

del periodo fundamental de vibración de la estructura, con las siguientes salvedades:

I. En el cálculo del valor aproximado del periodo fundamental de vibración, T_1 , se incluirán las contribuciones provenientes de interacción suelo-estructura debidas a desplazamiento horizontal y rotación de la base de la construcción. Tales contribuciones se calcularán como establece la sección A7 de las presentes normas.

II. Si T_1 es menor o igual que T_b , se procederá; como en el inciso 1 de la sección 8 pero de tal manera que la relación V_o/W_o sea igual a a/Q' , calculándose a y Q' como se especifica respectivamente en las secciones A4 y 4 de las presentes normas.

III. Si T_1 es mayor que T_b se procederá como en el inciso II pero tomando las fuerzas laterales proporcionales al coeficiente que marca el párrafo c del inciso 2 de la sección 8.

IV. En el cálculo de sollicitaciones y fuerzas internas se tomarán en cuenta los efectos de desplazamientos y rotaciones de la base como lo especifica la sección A7 de estas normas, así como los debidos a las deformaciones axiales de muros y columnas cuando estos efectos sean significativos. No será necesario incluir estas contribuciones en la revisión de los estados límite de deformaciones laterales y de rotura de vidrios, mas sí en el cálculo de los efectos de segundo orden y en el de separaciones entre la construcción y sus linderos con predios vecinos o en juntas de construcción entre cuerpos de un mismo edificio.

A6 ANALISIS DINAMICO

Serán aplicables los métodos que especifica la sección 9 de las presentes normas, con las siguientes salvedades:

Se tomará en cuenta la interacción suelo-estructura. Cuando se emplee el método de análisis modal se dará por satisfecho este requisito si se consideran los efectos de dicha interacción, como lo especifica la sección A7 de las presentes normas, en el periodo y forma del modo fundamental de vibración y en el factor Q' correspondiente según estipula la sección 4.

A7 INTERACCION SUELO-ESTRUCTURA

Como una aproximación a los efectos de interacción suelo-estructura será válido incrementar el periodo fundamental de vibración y los desplazamientos calculados en la estructura bajo la hipótesis de que ésta se apoya rigidamente en su base, de acuerdo con la siguiente expresión

$$T_1 = (T_o^2 + T_x^2 + T_r^2)^{1/2}$$

en que T_1 es el periodo fundamental de vibración de la estructura en la dirección que se analiza corregido por interacción con el suelo, T_o el periodo fundamental que tendría la estructura si se apoyara sobre una base rígida, T_x el periodo natural que tendría la estructura si fuera infinitamente rígida y su base sólo pudiera trasladarse en la dirección que se analiza y T_r es el periodo natural que tendría la estructura si fuera infinitamente rígida y su base sólo pudiera girar con respecto a un eje horizontal que pasara por el centroide de la superficie de desplante de la estructura y fuera perpendicular a la dirección que se analiza. Podrán en este caso desprejarse los efectos de la interacción en los periodos superiores de vibración de la estructura.

Para el cálculo de T_x en la expresión que antecede se supondrá que el desplazamiento de la base está restringido por un elemento elástico cuya rigidez vale K_x , en ton/m:

$$T_x = 2\pi(W_o'/gK_x)^{1/2}$$

donde T_x está en segundos, W_o' es el peso neto de la construcción al nivel de su desplante, incluyendo el peso de los cimientos y descontando el del suelo que es desplazado por la infraestructura, en toneladas y g es la aceleración de la gravedad, en m/seg². El valor de W_o' no se tomará menor de $0.7 W_o$. Para el cálculo de T_r se supondrá que la rotación de la base está restringida por un elemento elástico de rigidez K_r , en ton m/radián:

$$T_r = 2\pi(J/gK_r)^{1/2}$$

de T_r está en segundos y J es el momento neto de inercia del peso de la construcción, en ton m², con respecto al eje de rotación, descontando el momento de inercia de la masa del suelo desplazado por la infraestructura. La diferencia no se tomará menor de 0.7 veces el momento de inercia calculado con el peso de la construcción.

Tratándose de construcciones que se apoyan sobre zapatas corridas con dimensión mayor en la dirección que se analiza o sobre losa o cascarón que abarque toda el área de cimentación, y que posean suficiente rigidez y resistencia para suponer que su base se desplaza como cuerpo rígido, los valores de K_x y K_r se obtendrán de la tabla A7.1, en que G es el módulo de rigidez medio, en ton/m, del estrato en que se apoya la construcción, y los coeficientes equivalentes R_x y R_r , en metros, se calcularán empleando las expresiones:

$$R_x = (A/\pi)^{1/2}$$

$$R_r = (4I/\pi)^{1/4}$$

donde A , en m², es el área de la superficie neta de cimentación, e I , en m⁴, es el momento de inercia de dicha superficie neta con respecto a su eje centroidal perpendicular a la dirección que se analiza.

Tratándose de construcciones suficientemente rígidas y resistentes, cimentadas sobre zapatas corridas con dimensión corta en la dirección que se analiza, y de construcciones sobre zapatas aisladas, los coeficientes K_x y K_r de cimentación se calcularán mediante las fórmulas:

$$K_x = \sum K_{xi}$$

$$K_r = \sum \frac{K_{vi}^2}{v_i}$$

donde i denota valores correspondientes a la zapata en cuestión; x_i es la distancia, en la dirección de análisis, desde el centroide de la zapata y el eje centroidal de la superficie de cimentación, y K_{xi} y K_{vi} se determinan de la tabla A7.1 empleando el valor de R_x que corresponde a la zapata en cuestión.

En el caso de cimentaciones sobre pilotes de punta, su influencia en el valor de K_r se considera con el segundo término de la expresión correspondiente de la tabla A7.1, empleando para el cálculo de K_r la siguiente expresión:

$$K_r = \sum_{i=1}^n k_{pi} d_i^2$$

en la que n es el número de pilotes, y k_{pi} y d_i son respectivamente la rigidez vertical y distancia del pilote i ésimo al eje centroidal de rotación.

En la verificación de que la estructura no alcanza los estados límite por desplazamientos laterales y por rotura de vidrios no será necesario tener en cuenta el desplazamiento y rotación de la base. Para el cálculo de efectos de segundo orden debe tenerse en cuenta dicha rotación, dada por M_o/K_r , en radianes, en que M_o es el momento de volteo que obra en la base de la estructura, en ton m; y en la revisión del estado límite por choques entre estructuras deben incluirse tanto los desplazamientos debidos a esta rotación como el desplazamiento de la base, dado por V_o/K_x , en metros, en que V_o es la fuerza cortante basal, en toneladas.

El módulo de rigidez medio, G , se determinará mediante pruebas dinámicas de campo o laboratorio. A falta de tales determinaciones se tomará

$$G = 2(H/T_o)^2$$

donde G está en ton/m², T_o es el periodo dominante más largo del terreno, en segundos, en el sitio donde se halle la estructura y se obtendrá de la figura A4.1, y H es la profundidad, en metros, de los depósitos firmes profundos en dicho sitio, y se determinará a partir de estudios locales de mecánica de suelos o, si éstos son insuficientes para determinarla, se tomará de la figura A7.1. En los sitios donde no se conoce el valor de G , si G no se determina experimentalmente, se adoptará el valor que resulte más desfavorable entre los límites de 400 y 900 ton/m².

Tabla A7.1 Valores de K_x , K_r y K_v

En la zona II

Profundidad de desplante(1)	K_x	K_r (2)	K_v Losa	K_v Zapata
≤ 1 m	$11GR_x$	$7GR_r^3$	$20GR_x$	$12GR_x$
≥ 3 m	$16GR_x$	$11GR_r^3$	$29GR_x$	$20GR_x$

En la zona III

Profundidad de desplante(1)	K_x	K_r			K_v
		Sobre el terreno	Sobre pilotes de fricción (3)	Sobre pilotes de punta (4)	
≤ 1 m	$7GR_x$	$6GR_r^3$	$7GR_r^3$	$6GR_r^3 + \frac{1}{1/43GR_r^3 + 1/K_p}$	$12GR_x$
≥ 3 m	$8GR_x$	$9GR_r^3$	$11GR_r^3$	$9GR_r^3 + \frac{1}{1/43GR_r^3 + 1/K_p}$	$16GR_x$

1. Para profundidades de desplante intermedias entre 1 y 3 m interpólese linealmente entre los valores de la tabla.

2. Para estructuras cimentadas sobre pilotes o pilas en la zona II supóngase K_r infinita.

3. Si éstos son capaces de resistir por adherencia con el suelo circundante, al menos la mitad del peso bruto de la construcción incluyendo el de sus cimientos. Cuando tienen menos de esta capacidad, interpólese linealmente entre los valores consignados en la tabla.

4. K_p se calculará teniendo en cuenta los pilotes de punta que contribuyan a resistir el momento de volteo, calculando la rigidez de estos elementos ante fuerza axial como si su punta no se desplazara verticalmente.

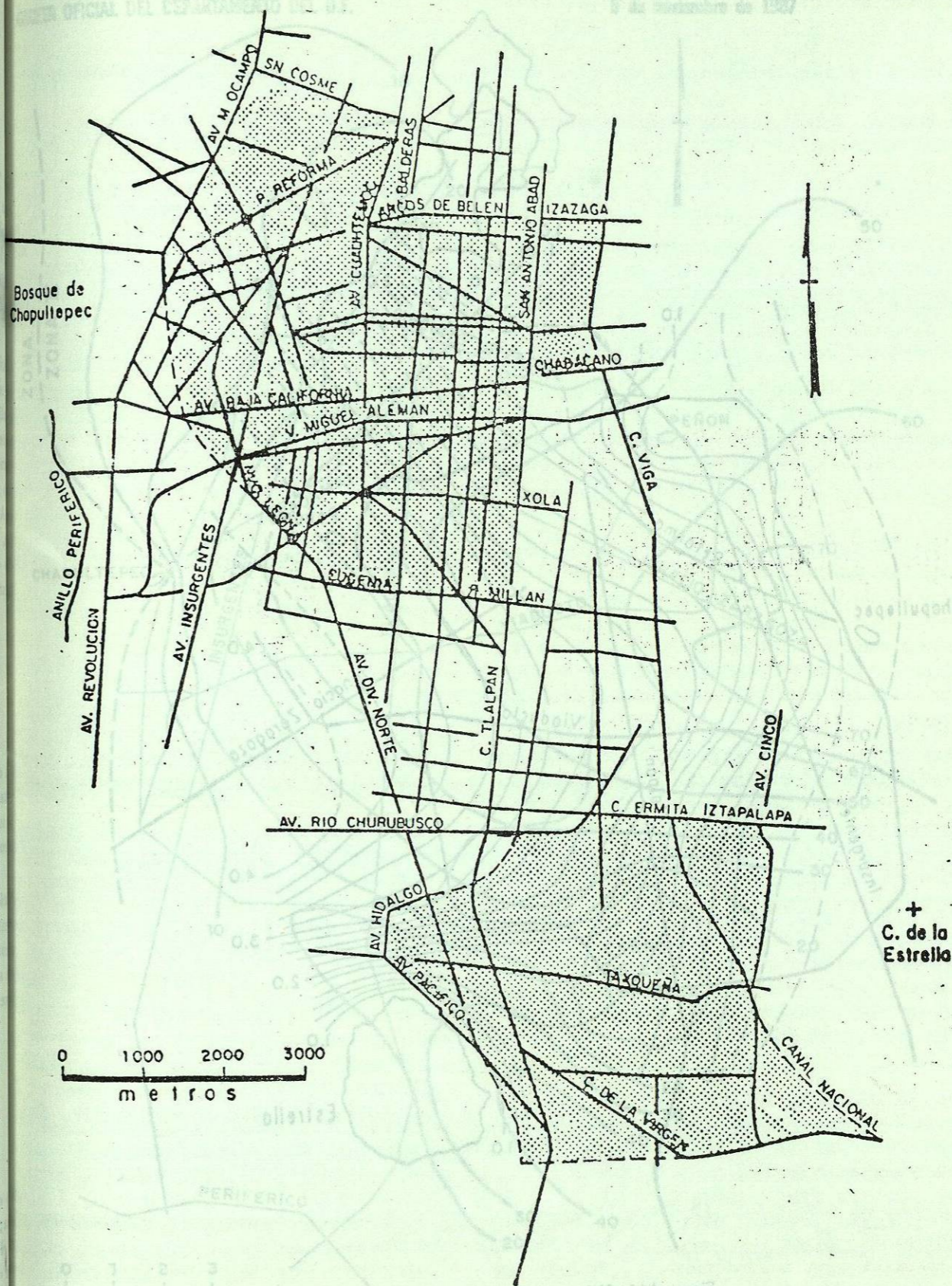


Figura 3.1 Subzonificación de la zona del lago y de la zona de transición.

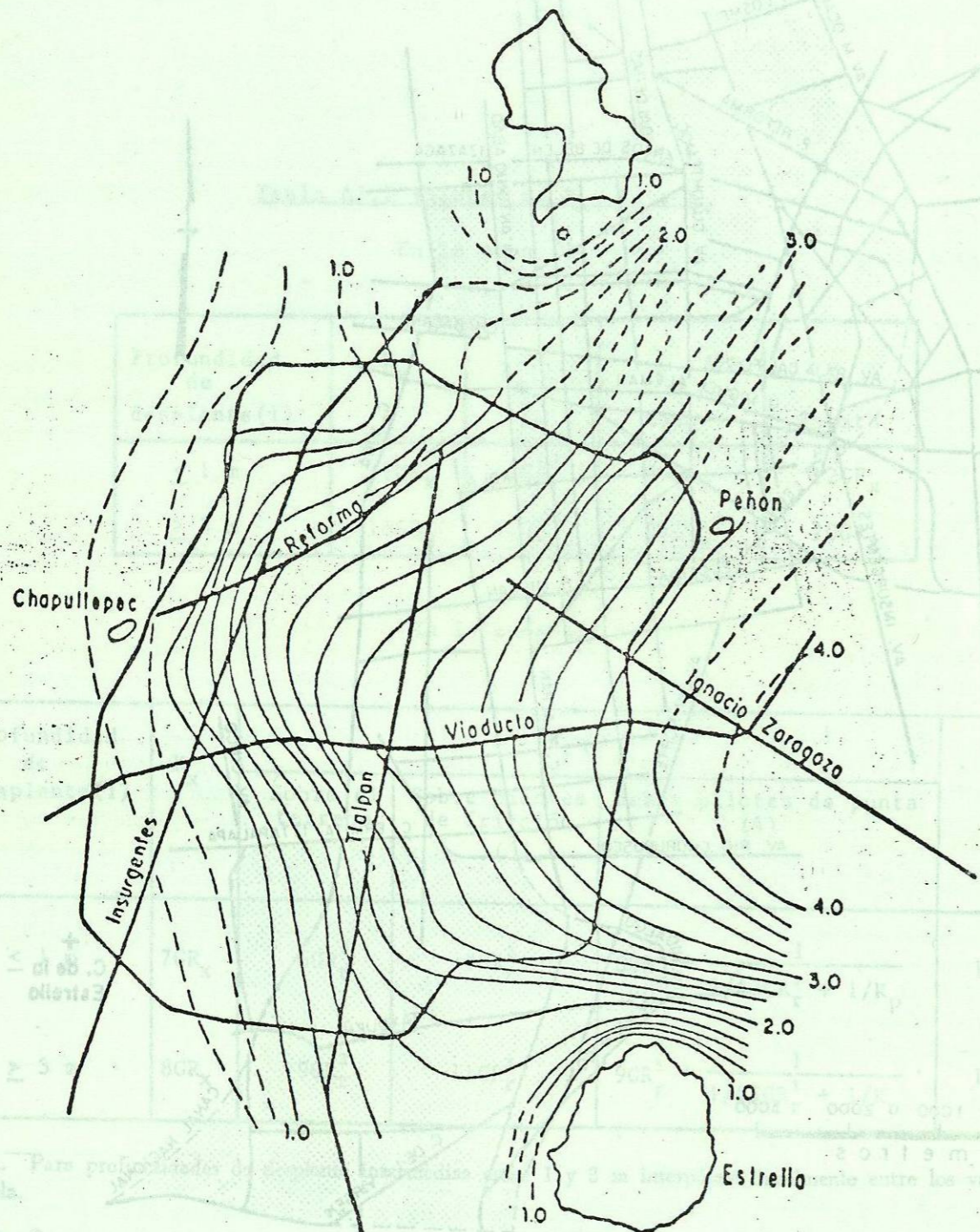


Figura A4.1 Valores de T_s en segundos.

82

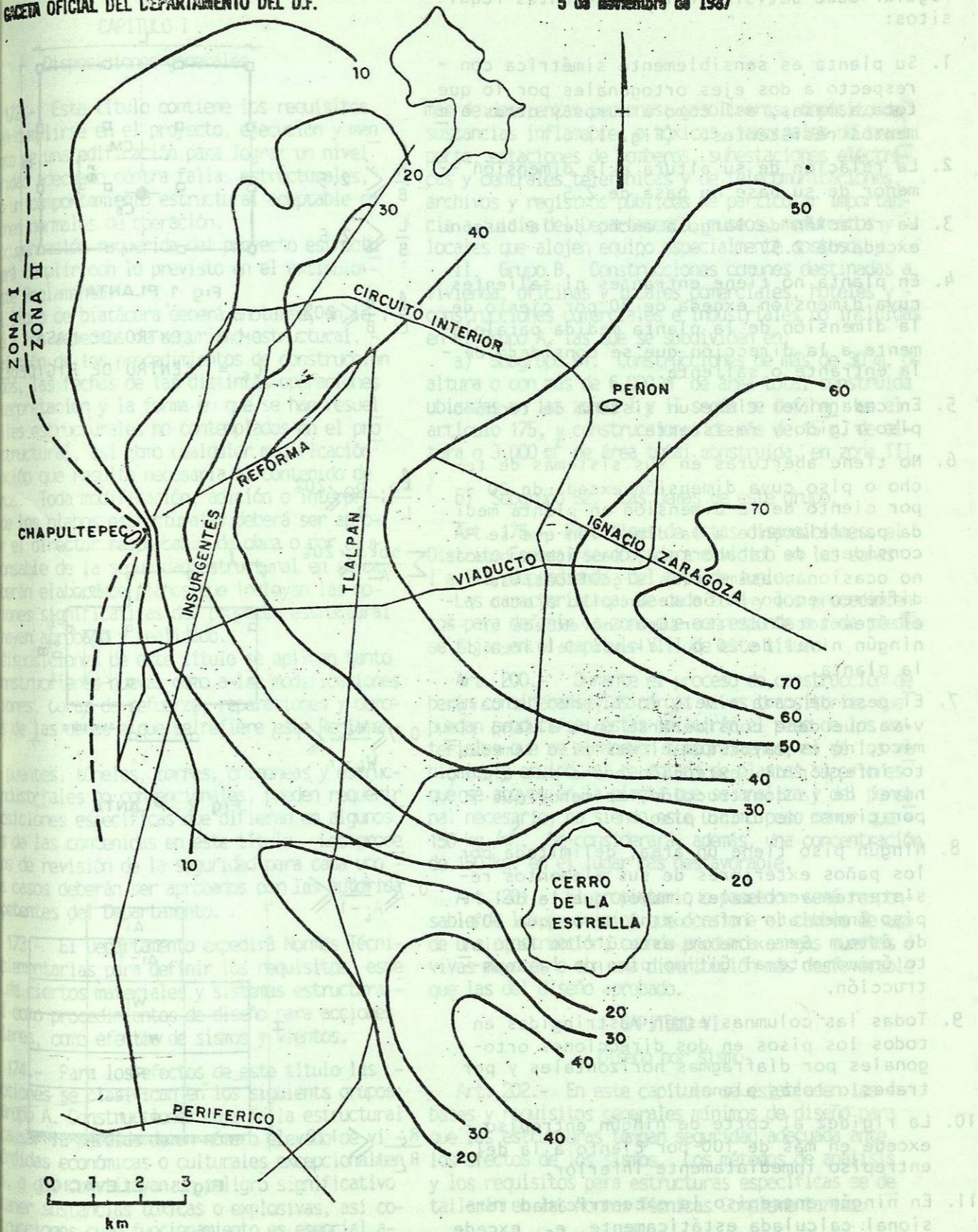


Figura A7.1 Valores de H en metros.

83