EVALUACION DE AMENAZA SISMICA DE VENEZUELA PARA EL NUEVO MAPA DE ZONIFICACION

Peggy Quijada, Enrique Gajardo y Mathias Franke

Gerencia de Ingeniería General, INTEVEP, Los Teques, Venezuela

E-mail: teag217@intevep.pdv.com

RESUMEN EXTENDIDO

Se presentan cuatro mapas con los resultados del análisis de amenaza sísmica de Venezuela. Dos de ellos muestran la aceleración máxima esperada con probabilidad de excedencia de 10% para 50 y 100 años de vida útil de las instalaciones (Fig. 1 y 2). Los mapas están orientados a servir de apoyo en la obtención de parámetros de diseño sismorresistente para cualquier lugar de Venezuela. Los otros dos mapas son derivados de los anteriores y representan parámetros característicos de la amenaza sísmica (Fig. 3 y 4), permitiendo la reconstrucción de las curvas de aceleración máxima esperada para cualquier nivel de riesgo aceptable de una estructura.

Generalmente, la amenaza sísmica se calcula a partir del teorema de probabilidad total para un año (probabilidad anual de excedencia), y su valor inverso es equivalente al período medio de retorno [McGuire, 1976, 1978]. También es válido presentar la amenaza sísmica, para Venezuela, en términos de la aceleración máxima esperada en roca para un período de retorno de 475 y 950 años. La probabilidad, P, de que la aceleración del terreno exceda el valor a, en un horizonte de t años, se encuentra ligada a la probabilidad anual de excedencia p_1, por la ecuación:

$$P = 1 - (1 - p_1)^t \qquad (1)$$

Para el análisis de la amenaza sísmica se han incorporado la acuvidad sísmica hasta 1992 [Kozuch et al., 1993] y las tasas de desplazamiento y la geometría de 216 fallas [Beltran, 1993; Franke, 1993; FUNVISIS, 1981, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1991a, 1991b, 1992]. La actividad relativa de las fuentes sísmicas toma en consideración la sismicidad registrada instrumentalmente y las tasas de actividad inferidas de las velocidades de desplazamiento de cada falla. Las tasas de actividad sísmica se distribuyen proporcionalmente entre las diferentes fuentes sismogénicas del modelo sismotectónico.

Los supuestos básicos de la metodología para el análisis de la amenaza sísmica son: i) los sismos ocurren aleatoriamente en las mismas fallas o zonas fuentes donde se produjeron en el pasado; ii) la sismicidad de una zona es constante en el tiempo; y iii) la sismicidad de una zona es un *proceso sin memoria*, representado por una distribución de Poisson. En general, la amenaza sísmica depende esencialmente de: i) la tasa de recurrencia de los sismos de diferentes magnitudes en cada zona fuente; ii) la geometría de las zonas fuentes y de su proximidad a cada sitio en estudio; y iii) la atenuación del movimiento del terreno de la fuente al sitio en estudio.

Los mapas de aceleración máxima se consideran más confiables que los de zonificación sísmica vigente. Al igual que los anteriores, estos mapas de amenaza son susceptibles de sufrir cambios en el futuro, en la medida que aumente la información sobre fuentes sismogénicas en el territorio nacional y áreas adyacentes, se disponga de un mayor número de registros acelerográficos, y se mejore la comprensión del fenómeno de atenuación.

Con los resultados del análisis probabilístico, es posible construir dos mapas que permitan calcular la aceleración máxima en un sitio para un nivel de riesgo y vida útil dado, dentro de un rango de posibles combinaciones. Según la norma de PDVSA [1991] se determina la probabilidad total, P (ver eq. 1), con la siguiente fórmula:

$$P = e^{-t\,(a/\hat{a})^{-\gamma}} \qquad (2)$$

donde a es la aceleración máxima, γ la pendiente de la regresión lineal en el rango de interés sobre la función calculada entre el logaritmo del tiempo de retorno, t, y el doble logaritmo de aceleración, y $\hat{a}$ es igual a $exp(a/\gamma)$. Eq.2 se puede reescribir como

$$a = \hat{a}\,(\,(-lnP)\,/\,t)^{-1/\gamma} \qquad (3)$$

y se calcula fácilmente la aceleración, a, a partir de valores dados, e.g. 10% de excedencia en 50 años de vida útil, entonces

$$a = \hat{a}\,(475)^{1/\gamma} \qquad (4)$$

De los mapas correspondientes, se obtienen los parámetros de cada sitio y se reemplazan en la eq.4. En las Fig.3 y 4 se dan en mapas de contorno $\hat{a}$ y γ respectivamente.

REFERENCIAS

Beltran, C. (1993). Mapa neotectónico a 1:1500000 de Venezuela, FUNVISIS. Congreso Internacional AAPG/ SVG, Caracas, 1993.

Franke, M. (1993). Seismotektonik und seismische Gefährdung in Nordost-Venezuela. Tesis de Ph.D. entregado a la Universidad de Hamburgo, Alemania, 130 pp.

FUNVISIS (1981). Evaluación de la actividad reciente del sistema de fallas Urica-San Mateo. Muelle de Jose. Planta de Gas Licuado. Departamento de Ciencias de la Tierra, Venezuela.

FUNVISIS (1983). Estudios de riesgo sísmico. Proyecto Uribante-Caparo. Departamento de Ciencias de la Tierra, Venezuela.

FUNVISIS (1984). Estudio de riesgo sísmico enlace vial Margarita-Coche-Tierra Firme. Informe Preliminar. Departamento de Ciencias de la Tierra, Venezuela.

FUNVISIS (1985). Proyecto Costa Oriental del Lago de Maracaibo. Actividad cuaternaria y características sismogénicas de los sistemas de fallas de Boconó, Valera, Tuñame, Piñango, Piedemonte, Burro Negro-Mene Grande y otras. Departamento de Ciencias de la Tierra, Venezuela.

FUNVISIS (1986). Estudio de amenaza sísmica para las urbanizaciones La Punta y Mata Redonda, al Sur de Maracay. Evaluación de la información geológica existente para fines de estudio de amenaza sísmica. Departamento de Ciencias de la Tierra, Venezuela.

FUNVISIS (1987). Proyecto Costa Oriental del Lago de Maracaibo. Actividad cuaternaria y características sismogénicas de los sistemas de fallas de Oca-Ancón y de las fallas de Lagarto, Urumaco, Río Seco y Pedregal. Afinamiento de las características sismogénicas de las fallas de Mene Grande y Valera. Departamento de Ciencias de la Tierra, Venezuela.

FUNVISIS (1991a). Proyecto Sumandes. Características neotectónicas y parámetros sismogénicos de las fallas activas cuaternarias, y efectos geológicos de la actividad sísmica en la región de proyecto y en las obras proyectadas. Departamento de Ciencias de la Tierra, Venezuela.

FUNVISIS (1991b). Proyecto Suministro Falcón-Zulia (SUFAZ). Actividad cuaternaria y caracterización sismogénica de las fallas de Lagarto y Rio Seco. Afinamiento de las características sismogénicas del sistema de fallas de Ova-Ancón y de Urumaco. Departamento de Ciencias de la Tierra, Venezuela.

FUNVISIS (1992). Actividad cuaternaria y características sismogénicas de los sistemas de fallas de Oca-Ancón (tramo oriental), de la Península de Paraguaná y región de Coro y de la Costa Nororiental de Falcón. Departamento de Ciencias de la Tierra, Venezuela.

Kozuch, M.J., Franke, M. y Muñoz, M.I. (1993). El catálogo sísmico de INTEVEP (1900-1992). Informe Técnico, INTVEP, S.A. Los Teques, en elaboración.

McGuire, R. K. (1976). FORTRAN computer program for seismic risk analysis. U.S. Geol. Surv. Open-File Report 76-67, 93 pp.

McGuire, R. K. (1978). FRISK: Computer program for seismic risk analysis using faults as earthquake sources. U.S. Geol. Surv. Open-File Report 78-1007.

PDVSA (1991). Diseño antisísmico de instalaciones industriales. PDVSA Venezuela, No. PDVSA-JA-221, 65 pp.

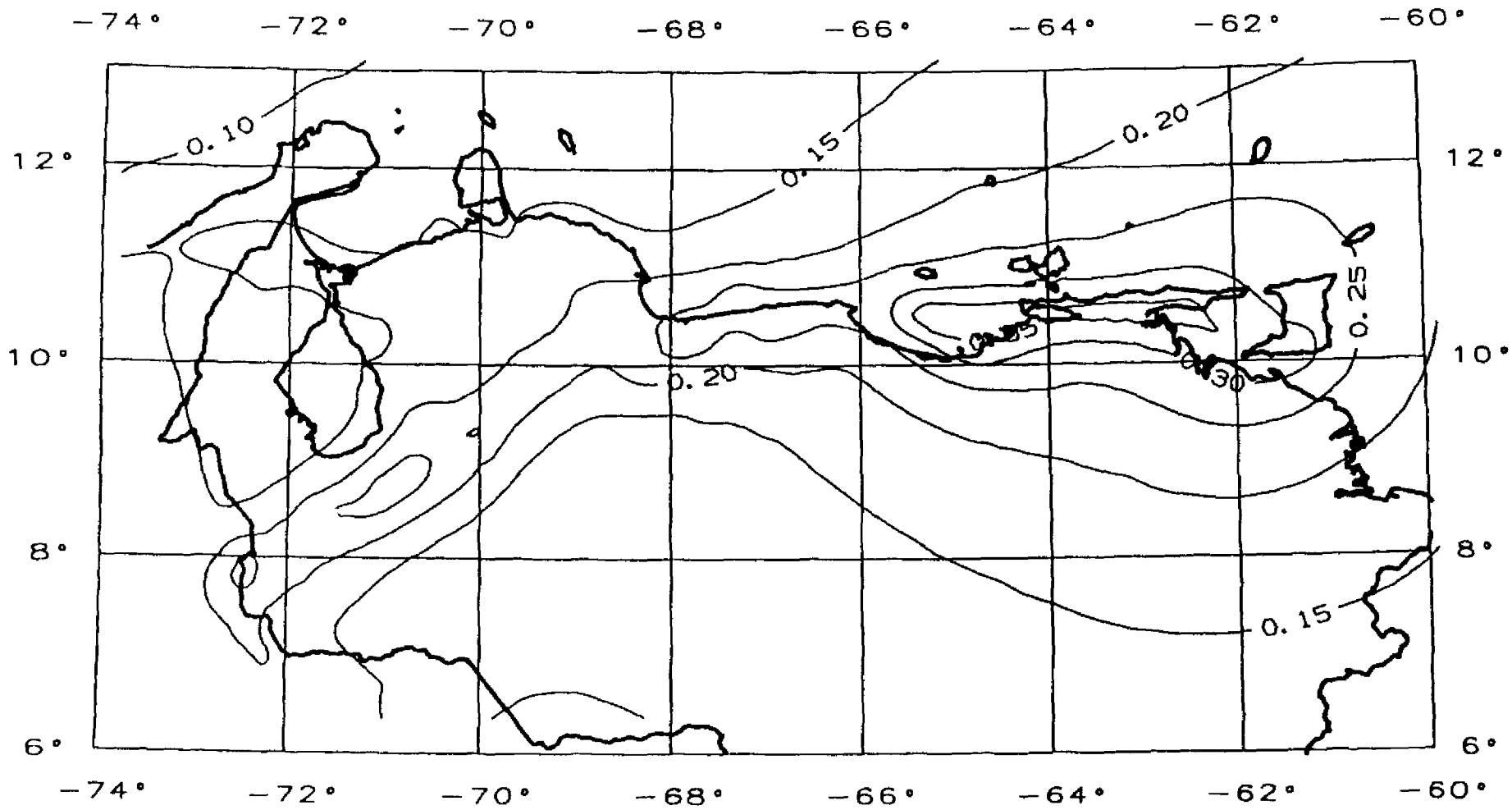

Fig. 1:Mapa de amenaza sísmica de Venezuela: aceleraciones máximas esperadas en 475 años de período de retorno (intervalo de las curvas de contorno igual a 0.05 de gravedad).

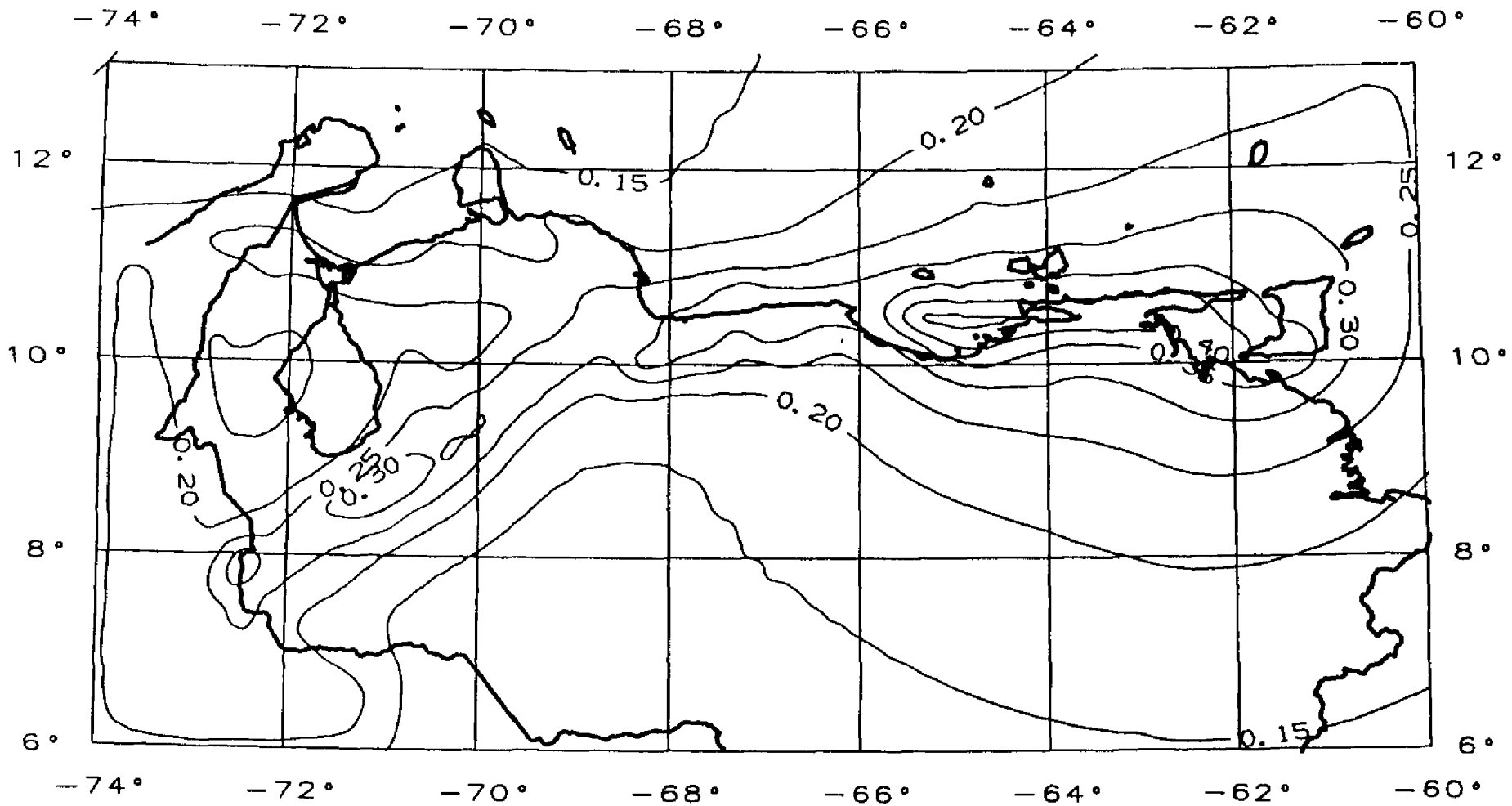

Fig. 2:Mapa de amenaza sísmica de Venezuela: aceleraciones máximas esperadas en 950 años de período de retorno (intervalo de las curvas de contorno igual a 0.05 de gravedad).

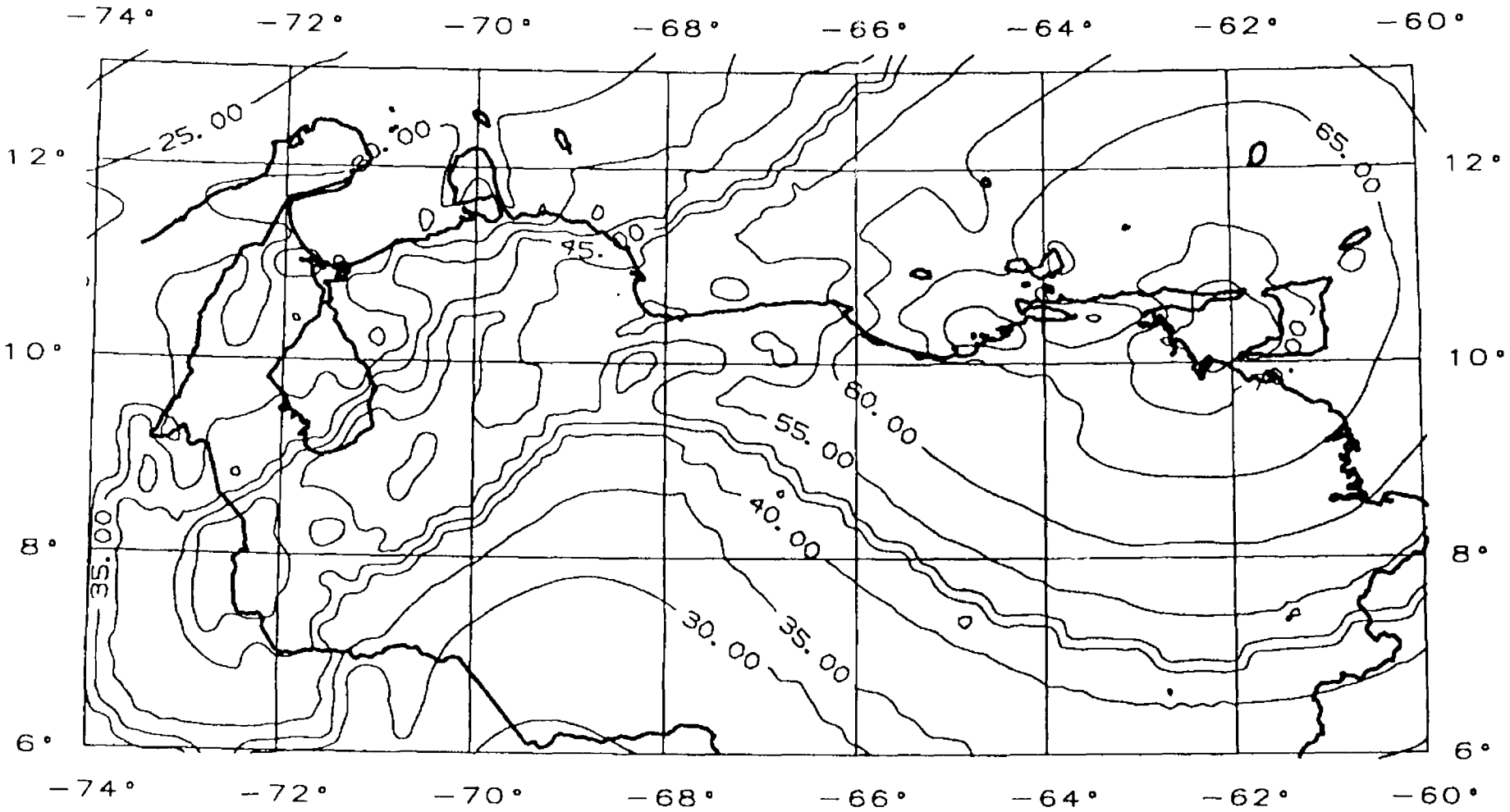

Fig. 3:Mapa de amenaza sísmica del parámetro *à* de ecuaciones 2, 3 y 4, en Gals.

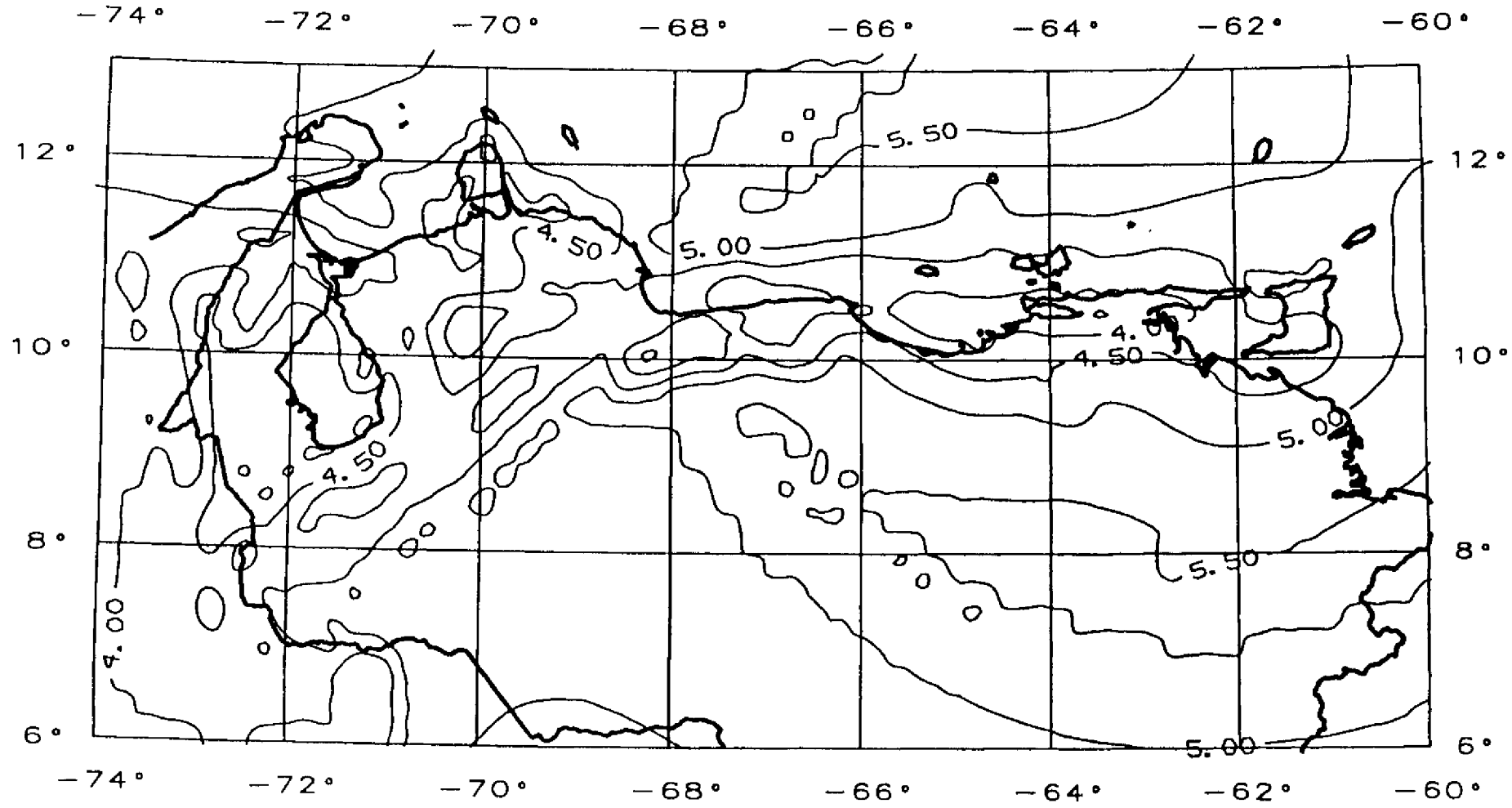

Fig. 4:Mapa de amenaza sísmica del parámetro γ de ecuaciones 2, 3 y 4 (sin dimensión).