
- REP015- Palacios, E.; Ferreri, J.C.
"Marco conceptual para el desarrollo de los modelos de predicción de los efectos locales de un repositorio de residuos radiactivos de alta actividad"
- REP016- Ferreri, J.C.; Ventura, M.
"Aspectos numéricos del modelado de los efectos locales de un repositorio de residuos radiactivos de alta actividad"
- REP017- Beninson, D.
"Criterios de radioprotección en el caso de eventos disruptivos probabilísticos"
- REP018- Ferreri, J.C.; Grandi, G.
"Models for the study of the local effects produced by a high-level radioactive waste repository"

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Gerencia Protección Radiológica y Seguridad

	Domicilio Postal Postal Address	Télex	Facsimil	Teléfono
Sede Central (Main Headquarters)	Av. Libertador 8250 1429 - Buenos Aires Argentina	21388 PREAT AR	701 - 2431 (int. 248) (ext.)	701 - 2431
Centro Atómico Ezeiza Ezeiza Atomic Center	Casilla de Correo 40 1802 - Aeropuerto Ezeiza Argentina	18079 CAE AR	620 - 0480	620 - 0160