

Figura 79. Mapa 79. Reparaciones red de acueducto. T = 475 años. (O'Rourke y Ayala, 1993)

Los mapas del Anexo No 15, relacionados con vulnerabilidad en redes de acueducto son:

Mapa 1 - RR/Km - ALA (2001) - T = 50 años
Mapa 2 - RR/Km - ALA (2001) - T = 100 años
Mapa 3 - RR/Km - ALA (2001) - T = 200 años
Mapa 4 - RR/Km - ALA (2001) - T = 475 años
Mapa 5 - RR/Km - ALA (2001) - T = 1000 años
Mapa 6 - RR/Km - O' Rourke & Ayala (1993) - T = 50 años
Mapa 7 - RR/Km - O' Rourke & Ayala (1993) - T = 100 años
Mapa 8 - RR/Km - O' Rourke & Ayala (1993) - T = 200 años
Mapa 9 - RR/Km - O' Rourke & Ayala (1993) - T = 475 años
Mapa 10 - RR/Km - O' Rourke & Ayala (1993) - T = 1000 años
Mapa 11 - RR/Km - Eidinger & Avila (1999) - T = 50 años
Mapa 12 - RR/Km - Eidinger & Avila (1999) - T = 100 años
Mapa 13 - RR/Km - Eidinger & Avila (1999) - T = 200 años
Mapa 14 - RR/Km - Eidinger & Avila (1999) - T = 475 años
Mapa 15 - RR/Km - Eidinger & Avila (1999) - T = 1000 años
Mapa 16 - RR/Km - Isoyama (2000) - T = 50 años
Mapa 17 - RR/Km - Isoyama (2000) - T = 100 años
Mapa 18 - RR/Km - Isoyama (2000) - T = 200 años
Mapa 19 - RR/Km - Isoyama (2000) - T = 475 años
Mapa 20 - RR/Km - Isoyama (2000) - T = 1000 años
Mapa 21 - RR/Km - Japan Wasteworks A. (1998) - T = 50 años
Mapa 22 - RR/Km - Japan Wasteworks A. (1998) - T = 100 años
Mapa 23 - RR/Km - Japan Wasteworks A. (1998) - T = 200 años
Mapa 24 - RR/Km - Japan Wasteworks A. (1998) - T = 475 años
Mapa 25 - RR/Km - Japan Wasteworks A. (1998) - T = 1000 años
Mapa 26 - RR/Km - JICA (2002) - T = 50 años
Mapa 27 - RR/Km - JICA (2002) - T = 100 años
Mapa 28 - RR/Km - JICA (2002) - T = 200 años
Mapa 29 - RR/Km - JICA (2002) - T = 475 años
Mapa 30 - RR/Km - JICA (2002) - T = 1000 años
Mapa 31 - RR/Km - Eidinger - G & E Report (2001) - T = 50 años
Mapa 32 - RR/Km - Eidinger - G & E Report (2001) - T = 100 años
Mapa 33 - RR/Km - Eidinger - G & E Report (2001) - T = 200 años
Mapa 34 - RR/Km - Eidinger - G & E Report (2001) - T = 475 años
Mapa 35 - RR/Km - Eidinger - G & E Report (2001) - T = 1000 años

Los mapas relacionados con vulnerabilidad de la red de alcantarillado pluvial van desde el 176 hasta el 210. Los mapas relacionados con vulnerabilidad de la red de alcantarillado sanitario van desde el 351 al 385. Los mapas con el número de reparaciones para acueducto van desde el 71 al 105, para alcantarillado pluvial van desde el 246 al 280, y para alcantarillado sanitario van desde el 421 al 455.

7.4.3 Análisis paramétrico de vulnerabilidad física en líneas vitales

7.4.3.1 Criterios para el análisis

Cuando un autor genera una curva de fragilidad del tipo empírica, esta se basa en información histórica de daños. Cada curva depende de los datos históricos con los cuales fue realizada y es importante tener en cuenta para su correcto uso:

- Los efectos del sismo en las líneas vitales generalmente se generan por dos fenómenos diferentes presentados en el momento del sismo: 1) sacudida del terreno (ground shaking) y 2) falla del terreno (ground failure). Estos dos efectos se presentan de manera independiente y deben sumarse para un análisis completo de riesgo sísmico físico en líneas vitales. Las curvas de fragilidad son generadas para analizar uno u otro efecto, y no para los dos al mismo tiempo. Es necesario tener siempre presente si se desea estudiar uno, otro, o los dos fenómenos, para seleccionar adecuadamente las curvas de fragilidad, y esto depende también de los datos de amenaza sísmica con los que se cuente para la zona en estudio:
 - Si se desea estudiar los efectos del movimiento temporal del terreno por el paso de la onda sísmica, los parámetros de amenaza sísmica adecuados, representados estos en las curvas de fragilidad a seleccionar dependiendo de la tipología de la línea vital expuesta y la información de amenaza sísmica disponible, son:
 - Intensidad Arias (Ia),
 - Intensidad Modificada de Mercalli (IMM),
 - Velocidad pico del terreno (PGV),
 - Desplazamiento pico del terreno (PGD),
 - Aceleración pico del terreno (PGA),
 - Aceleración espectral (SA)
 - Intensidad espectral (SI)
 - Si se desea estudiar los efectos del movimiento permanente del terreno por el paso de la onda sísmica, las curvas de fragilidad a seleccionar dependiendo de tipología e información disponible, son las que fueron generadas usando el parámetro de amenaza sísmica de deformación permanente del terreno (PGD o GDp), es decir las que tuvieron en cuenta efectos del sismo por licuefacción (desprendimientos laterales y asentamientos)

- Rango mínimo y máximo del parámetro de amenaza registrado para construir la curva: Si los datos históricos aplican para un rango de amenaza específico, lo correcto es utilizar la curva solamente dentro de estos rangos. Si se utiliza para parámetros de amenazas mayores o menores la curva se estaría utilizando para extrapolar y los resultados serían menos confiables. Unas curvas aplican para escenarios sísmicos fuertes, es decir con periodos de retorno altos por ejemplo 1000 años, cuando los datos históricos con los que se generaron las curvas correspondían a parámetros de amenaza en sitio altos. Otras curvas aplican para escenarios sísmicos pequeños, por ejemplo periodo de retorno de 50 años, cuando los datos históricos que sirvieron para generar la curva de fragilidad correspondían a sismos manifestados en sitio como de baja intensidad. De igual forma hay curvas que aplican para todo tipo de sismos.

- Característica tipológica específica para el dato histórico registrado. En muchos casos el registro histórico corresponde a un material o un rango de diámetros en particular. Si el autor decide incluir datos históricos de diferente material o diámetro, tiene dos opciones para presentar los resultados de las curvas de fragilidad:
 - Presentar curvas específicas para materiales y/o diámetros
 - Presentar curvas generales e incluir factores de corrección que mejoren las predicciones en estos materiales y diámetros en particular.

- Si la curva es específica se debe filtrar (por material, o por diámetro) la base de datos del inventario para aplicarla solamente a los elementos que correspondan.

- Si la curva es general se deben aplicar con los mismos factores de corrección propuestos por el autor. Si no se hace un análisis exhaustivo (análisis de tipo paramétrico u otro tipo de análisis con datos históricos locales) para cambiar los factores de corrección, se corre el riesgo de desmejorar la predicción para elementos específicos. Una curva se genera para que sus predicciones sigan el patrón de los datos históricos con los cuales fue hecha.

- Se deben seleccionar las curvas de fragilidad para un estudio, teniendo en cuenta principalmente las características de las ciudades donde se registraron los datos históricos con los cuales se generaron las curvas. Curvas hechas con sismos históricos sucedidos en US, aplican principalmente para estudios de vulnerabilidad en ciudades de US o similares por sus características tipológicas de líneas vitales, códigos, prácticas y materiales de construcción, prácticas de mantenimiento, fechas de construcción y condiciones del terreno entre otras.

- Se deben analizar la cantidad de puntos de datos con los que se generó cada curva, especialmente teniendo en cuenta las magnitudes y características de los sismos involucrados en el conjunto de datos. También el valor máximo y mínimo del parámetro de amenaza de los puntos que definieron la curva de fragilidad. Estos parámetros anteriores pueden ayudar al investigador a seleccionar una curva de fragilidad como adecuada para un escenario de amenaza específico: curvas de fragilidad generadas con valores bajos del parámetro de amenaza son más adecuadas para escenarios de amenaza con periodos de retomo bajos (Ej.: 50, 100, 200 años), y curvas de fragilidad generadas con valores altos del parámetro de amenaza son más adecuadas para escenarios de amenaza con periodos de retomo altos (Ej.: 1000, 2000 años)

- Para el caso de lugares donde no exista reporte histórico de daños, como en el caso de las ciudades latinoamericanas, las curvas se deben utilizar teniendo en cuenta:
 - Los valores esperados de amenaza para la ciudad en estudio deben estar dentro de los rangos mínimos y máximos con los que se interpoló la curva de fragilidad. Lo ideal es nunca extrapolar con las curvas de fragilidad, para evitar resultados menos confiables.

 - En lo posible se deben utilizar los factores de corrección propuestos por el autor. Si se cambian estos factores, los cambios deben obedecer a un análisis paramétrico de los resultados de varios escenarios con varios autores. El análisis paramétrico evita aumentar el error de predicción y permite seleccionar las investigaciones que más se ajusten para las condiciones de una ciudad en particular. El análisis paramétrico debe incluir filtros de resultados por material y por diámetro.

- Otra alternativa para lugares donde no exista reporte histórico de daño en líneas vitales es proponer una nueva curva de vulnerabilidad analizando las ya existentes y contrastándolas lógicamente con información local que permita hacer una asociación y una estimación adecuada. En (JICA y DPAE, 2002 p. 4-43 y 44) proponen una nueva curva de vulnerabilidad para ciudades colombianas, a partir de la comparación de algunos datos locales disponibles (parámetro de amenaza y tasa de interrupción del servicio) vs. datos sobre curvas existentes y también comparando con datos de los sismos con los que se generaron las curvas en mención. El objetivo de la comparación es estimar una curva que defina objetivamente la tasa de reparaciones local. En (JICA y DPAE, 2002) la estimaron a partir de:
 - Curvas de fragilidad que puedan ser adecuadas para la zona de estudio a partir de la similitud entre las redes de agua y las estructuras de tuberías. Teniendo en cuenta que las investigaciones de fragilidad disponibles

representan datos históricos de daño de redes y tuberías definidos, especialmente cuando las curvas se hacen para datos de un solo sismo.

- Parámetro de amenaza medido en sismos de ciudades locales similares a la ciudad en estudio.
- Tasa de interrupción del servicio en sismos de ciudades locales similares a la zona de estudio
- Para las curvas seleccionadas, relación entre la tasa de reparaciones por kilómetro y la tasa de interrupción del servicio.
- Posible tasa de reparaciones por kilómetro local esperada analizando los parámetros anteriores.

7.4.3.2 Características de las curvas de fragilidad

En la siguiente tabla se especifican los valores mínimos y máximos para los que son óptimas cada una de las curvas de vulnerabilidad utilizadas.

Tabla 59. Rango aplicable de amenaza para las curvas de vulnerabilidad utilizadas en Acueducto y Alcantarillado

Referencia de la Curva de Vulnerabilidad	Referencia / Comentario	# puntos (terremotos)	Parámetro de Amenaza	Rango (Min – Max)
ALA (2001)	(ALA, 2001a p. 51)	81 (12)	PGV (Cm/Seg)	13 – 135
O'Rourke & Ayala (1993)	(Tromans, 2004 p. 79).	11 (6)	PGV (Cm/Seg)	8 - 50
Eidinger & Avila (1999)	(Tromans, 2004 p. 79). Los mismos puntos de O'Rourke & Ayala (1993) mas 9 puntos del terremoto de Loma Prieta en 1989	20 (7)	PGV (Cm/Seg)	6 - 53
Eidinger G & E Report (2001)				
Isoyama (2000)	(Tromans, 2004 p. 79). Extendió el trabajo de Japan Waterworks Association (Shirozu et al., 1996). Basado en 19 puntos del sismo Hyogoken-nanbu 1995.	19 (1)	PGV (Cm / Seg)	20 - 325
Isoyama (1998)				
Japan Wasteworks Association (1998)				
JICA (2002)	--	No aplica	PGA (Gal)	0 - ∞

A continuación se muestra un listado de los sismos más importantes que se han presentado en los últimos 100 años en el mundo. Más adelante se analizará la cantidad de datos y los sismos históricos con los que fue generada cada curva de fragilidad.

Tabla 60. Sismos Históricos

Id	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud
1	Kanto	Tokyo - Japan	1923	1-Sep-23	Magnitud: 7.9 (M_{JMA})
2	Long Beach	US	1933	11-Mar-33	Magnitud: 6.5
3	Niigata	Japan	1964	16-Jun-64	Magnitud: 7.5 (M_{JMA})
4	Puget Sound	US	1965	29-Apr-65	Magnitud: 6.5 (M_L)
5	Tocachi-oki	Japan	1968	16-May-68	Magnitud: 7.9 (M_{JMA})
6	Santa Rosa	US	1969	1-Oct-69	Magnitud: 5.6 [5.7] (M_L)
7	San Fernando	Los Angeles - US	1971	9-Feb-71	Magnitud: 6.6
8	Managua	Nicaragua	1972	23-Dec-72	Magnitud: 6.3
9	Haicheng	China	1975		Magnitud: 7.3
10	Imperial Valley	US	1979	15-Oct-79	Magnitud: 6.5
11	Coalinga	US	1983	2-May-83	Magnitud: 6.2
12	Whittier	US	1983	2-May-83	Magnitud: 6.2
13	México City	México	1985	19-Sep-85	Magnitud: 8.1
14	México	Tlahuac	1989	25-Apr-89	Magnitud: 6.9 (M_S)
15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7
16	Northridge	US	1994	17-Jan-94	Magnitud: 6.7
17	Hyogoken-nanbu	Kobe - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7
18	Kokaely - Izmit	Turkey	1999	17-Ago-99	$M_W = 7.4$
19	Chi-Chi	Taiwán	1999	21-Sep-99	$M_W = 7.7$
20	San Francisco	US	2006	18-Abr-06	7.9
21	S Puget Sound	US	1949	13-Abr-49	6.7
22	Tangshan	China	1976	28-Jul-76	7.6 (M_S)
23	Miyagiken-oki	Japan	1978	12-Jun-78	Magnitud: 7.4 (M_{JMA})
24	Nihonkai-chubu	Japan	1983	26-May-83	Magnitud: 7.7 (M_{JMA})
25	Whittier	US	1987	1-Oct-87	5.9 [5.3]
26	Sanriku Haruka-oki	Japan	1994	28-Dec-94	7.7
27	Fukui	Japan	1948	28-Jun-48	Magnitud: 7.1 (M_{JMA})

Tabla 61. Resumen de estudios de fragilidad por efectos de sacudida del terreno (ground shaking) de acuerdo a los datos del terremoto utilizado

ID_SISMO	FECHA	NOMBRE	PAÍS	MAGNITUD	(Katayama et al., 1975b)	(Isoyama y Katayama, 1982)	(Eguchi, 1983)	(Barenberg, 1988)	(Ballantyne et al., 1990)	(Eguchi, 1991)	(ASCE/TCLEE, 1991)	(O'Rourke et al., 1991)	(Hamada, 1991)	(Tiedemann, 1992)	(O'Rourke y Ayala, 1993)	(Eidinger y Ávila, 1999)	(Kitaura y Miyajima, 1996)	(Hwang y Lin, 1997)	(O'Rourke y Hmadi, 1998)	(Isoyama et al., 2000)	(ALA, 2001a)
20	18-Apr-06	San Francisco	US	7.9																	
1	1-Sep-23	Kanto	Japan	7.9 (M _{JMA})	2						2			1							2
2	11-Mar-33	Long Beach	US	6.5																	1
3	28-Jun-48	Fukui	Japan	7.1 (M _{JMA})	1						1										GDp
21	13-Apr-49	S Puget Sound	US	6.7																	2
3	16-Jun-64	Niigata	Japan	7.5 (M _{JMA})	1						1			1			1				1
4	29-Apr-65	Puget Sound	US	6.5 (M _L)				1							1	1					2
5	16-May-68	Tokachi-oki	Japan	7.9 (M _{JMA})	11 (9)						8										GDp
6	1-Oct-69	Santa Rosa	US	5.6 [5.7] (M _L)			1	1	1	1		1			1	1					a-s
7	9-Feb-71	San Fernando	US	6.6	19			3			19			2	2	2			2		13
8	23-Dec-72	Managua	Nicaragua	6.3	3 (1)		1			1	1										GDp
22	28-Jul-76	Tangshan	China	7.6 (M _s)										2							
23	12-Jun-78	Miyagiken-oki	Japan	7.4 (M _{JMA})									1								
10	15-Oct-79	Imperial Valley	US	6.5																	1
11	2-May-83	Coalinga	US	6.4							1	1			2	1					1
24	26-May-83	Nihonkai-chubu	Japan	7.7 (M _{JMA})									3								
13	19-Sep-85	Michoacán	México	8 [7.5]											3	5					a-s
25	1-Oct-87	Whittier	US	5.9 [5.3]															1		a-s
14	25-Apr-89	Tlahuac	México	6.9 (M _s)											2	1					1
15	18-Oct-89	Loma Prieta	US	7										1		9	5		1		13
26	28-Dec-94	Sanriku Haruka-oki	Japan	7.7												1					
16	17-Jan-94	Northridge	US	6.7															7		35
17	16-Jan-95	Hyogoken-nanbu	Japan	6.9													3			19	9
Nº TOTAL TERREMOTOS:					6	1	4	3	6	4	7	7	2	7	6	7	5	15	4	1	12

Notas para la tabla anterior: Las magnitudes son M_w a menos que se especifique otra cosa. Estudios de cædas con fondo en gris tienen curva de fragilidad, los demás presentan el rango de datos observados pero no definen curva de fragilidad. Estudios con texto en color rojo fueron usados para la tesis. Celdas sombreadas en el cuerpo de la tabla indican el uso de datos para un terremoto dado. Cuando se conoce, se escribe para cada estudio el número de puntos de datos para un terremoto específico. Para el estudio (ALA, 2001a), G_{Dp} se refiere a puntos de datos considerados, pero excludidos debido probablemente a efectos de deformación permanente del terreno. A-s se refiere a puntos de datos considerados en el estudio, pero excludidos debido a la ocurrencia de una réplica de similar magnitud al evento principal, provocando dificultades en la asociación del daño a un evento simple. Las magnitudes de las réplicas se indican en corchetes cuadrados.

Tabla 62. Parámetros de movimiento fuerte (Strong Motion) considerados en diferentes estudios de fragilidad.

Parámetro de "Strong-motion"	(Katayama et al., 1975b)	(Isoyama y Katayama, 1982)	(Eguchi, 1983)	(Barenberg, 1988)	(Ballantyne et al., 1990)	(Eguchi, 1991)	(ASCE/TCLEE, 1991)	(O'Rourke et al., 1991)	(Hamada, 1991)	(Tiedemann, 1992)	(O'Rourke y Ayala, 1993)	(Eidinger y Ávila, 1999)	(Kitaura y Miyajima, 1996)	(Hwang y Lin, 1997)	(O'Rourke y Hmadi, 1998)	(Isoyama et al., 2000)	(ALA, 2001a)
I_a																	
I_{MM}																	
PGA																	
PGV																	
PGD																	
SA																	
SI																	

Notas para la tabla anterior: Estudios en cædas con fondo en gris tienen curva de fragilidad, los demás presentan el rango de datos observados pero no definen curva de fragilidad. Estudios con texto en color rojo fueron usados para la tesis.

Tabla 63. Resumen de terremotos usados en los estudios de la tabla anterior

Ubicación	Número de Terremotos
US	11
JAPAN	8
MEXICO/CENTROAMERICA	3
CHINA	1

Tabla 64. Resumen de datos usados para desarrollar la base de datos ALA (2001) de daño en tuberías causado por la sacudida del terreno (ground shaking)

Fuente Sismogénica	1923 Kanto	1933 Long Beach	1948 Fukui	1949 S Puget Sound	1964 Niigata	1965 Puget Sound	1968 Tokachi oki	1969 Santa Rosa	1971 San Fernando	1972 Managua	1979 Imperial Valley	1983 Coalinga	1985 Michoacán	1987 Whittier Narrows	1989 Tlahuac	1989 Loma Prieta	1994 Northridge	1995 Hyogoken-nanbu
(ALA, 2001a)																		
(Eidinger et al., 1995)																		
(Katayama et al., 1975b)																		
(O'Rourke y Ayala, 1993)																		
(Shirozu et al., 1996)																		
(Toprak, 1998b)																		

7.4.3.3 Información analizada y generada para el análisis paramétrico

El análisis paramétrico de vulnerabilidad se hizo con la información sísmica histórica y los resultados de daño para la ciudad de Bogotá.

En la siguiente lista se detalla la información histórica de daño en redes de algunos de los sismos descritos en la Tabla 60 .

Tabla 65. Información histórica reportada de daño en redes de acueducto por amenaza sísmica

	ID	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud	Duración	Elemento Expuesto	Diámetro	Material	Repairs	Roturas	Millas	Km	RR / Km	RR / 1000 ft	PGV (in/sec)	PGV (cm/sec)	PGA (g)	PGA (gales)	Nota	Fuente	Fuente 2
1	1	Kanto	Tokyo - Japan	1923	1-Sep-23	Magnitud: 7.9 (M _{JMA})			Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)					0.21	0.064007988			0.29	284.49		(Katayama, Kubo et al. 1975a.)	(O'Rourke & Lui 1999 - Bresko 1990), (Tromans 2004, p. 77. Figure 3.13)
2	2	Long Beach	US	1933	11-Mar-33	Magnitud: 6.5			Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF	130			592								(ALA 2001b, p. 20)	
3	3	Fukui	Japan	1948	28-Jun-48	Magnitud: 7.1 (M _{JMA})			Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)					2	0.6095998			0.48	470.88	El valor promedio de aceleración	(Katayama, Kubo et al. 1975a.)	(O'Rourke & Lui 1999 - Bresko 1990), (Tromans 2004, p. 77. Figure 3.13)
4	3	Niigata	Japan	1964	16-Jun-64	Magnitud: 7.5 (M _{JMA})			Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)					0.48	0.146303995			0.15	147.15		(Katayama, Kubo et al. 1975a.)	(O'Rourke & Lui 1999 - Bresko 1990), (Tromans 2004, p. 77. Figure 3.13)
5	4	Puget Sound	US	1965	29-Apr-65	Magnitud: 6.5 (M _L)		Acueducto	Diámetro: 8" a 10"	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)					0.007	0.0021336	3	7.62				(ALA 2001b, p. 21, 50. Figure A-1)	(Tromans 2004, p. 81. Figure 3.16)
6	5	Tocachi-oki	Japan	1968	16-May-68	Magnitud: 7.9 (M _{JMA})			Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)					0.1	0.030479999			0.17	166.77	El valor mínimo de PGA	(Katayama, Kubo et al. 1975a.)	(O'Rourke & Lui 1999 - Bresko 1990), (Tromans 2004, p. 77. Figure 3.13)
7	5	Tocachi-oki	Japan	1968	16-May-68	Magnitud: 7.9 (M _{JMA})			Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)					1.3	0.396239987			0.19	186.39	El valor máximo (mas representativo de acuerdo con la tendencia) de PGA	(Katayama, Kubo et al. 1975a.)	(O'Rourke & Lui 1999 - Bresko 1990), (Tromans 2004, p. 77. Figure 3.13)
8	6	Santa Rosa	US	1969	1-Oct-69	Magnitud: 5.6 [5.7] (M _L)		Acueducto	Diámetro: 3" a 6"	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)				219	0.028	0.0085344	5.9	14.986				(ALA 2001b, p. 21, 50. Figure A-1)	(Tromans 2004, p. 81. Figure 3.16)

	ID	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud	Duración	Elemento Expuesto	Diámetro	Material	Repairs	Roturas	Millas	Km	RR / Km	RR / 1000 ft	PGV (in/sec)	PGV (cm/sec)	PGA (g)	PGA (gales)	Nota	Fuente	Fuente 2
9	7	San Fernando	Los Angeles - US	1971	9-Feb-71	Magnitud: 6.6			Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)					0.04	0.012192			0.18	176.58	El valor mínimo de PGA	(Katayama, Kubo et al. 1975a.)	(O'Rourke & Lui 1999 - Bresko 1990), (Tromans 2004, p. 77. Figure 3.13)
10	7	San Fernando	Los Angeles - US	1971	9-Feb-71	Magnitud: 6.6			Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)					2	0.60959998			0.3	294.3	El valor máximo (mas representativo de acuerdo con la tendencia) de PGA	(Katayama, Kubo et al. 1975a.)	(O'Rourke & Lui 1999 - Bresko 1990), (Tromans 2004, p. 77. Figure 3.13)
11	7	San Fernando	Los Angeles - US	1971	9-Feb-71	Magnitud: 6.6		Acueducto	Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)				242.6	0.0412	0.01255776	11.8	29.972			Zona 1	(ALA 2001b, p. 20)	
12	7	San Fernando	Los Angeles - US	1971	9-Feb-71	Magnitud: 6.6		Acueducto	Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)				271.6	0.0221	0.00673608	7.1	18.034			Zona 2	(ALA 2001b, p. 20)	
13	7	San Fernando	Los Angeles - US	1971	9-Feb-71	Magnitud: 6.6		Acueducto	Diámetro: 3" a 6"	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)					0.155	0.047243998	11.8	29.972				(ALA 2001b, p. 50, Figure A-1).	(Tromans 2004, p. 81. Figure 3.16)
14	7	San Fernando	Los Angeles - US	1971	9-Feb-71	Magnitud: 6.6		Acueducto	Diámetro: 3" a 6"	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)					0.024	0.0073152	5.905511811	15				(ALA 2001b, p. 50, Figure A-1).	(Tromans 2004, p. 81. Figure 3.16)
15	7	San Fernando - Los Angeles	Los Angeles - US	1971	9-Feb-71	Magnitud: 6.6		Tubería Principal	Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)	856											(ALA 2001b, p. 32, Table 4-1)	
16	8	Managua	Nicaragua	1972	23-Dec-72	Magnitud: 6.3			Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (la mayoría)					1.25	0.380999988			0.25	245.25		(Katayama, Kubo et al. 1975a.)	(O'Rourke & Lui 1999 - Bresko 1990), (Tromans 2004, p. 77. Figure 3.13)

	ID	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud	Duración	Elemento Expuesto	Diámetro	Material	Repairs	Roturas	Millas	Km	RR / Km	RR / 1000 ft	PGV (in/sec)	PGV (cm/sec)	PGA (g)	PGA (gales)	Nota	Fuente	Fuente 2
	17	9	Haicheng	China	1975	Magnitud: 7.3		Tubería enterrada de agua de 4 ciudades circundantes	Diámetro: Todos	Material: Todos					2.78871	0.85						(ALA 2001b. p. 19)	
	18	10	Imperial Valley	US	1979	15-Oct-79	Magnitud: 6.5		Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF	19			18.5								(ALA 2001b. p. 20)	
	19	10	Imperial Valley	US	1979	15-Oct-79	Magnitud: 6.5		Acueducto	Material: Asbesto Cemento	6			100	0.06	0.018287999	15	38.1				(ALA 2001b. p. 20)	
	20	11	Coalinga	US	1983	2-May-83	Magnitud: 6.2		Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF	8			13.8								(ALA 2001b. p. 19)	
	21	11	Coalinga	US	1983	2-May-83	Magnitud: 6.2		Acueducto	Material: Hierro Fundido - HF					0.78084	0.238	11.8	29.972			Punto E de la curva de O'Rourke y Ayala 1993	(ALA 2001b. p. 51, Figure A-2)	
	22	11	Coalinga	US	1983	2-May-83	Magnitud: 6.2		Acueducto	Material: Asbesto Cemento					0.32808	0.1	11.8	29.972				(ALA 2001b. p. 51, Figure A-2).	(Tromars 2004. p. 81. Figure 3.16)
	23	12	Whittier	US	1983	2-May-83	Magnitud: 6.2		Acueducto	Material: Hierro Fundido - HF				177.1	0.0791	0.024109679	11	27.94				(ALA 2001b. p. 20)	
	24	13	México City	México	1985	19-Sep-85	Magnitud: 8.1	120 Seg	Tubería de Distribución del Sistema de Acueducto del Distrito Federal	Diámetro: 2" a 18"	Material: Todos	5100										(ALA 2001b. p. 19)	

ID	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud	Duración	Elemento Expuesto	Diámetro	Material	Repairs	Roturas	Millas	Km	RR / Km	RR / 1000 ft	PGV (in/sec)	PGV (cm/sec)	PGA (g)	PGA (gales)	Nota	Fuente	Fuente 2
25	13	México City	México	1985	19-Sep-85	Magnitud: 8.1	120 Seg	Tubería Principal del Sistema de Acueducto del Distrito Federal	Diámetro: 20" a 48"	Material: Todos	180		570	0.31579	0.096252628						(ALA 2001b. p. 19)	
26	13	México City	México	1985	19-Sep-85	Magnitud: 8.1	120 Seg	Tuberías del Sistema de Acueducto del Estado de México	Diámetro: Todos	Material: Todos	1100										(ALA 2001b. p. 19)	
27	13	México City	México	1985	19-Sep-85	Magnitud: 8.1	120 Seg	Sistema de Acueducto del Estado de México	Diámetro: Todos	Material: Todos	70										(ALA 2001b. p. 19)	
28	13	México City	México	1985	19-Sep-85	Magnitud: 8.1	120 Seg	Total (Acueducto de Distrito Federal y del Estado de México)	Diámetro: Todos	Material: Todos	Mas de 6500										(ALA 2001b. p. 19)	
29	13	Michoacán	México	1985	19-Sep-85	Magnitud: 8.1	120 Seg	Acueducto	Diámetro: Todos	Material: Asbesto Cemento y Hierro Furdido				0.07	0.021335999	4.330708661	11			Datos en la zona de transición	(Tromars 2004. p.79. 81. Figures 3.15, 3.16)	
30	13	Michoacán	México	1985	19-Sep-85	Magnitud: 8.1	120 Seg	Acueducto	Diámetro: Todos	Material: Todos				0.00984	0.003	4.2	10.668				(Tromars 2004. p.81. Figure 3.16)	
31	13	Michoacán	México	1985	19-Sep-85	Magnitud: 8.1	120 Seg	Acueducto	Diámetro: Todos	Material: Todos				0.7874	0.24	11.8	29.972				(Tromars 2004. p.81. Figure 3.16)	
32	13	Michoacán	México	1985	19-Sep-85	Magnitud: 8.1	120 Seg	Acueducto	Diámetro: Todos	Material: Todos				0.45932	0.14	18.7	47.498				(Tromars 2004. p.81. Figure 3.16)	
33	13	Michoacán	México	1985	19-Sep-85	Magnitud: 8.1	120 Seg	Acueducto	Diámetro: Todos	Material: Todos				1.5748	0.48	21.1	53.594				(Tromars 2004. p.81. Figure 3.16)	
34	14	México	Tlahuac	1989	25-Apr-89	Magnitud: 6.9 (M _s)		Acueducto	Diámetro: 72"	Material: PCCP				1.49278	0.455	21.3	54.102				(ALA 2001b. p. 51. Figure A-2)	

	ID	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud	Duración	Elemento Expuesto	Diámetro	Material	Repairs	Roturas	Millas	Km	RR / Km	RR / 1000 ft	PGV (in/sec)	PGV (cm/sec)	PGA (g)	PGA (gales)	Nota	Fuente	Fuente 2	
	35	14	México	Tlahuac	1989	25-Apr-89		Magnitud: 6.9 (M _s)	Acueducto	Diámetro: 72"	Material: PCCP					0.16896	0.0515	9.84	24.9936			(ALA 2001b.p. 51, Figure A-2). (Tromans 2004, p. 81, Figure 3.16)		
	36	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89		Magnitud: 7	Acueducto	Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (principalmente)	15		1081.19	1740	0.00862	0.002627586						(ALA 2001b.p. 20)	
	37	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89		Magnitud: 7	Acueducto	Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido - HF (principalmente)			1081.19	1740	0.0086	0.00262128	5.3	13.462				(ALA 2001b.p. 20)	
	38	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89		Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Todos	135		3240	5214.3	0.02589	0.007891414	8	20.32			PGV promedio de los 4 rangos. Incluye datos de conexiones de servicio.	Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b.p. 28)	
	39	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89		Magnitud: 7	Tuberías Principales Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Acero Soldado	46		752	1210.2	0.03801	0.011585267	8	20.32			PGV promedio de los 4 rangos. Incluye datos de conexiones de servicio.	Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b.p. 28)	
	40	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89		Magnitud: 7	Tuberías Principales Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Asbesto Cemento	13		1008	1622.2	0.00801	0.00244258	8	20.32			PGV promedio de los 4 rangos. Incluye datos de conexiones de servicio.	Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b.p. 28)	

	ID	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud	Duración	Elemento Expuesto	Diámetro	Material	Repairs	Roturas	Millas	Km	RR / Km	RR / 1000 ft	PGV (in/sec)	PGV (cm/sec)	PGA (g)	PGA (gales)	Nota	Fuente	Fuente 2
	41	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Tuberías Principales Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido	52		1480	2381.8	0.02183	0.006654381	8	20.32			PGV promedio de los 4 rangos. Incluye datos de conexiones de servicio.	Apartir de: (ALA 2001b.p. 28)	
	42	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Tuberías Principales Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Todos	113											(ALA 2001a.p. 32, Table 4-1)	
	43	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Tuberías Domiciliarias de Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Todos	22											(ALA 2001a.p. 32, Table 4-1)	
	44	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido			473.2	761.54	0.01837	0.0056	3	7.62			PGV promedio del primer rango	(ALA 2001b.p. 28, Tables A3-4, A3-5)	
	45	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido			123.2	198.27	0.04035	0.0123	5	12.7			PGV promedio del segundo rango	(ALA 2001b.p. 28, Tables A3-4, A3-5)	
	46	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido			878.8	1414.3	0.01696	0.00517	7	17.78			PGV promedio del tercer rango	(ALA 2001b.p. 28, Tables A3-4, A3-5)	
	47	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido			20.6	33.152	0.30148	0.09189	17	43.18			PGV promedio del cuarto rango	(ALA 2001b.p. 28, Tables A3-4, A3-5)	

	ID	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud	Duración	Elemento Expuesto	Diámetro	Material	Repairs	Roturas	Millas	Km	RR / Km	RR / 1000 ft	PGV (in/sec)	PGV (cm/sec)	PGA (g)	PGA (gales)	Nota	Fuente	Fuente 2
	48	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Asbesto Cemento			444.7	715.68	0.11188	0.0341	3	7.62			PGV promedio del primer rango	(ALA 2001b. p. 28. Tables A3-4, A3-5)	
	49	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Asbesto Cemento			79.2	127.46	0.00784	0.00239	5	12.7			PGV promedio del segundo rango	(ALA 2001b. p. 28. Tables A3-4, A3-5)	
	50	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Asbesto Cemento			438.3	705.38	0.00282	0.00086	7	17.78			PGV promedio del tercer rango	(ALA 2001b. p. 28. Tables A3-4, A3-5)	
	51	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Asbesto Cemento			46.2	74.352	0.04035	0.0123	17	43.18			PGV promedio del cuarto rango	(ALA 2001b. p. 28. Tables A3-4, A3-5)	
	52	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Acero Soldado			374.2	602.22	0.0083	0.00253	3	7.62			PGV promedio del primer rango	(ALA 2001b. p. 28. Tables A3-4, A3-5)	
	53	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Acero Soldado			45	72.42	0.02759	0.00841	5	12.7			PGV promedio del segundo rango	(ALA 2001b. p. 28. Tables A3-4, A3-5)	
	54	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Acero Soldado			279.3	449.49	0.02001	0.0061	7	17.78			PGV promedio del tercer rango	(ALA 2001b. p. 28. Tables A3-4, A3-5)	
	55	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: Todos	Material: Acero Soldado			60	96.561	0.48642	0.14826	17	43.18			PGV promedio del cuarto rango	(ALA 2001b. p. 28. Tables A3-4, A3-5)	

	ID	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud	Duración	Elemento Expuesto	Diámetro	Material	Repairs	Roturas	Millas	Km	RR / Km	RR / 1000 ft	PGV (in/sec)	PGV (cm/sec)	PGA (g)	PGA (gales)	Nota	Fuente	Fuente 2
	56	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: 4"	Material: Hierro Fundido - Asbesto - Cemento - Acero Soldado	12		321	516.6	0.02323	0.007080147						Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b, p. 30,31)	
	57	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: 6"	Material: Hierro Fundido - Asbesto - Cemento - Acero Soldado	68		1558	2507.4	0.02712	0.008266231						Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b, p. 30,31)	
	58	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: 8"	Material: Hierro Fundido - Asbesto - Cemento - Acero Soldado	29		661	1063.8	0.02726	0.008309265						Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b, p. 30,31)	
	59	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: 10" a 12"	Material: Hierro Fundido - Asbesto - Cemento - Acero Soldado	18		371	597.07	0.03015	0.009188924						Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b, p. 30,31)	
	60	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89	Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: 16" a 20"	Material: Hierro Fundido - Asbesto - Cemento - Acero Soldado	3		179	288.07	0.01041	0.0031742						Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b, p. 30,31)	

	ID	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud	Duración	Elemento Expuesto	Diámetro	Material	Repairs	Roturas	Millas	Km	RR / Km	RR / 1000 ft	PGV (in/sec)	PGV (cm/sec)	PGA (g)	PGA (gales)	Nota	Fuente	Fuente 2	
	61	15	Loma Prieta	US	1989	18-Oct-89		Magnitud: 7	Acueducto (EBMUD Water System)	Diámetro: 24" a 60"	Material: Hierro Fundido - Asbesto Cemento - Acero Soldado	3		151	243.01	0.01235	0.003762793						Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b, p. 30,31)	
	62	16	Northridge	US	1994	17-Jan-94		Magnitud: 6.7	Acueducto (LADWP Water System)	Diámetro: <= 24"	Material: Hierro Fundido	673		7848	0.08575	0.02613792							(ALA 2001b, p. 33)	
	63	16	Northridge	US	1994	17-Jan-94		Magnitud: 6.7	Acueducto (LADWP Water System)	Diámetro: <= 24"	Material: Hierro Dúctil	24		433	0.05543	0.016894226							(ALA 2001b, p. 33)	
	64	16	Northridge	US	1994	17-Jan-94		Magnitud: 6.7	Acueducto (LADWP Water System)	Diámetro: <= 24"	Material: Asbesto Cemento	26		961	0.02706	0.00824641							(ALA 2001b, p. 33)	
	65	16	Northridge	US	1994	17-Jan-94		Magnitud: 6.7	Acueducto (LADWP Water System)	Diámetro: <= 24"	Material: Todos	939											(ALA 2001b, p. 33)	
	66	17	Hyogoken-nanbu	Kobe - Japan	1995	16-Jan-95		Magnitud: 6.7	Tubería Principal de Acueducto en la ciudad de Kobe	Diámetro: Todos	Material: Hierro Dúctil			3180	0.25	0.076199998							(ALA 2001b, p. 39)	
	67	17	Hyogoken-nanbu	Kobe - Japan	1995	16-Jan-95		Magnitud: 6.7	Tubería Principal de Acueducto en la ciudad de Kobe	Diámetro: Todos	Material: Hierro Dúctil (uniones especiales flexibles) - Sy Sll Joint Type			270	0	0							(ALA 2001b, p. 39)	

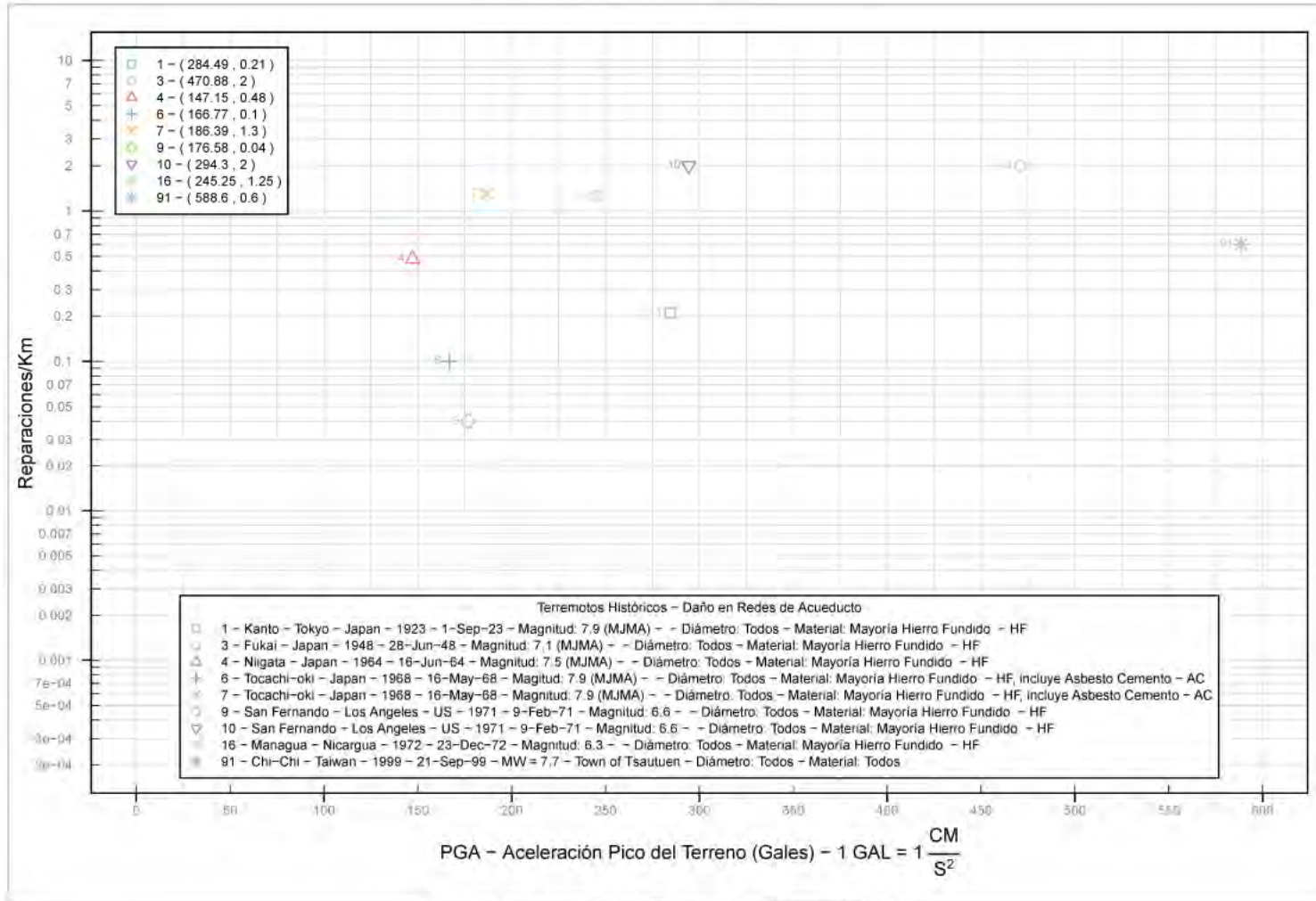
	ID	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud	Duración	Elemento Expuesto	Diámetro	Material	Repairs	Roturas	Millas	Km	RR / Km	RR / 1000 ft	PGV (in/sec)	PGV (cm/sec)	PGA (g)	PGA (gales)	Nota	Fuente	Fuente 2
	68	Hyogoken-nanbu	Kobe - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Principal de Acueducto en la ciudad de Kobe	Diámetro: Todos	Material: Acero Soldado				103	0.15	0.045719999						(ALA 2001b. p. 38)	
	69	Hyogoken-nanbu	Kobe - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Principal de Acueducto en la ciudad de Kobe	Diámetro: Todos	Material: Hierro Fundido				309	1.3	0.396239987						(ALA 2001b. p. 38)	
	70	Hyogoken-nanbu	Kobe - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Principal de Acueducto en la ciudad de Kobe	Diámetro: Todos	Material: PVC				126	0.2	0.060959998						(ALA 2001b. p. 38)	
	71	Hyogoken-nanbu	Kobe - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Principal de Acueducto en la ciudad de Kobe	Diámetro: Todos	Material: Todos	1757			3955	0.439	0.133807196						(ALA 2001b. p. 38)	
	72	Hyogoken-nanbu	Kobe - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Conexiones del Cliente	Diámetro: Todos	Material: Todos	72000											(Oliveira, Roca et al. 2006. p. 188)	
	73	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: Todos	Material: Todos	303			192	1.58	0.481583985						(ALA 2001b. p. 39)	
	74	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: <= 75 mm - 3"	Material: Todos	505			266.1	1.898	0.578510381						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-7)	
	75	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: [100 mm - 150 mm] - [4" - 6"]	Material: Todos	1317			1423	0.926	0.282244791						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-7)	
	76	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: [200 mm - 250 mm] - [8" - 10"]	Material: Todos	412			439.9	0.937	0.285597591						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-7)	

	ID	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud	Duración	Elemento Expuesto	Diámetro	Material	Repairs	Roturas	Millas	Km	RR / Km	RR / 1000 ft	PGV (in/sec)	PGV (cm/sec)	PGA (g)	PGA (gales)	Nota	Fuente	Fuente 2
	77	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: [300 mm - 450 mm]- [12" - 18"]	Material: Todos	283			362.6	0.783	0.238658392						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-7)	
	78	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: >= 500 mm - 20"	Material: Todos	87			169.5	0.513	0.156362395						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-7)	
	79	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: <= 75 mm - 3"	Material: Hierro Fundido					2.6	0.792479975						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-8)	
	80	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: [100 mm - 150 mm]- [4" - 6"]	Material: Hierro Fundido					1.86	0.566927982						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-8)	
	81	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: [200 mm - 250 mm]- [8" - 10"]	Material: Hierro Fundido					1.687	0.514197584						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-8)	
	82	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: [300 mm - 450 mm]- [12" - 18"]	Material: Hierro Fundido					0.85	0.259079992						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-8)	
	83	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: >= 500 mm - 20"	Material: Hierro Fundido					0.301	0.091744797						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-8)	
	84	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: <= 75 mm - 3"	Material: Hierro Dúctil					1.029	0.31363919						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-8)	
	85	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: [100 mm - 150 mm]- [4" - 6"]	Material: Hierro Dúctil					0.486	0.148132795						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-8)	

	ID	Terremoto	Lugar	Año	Fecha	Magnitud	Duración	Elemento Expuesto	Diámetro	Material	Repairs	Roturas	Millas	Km	RR / Km	RR / 1000 ft	PGV (in/sec)	PGV (cm/sec)	PGA (g)	PGA (gales)	Nota	Fuente	Fuente 2
	86	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: [200 mm - 250 mm] - [8" - 10"]	Material: Hierro Dúctil					0.545	0.166115995						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-8)	
	87	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: [300 mm - 450 mm] - [12" - 18"]	Material: Hierro Dúctil					0.48	0.146303995						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-8)	
	88	Hyogoken-nanbu	Ashiya - Japan	1995	16-Jan-95	Magnitud: 6.7		Tubería Acueducto	Diámetro: >= 500 mm - 20"	Material: Hierro Dúctil					0.061	0.018592799						(ALA 2001a. p. 44. Table 4-8)	
	89	Kokaely - Izmit	Turkey	1999	17-Ago-99	M _w = 7.4			Diámetro: Todos	Material: Todos	1000 a 3000				0.5 - 1							(ALA 2001b. p. 46)	
	90	Chi-Chi	Taiwán	1999	21-Sep-99	M _w = 7.7		Town of Tsautuen	Diámetro: Todos	Material: Todos					0.4 - 7				0.2	196.2		(ALA 2001b. p. 46)	
	91	Chi-Chi	Taiwán	1999	21-Sep-99	M _w = 7.7		Town of Tsautuen	Diámetro: Todos	Material: Todos					0.6	0.182879994			0.6	588.6		(ALA 2001b. p. 46)	

Los datos relacionados con PGA, y con PGV de esta Tabla 65 se pueden ver resumidos gráficamente a continuación:

Daño en Redes de Acueducto Registro Histórico

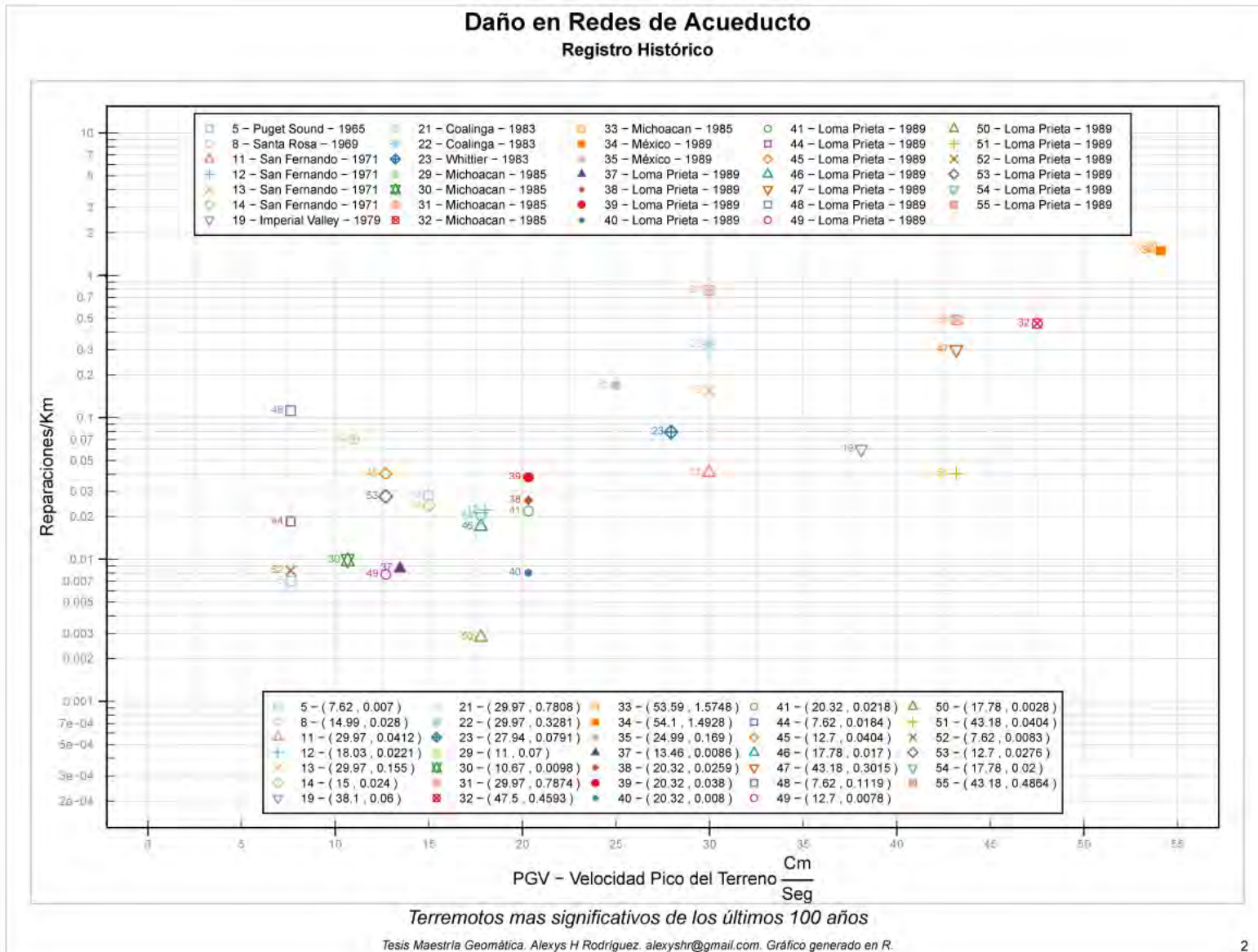


Terremotos mas significativos de los últimos 100 años

Tesis Maestría Geomática. Alexys H Rodríguez. alexyshr@gmail.com. Gráfica generado en R.

Fuente: Anexo No 13. Página 1

Figura 80. Registro histórico del daño en redes de acueducto. Parámetro de amenaza: Aceleración Pico del Terreno (PGA)



Fuente: Anexo No 13. Página 2

Figura 81. Registro histórico del daño en redes de acueducto. Parámetro de amenaza: Velocidad Pico del Terreno (PGV). Parte 1

Leyenda

Terremotos Históricos – Daño en Redes de Acueducto	
5	- Puget Sound – US – 29-Apr-65 – Magnitud: 6.5 (ML) – Acueducto – Diámetro: 8" a 10" – Material: Hierro Fundido – HF – (ALA 2001b, p. 21, 50, Figure A-1), (Tromans 2004, p. 81, Figure 3.16)
8	- Santa Rosa – US – 1-Oct-69 – Magnitud: 5.6 [5.7] (ML) – Acueducto – Diámetro: 3" a 6" – Material: Hierro Fundido – HF – (ALA 2001b, p. 21, 50, Figure A-1), (Tromans 2004, p. 81, Figure 3.16)
11	- San Fernando – Los Angeles – US – 9-Feb-71 – Magnitud: 6.6 – Acueducto – Diámetro: Todos – Material: Hierro Fundido – HF – (ALA 2001b, p. 20)
12	- San Fernando – Los Angeles – US – 9-Feb-71 – Magnitud: 6.6 – Acueducto – Diámetro: Todos – Material: Hierro Fundido – HF – (ALA 2001b, p. 20)
13	- San Fernando – Los Angeles – US – 9-Feb-71 – Magnitud: 6.6 – Acueducto – Diámetro: 3" a 6" – Material: Hierro Fundido – HF – (ALA 2001b, p. 50, Figure A-1), (Tromans 2004, p. 81, Figure 3.16)
14	- San Fernando – Los Angeles – US – 9-Feb-71 – Magnitud: 6.6 – Acueducto – Diámetro: 3" a 6" – Material: Hierro Fundido – HF – (ALA 2001b, p. 50, Figure A-1), (Tromans 2004, p. 81, Figure 3.16)
19	- Imperial Valley – US – 15-Oct-79 – Magnitud: 6.5 – Acueducto – Diámetro: Todos – Material: Asbesto Cemento – (ALA 2001b, p. 20)
21	- Coalinga – US – 2-May-83 – Magnitud: 6.2 – Acueducto – Diámetro: 3" a 6" – Material: Hierro Fundido – HF – (ALA 2001b, p. 51, Figure A-2)
22	- Coalinga – US – 2-May-83 – Magnitud: 6.2 – Acueducto – Diámetro: 3" a 10" – Material: Asbesto Cemento – (ALA 2001b, p. 51, Figure A-2), (Tromans 2004, p. 81, Figure 3.16)
23	- Whittier – US – 2-May-83 – Magnitud: 6.2 – Acueducto – Diámetro: Todos – Material: Hierro Fundido – HF – (ALA 2001b, p. 20)
29	- Michoacan – México – 19-Sep-85 – Magnitud: 8.1 – Acueducto – Diámetro: Todos – Material: Asbesto Cemento y Hierro Fundido – (Tromans 2004, p. 79, 81, Figures 3.15, 3.16)
30	- Michoacan – México – 19-Sep-85 – Magnitud: 8.1 – Acueducto – Diámetro: Todos – Material: Todos – (Tromans 2004, p. 81, Figure 3.16)
31	- Michoacan – México – 19-Sep-85 – Magnitud: 8.1 – Acueducto – Diámetro: Todos – Material: Todos – (Tromans 2004, p. 81, Figure 3.16)
32	- Michoacan – México – 19-Sep-85 – Magnitud: 8.1 – Acueducto – Diámetro: Todos – Material: Todos – (Tromans 2004, p. 81, Figure 3.16)
33	- Michoacan – México – 19-Sep-85 – Magnitud: 8.1 – Acueducto – Diámetro: Todos – Material: Todos – (Tromans 2004, p. 81, Figure 3.16)
34	- México – Tlahuac – 25-Apr-89 – Magnitud: 8.9 (MS) – Acueducto – Diámetro: 72" – Material: PCCP – (ALA 2001b, p. 51, Figure A-2)
35	- México – Tlahuac – 25-Apr-89 – Magnitud: 8.9 (MS) – Acueducto – Diámetro: 72" – Material: PCCP – (ALA 2001b, p. 51, Figure A-2), (Tromans 2004, p. 81, Figure 3.16)
37	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto – Diámetro: Todos – Material: Hierro Fundido – HF (principalmente) – (ALA 2001b, p. 20)
38	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Todos – Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b, p. 28)
39	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Tuberías Principales Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Acero Soldado – Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b, p. 28)
40	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Tuberías Principales Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Asbesto Cemento – Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b, p. 28)
41	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Tuberías Principales Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Hierro Fundido – Calculado a partir de los datos de: (ALA 2001b, p. 28)
44	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Hierro Fundido – HF – (ALA 2001b, p. 28, Tables A.3-4, A.3-5)
45	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Hierro Fundido – HF – (ALA 2001b, p. 28, Tables A.3-4, A.3-5)
46	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Hierro Fundido – HF – (ALA 2001b, p. 28, Tables A.3-4, A.3-5)
47	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Hierro Fundido – HF – (ALA 2001b, p. 28, Tables A.3-4, A.3-5)
48	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Asbesto Cemento – (ALA 2001b, p. 28, Tables A.3-4, A.3-5)
49	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Asbesto Cemento – (ALA 2001b, p. 28, Tables A.3-4, A.3-5)
50	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Asbesto Cemento – (ALA 2001b, p. 28, Tables A.3-4, A.3-5)
51	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Asbesto Cemento – (ALA 2001b, p. 28, Tables A.3-4, A.3-5)
52	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Acero Soldado – (ALA 2001b, p. 28, Tables A.3-4, A.3-5)
53	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Acero Soldado – (ALA 2001b, p. 28, Tables A.3-4, A.3-5)
54	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Acero Soldado – (ALA 2001b, p. 28, Tables A.3-4, A.3-5)
55	- Loma Prieta – US – 18-Oct-89 – Magnitud: 7 – Acueducto (EBMUD Water System) – Diámetro: Todos – Material: Acero Soldado – (ALA 2001b, p. 28, Tables A.3-4, A.3-5)

Fuente: Anexo No 13. Página 3

Figura 82. Registro histórico del daño en redes de acueducto. Parámetro de amenaza: Velocidad Pico del Terreno (PGV). Parte 2

Los resultados históricos de daño en redes de la tabla anterior, se compararon gráficamente con los resultados de los escenarios de daño procesados en la ciudad de Bogotá; es decir el resultado de analizar los cinco escenarios de amenaza (50, 100, 200, 475, 1000 años) con las siete curvas de fragilidad, se comparó la información histórica de la Tabla 65. Información histórica reportada de daño en redes de acueducto por amenaza sísmica.

Para cada una de las curvas de vulnerabilidad utilizadas (ver Tabla 37) se calculó la tasa de reparaciones promedio y se graficó con el valor promedio del parámetro de amenaza (PGA o PGV dependiendo de la curva de fragilidad): (Y=RR/Km, X=media de PGV) o (Y=RR/Km, X=media de PGA). Este análisis se hizo para los promedios de amenaza y daño de toda la ciudad (Zona Geográfica: Bogotá) y por zona de microzonificación de 1997 (Zona Geográfica: Microzonificación Sísmica). El análisis llegó al detalle de comparar por clasificaciones de diámetro y material. El resultado en forma gráfica corresponde al contenido del Anexo No 13: Comparación resultados escenarios de daño vs. daño histórico en redes de acueducto.

En la siguiente tabla se describe el contenido del Anexo No 13.

Tabla 66. Información generada para el análisis paramétrico. Contenido Anexo No 13: Comparación resultados escenarios de daño vs. daño histórico

Págs.	Diámetro	Material	Zona Geográfica	Datos Históricos ^{9, 10}	Descripción
1 - 3	No aplica	No aplica	Mundo	Todos	Daño histórico en redes de acueducto (PGA y PGV)
4 - 10	Todos	Todos	Bogotá	Todos	Comparación escenarios de daño vs. daño histórico por autor: ALA (2001), O'Rourke & Ayala (1993), Eidinger & Ávila (1999), Isoyama (2000), Japan Wasteworks Association (1998), Eidinger – G & E Report (2001), JICA (2002)
11 - 17		HF		Filtrado	
18 - 24					
25 - 30	<= 75 mm – 3"	Todos			
31 – 36	[100 mm – 150 mm] – [4" – 6"]				
37 - 42	[200 mm – 250 mm] – [8" – 10"]				
43 - 48	[300 mm – 450 mm] – [12" – 18"]				
49 – 54	>= 500 mm – 20"				
55 - 60	<= 75 mm – 3"	HF			
61 – 66	[100 mm – 150				

⁹ Dato histórico "todos", significa que se muestra el resultado del escenario de daños con TODOS los datos históricos de daño en acueducto, sin importar filtro por diámetro y material

¹⁰ Dato histórico "filtrado", significa que se muestra el resultado del escenario de daños con los datos históricos de daño en acueducto FILTRADOS teniendo en cuenta diámetro y material

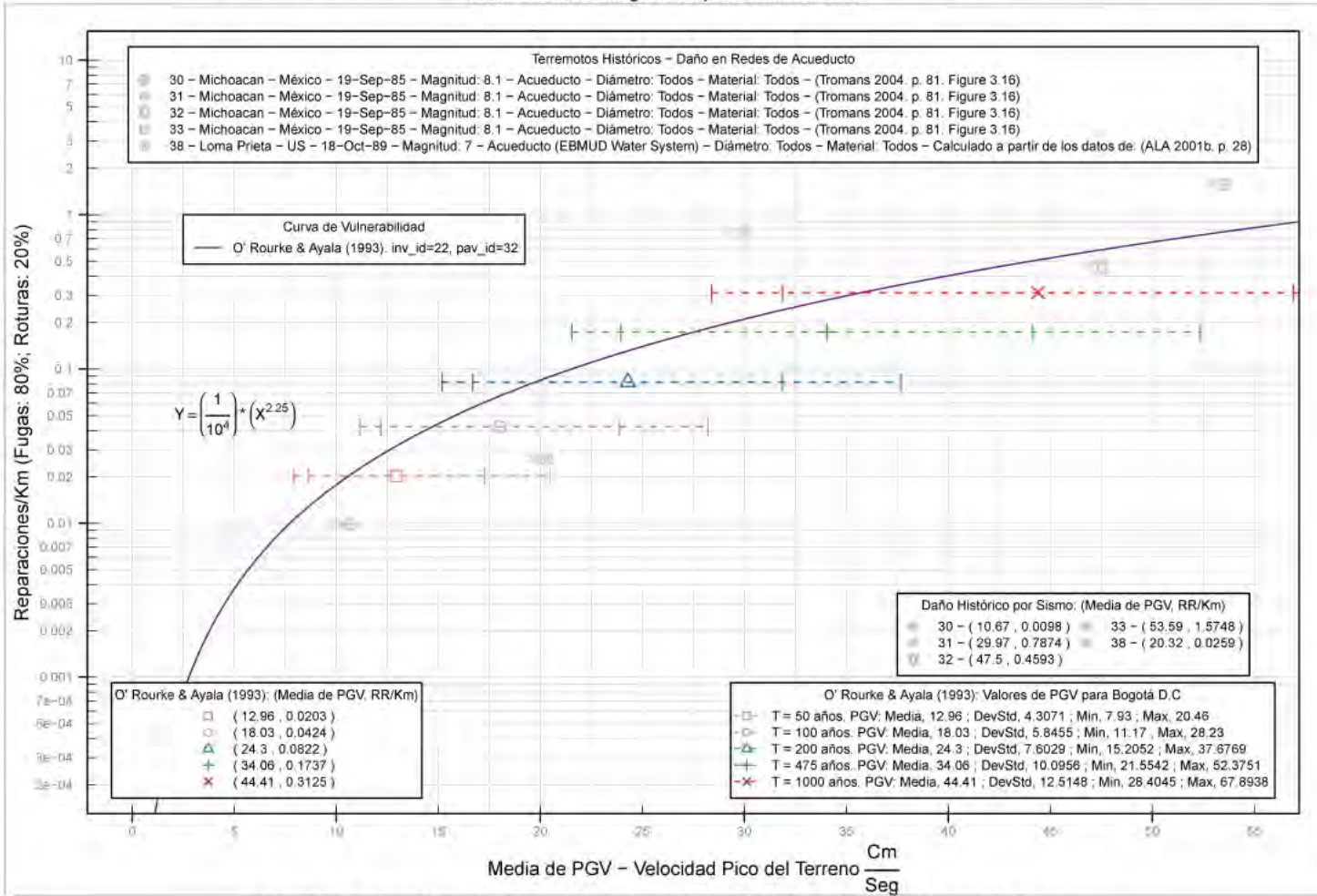
Págs.	Diámetro	Material	Zona Geográfica	Datos Históricos ^{9, 10}	Descripción
	mm] – [4" – 6"]				
67 - 72	[200 mm – 250 mm] – [8" – 10"]				
73 - 78	[300 mm – 450 mm] – [12" – 18"]				
79 - 84	>= 500 mm – 20".				
85 - 90	<= 75 mm – 3"				
91 - 96	[100 mm – 150 mm] – [4" – 6"]	HD			
97 - 102	[200 mm – 250 mm] – [8" – 10"]				
103 - 108	[300 mm – 450 mm] – [12" – 18"]				
109 - 114	>= 500 mm – 20".				
115 - 120	72"	PCCP			
121 - 126	8" a 10"	HF			
127 - 132	3" a 10"	AC			
133 - 138	3" a 6"	HF			
139 - 145	Todos	Todos	Microzonif - Sísmica	Todos	
146 - 152				Filtrado	

A continuación se muestran algunas de las gráficas resultantes más importantes. Ver mas adelante las conclusiones del análisis paramétrico para la zona de estudio.

Daño en Redes de Acueducto de Bogotá D.C. Amenaza todas las fuentes sísmicas

Daño Histórico Vs Resultados Escenarios de Daño. O' Rourke & Ayala (1993). Ground Shaking: PGV(Cm/Seg)

Factor de corrección igual a 0.3 para tuberías dúctiles



Tesis Maestría Geomática. Alexys H Rodriguez. alexyshr@gmail.com Gráfico generado en R.

12

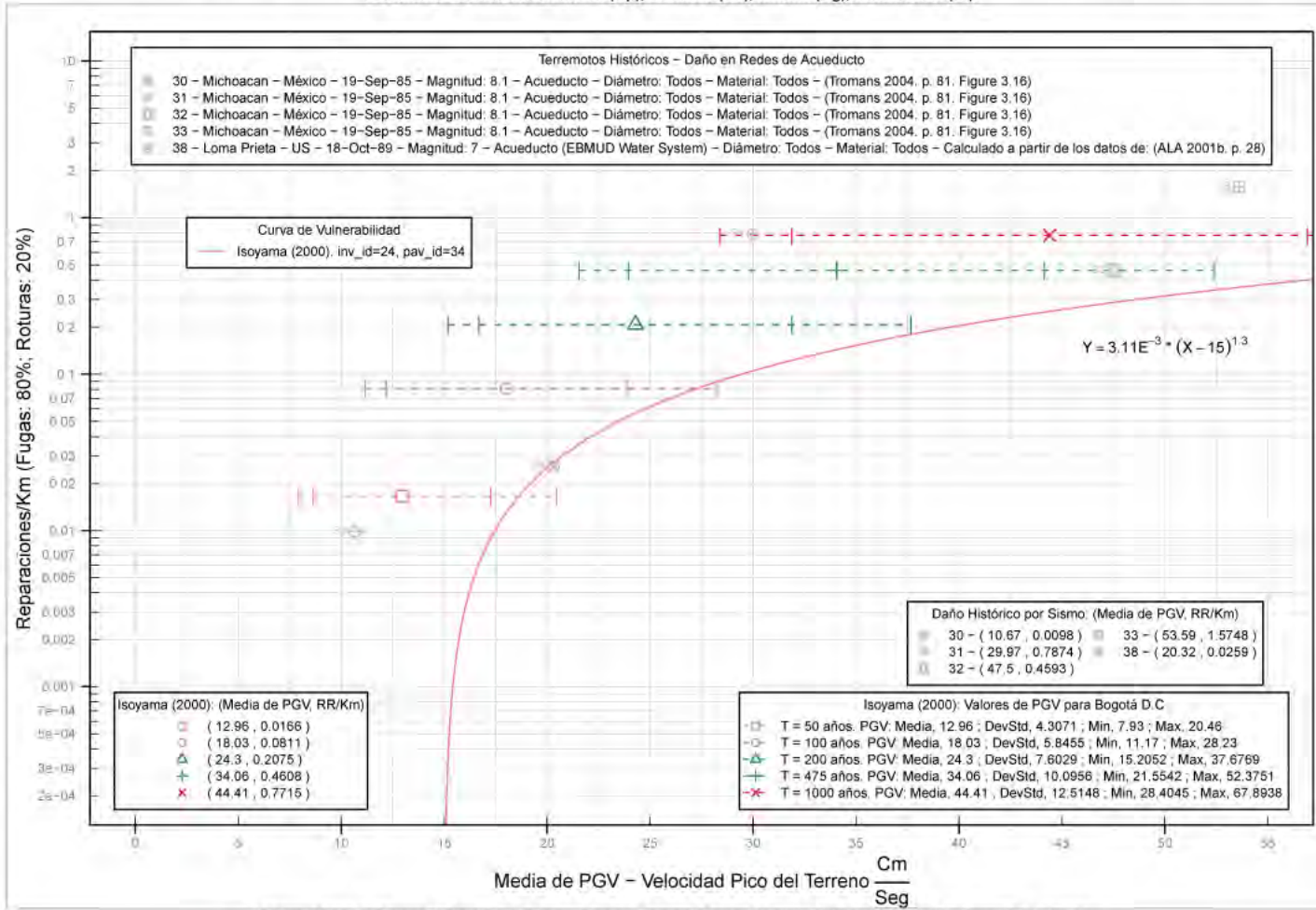
Fuente: Anexo No 13. Página 12

Figura 83. Curva de mejor ajuste para los escenarios de amenaza en estudio (T = 50, 100, 200, 475 y 1000 años). Zona geográfica: Bogotá. O'Rourke y Ayala (1993)

Daño en Redes de Acueducto de Bogotá D.C. Amenaza todas las fuentes sísmicas

Daño Histórico Vs Resultados Escenarios de Daño. Isoyama (2000). Ground Shaking: PGV(Cm/Seg)

Factores de Corrección: Material (Bp), diámetro (Bd), terreno (Bg), licuefacción (Bl).



Tesis Maestría Geomática. Alexys H Rodríguez. alexyshr@gmail.com. Gráfico generado en R.

14

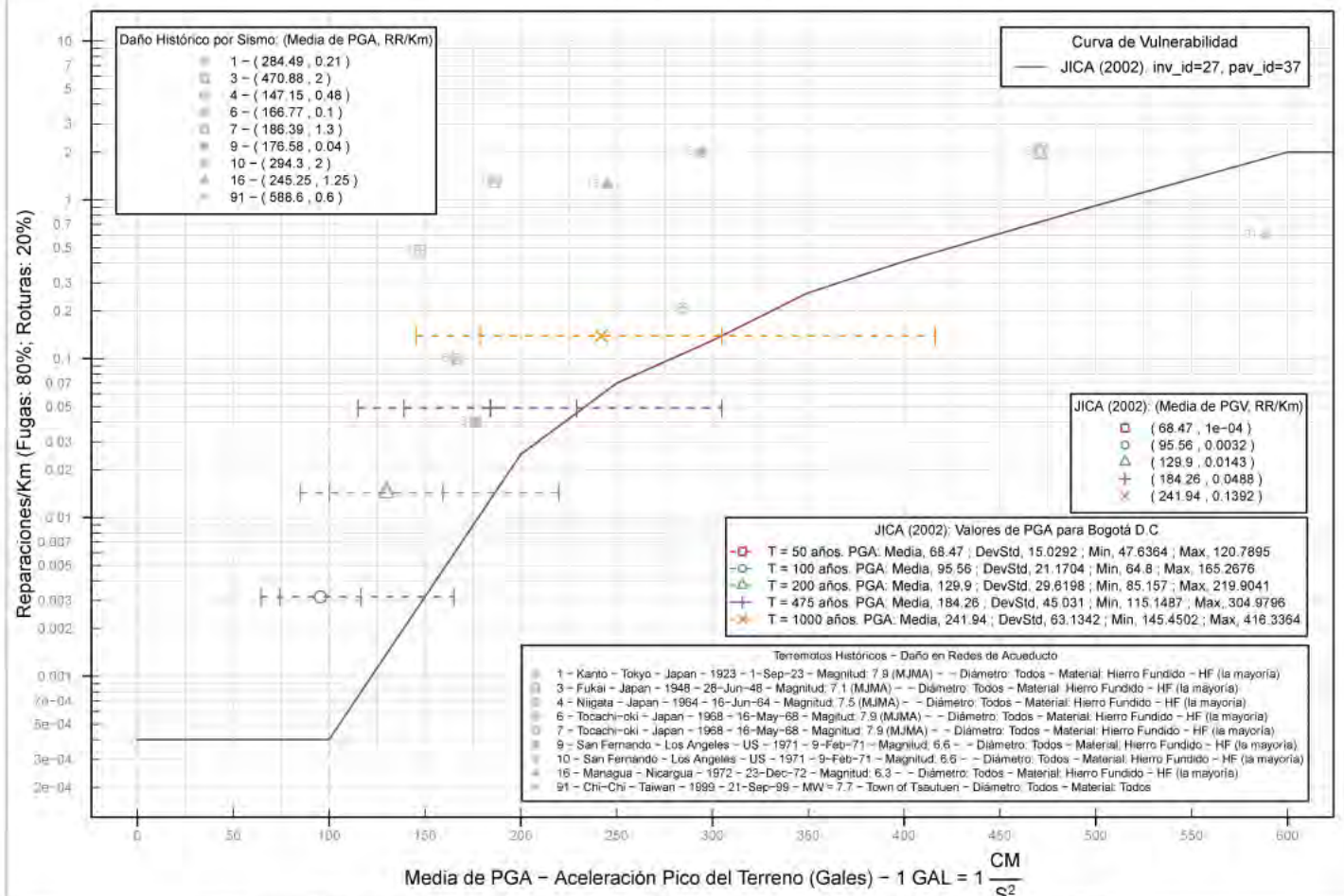
Fuente: Anexo No 13. Página 14

Figura 84. Curva mas apropiada para escenarios de amenaza con periodos de retorno altos (475, 1000, 2000 años). Zona geográfica: Bogotá. Isoyama 2000

Daño en Redes de Acueducto de Bogotá D.C. Amenaza todas las fuentes sísmicas

Daño Histórico Vs Resultados Escenarios de Daño. JICA (2002). Ground Shaking: PGA(Gales)

Factores de Corrección: Material (Cp), diámetro (Cd), terreno (Cg), licuefacción (Cl).

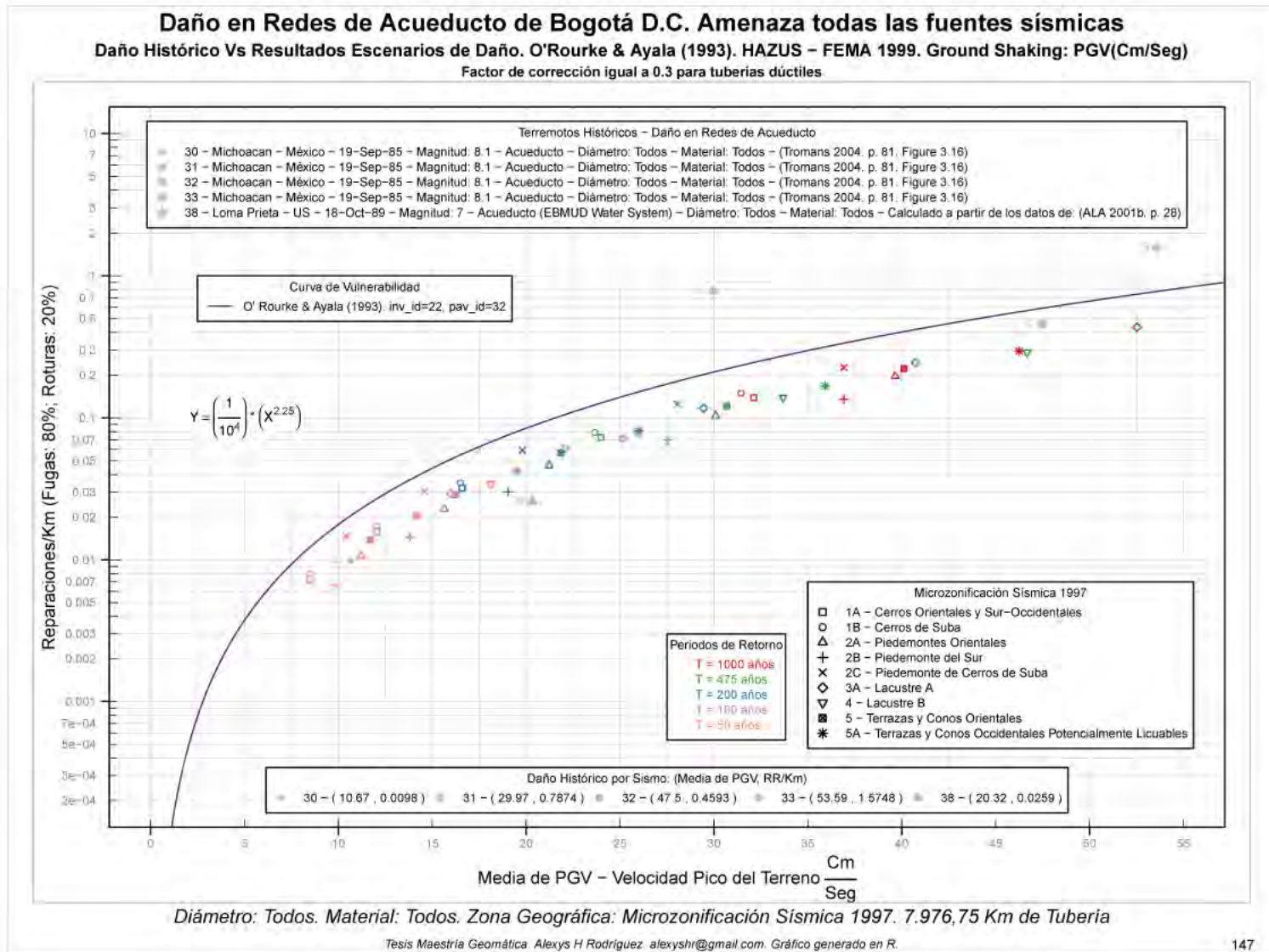


Diámetro: Todos. Material: Todos. Zona Geográfica: Bogotá D.C. 7.976,75 Km de Tubería

Tesis Maestría Geomática. Alexys H Rodríguez. alexysrh@gmail.com. Gráfico generado en R.

Fuente: Anexo No 13. Página 16

Figura 85. La curva propuesta para Colombia en JICA (2002) subestima el daño. Zona geográfica: Bogotá.



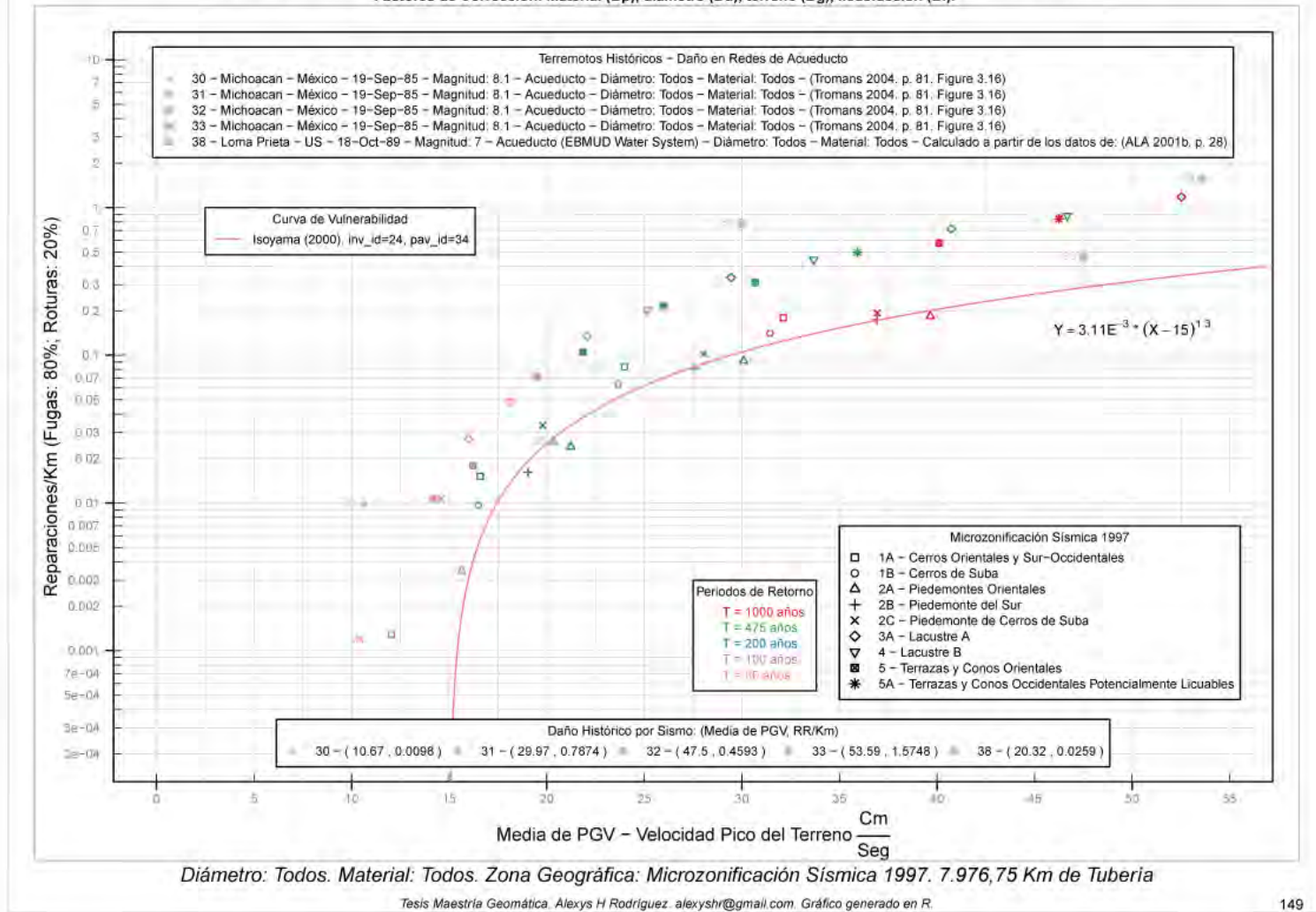
Fuente: Anexo No 13. Página 147

Figura 86. Curva de mejor ajuste para los escenarios de amenaza en estudio (T = 50, 100, 200, 475 y 1000 años). Zona geográfica: Microzonificación Sísmica. O'Rourke y Ayala (1993)

Daño en Redes de Acueducto de Bogotá D.C. Amenaza todas las fuentes sísmicas

Daño Histórico Vs Resultados Escenarios de Daño. Isoyama (2000). Ground Shaking: PGV(Cm/Seg)

Factores de Corrección: Material (Bp), diámetro (Bd), terreno (Bg), licuefacción (Bl).



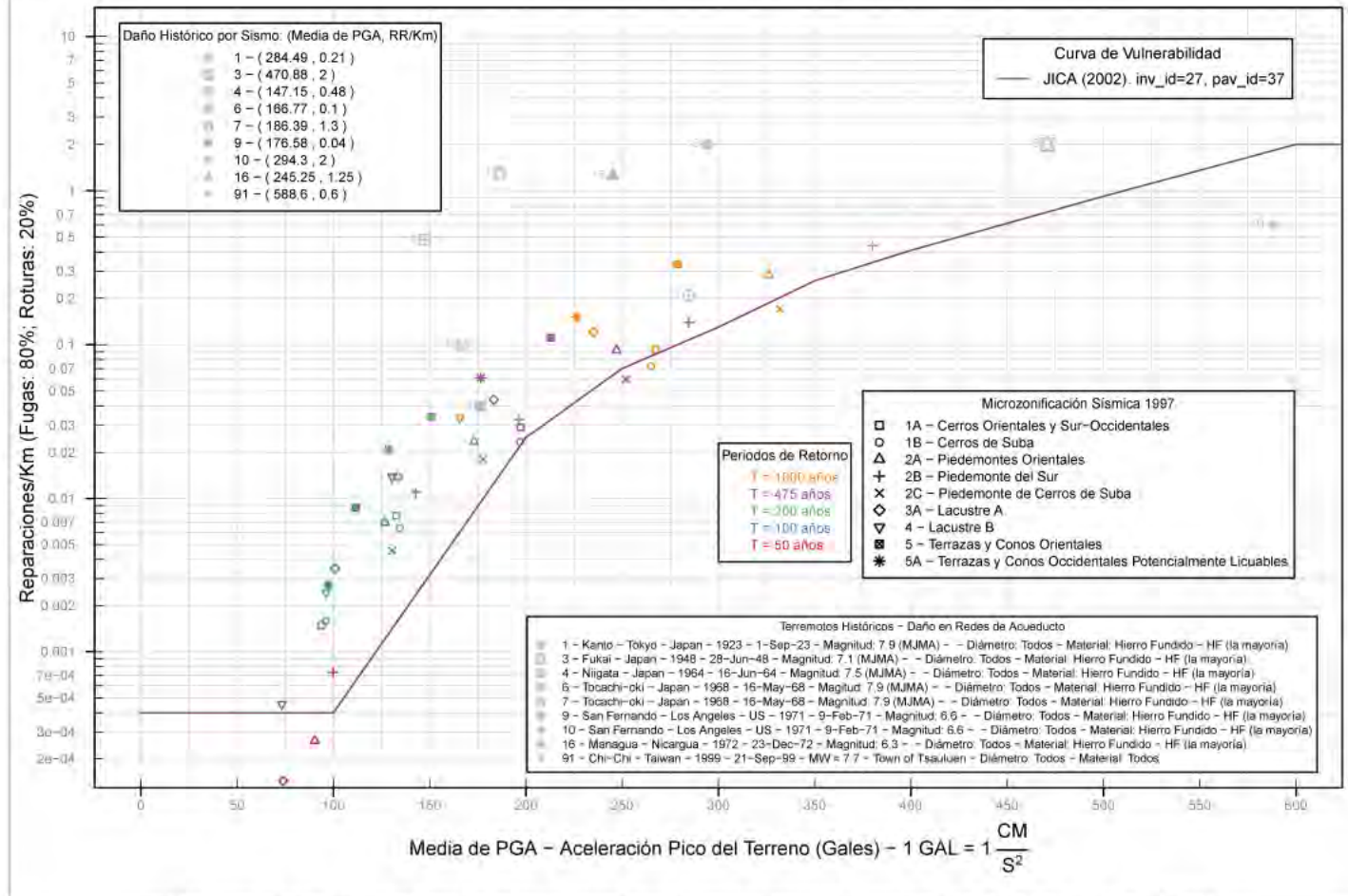
Fuente: Anexo No 13. Página 149

Figura 87. Curva mas apropiada para escenarios de amenaza con periodos de retorno altos (475, 1000, 2000 años). Zona geográfica: Microzonificación Sísmica. Isoyama 2000

Daño en Redes de Acueducto de Bogotá D.C. Amenaza todas las fuentes sísmicas

Daño Histórico Vs Resultados Escenarios de Daño. JICA (2002). Ground Shaking: PGA(Gales)

Factores de Corrección: Material (Cp), diámetro (Cd), terreno (Cg), licuefacción (Cl).



Diámetro: Todos. Material: Todos. Zona Geográfica: Microzonificación Sísmica 1997. 7.976,75 Km de Tubería

Tesis Maestría Geomática. Alexys H Rodríguez. alexyshr@gmail.com. Gráfico generado en R.

151

Fuente: Anexo No 13. Página 151

Figura 88. La curva propuesta para Colombia en JICA (2002) subestima el daño. Zona geográfica: Microzonificación Sísmica.

7.4.3.4 Conclusiones del análisis paramétrico

Págs.	Diámetro	Material	Zona Geográfica	Datos Históricos ^{11, 12}	Conclusiones
4 - 10	Todos		Bogotá	Todos	Ver a continuación conclusiones de las páginas 11 a 17
11 - 17		Todos		Filtrado	<ul style="list-style-type: none"> • (Pág. 11). Para valores mayores a 27 cm/seg los resultados con ALA (2001) son muy bajos. La curva ALA (2001) no es la mas adecuada para escenarios de amenaza con periodos de retorno altos (475, 1000, 2000 años), sin importar que el rango de datos (min y max) con el que se hizo la curva (Tabla 59) cubra sismos pequeños y muy grandes. • (Pág. 12, 13 y 17). Los resultados de O'Rourke & Ayala (1993) son mas ajustados al registro histórico que los resultados de Eidinger & Ávila (1999), y de Eidinger – G & E Report (2001) con los factores de corrección propuestos en (UNIANDES y DPAAE, 2005). • (Pág. 12). Para los escenarios de amenaza en estudio (50, 100, 200, 475 y 1000 años) la curva de O'Rourke & Ayala (1993) arroja los resultados mas congruentes con el registro histórico, sin embargo para otros escenarios de amenaza mas fuertes no es la mas adecuada por el límite superior del rango de datos con el que se generó la curva (Tabla 59) • (Pág. 14 y 15). Tanto por el valor máximo del rango de datos con el que se hizo la curva (Tabla 59), como por los resultados de daño para Bogotá, la curva de Isoyama (2000) con sus factores de corrección como los propone el autor, es la mas adecuada para escenarios de amenaza con periodos de retorno intermedios y altos (200, 475, 1000, 2000 años) • (Pág. 14 y 15) Teniendo en cuenta el valor mínimo del rango de datos con el que se hizo la curva (Tabla 59), la curva Isoyama (2000) (la misma de Japan Wasteworks Association 1998) no es la mas adecuada para escenarios de amenaza con periodos de retorno bajos (50, 100 años) • (Pág. 16). De acuerdo con el registro de daño histórico, la curva propuesta para Colombia en JICA (2002) subestima los resultados para escenarios de amenaza intermedios (T = 475 y 1000 años)

¹¹ Dato histórico “todos”, significa que se muestra el resultado del escenario de daños con TODOS los datos históricos de daño en acueducto, sin importar filtro por diámetro y material

¹² Dato histórico “filtrado”, significa que se muestra el resultado del escenario de daños con los datos históricos de daño en acueducto FILTRADOS teniendo en cuenta diámetro y material

Págs.	Diámetro	Material	Zona Geográfica	Datos Históricos ^{11, 12}	Conclusiones
18 - 24		HF			(Pág. 22). La curva mas adecuada para modelar daño en tuberías de hierro fundido, en un análisis sin filtrar por el diámetro, es la de Japan Wasteworks Association (1998).
25 - 30	<= 75 mm – 3"	Todos			<ul style="list-style-type: none"> Registro histórico insuficiente para ser concluyente A pesar que no se tiene registro histórico adecuado, todas las curvas subestiman el daño para tuberías de diámetro menor a 3" de todos los materiales
31 – 36	[100 mm – 150 mm] – [4" – 6"]				<ul style="list-style-type: none"> Registro histórico insuficiente para ser concluyente A pesar que no se tiene registro histórico adecuado, la curva que mejor parece comportarse para en la estimación del daño en tuberías de 4" a 18" de todos los materiales es la de Isoyama (2000)
37 - 42	[200 mm – 250 mm] – [8" – 10"]				
43 - 48	[300 mm – 450 mm] – [12" – 18"]				
49 – 54	>= 500 mm – 20".				
55 - 60	<= 75 mm – 3".	HF			<ul style="list-style-type: none"> Registro histórico insuficiente para ser concluyente Cuando se analiza por rangos de diámetros de 3" a 18", y teniendo en cuenta que no se tiene registro histórico completo para ser conduyentes, ninguna de las curvas estima (todas subestiman) correctamente el daño en tuberías de hierro fundido.
61 – 66	[100 mm – 150 mm] – [4" – 6"]				
67 - 72	[200 mm – 250 mm] – [8" – 10"]				
73 - 78	[300 mm – 450 mm] – [12" – 18"]				
79 - 84	>= 500 mm – 20".				Registro histórico insuficiente para ser concluyente
85 - 90	<= 75 mm – 3"	HD			<ul style="list-style-type: none"> Registro histórico insuficiente para ser concluyente Cuando se analiza por rangos de diámetros de 3" a 18", y teniendo en cuenta que no se tiene registro histórico completo para ser conduyentes, ninguna de las curvas estima (todas subestiman)
91 - 96	[100 mm – 150 mm] – [4" – 6"]				

Págs.	Diámetro	Material	Zona Geográfica	Datos Históricos ^{11, 12}	Conclusiones
97 - 102	[200 mm – 250 mm] – [8" – 10"]				correctamente el daño en tuberías de hierro dúctil.
103 - 108	[300 mm – 450 mm] – [12" – 18"]				
109 – 114	>= 500 mm – 20".				Registro histórico insuficiente para ser concluyente
115 – 120	72"	PCCP			La curva mas adecuada para modelar daño en tuberías de PCCP con diámetros de 72" es la de Eidinger & Ávila (1999)
121 - 126	8" a 10"	HF			<ul style="list-style-type: none"> Registro histórico insuficiente para ser concluyente Para escenarios de amenaza pequeños (T = 50 años), todas las curvas de fragilidad sobreestiman el daño en tuberías de hierro fundido con diámetros entre 8" y 10"
127 – 132	3" a 10"	AC			<ul style="list-style-type: none"> Solo se puede conducir para escenarios de amenaza con periodo de retorno entre 200 y 475 años. (Pág. 28). La curva mas adecuada para estimar daño en tuberías de asbesto cemento con diámetro de 3" a 6" es la de O'Rourke & Ayala (1993)
133 - 138	3" a 6"	HF			<ul style="list-style-type: none"> Solo se puede conducir para escenarios de amenaza con periodo de retorno hasta de 475 años. (Pág. 136). La curva mas adecuada para estimar daño en tuberías de hierro fundido con diámetro de 3" a 6" es la de Itoyama 2000
139 - 145	Todos	Todos	Microzonif -	Todos	Ver a continuación las conclusiones de las páginas 146 a 152
146 - 152			Sísmica	Filtrado	En la siguiente fila están las conclusiones de las páginas 146 a 152

Conclusiones de las gráficas del Anexo No 13 correspondientes a las páginas 146 a 152:

- Las zonas de la microzonificación que tienen la mejor respuesta al sismo en relación con el parámetro de amenaza sísmica (PGV o PGA) se muestran en la siguiente tabla en orden de mejor (valor bajo) a peor (valor alto) y teniendo en cuenta los resultados de todos los escenarios de amenaza:

Amenaza	T = 50		T = 100		T = 200		T = 475		T = 1000	
	PGV	PGA	PGV	PGA	PGV	PGA	PGV	PGA	PGV	PGA
Baja	1A	4	1B	4	1B	4	1B	4	1B	4

Págs.	Diámetro			Materi al	Zona Geográfica	Datos Históricos ^{11, 12}					Conclusiones
-------	----------	--	--	--------------	--------------------	---------------------------------------	--	--	--	--	--------------

Alta	5A	2A	5A	2A	5 ^a	2A	5A	2A	5A	2A
	3A	2C	3A	2C	3 ^a	2C	3A	2C	3A	2C
	4	2B	4	2B	4	2B	4	2B	4	2B

En la anterior tabla los códigos corresponden a las zonas de microzonificación:

- 1A – Cerros Orientales y Sur-Occidentales
- 1B – Cerros de Suba
- 2A – Piedemontes Orientales
- 2B – Piedemonte del Sur
- 2C – Piedemonte de Cerros de Suba
- 3A – Lacustre A
- 4 – Lacustre B
- 5 – Terrazas y Conos Orientales
- 5A – Terrazas y Conos Occidentales Potencialmente Licuables

De la tabla anterior se puede concluir:

- Contrario a lo que se esperaría la zona que mejor se comporta ante el sismo por tener un menor valor del parámetro de amenaza (a menor valor del parámetro se espera menos daño por la forma de las curvas), es diferente dependiendo del parámetro seleccionado. Si el parámetro es PGV el orden de las zonas de mejor a peor (puesto 1 al 9) es: 1B, 1A, 2B, 2C, 2A, 5, 5A, 3A, 4, sin importar cuál periodo de retorno se trabaje. Si el parámetro es PGA, el orden de las zonas de mejor a peor (puestos 1 y 6 al 9) es: 4, ... 5, 2A, 2C, 2B; del segundo al quinto puesto la posición es un poco diferente para cada periodo de retorno, pero en general puede definirse como (puesto 2 al 5): 5A, 1A, 1B, 3A. Ver siguiente tabla:

	Puesto de Mejor (baja amenaza) a Peor (alta amenaza)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PGV	1B	1A	2B	2C	2A	5	5A	3A	4
PGA	4	5A	1A	1B	3A	5	2A	2C	2B

- Las zonas de la microzonificación que tienen la mejor respuesta al sismo en relación con el daño generado por la sacudida del terreno se muestran en la siguiente tabla en orden de mejor (poco daño) a peor (alto daño), tanto para PGV como para PGA. Para PGV los valores corresponden a los resultados de la curva de O'Rourke & Ayala (1993) y para PGA los valores corresponden a la curva propuesta para Colombia en JICA (2002). La tabla muestra los resultados para todos los escenarios de amenaza estudiados.

Daño	T = 50		T = 100		T = 200		T = 475		T = 1000	
	PGV	PGA	PGV	PGA	PGV	PGA	PGV	PGA	PGV	PGA
Bajo	2B	4	2B	4	2B	4	2B	4	2B	4

Págs.	Diámetro			Materi al		Zona Geográfica			Datos Históricos ^{11, 12}		Conclusiones
-------	----------	--	--	-----------	--	-----------------	--	--	------------------------------------	--	--------------

	3A	2A	3A	5	3A	2B	3A	5	3A	5
Alto	4	2B	4	2B	4	5	4	2B	4	2B

En la anterior tabla los códigos corresponden a las zonas de microzonificación:

- 1A – Cerros Orientales y Sur-Occidentales
- 1B – Cerros de Suba
- 2A – Piedemontes Orientales
- 2B – Piedemonte del Sur
- 2C – Piedemonte de Cerros de Suba
- 3A – Lacustre A
- 4 – Lacustre B
- 5 – Terrazas y Conos Orientales
- 5A – Terrazas y Conos Occidentales Potencialmente Licuables

De la tabla anterior se puede concluir:

- Las zonas que mejor se comportan ante el sismo por tener un menor valor de daño se muestran en la siguiente tabla

	Puesto de Mejor (bajo daño) a Peor (alto daño)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PGV	2B	1A	1B	2A	5	2C	5A	3A	4
PGA	4	1B	1A	3A	5A	2C	2A	5	2B

- No siempre que el parámetro de amenaza es bajo, el resultado de daño lo es, porque el resultado del daño no solo depende del valor de la curva sino también de los factores de corrección. La comparación entre valores bajos del parámetro de amenaza y valores bajos del daño estimado se muestra en la siguiente tabla.

		Puesto de Mejor (bajo) a Peor (alto)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Amenaza	PGV	1B	1A	2B	2C	2A	5	5A	3A	4
Daño		2B	1A	1B	2A	5	2C	5A	3A	4
Amenaza	PGA	4	5A	1 ^a	1B	3A	5	2A	2C	2B
Daño		4	1B	1 ^a	3A	5A	2C	2A	5	2B

- (Pág. 146). La curva de vulnerabilidad ALA (2001) solo es adecuada para estimar daño en escenarios de amenaza con periodos de retorno menores a 100 años. Resultado congruente con las conclusiones de las gráficas de las páginas 11 a 17 del Anexo No 13
- (Pág. 147, 148 y 152). Los resultados de O'Rourke & Ayala (1993) son mas ajustados al registro histórico que los resultados de Eidinger & Ávila (1999), y de Eidinger – G & E Report (2001) con los factores de corrección propuestos en (UNIANDDES y DPAE, 2005). Resultado congruente con las conclusiones de las gráficas de las páginas 11 a 17 del Anexo No 13
- (Pág. 147). Si debiéramos seleccionar sola una curva para realizar el análisis en Bogotá con escenarios de amenaza entre 0 y 1000 años, es la de O'Rourke & Ayala (1993) la que arroja los resultados mas congruentes con el registro histórico para los escenarios en estudio (50, 100, 200, 475, 1000 años), sin embargo para otros escenarios de amenaza mas fuertes no es la mas adecuada por el límite superior del rango de datos con el que se generó la curva (Tabla 59). Resultado congruente con las conclusiones de las gráficas de las páginas 11 a 17 del Anexo No 13
- (Pág. 149). Tanto por el valor máximo del rango de datos con el que se hizo la curva (Tabla 59), como por los resultados de daño para Bogotá

Págs.	Diámetro	Material	Zona Geográfica	Datos Históricos ^{11, 12}	Conclusiones
					<p>por zona geográfica, la curva de Isoyama (2000) con sus factores de corrección como los propone el autor, es la mas adecuada para escenarios de amenaza con periodos de retorno altos (200, 475, 1000, 2000 años). Resultado congruente con las conclusiones de las gráficas de las páginas 11 a 17 del Anexo No 13</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Pág. 149 y 150) Teniendo en cuenta el valor mínimo del rango de datos con el que se hizo la curva (Tabla 59), la curva Isoyama (2000) (la misma de Japan Wasteworks Association 1998) no es buena estimadora para escenarios de amenaza con periodos de retorno bajos (50, 100 años). Resultado congruente con las conclusiones de las gráficas de las páginas 11 a 17 del Anexo No 13 (Pág. 151). De acuerdo con el registro de daño histórico, la curva propuesta para Colombia en JICA (2002) subestima los resultados para escenarios de amenaza intermedios (T = 475 y 1000 años). Resultado congruente con las conclusiones de las gráficas de las páginas 11 a 17 del Anexo No 13