



Comportamiento de los Edificios de Acero en el Sismo del 19 de Septiembre de 2017 en México

Luis Garza Vásquez I.C., M.I. UNAM. Profesor Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Nota del ICCA

- El ICCA no ejerce control sobre el contenido de esta conferencia. Lo tratado en ella refleja solo la opinión de su autor.
- Los invitamos a poner sus teléfonos en silencio.

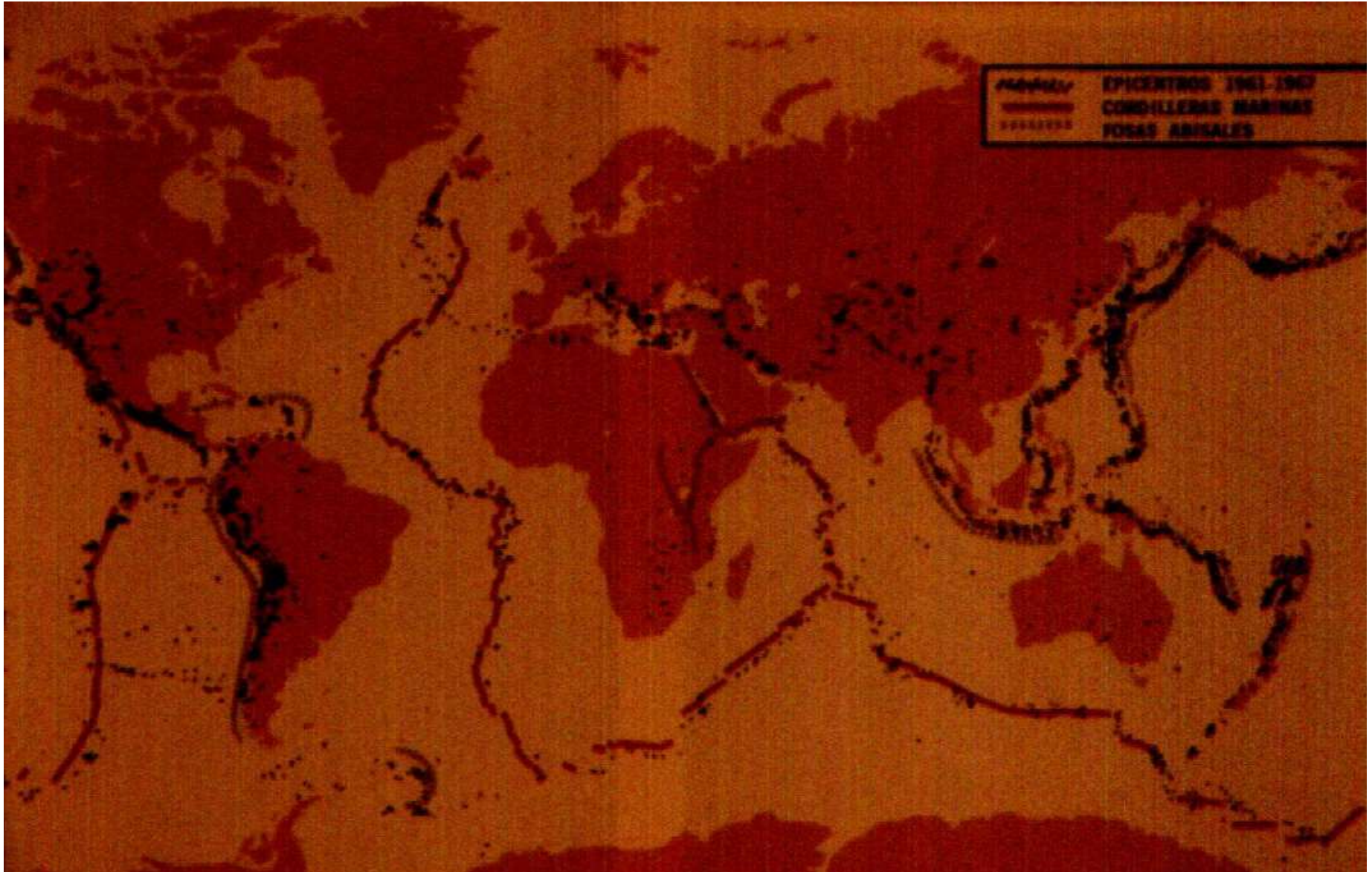
Gracias

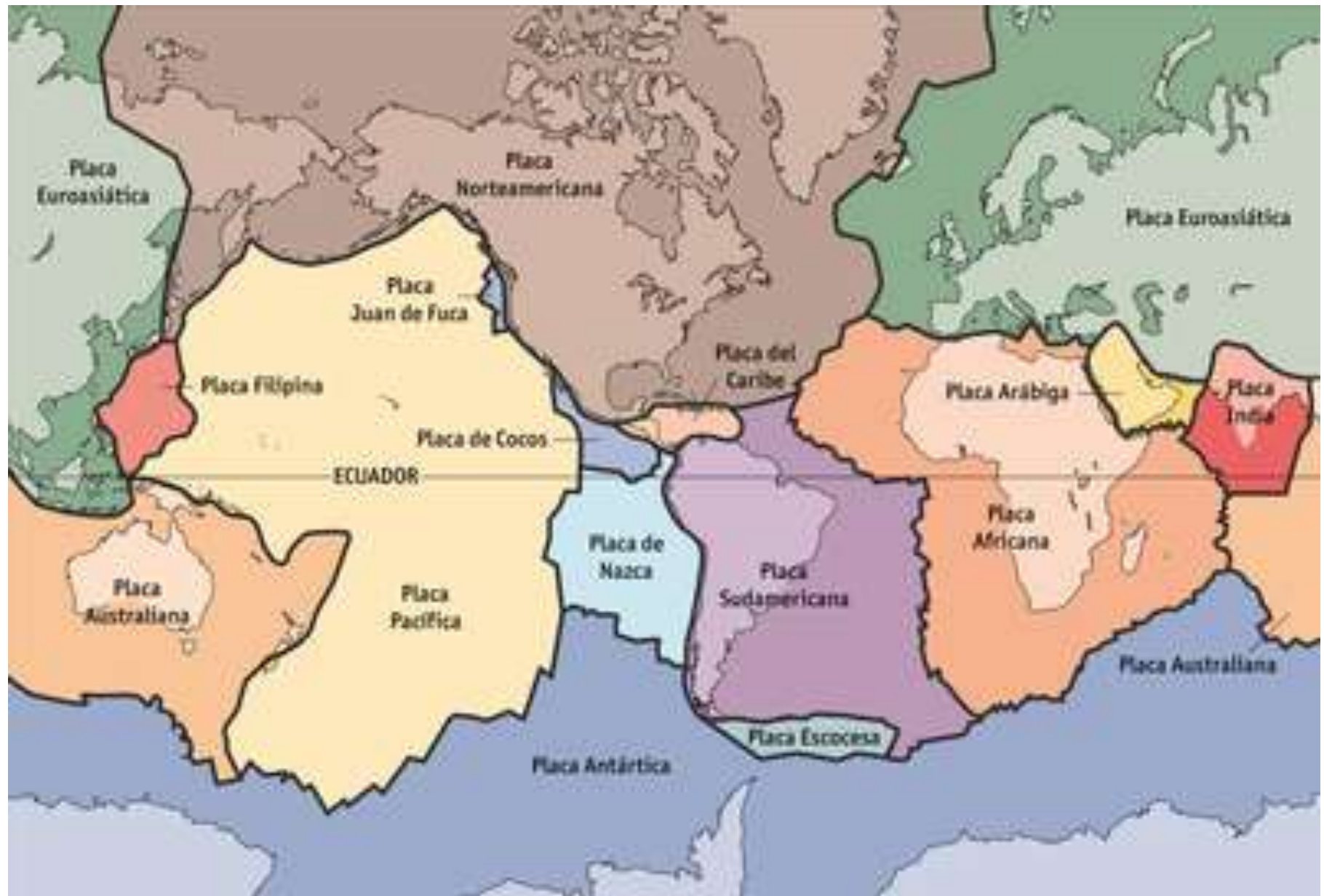
CONTENIDO

1. EL SISMO
2. ANTECEDENTES
3. ANALISIS DE DAÑOS
4. COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO ANTIGUAS Y NUEVAS
5. COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS REFORZADAS CON ACERO

CONTENIDO

1. EL SISMO
2. ANTECEDENTES
3. ANALISIS DE DAÑOS
4. COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO ANTIGUAS Y NUEVAS
5. COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS REFORZADAS CON ACERO

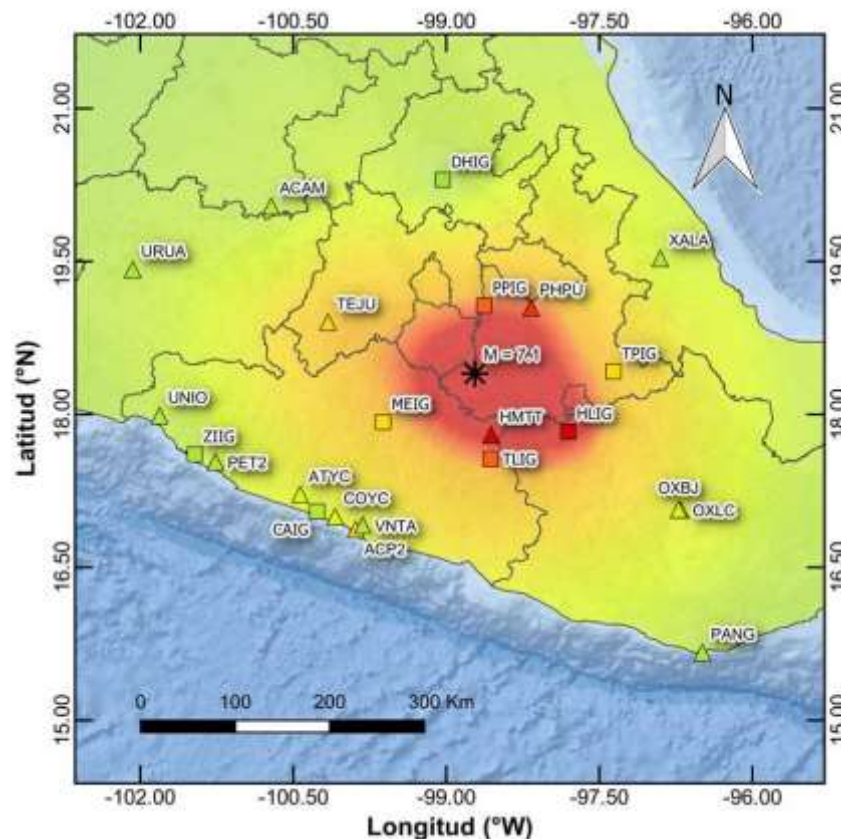




EL SISMO

Magnitud: 7.1

Distancia del Epicentro: 120km de CDMX



MICROZONIFICACIÓN

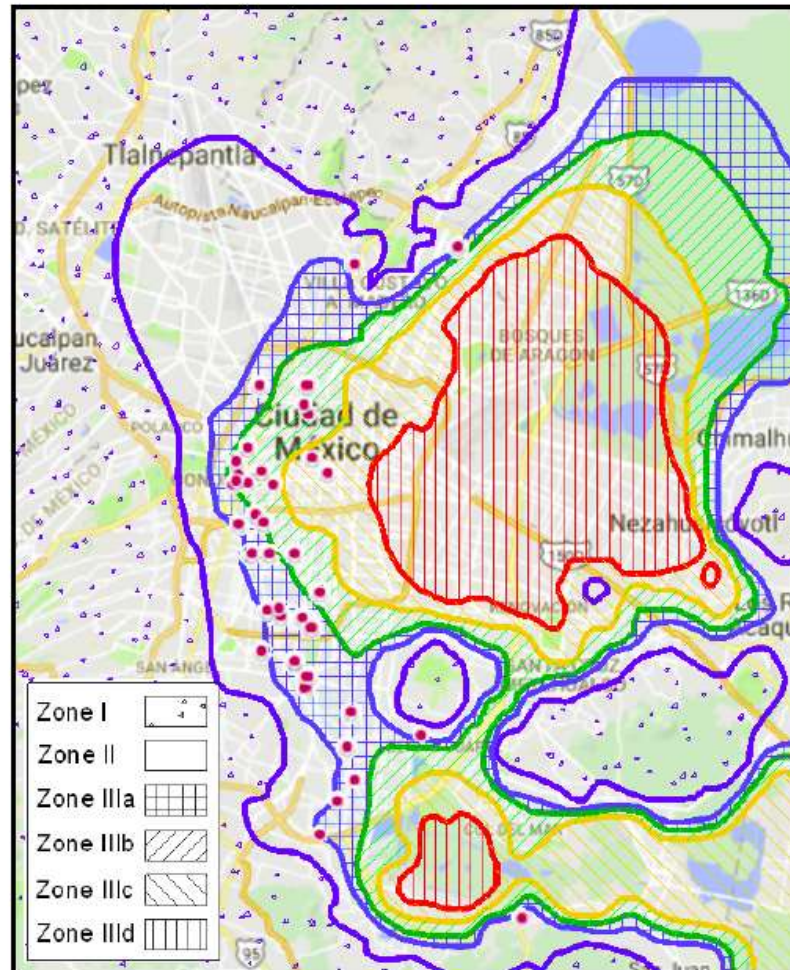


Figure 3. Soil types microzonation according to the Mexico City 2004 seismic design code.

CURVAS ISOPERIODOS Y PROFUNDIDADES DE SUELO BLANDO

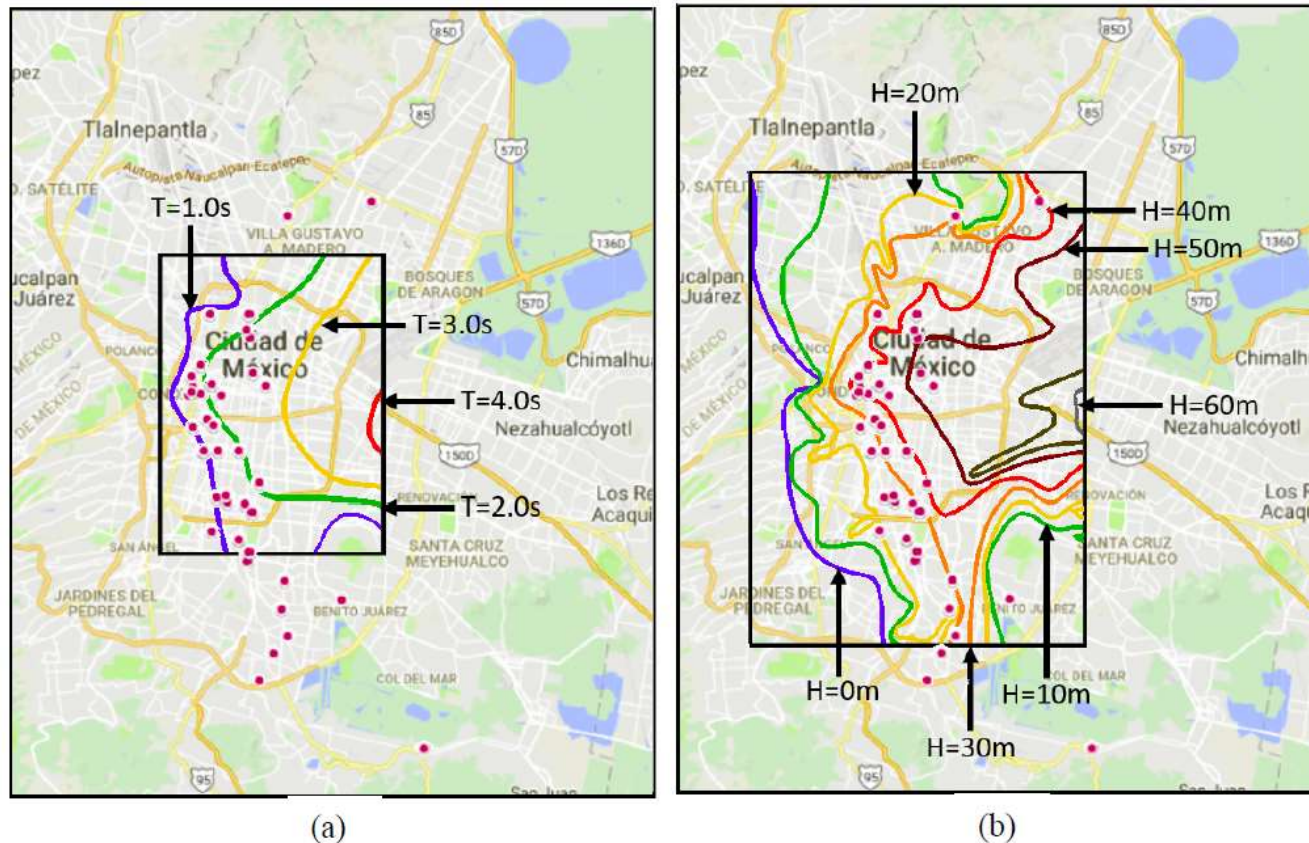
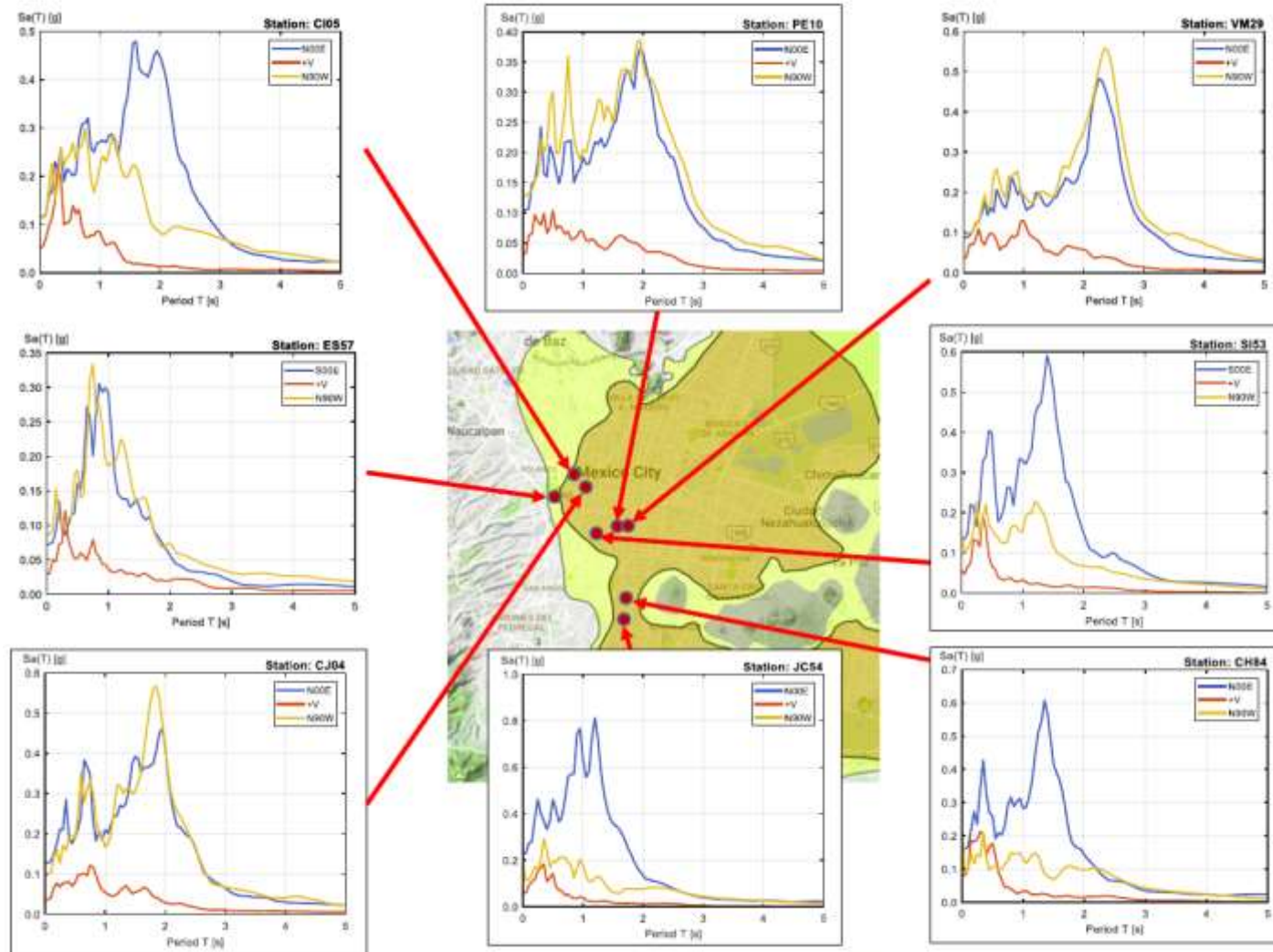


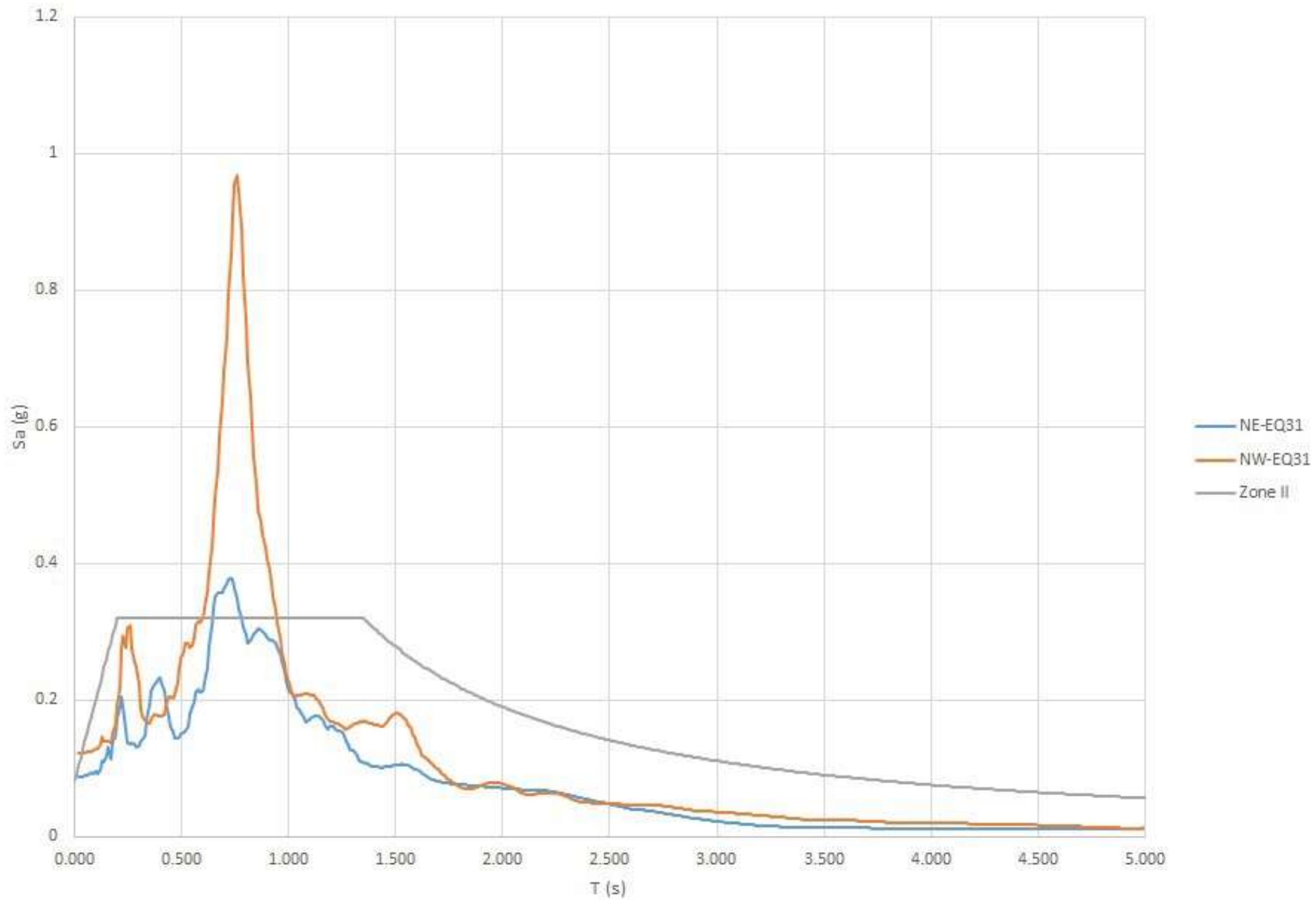
Figure 2. (a) Soil deposit isoperiods in Mexico City according to the 1987 seismic code. (b) Clay deposits isodepths in Mexico City according to the 1987 seismic code. Magenta markers indicate collapsed structures during the 2017 Puebla-Morelos earthquake.

ESPECTROS POR ZONAS



Map and ground motion records kindly provided to us by CIRES

Station GR27

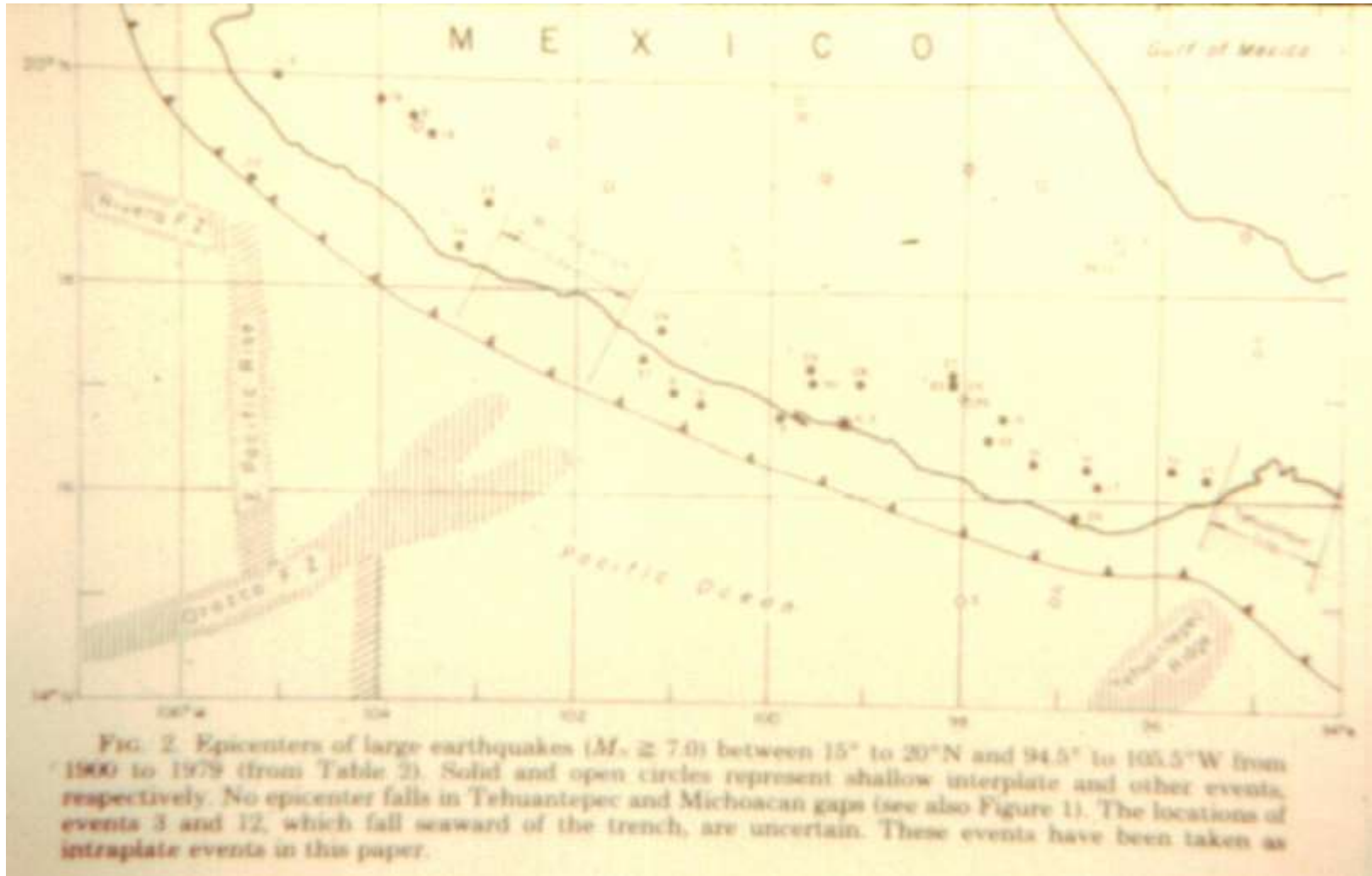


NÚM.	DELEGACIÓN	COLUMNA	UBICACIÓN	TIPO DE AFECTACIÓN
1	GAM	Col. Lindavista	Sierravista y Río Bamba	Derrumbe de edificio
2	BJU	col. Del Valle	Av Coyopacan y Providencia	Derrumbe de edificio
3			Escocia y Nicolás	Derrumbe de edificio
4			Patricio Sanz y California	Derrumbe de edificio
5			Patricio Sáenz #612 y Torres Adalid	Daño edificio
6			Patricio Sáenz #710 y Torres Adalid	Daño edificio
7		Col del Valle	Eugenia y Edinburgo	Derrumbe de edificio
8			Escocia y ferron	Derrumbe de edificio
9		Col. Santa Cruz Atoyac	Peten y Zapata	Derrumbe de edificio
10		Col Del Valle Centro	Gabriel Mancera y Escocia	Derrumbe de edificio
11		Colonia Miravalle	Miravalle y balsas	Derrumbe de edificio
12		Col. Narvarte Oriente	Yacatas y concepción Beistegui	Derrumbe de edificio
13		Col. Miravalle	Balsas # 18 y Miravalle	Derrumbe de edificio
14		Col. Piedad Narvarte	Viaducto Miguel Alemán y Tanana	Derrumbe de edificio
15		Col. Portales Oriente	Malitzin y Tlalpan	Derrumbe de edificio
16		Col. Niños Heroes	Galicia y Niños Heroes	Derrumbe de edificio
17	TLP	Col. Nueva Oriental Coapa	Calz de las Brujas y Division Del Norte	Derrumbe de Escuela
18	IZP	Col. Vergel Coapa	Eje 1 oriente y Calz. Del Hueso	Derrumbe de Escuela
19		Col. lomas estrella	paseo de las Dalias y av tlahuac	Derrumbe de edificio
20		col San Francisco Culhuacán	Av San Ana y Ejido Santa Cruz	Derrumbe de Casa
21		Col. Heroes de Río Churubusco	Calz de la Viga y Atanacio Sarabia	Daño en estructura de edificio
22	XOC	Col. Banjidal	Sur 71A y Ermita Iztapalapa	Daño en estructura de edificio
23		Col. Zacahuisco	Palmarola y Bretaña	Derrumbe de Casa
24		Col. Barrio 18	Periférico y Circuito Cuernavaca Norte	Derrumbe de Puente Peatonal
25		col santa cruz	Av Calvario y Pedro Benavides	Derrumbe de Casa
26	COY	col barrio del Rosario	av Guadalupe Ramirez y Pedro Ramirez	Derrumbe de Casa
27		Col. San Gregorio Atlapulco	Insurgentes y Vicente Guerrero	Derrumbe de Casa
28			Av. México y Cuauhtémoc	Derrumbe de edificio
29		Col. Los Girasoles	Rancho de los Arcos y Calz del Hueso	Derrumbe de edificio
30	CUH	col. Del Valle	Viaducto y av coyopacan	Derrumbe de edificio
31		Col. Santa Cruz Atoyac	Av Santa Ana y Ejido	Derrumbe de Casa
32		Col. Educación	Tlalpan Fovissste y Calz de Tlalpan	Derrumbe de edificio
33		Col Campestre Churubusco	Calz Taxqueña y Av De las Torre	Derrumbe de establecimiento
34	CUH	Col. Fraccionamiento los Girasoles	Canal de Miramontes y Calz del Hueso	Derrumbe de Negocio de Colchones
35		Col. Campestre Churubusco	Taxqueña y Av. de las Torres	Derrumbe de tienda departamental
36		Col. Doctores	Niños Héroes y Juan Navarro	Derrumbe en inmueble
37		Col. Hipódromo	Lares y Amsterdam	Derrumbe de edificio
38	CUH	Col. Tránsito	Chimalpopoca y simón Bolívar	Derrumbe de edificio
39		Col. Roma Norte	Tabasco y Medellín	Derrumbe de edificio
40			salamanca esquina oaxaca	Derrumbe de edificio
41			Querétaro y Medellín	Derrumbe de edificio
42	CUH	Col Roma	Puebla 282 esq Salamanca	Derrumbe de Edificio de laboratorios 4 niveles
43		Col. Roma	Alvaro Obregón y Valladolid	Derrumbe de edificio
44		Col. Condesa	Yucatán 286	Derrumbe de edificio

CONTENIDO

1. EL SISMO
2. ANTECEDENTES
3. ANALISIS DE DAÑOS
4. COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO ANTIGUAS Y NUEVAS
5. COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS REFORZADAS CON ACERO

SISMO M8.1 19 DE SEPTIEMBRE 1985





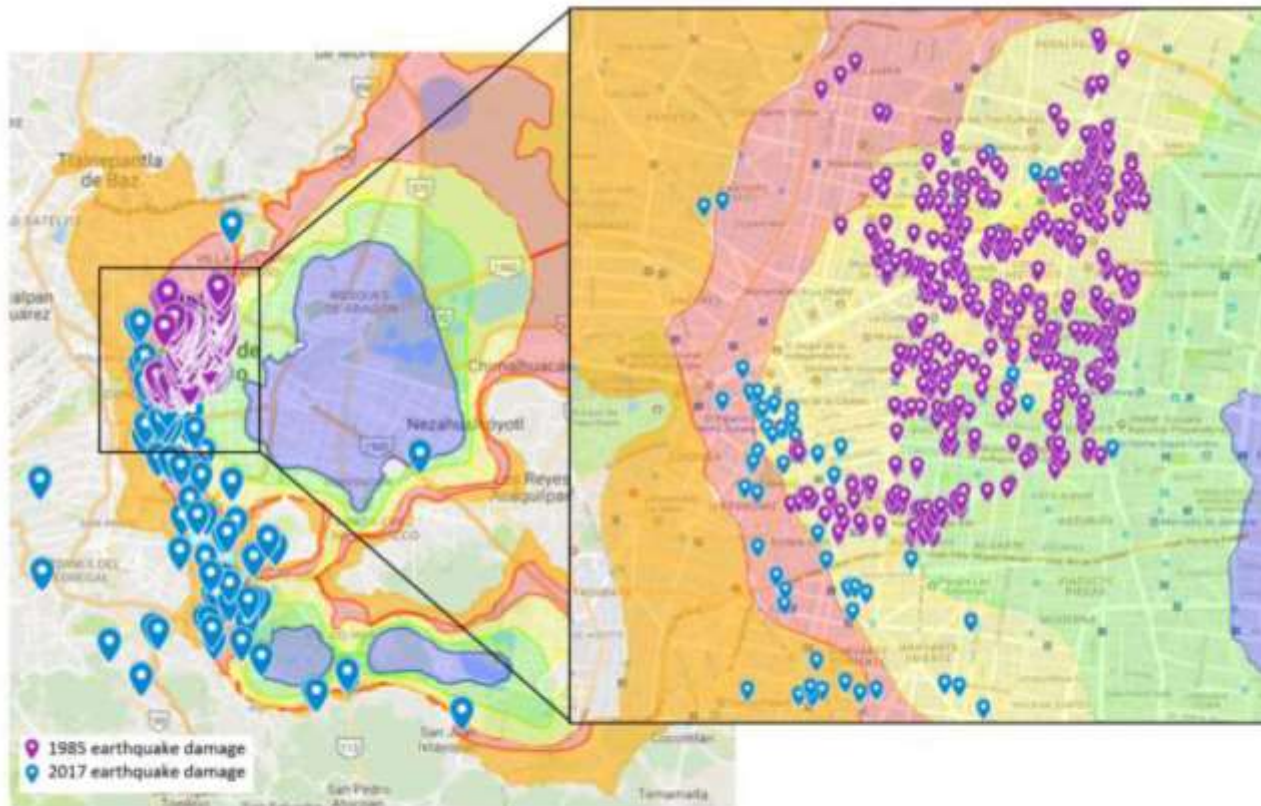


Figure 8. Collapsed buildings in the central region of Mexico City during the September, 19 1985 event and the September 19, 2017 event (preliminary mapping, in blue, Google maps, 2017)

EDIFICIOS DAÑADOS EN 1985

TYPE OF STRUCTURE	%	YEAR OF CONSTRUCTION			No OF STORIES				TOTAL
		<1957	57-76	> 1976	≤ 5	6-10	11-15	>15	
CONCRETE FRAME	38	43	74	10	37	74	14	2	127
STEEL FRAME	4	8	4	0	4	3	3	2	12
WAFFLE SLAB	41	12	84	39	41	75	17	1	135
LOAD BEARING MASONRY	11	14	18	3	33	3	0	0	36
OTHER	6	4	12	4	14	6	0	0	20
TOTAL	100	82	192	56	129	161	34	6	330

ESPECTROS DE DISEÑO

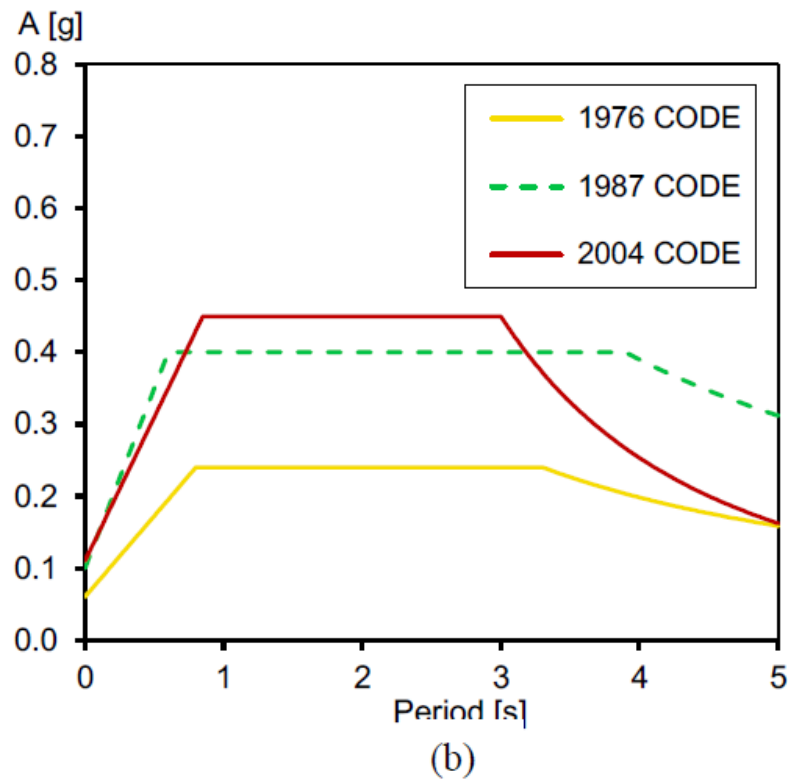
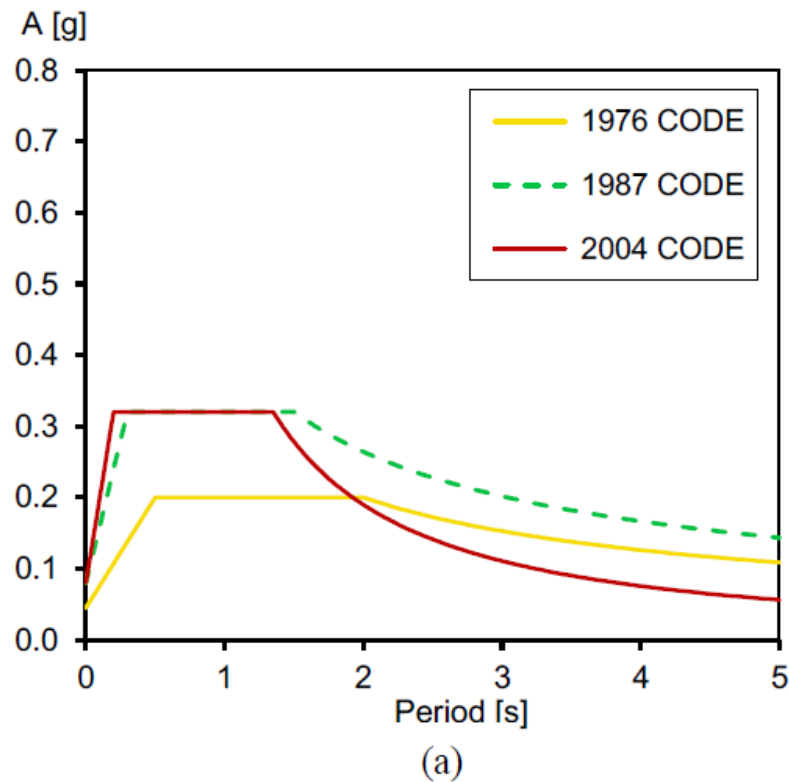


Figure 4. Design spectra for two different soil type zones. (a) Transition zone for the 1976 code and Zone II for the 1987 and 2004 codes. (b) Soft soil zone for the 1976 code, Zone III for the 1987 code and Zone IIIb for the 2004 code.

CONTENIDO

1. EL SISMO
2. ANTECEDENTES
- 3. ANALISIS DE DAÑOS**
4. COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO ANTIGUAS Y NUEVAS
5. COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS REFORZADAS CON ACERO

LOSAS PLANAS O WAFFLE: 61%



(a)



(b)

Figure 6. Building with flat slab system at Viaducto Miguel Alemán 106, Piedad Narvarte. (a) Before Sep. 19, 2017 (taken from Google Street View); and (b) After Sep. 19, 2017 (The Huffpost 2017).

MAMPOSTERIA NO REFORZADA: 20%



MAMPOSTERIA CONFINADA: 9%



PORTICOS DE CONCRETO: 7%



ESTRUCTURAS MIXTAS: 2% (1)

- ¿¿¿¿¿????





maestra tomó como rehenes a sus alumnos

INMIGRACIÓN



EDICIÓN NOTICIAS
TELEMUNDO

Fin de DACA troncha futuro de talentosos estudiantes y profesionales



EDICIÓN NOTICIAS
TELEMUNDO

Miedo a deportaciones aumenta solicitudes de ciudadanía en EEUU



EDICIÓN NOTICIAS
TELEMUNDO

Fin de TPS golpearía duramente economía de la Florida



EDICIÓN NOTICIAS
TELEMUNDO

Crecen las voces que exigen liberar de niña con parálisis



EDICIÓN NOTICIAS
TELEMUNDO

Hollywood premia con un Oscar a

Pedro López y María Teresa Parra fueron los primeros en habitar el edificio en diciembre de 2016, tras desembolsar una suma superior a los 135.000 dólares.

El matrimonio de mediana edad adquirió un departamento en el "Residencial San José" después de que la constructora CANADA BUILDING GROUP lo presentara como "tecnológico, ecológico e hidráulico", e incluso fuera reconocido por la revista de arquitectura archiTK.

"Nos dijeron que el edificio estaba construido con tecnología de primera, que tenía una estructura metálica y gatos hidráulicos. Sin embargo hemos visto unicel y alambres entre el material que se utilizó".

Hasta el momento ni la constructora ni el ingeniero Juan Duay Huerta, al frente de la obra, se han presentado en el inmueble afectado por el sismo.

La única respuesta que han recibido los propietarios ante sus quejas es una carta que les llegó vía correo electrónico, firmada por el departamento jurídico de CANADA BUILDING GROUP.

"Este caso fortuito es un suceso frente al cual no se puede hacer nada ya que frente a fenómenos geológicos, humanamente no es previsible ver su futuro resultado. Por tal motivo, nos unimos a su dolor y a las pérdidas económicas que hayan sufrido por este temblor", se lee en el documento.

Asimismo la carta explica que el contrato de compra venta estipula que los compradores son responsables de haber contratado un seguro "que garantice el reembolso de los daños".

Conforme declaraciones de los habitantes, el edificio carecía de materiales óptimos de construcción y no contaba con una estructura de acero como les habían prometido.

"A simple vista, sin necesidad de ser especialistas, se puede ver la falta de columnas y acero. Se puede ver que existió negligencia en la construcción de este inmueble, asegura Jara.

El arquitecto lasallista Francisco Israel Ramírez, consultado por Telemundo, acudió a inspeccionar el sitio. A primera vista el profesional pudo observar que "pareciera que la estructura que pretendía servir de refuerzo (contraventeo) no era parte de la construcción original y que sólo se encontraba atornillada o sujeta al concreto", sin embargo hizo énfasis en que es necesario un peritaje.











PISO BLANDO: 57%





Figure 10. Shear failures in columns in a RC flat slab building with a soft first story at Paz Montes de Oca 93, Col. Gral Anaya (photos by Pablo Heresi).

EDIFICIOS DE ESQUINA: 41%



EDIFICIOS CONSTRUIDOS ANTES DE 1985: 91%



COLAPSO PUENTE PEATONAL TEC



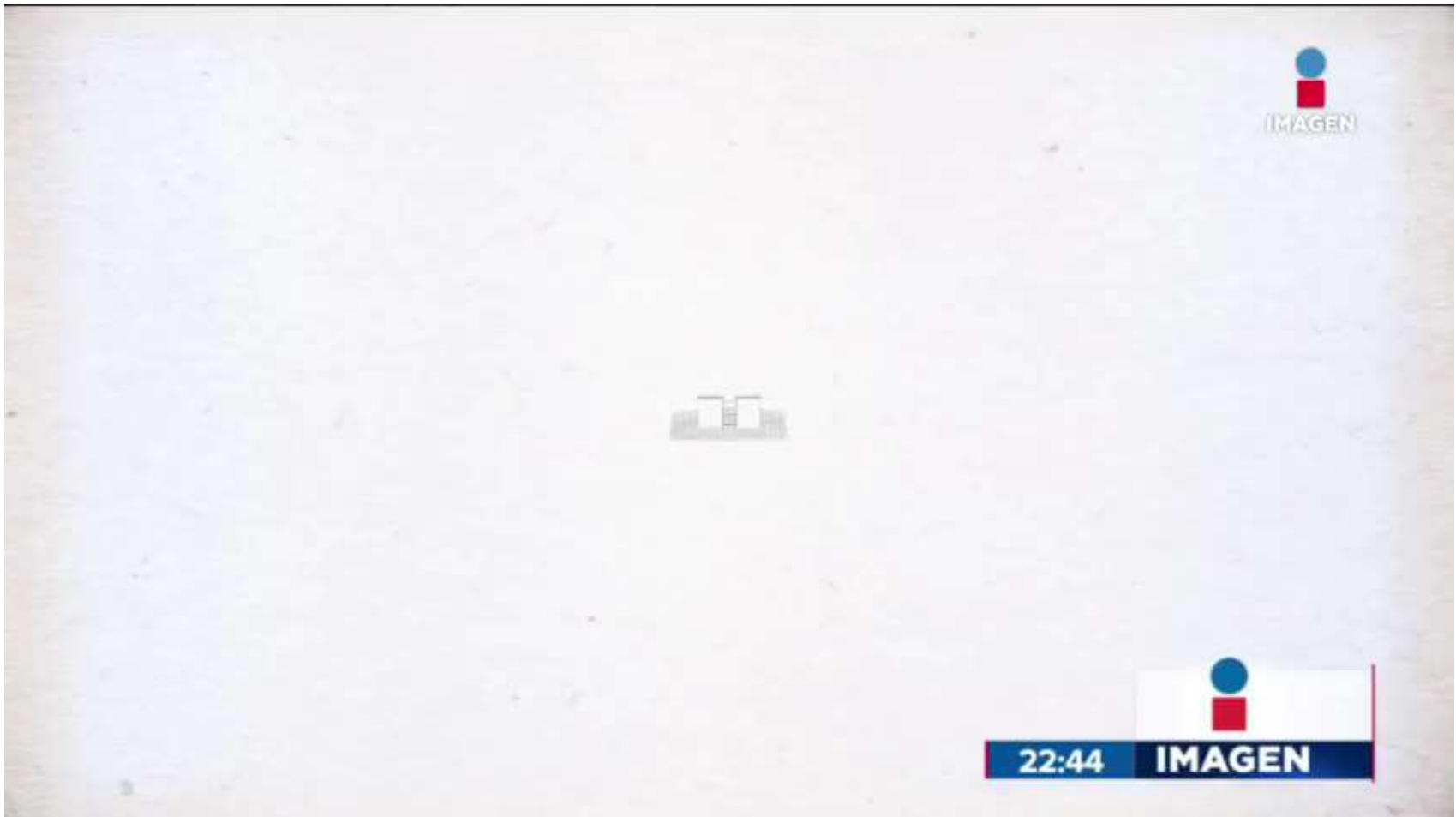
COLAPSO PUENTE PEATONAL TEC



COLAPSO PUENTE PEATONAL TEC



COLAPSO PUENTE PEATONAL TEC



COLAPSO PUENTE PEATONAL TEC



COLAPSO PUENTE PEATONAL TEC

- 15cm de apoyo vs 40 o más requeridos...



COLAPSO FACHADAS



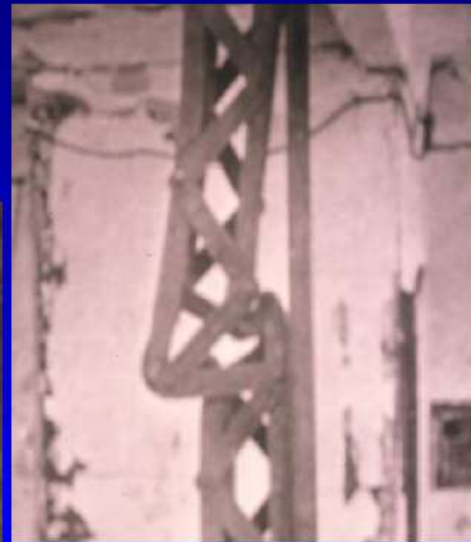
CONTENIDO

1. EL SISMO
2. ANTECEDENTES
3. ANALISIS DE DAÑOS
- 4. COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO ANTIGUAS Y NUEVAS**
5. COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS REFORZADAS CON ACERO

COLAPSOS EN TERREMOTOS

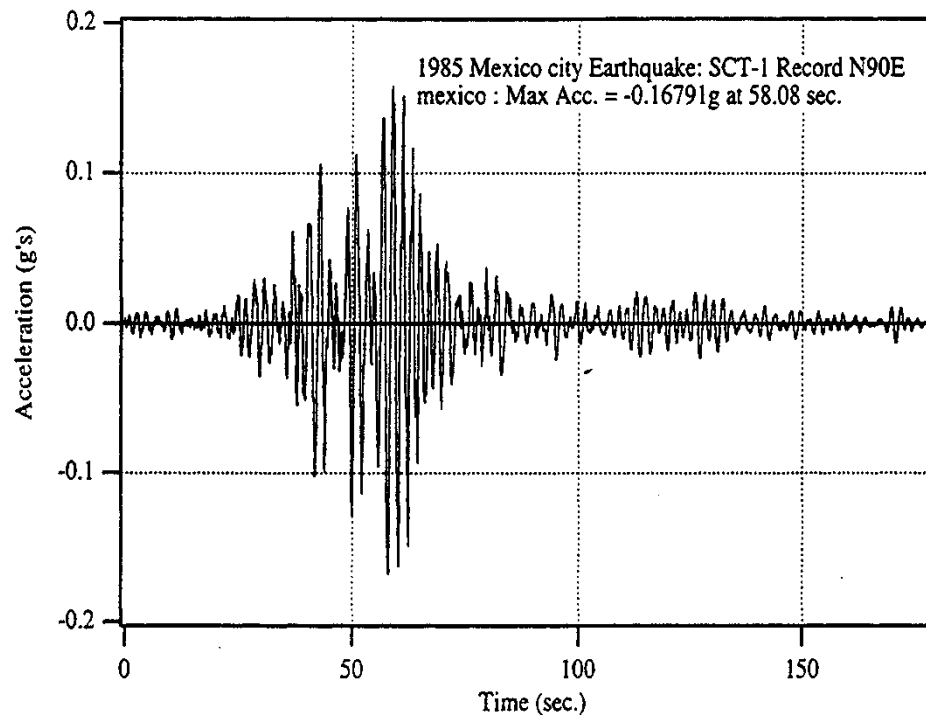
- En 10 terremotos entre 1964 y 1985,
- solo había colapsado 1 edificio de Acero.

San Francisco, 1906



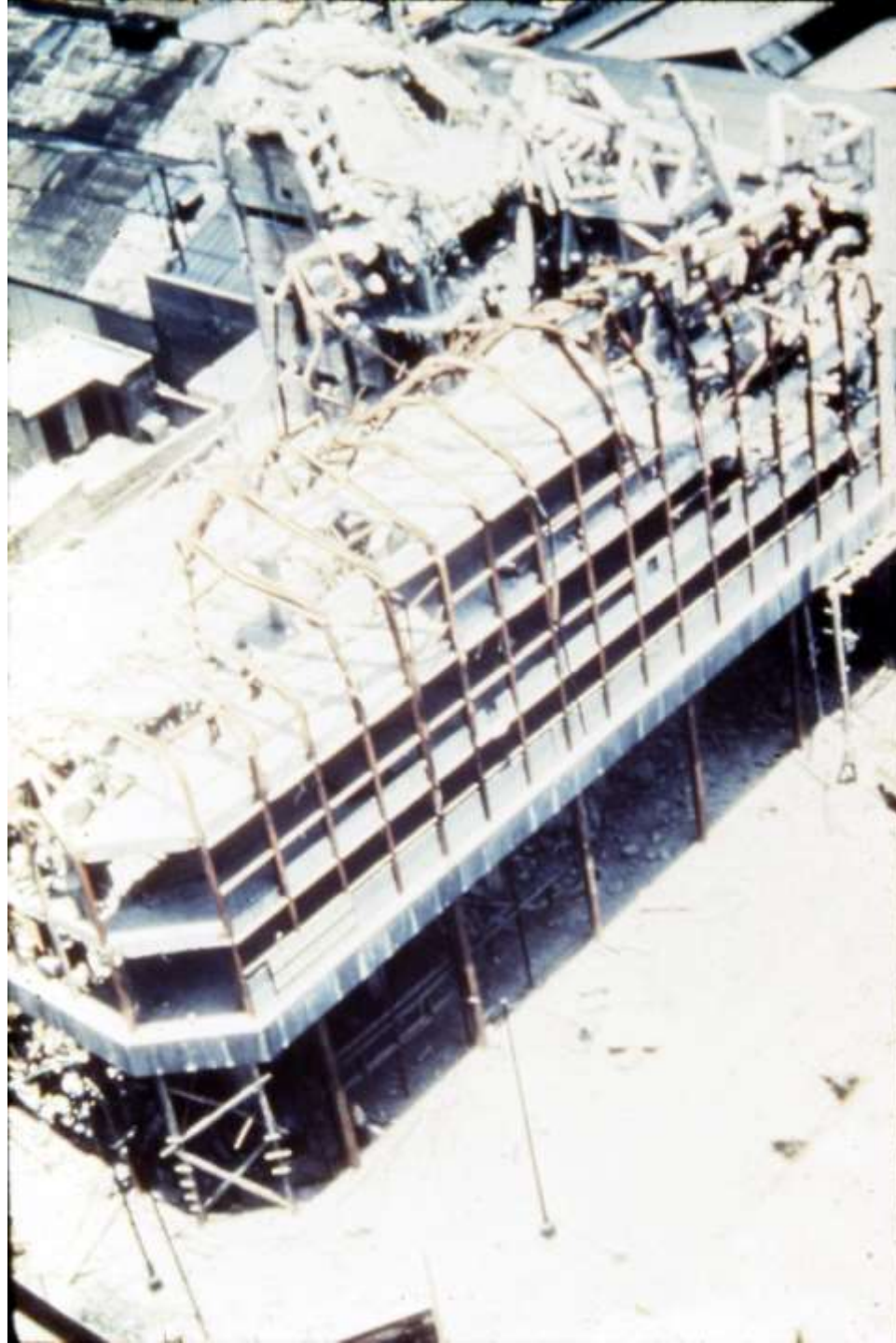
DAÑOS EN TERREMOTOS

-En el sismo de México de 1985 se presentaron 12 daños.

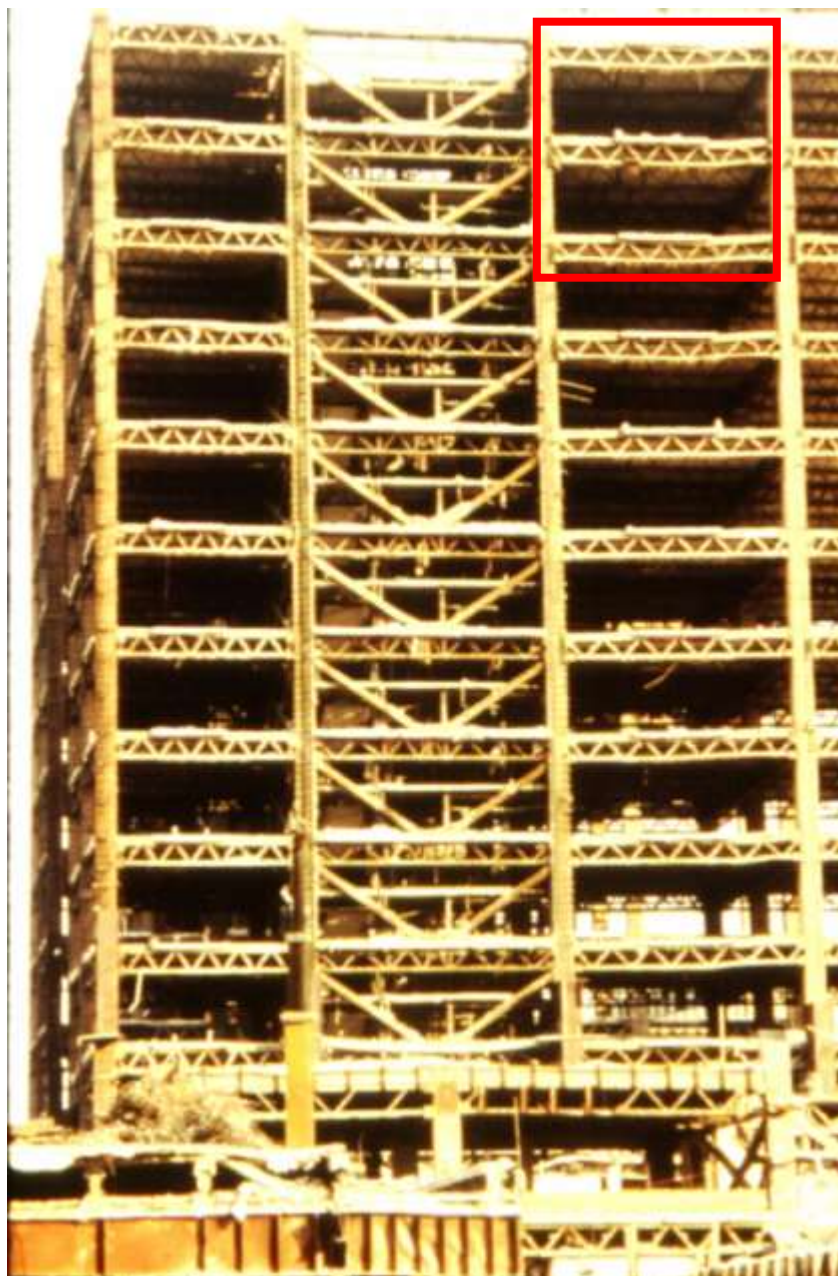


EDIFICIOS DAÑADOS EN 1985

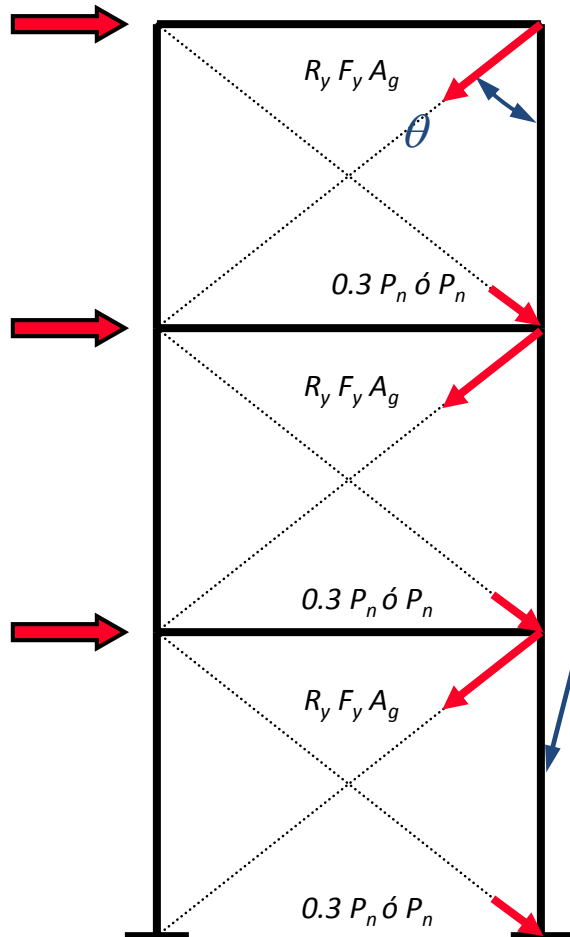
TYPE OF STRUCTURE	%	YEAR OF CONSTRUCTION			No OF STORIES				TOTAL
		<1957	57-76	> 1976	≤ 5	6-10	11-15	>15	
CONCRETE FRAME	38	43	74	10	37	74	14	2	127
STEEL FRAME	4	8	4	0	4	3	3	2	12
WAFFLE SLAB	41	12	84	39	41	75	17	1	135
LOAD BEARLING MASONRY	11	14	18	3	33	3	0	0	36
OTHER	6	4	12	4	14	6	0	0	20
TOTAL	100	82	192	56	129	161	34	6	330







ANALISIS CON MECANISMOS DE PLASTIFICACIÓN DES



Resistencia requerida a compresion axial = mayor de:

$$[\Sigma (R_y F_y A_g) \cos \theta + \Sigma (0.3 P_{ne}) \cos \theta] + [1.2 D + 0.5L]$$

ó

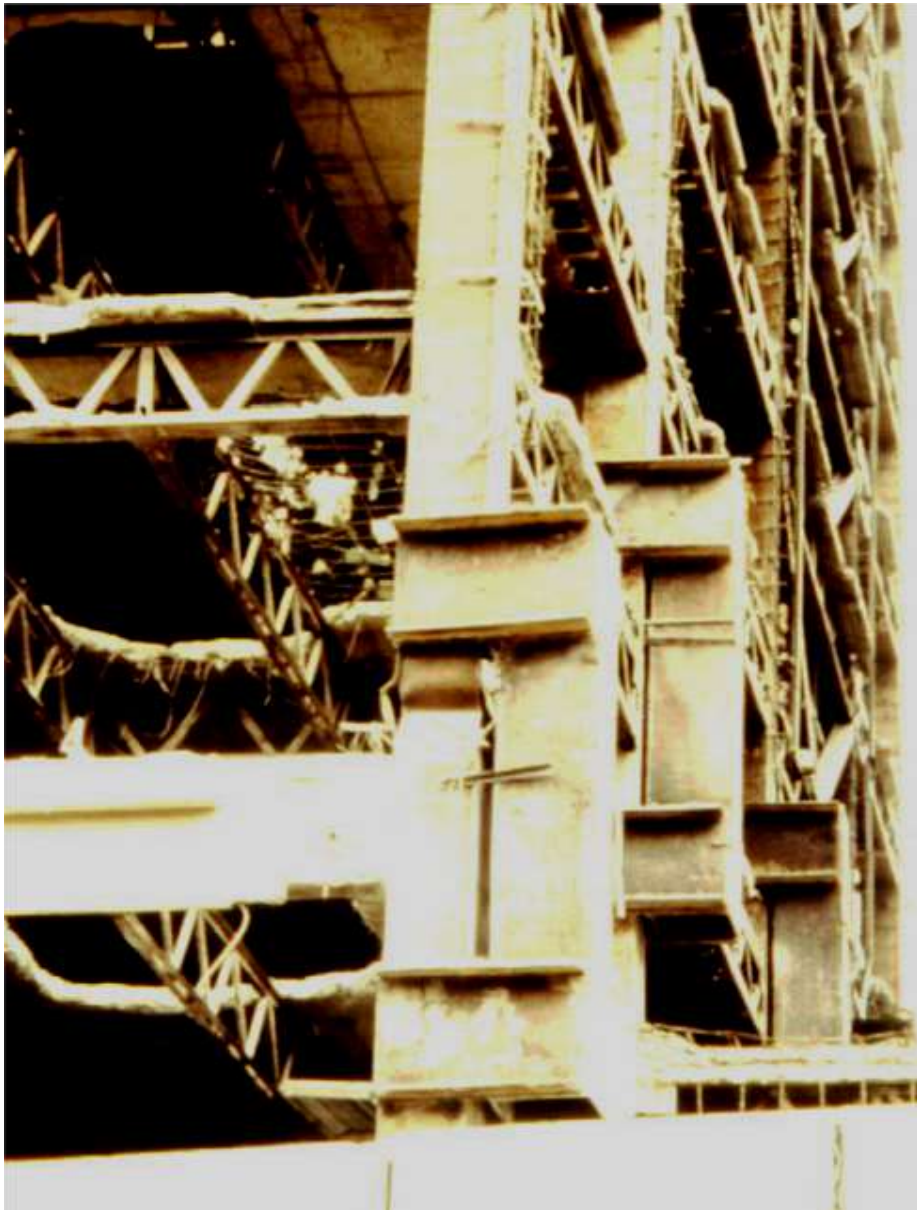
$$[\Sigma (R_y F_y A_g) \cos \theta + \Sigma (P_{ne}) \cos \theta] + [1.2 D + 0.5L]$$

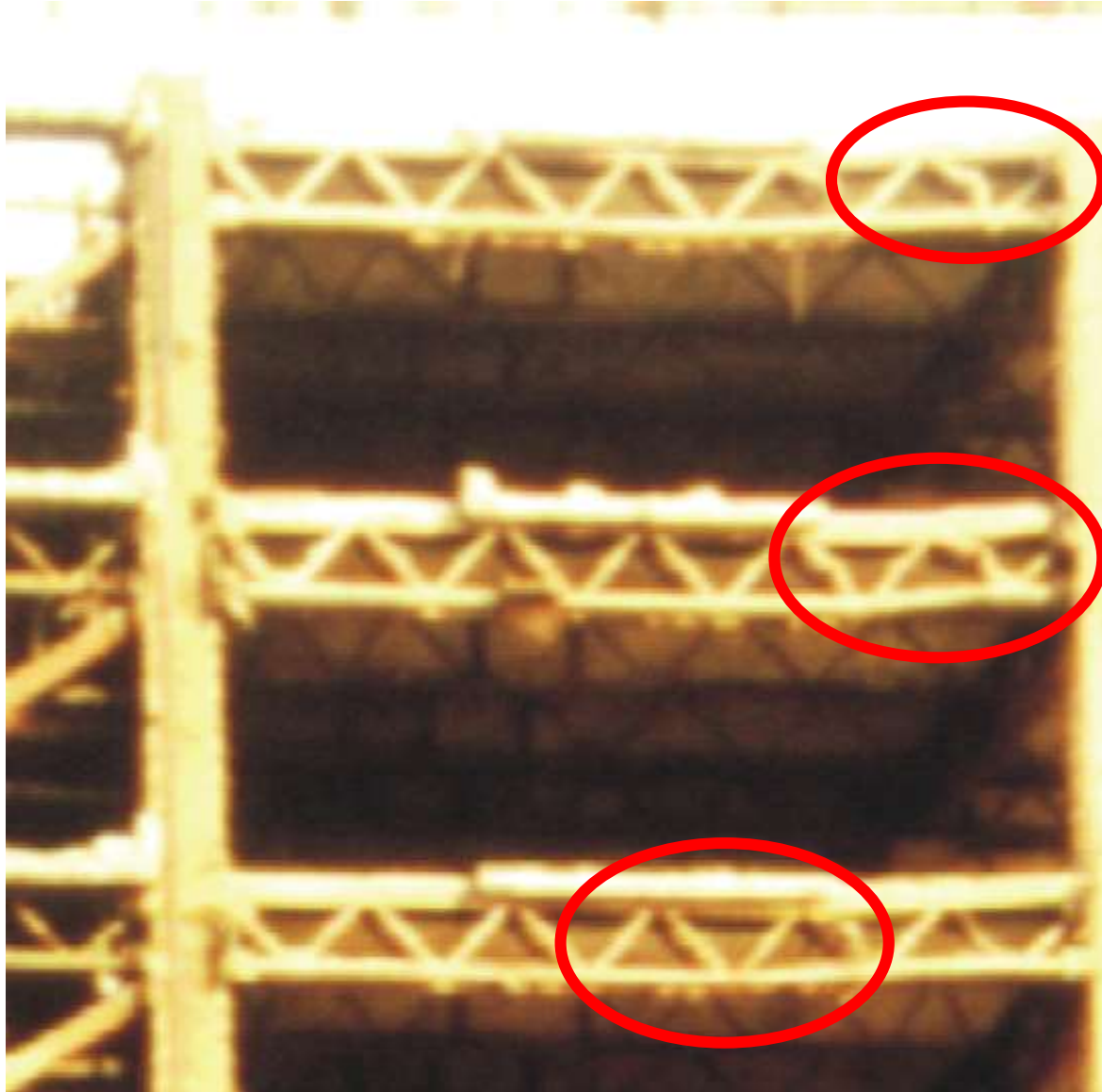
$$P_{ne} = \min (R_y F_{cr} A_g , 1.14 F_{cre} A_g), \text{ con}$$

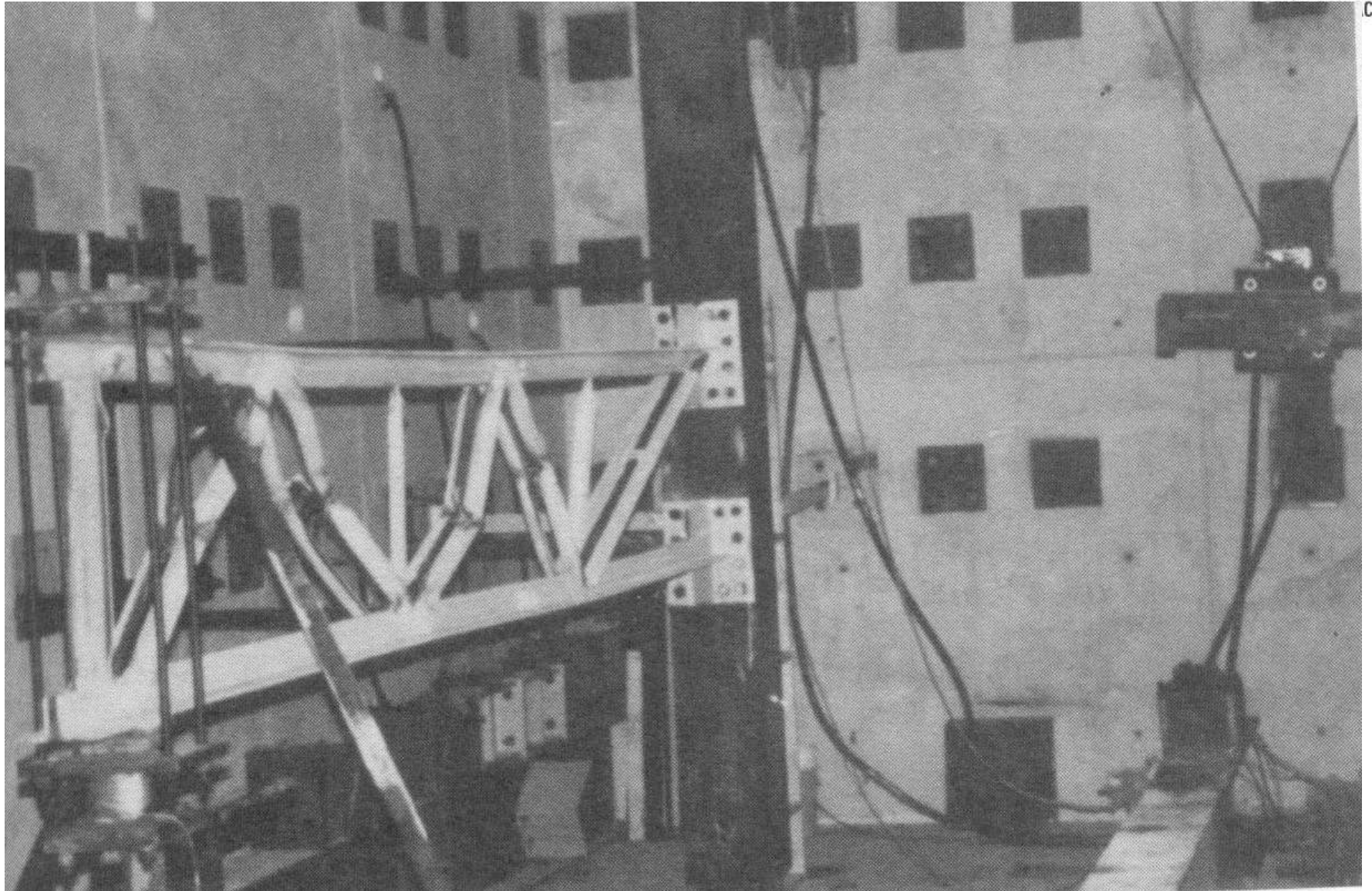
L = distancia entre extremos de riostra

$$\Omega_0 Q_E + \Sigma [1.2 D + 0.5L]$$

No se permite!







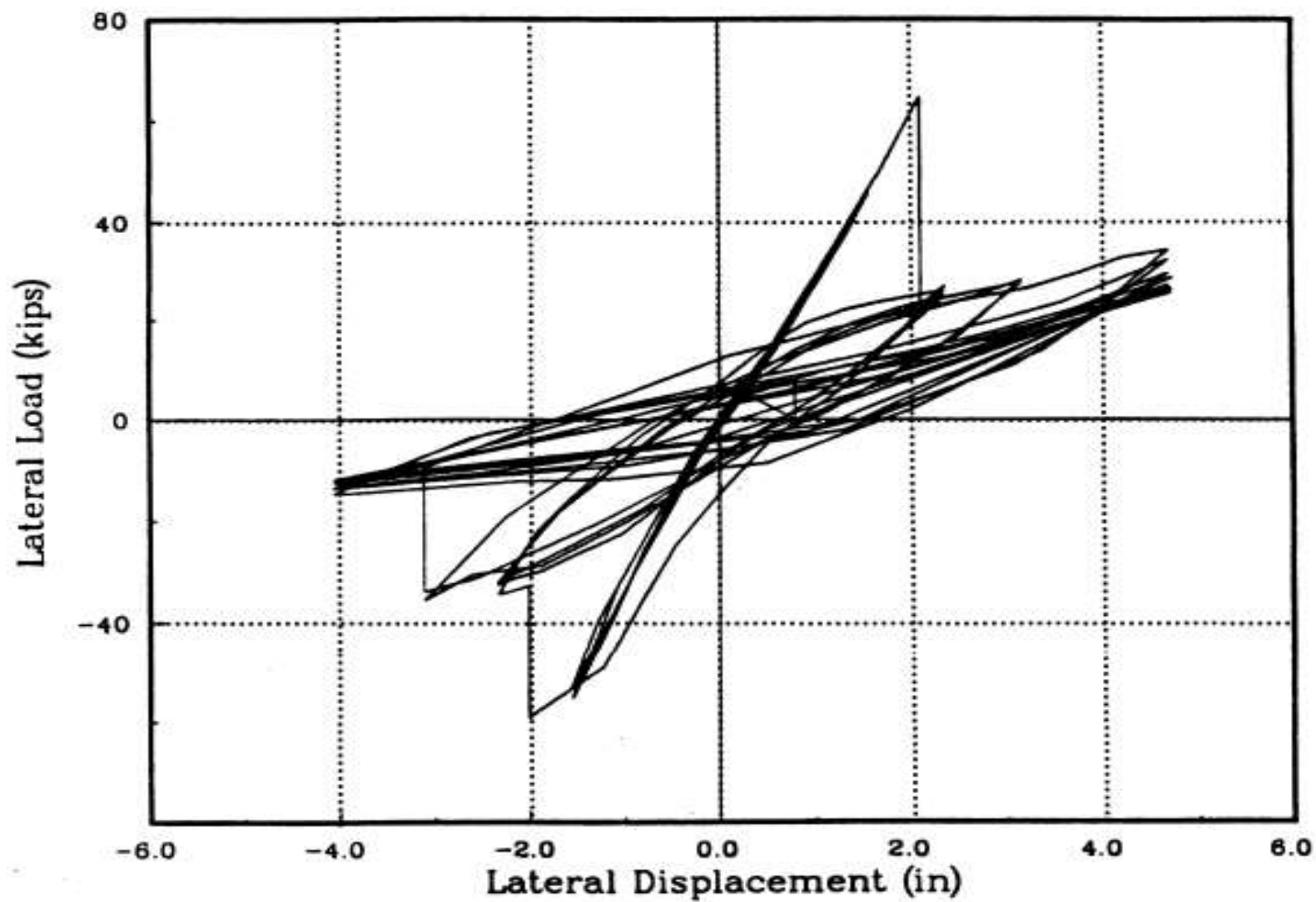
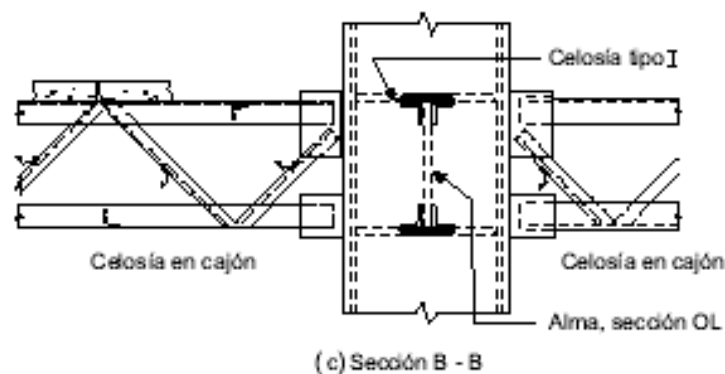
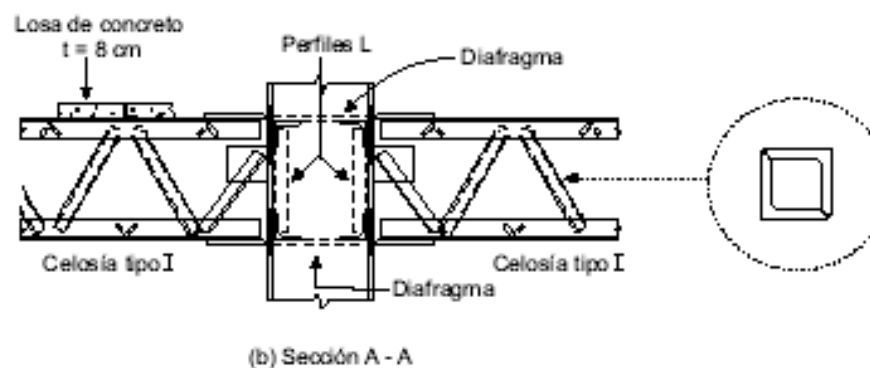
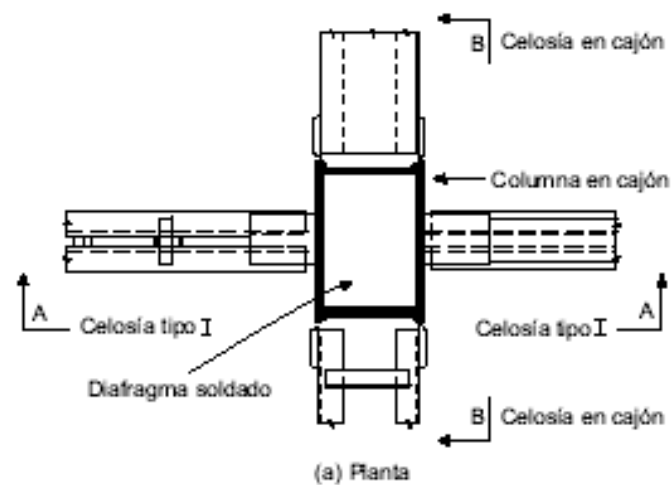
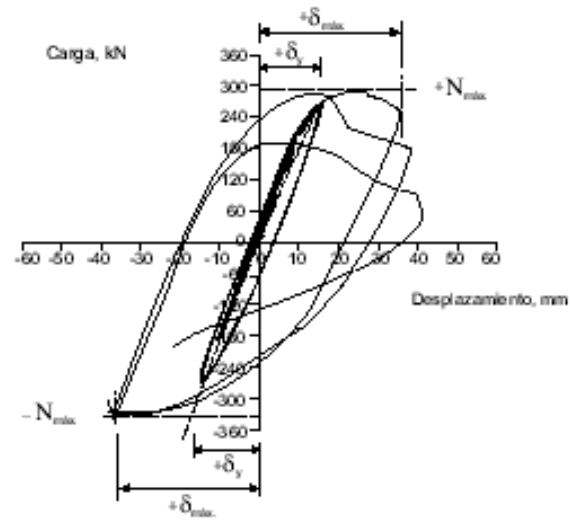


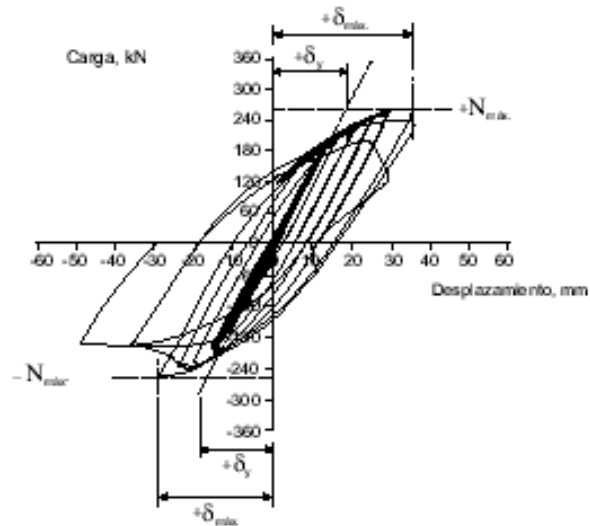
Fig. C-I-12.1. Strength degradation in undetailed truss girder.





$$\mu = 2.3$$

a) Celosía con cordones TL simétricos



$$\mu = 1.7$$

b) Celosía con cordones CL simétricos



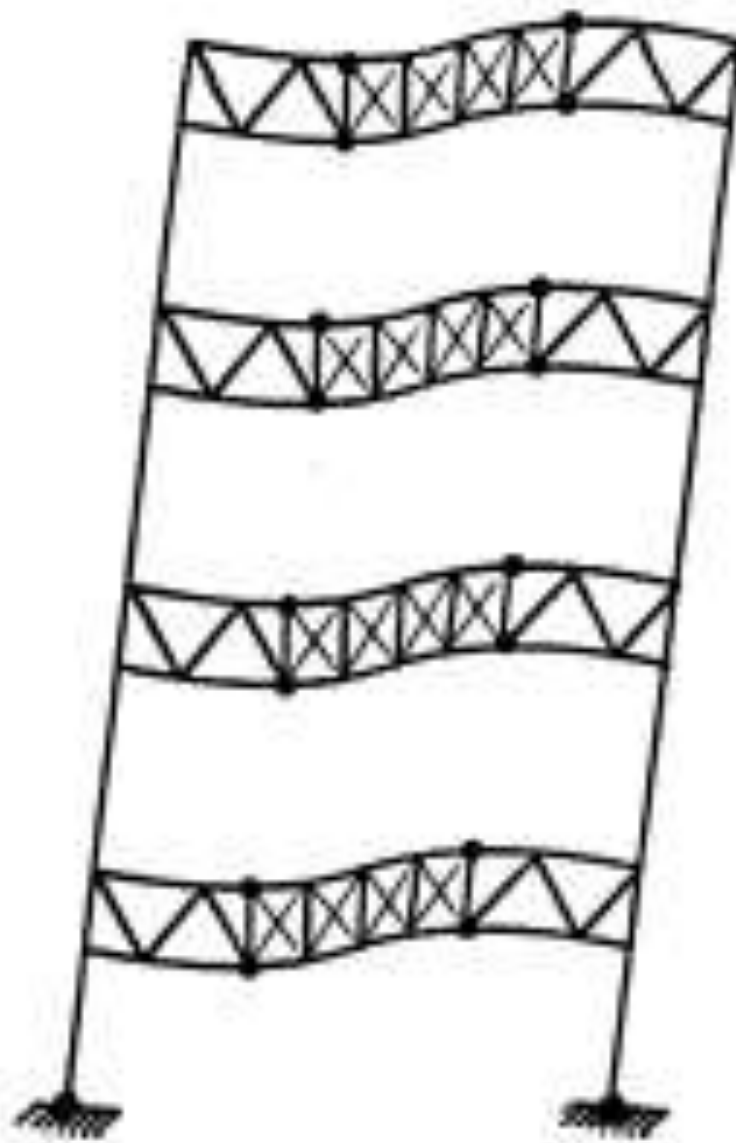
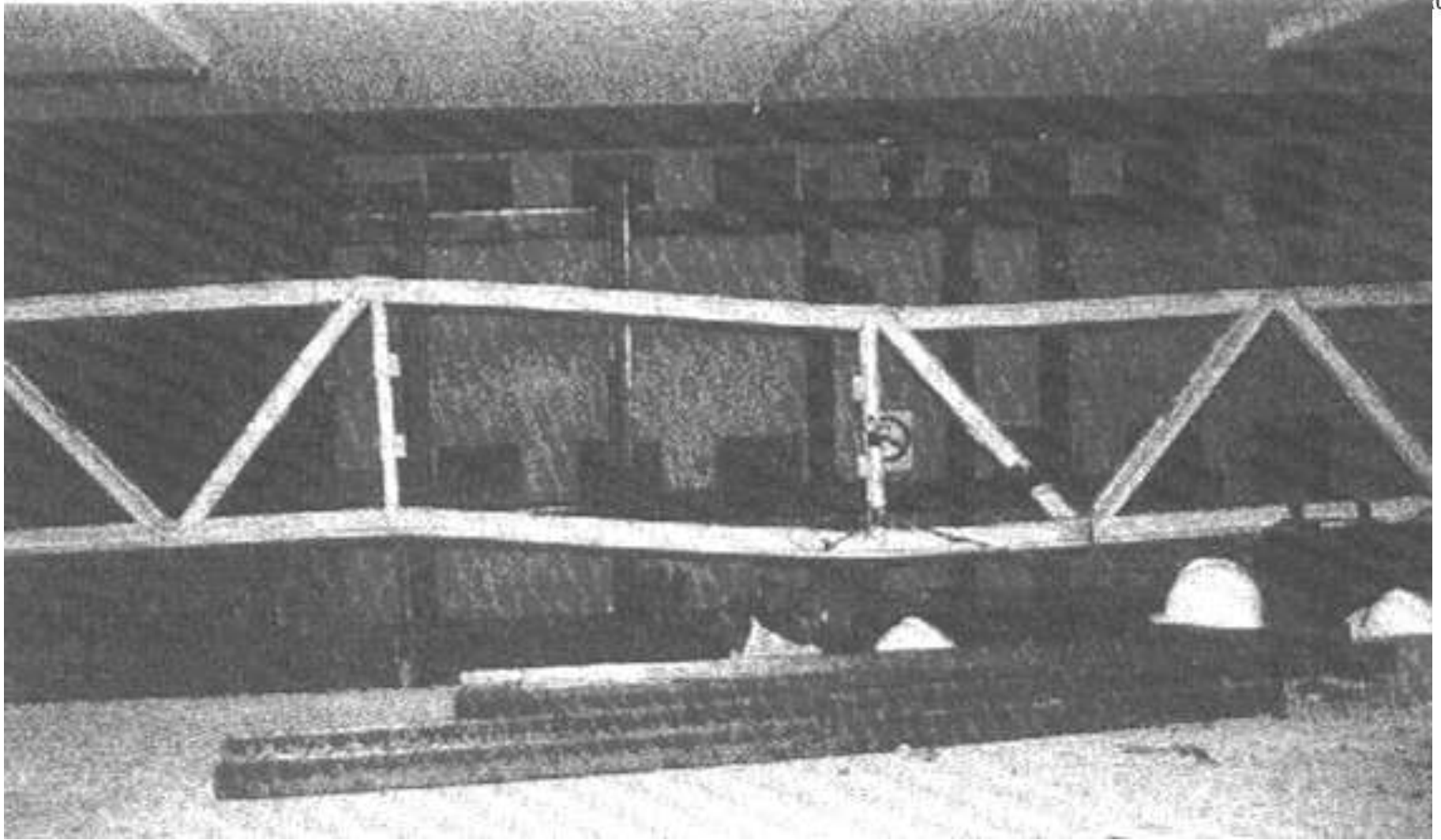
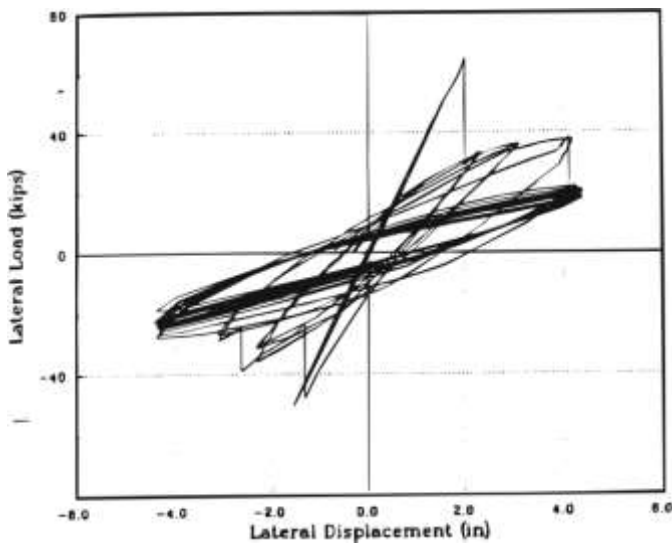


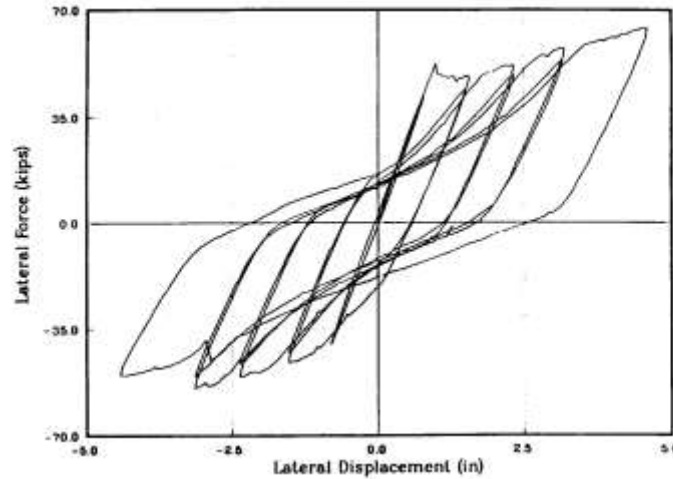
Fig. C-1-122. Cross-braced truss.



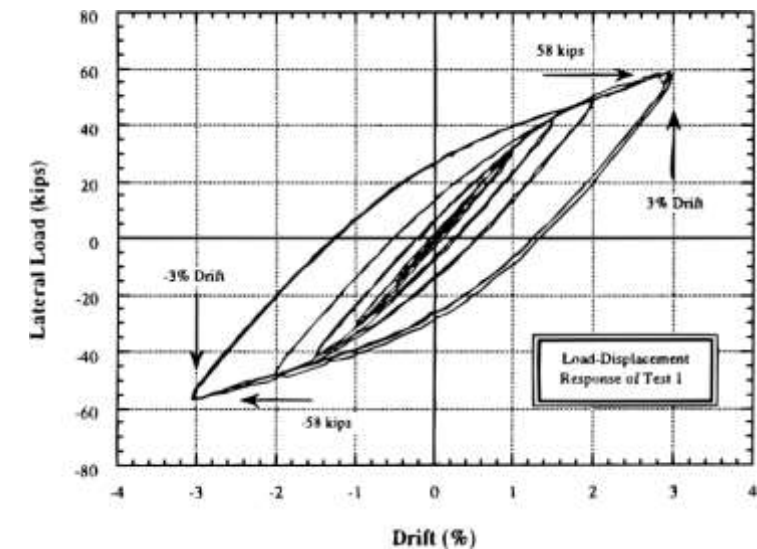




Convencional de
Alma Abierta



Dúctil con
Diagonales X



Dúctil tipo
Vierendeel

CERCHAS DÚCTILES???



GRAN HOTEL CIUDAD DE MEXICO

Inaugurado en 1899



Ciudades Mexicanas
PATRIMONIO MUNDIAL

TORRE LATINOAMERICANA

Inaugurada en 1956

Diseño: Leonardo
Zeevaert

Asesoría : Nathan M.
Newmark

El proyecto inicial era
de 27 pisos, y quedó
de 45.

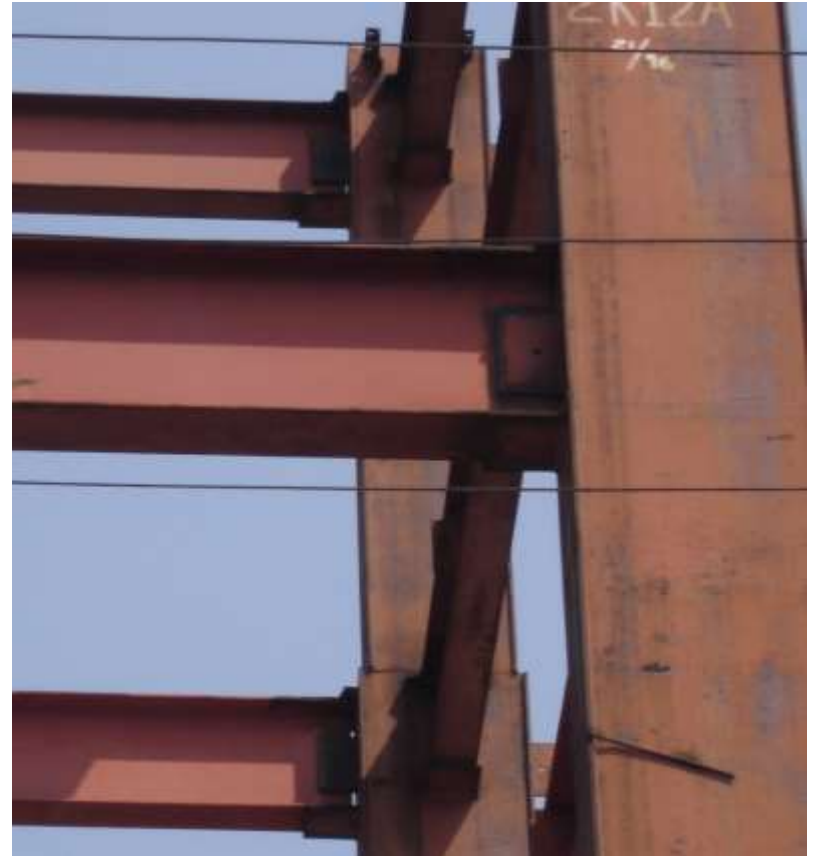






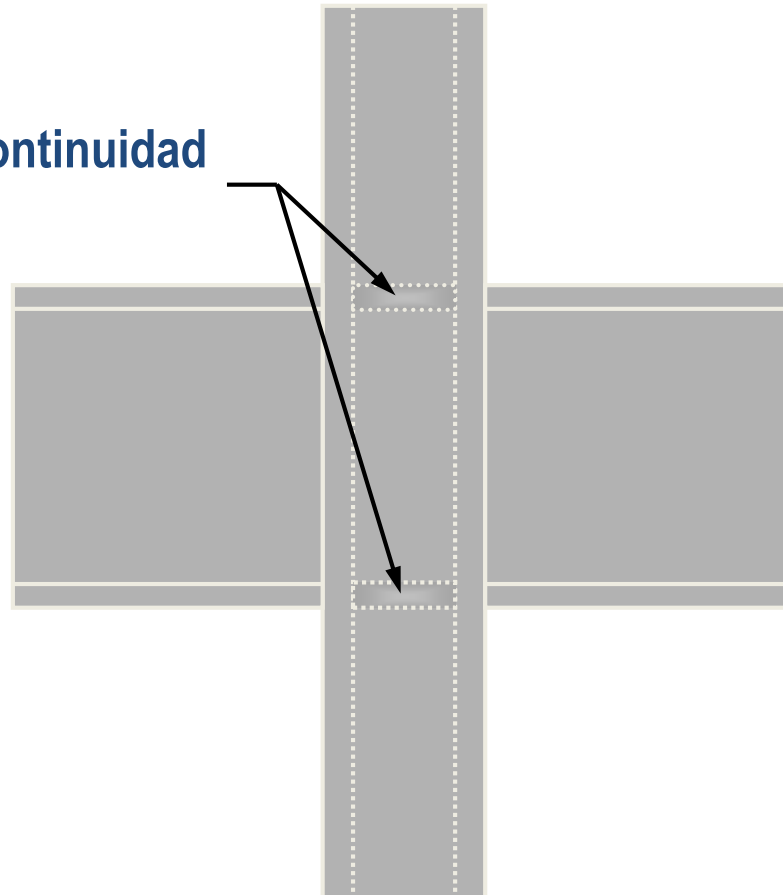






REQUISITOS DE PLACAS DE CONTINUIDAD PARA COLUMNAS EN CAJON

Placas de continuidad



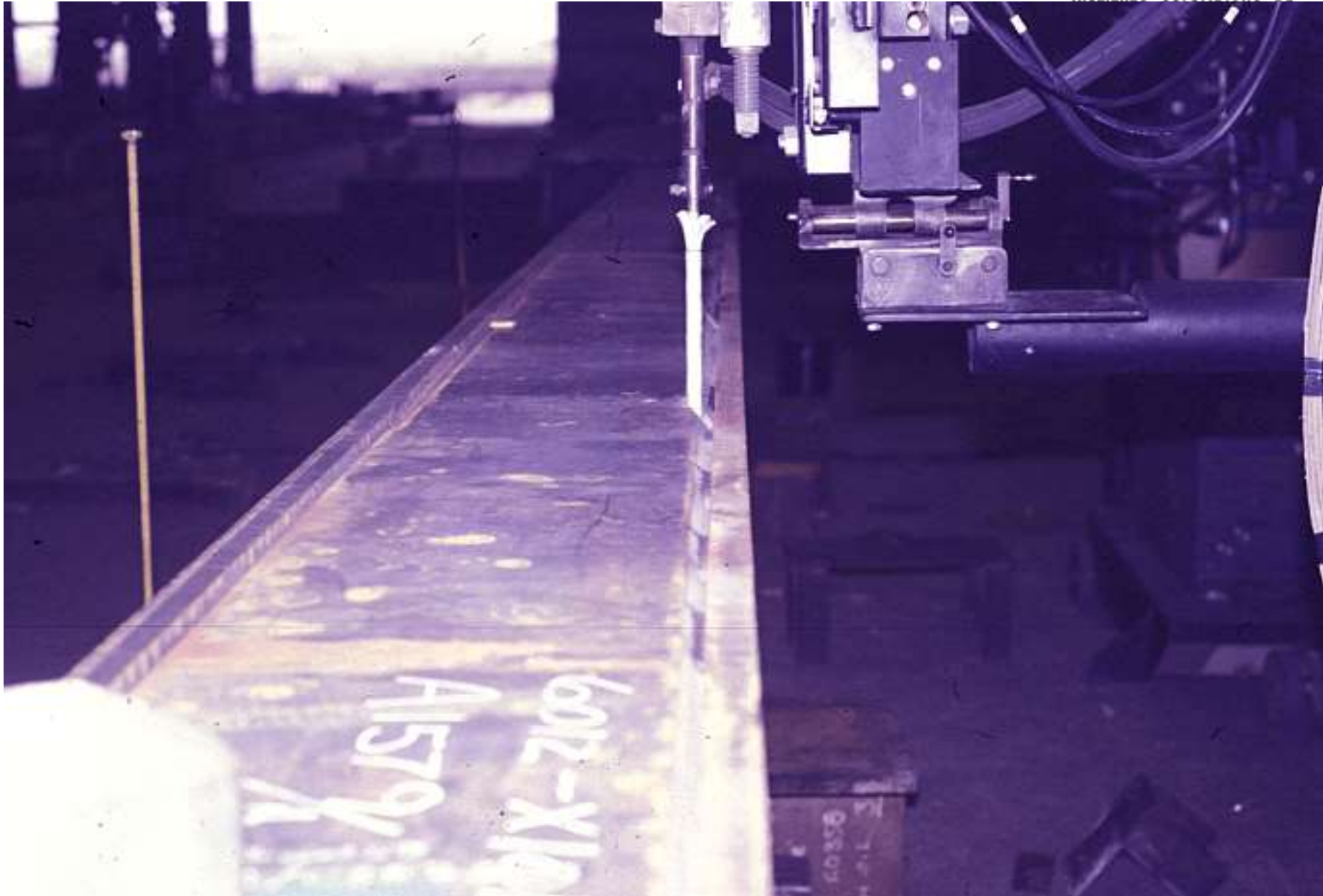






E
0

















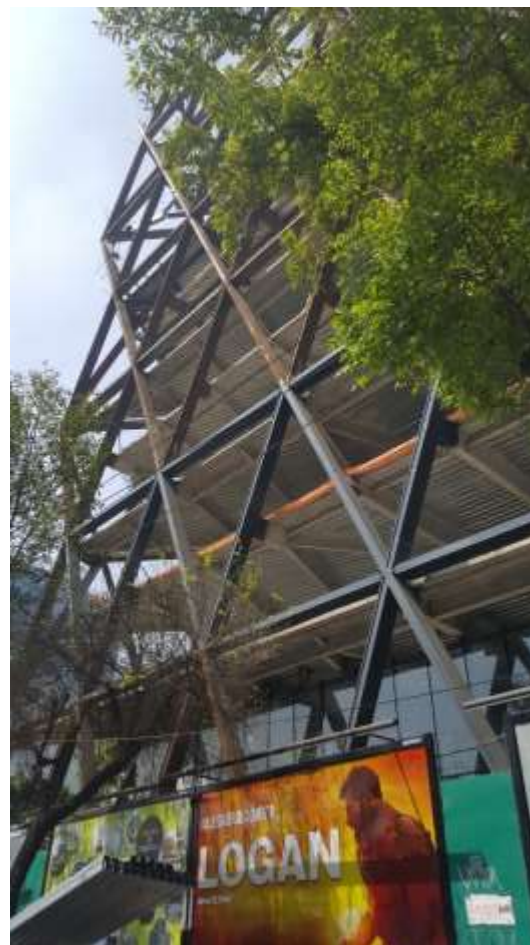


4272

32415
3000
6245



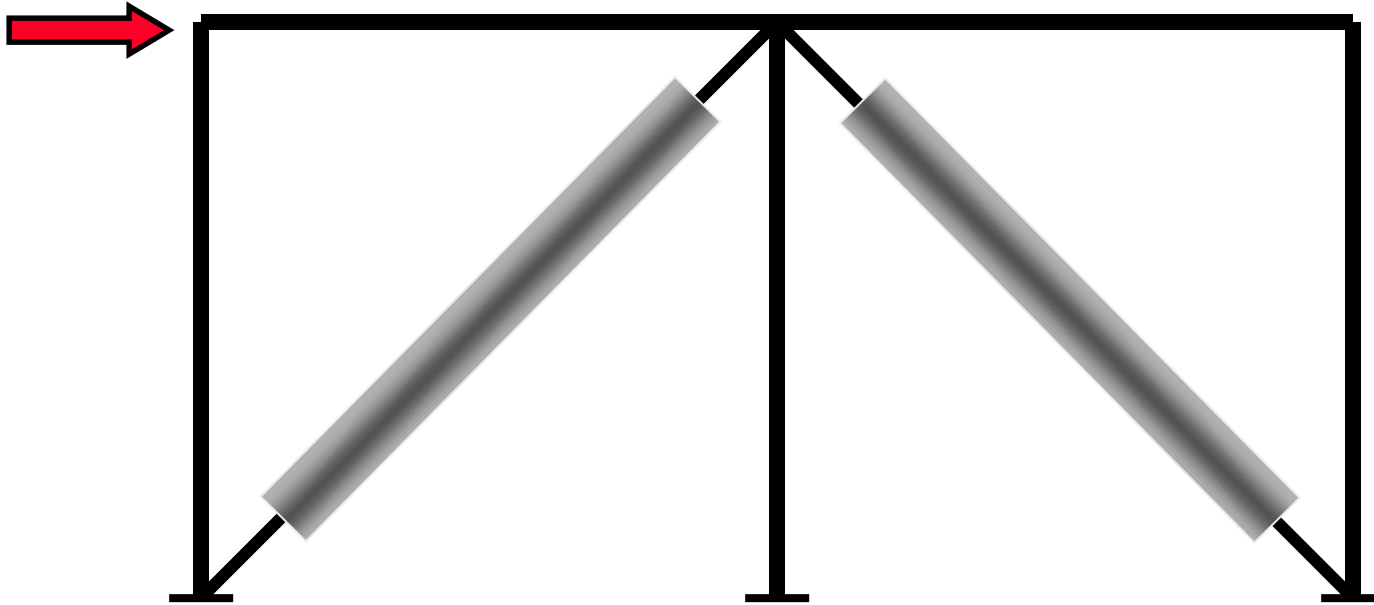
EDIFICIOS RECIENTES

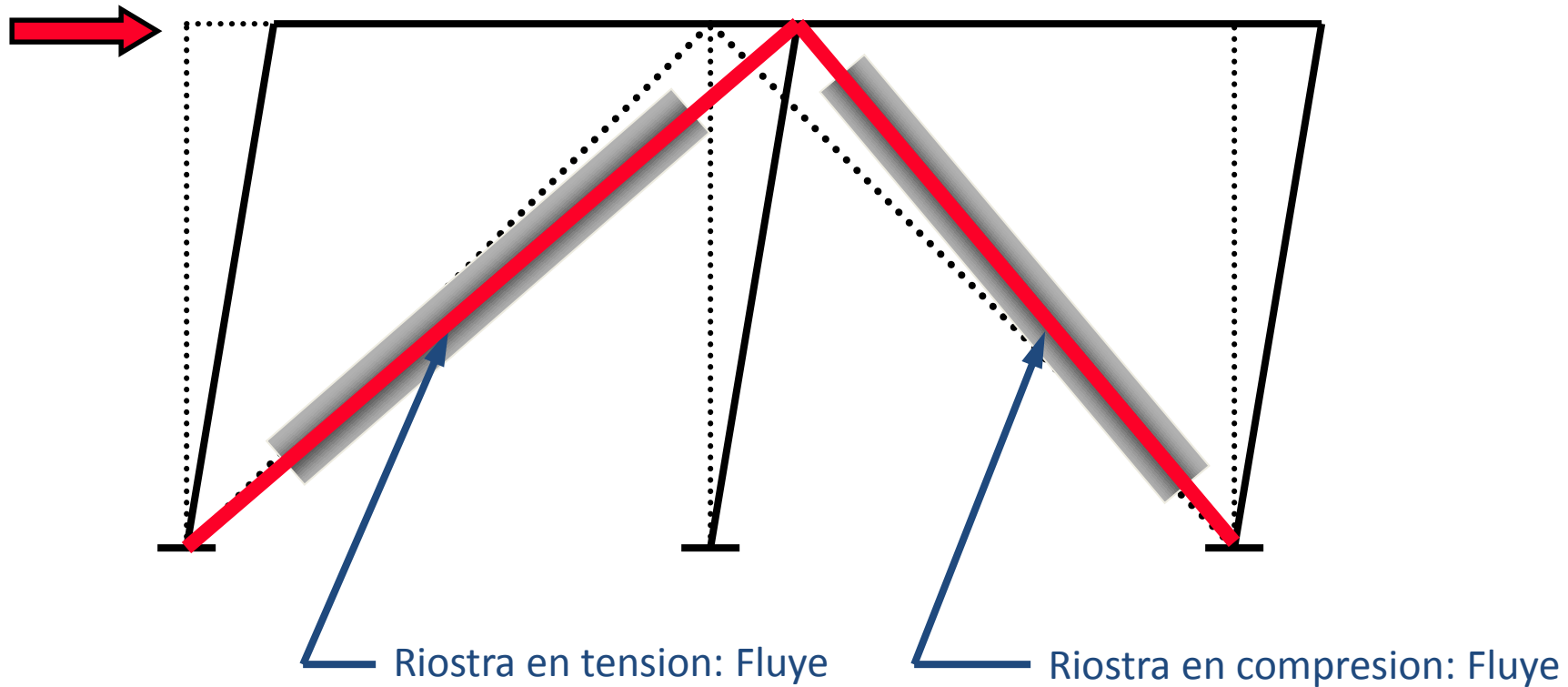




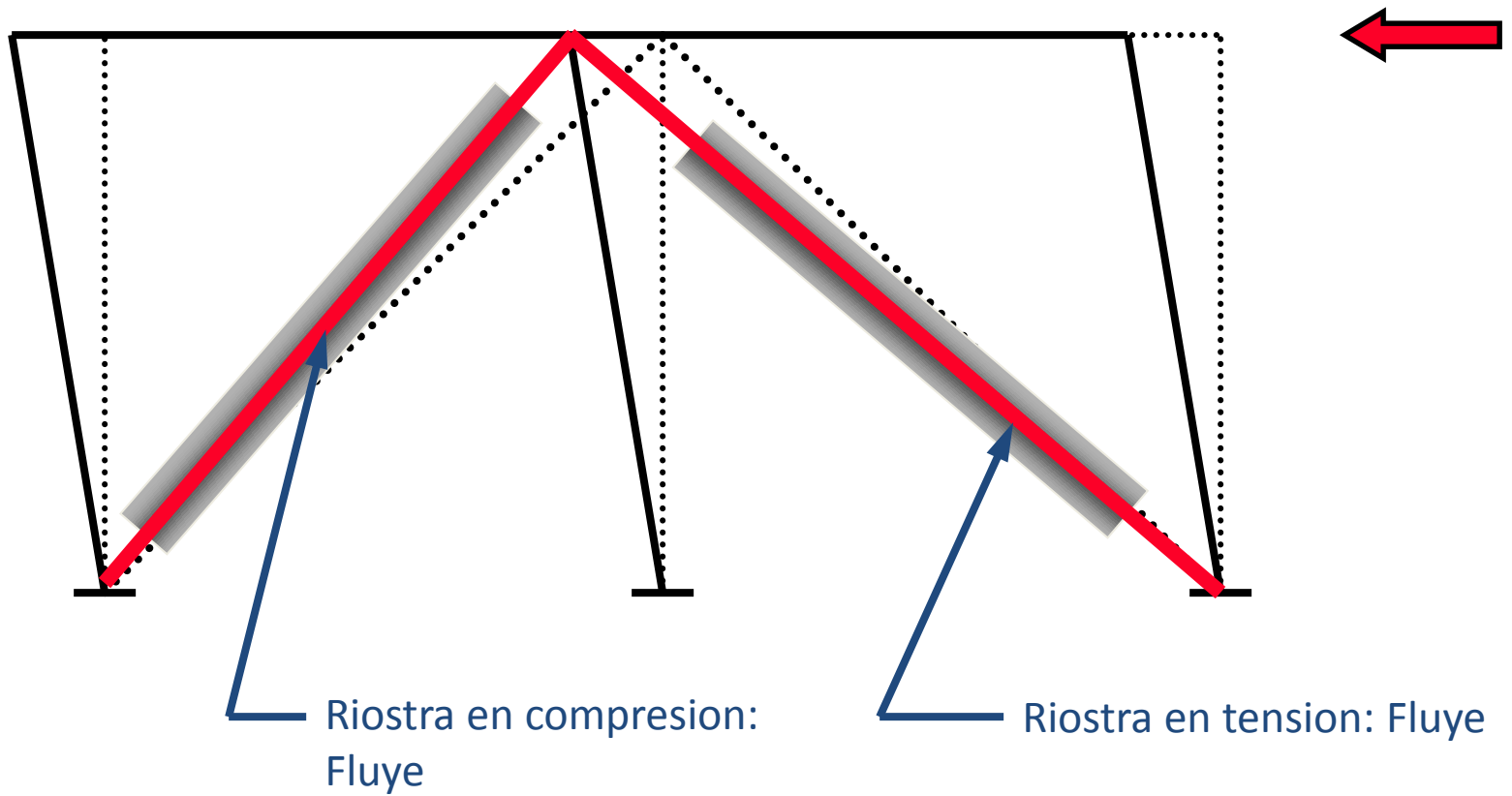


Respuesta Inelastica de PACR

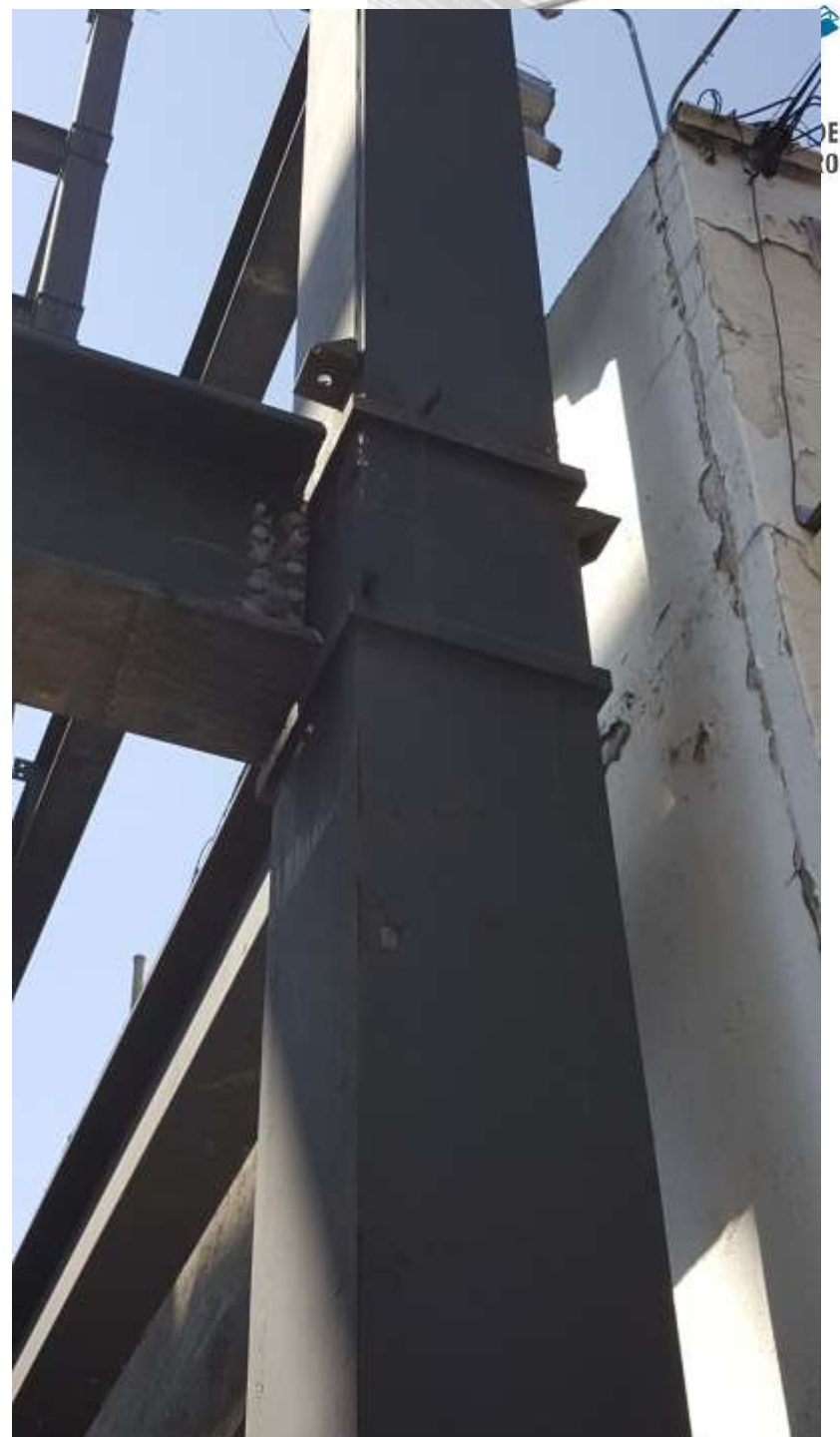




Columnas y vigas permanecen elásticas

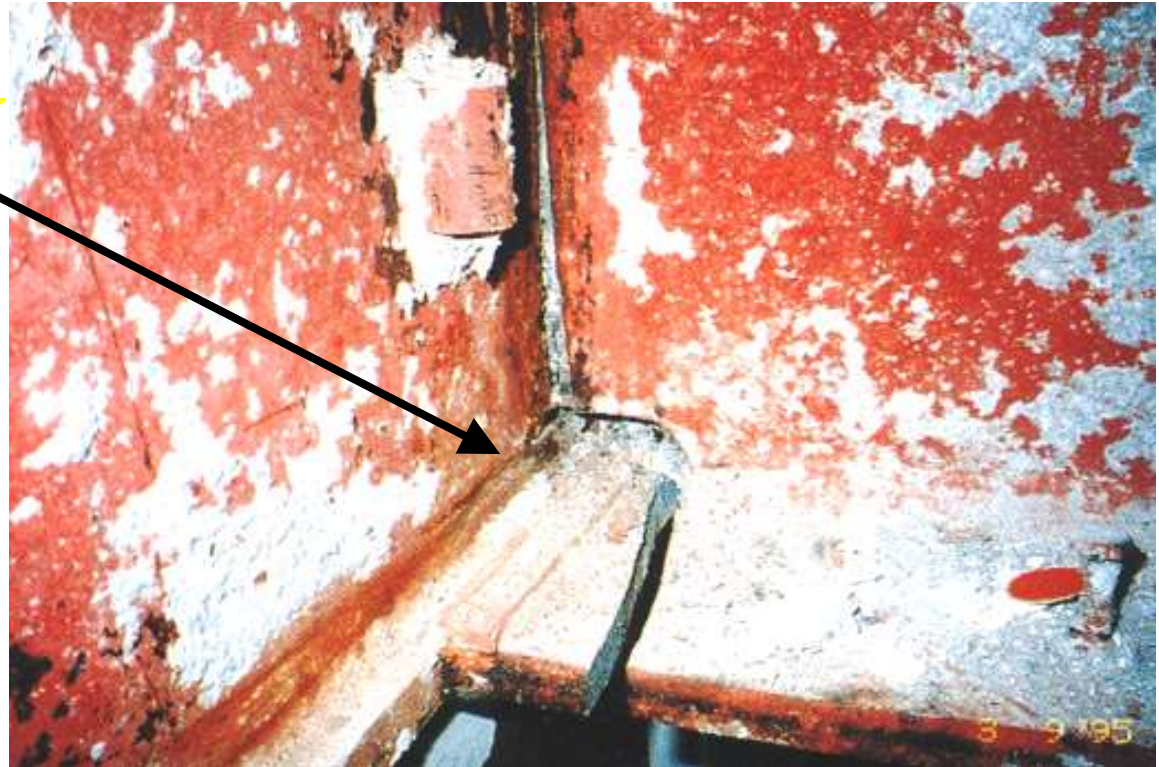
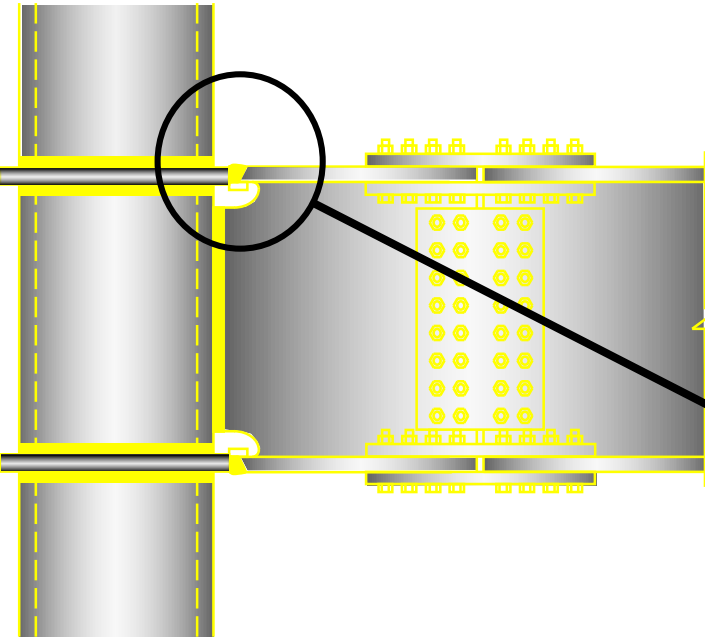


Columnas y vigas permanecen elásticas





-Hyogoken-Nanbu (Kobe) 1995





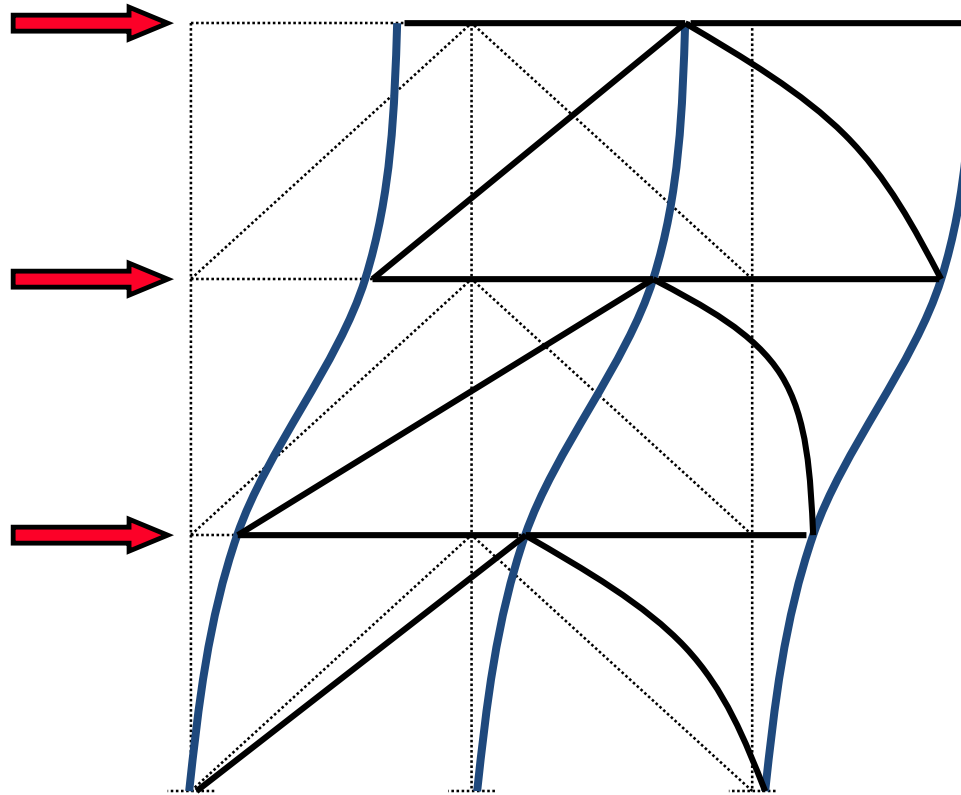




Todas en tension (o compresion)

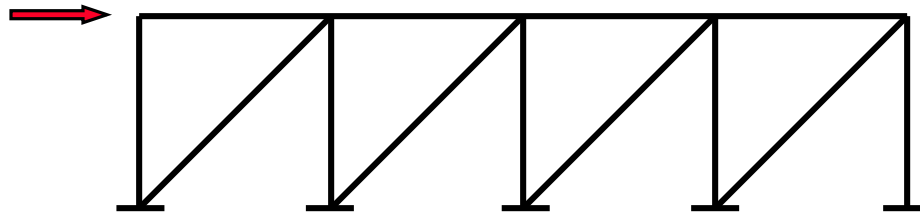
NO!



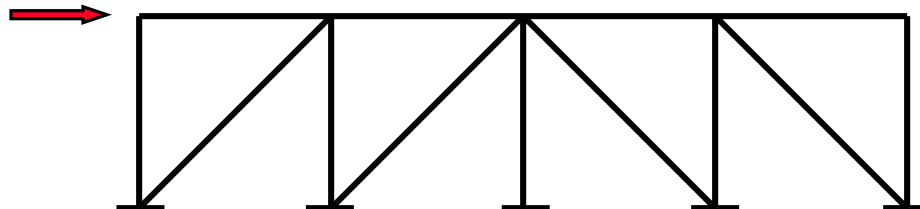


Distribucion de fuerzas laterales

Coloque riostras tal que la mitad sea a tension
(y la otra mitad en compresion)



Todas en tension (o compresion) **NO!**



OK

NTC DF 2004

- SE PERMITEN SISTEMAS DMI !!??

5.1	Requisitos para $Q = 4$
5.2	Requisitos para $Q = 3$
5.3	Requisitos para $Q = 2$
5.4	Requisitos para $Q = 1.5$
5.5	Requisitos para $Q = 1$

NTC CDMX 2017

- SE PERMITEN SISTEMAS DMI !!??

Tabla 4.2.2 Factores de comportamiento sísmico y distorsiones límite para estructuras de acero y compuestas ⁽¹⁾

Estructuración	Ductilidad	Condición	Q	γ_{max}
Marcos	Alta	-----	4.0	0.030
	Media	-----	3.0	0.020
	Baja	-----	2.0	0.015
	Media	Vigas de alma abierta (armaduras) de ductilidad alta	3.0	0.020
	Baja	Vigas de alma abierta (armaduras) de ductilidad baja	2.0	0.015
	Baja	Conexiones semirrígidas	2.0	0.015
Sistema dual ^(a) formado por marcos de acero y contravientos de acero ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾	Alta	Contravientos excéntricos	4.0	0.020
	Alta	Contravientos restringidos al pandeo	4.0	0.020
	Media	Contravientos concéntricos de ductilidad alta	3.0	0.015
	Baja	Contravientos concéntricos de ductilidad baja	2.0	0.010
	Baja	Contravientos concéntricos que trabajan solo en tensión	1.5	0.005

5.4 Estructura de planta baja débil

Si en un edificio el cociente de la capacidad resistente entre la fuerza cortante de diseño para el primer entrepiso es menor que 60 por ciento del mismo cociente para el segundo entrepiso y para más de la mitad de los entrepisos restantes, se considerará que el edificio cae en el caso denominado “de planta baja débil” y se aplicarán las penalizaciones que se fijan en la sección 5.5 para este caso.

NAVE INDUSTRIAL



CONTENIDO

1. EL SISMO
2. ANTECEDENTES
3. ANALISIS DE DAÑOS
4. COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO ANTIGUAS Y NUEVAS
5. **COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS REFORZADAS CON ACERO**

















Fig 25

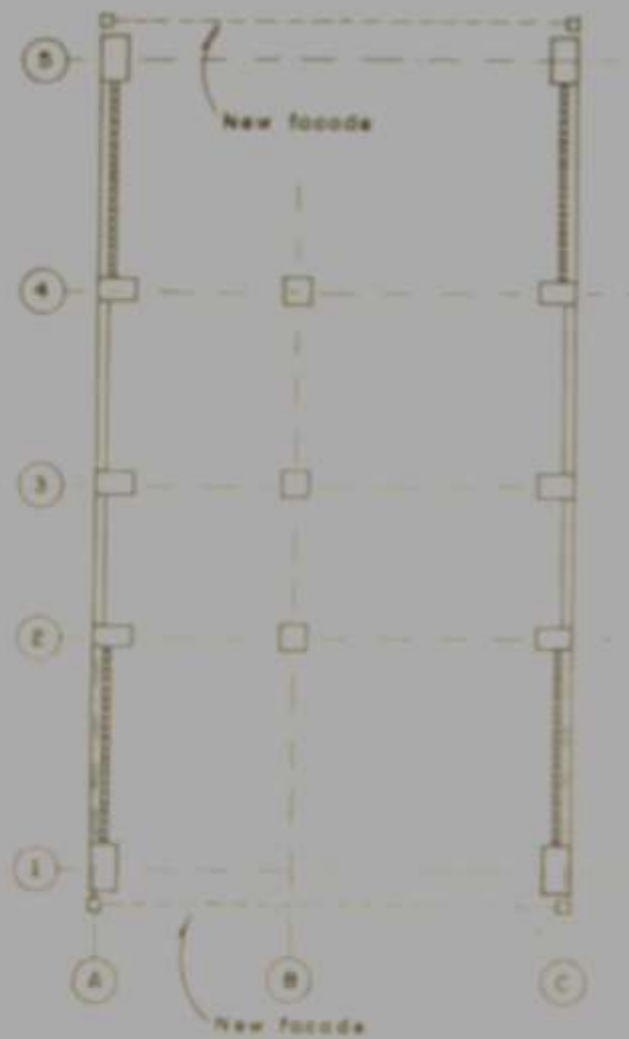
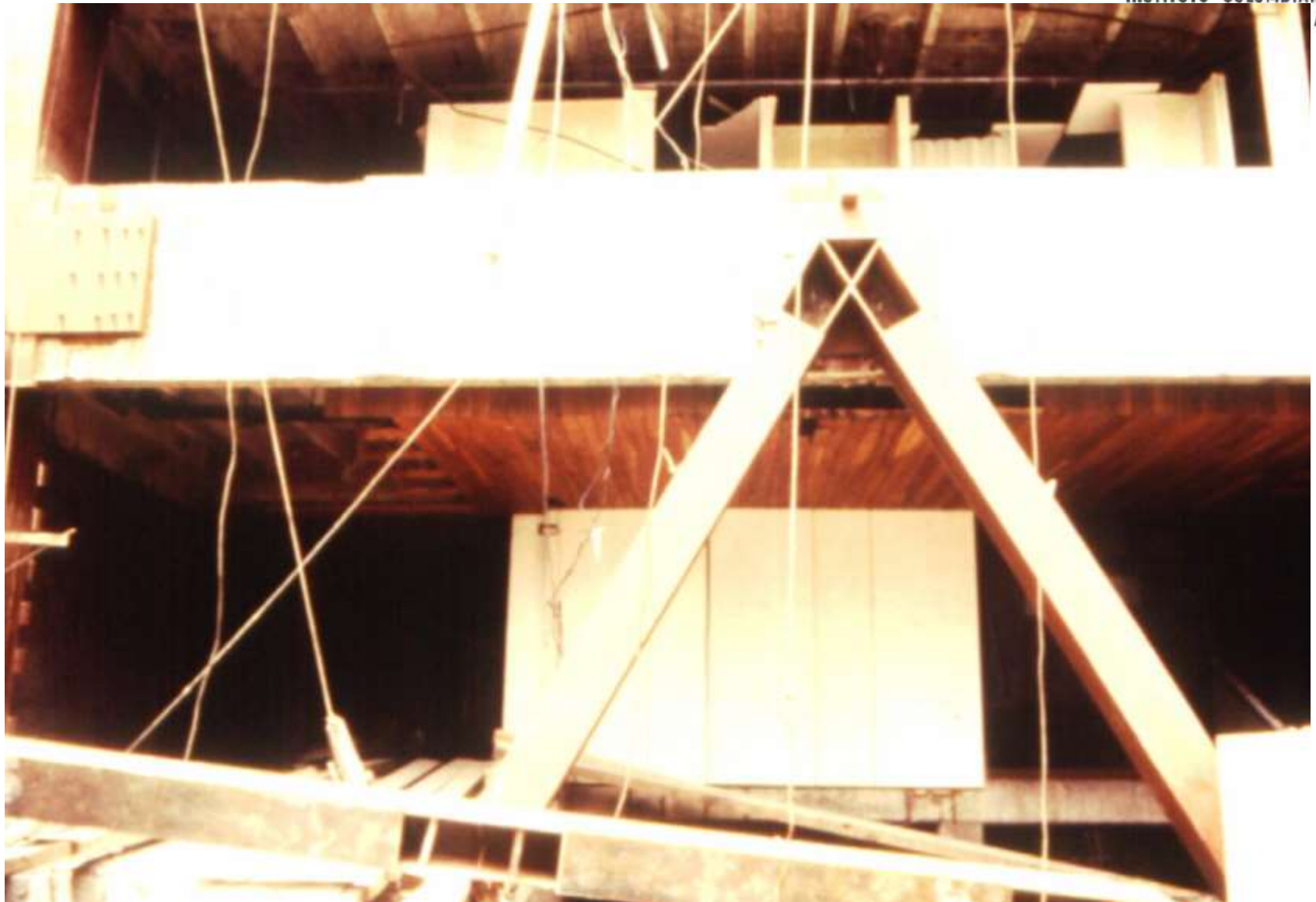
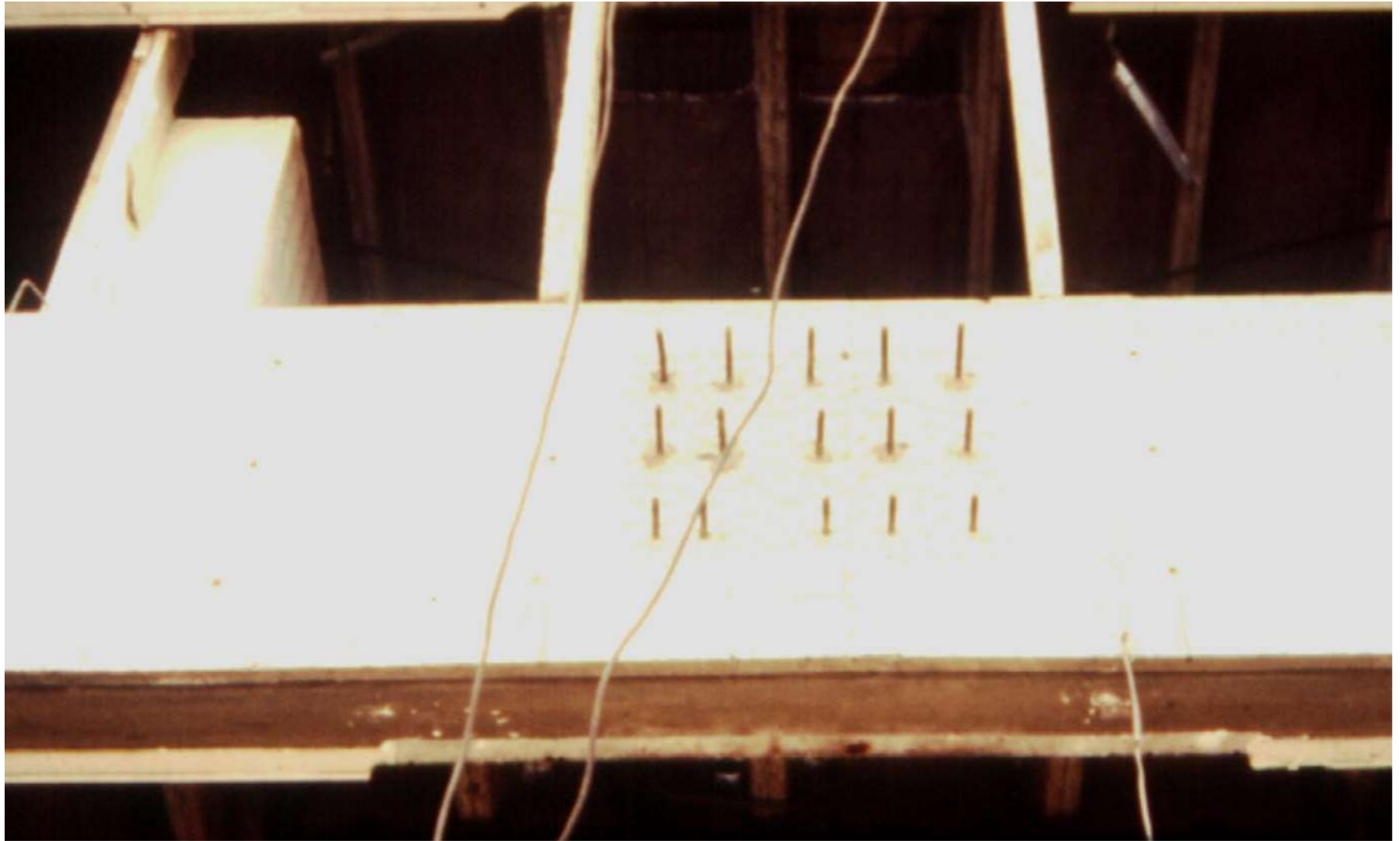


Fig 24





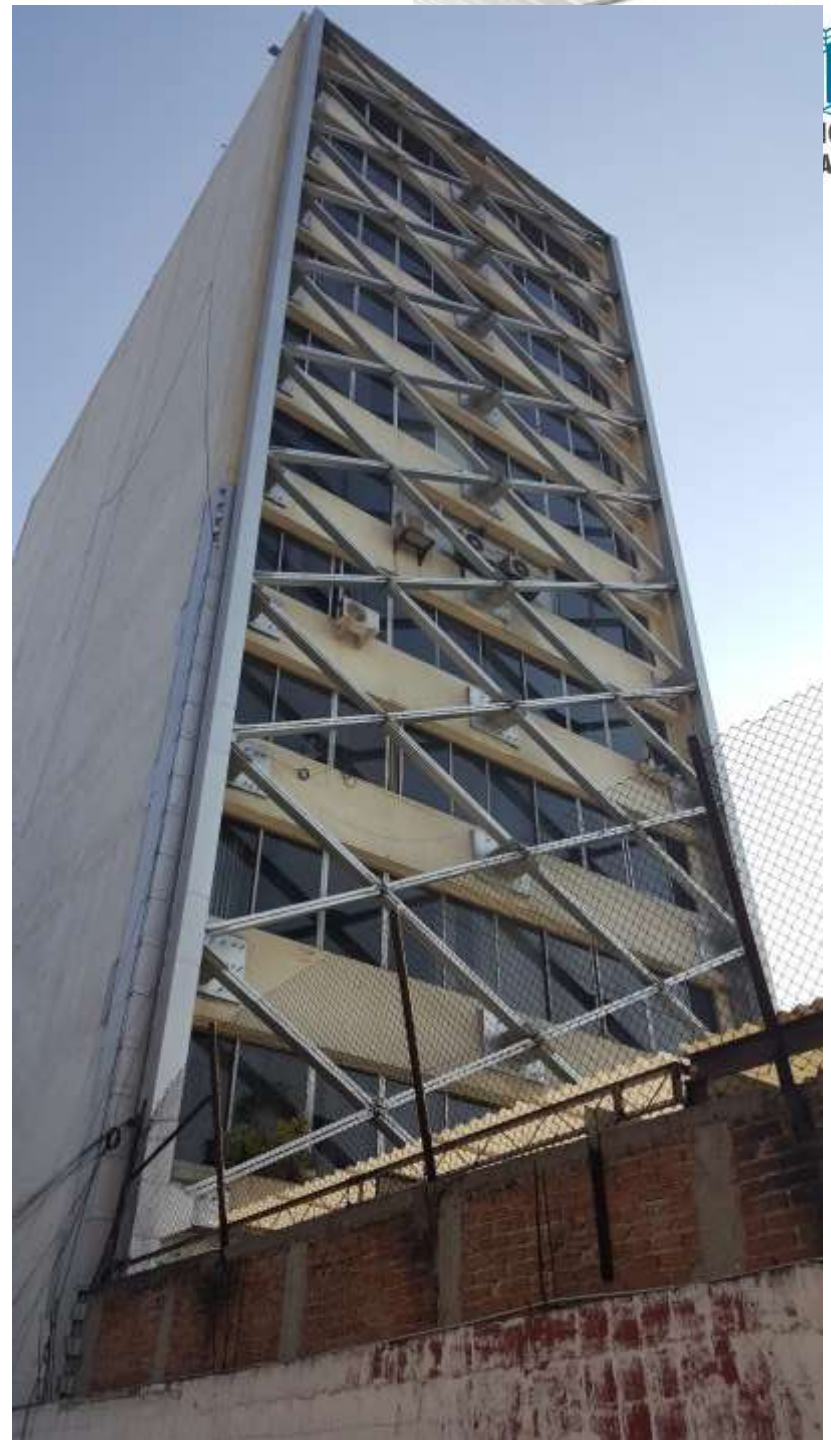






























CUADERNOS DE INVESTIGACION

NUMERO

43

julio, 1997

GUIA DE DISEÑO PARA REFUERZO SISMICO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES DE CONCRETO REFORZADO

Editado por:
Takeshi Jumanji

Traducido por:
Marino Sugahara
Oscar López Bótiz

Revisado por:
Sergio M. Alcocer Martínez de Castro



CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES
MEXICO





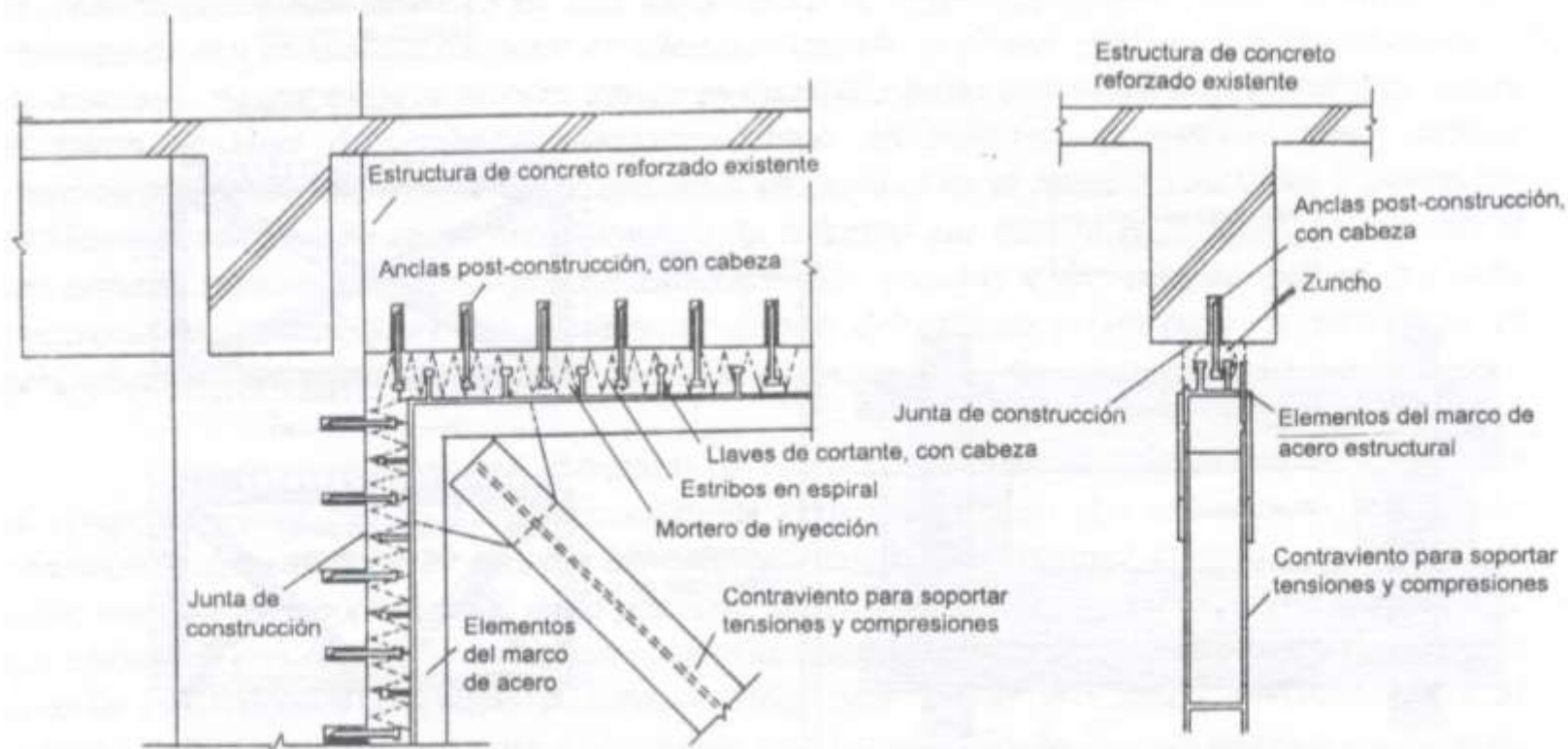


Figura 3.4.2 Ejemplo del refuerzo de la zona de unión entre los elementos de la estructura existente y los elementos de refuerzo

CLINICA LAS AMERICAS











Y EN COLOMBIA, ¿¿¿QUÉ???



NUESTROS SERVICIOS

Fabricación y montajes de estructuras metálicas cubiertas y canoas
Mesanines en armadura y entrepiso stildek
Estructuras para ascensores
Estructuras Metálicas
Escaleras metálicas
Cerrajería en general
Pasamanos
Puentes

TRABAJO ELABORADO, DISEÑADO Y INSTALADO CON MÁS DE
DIEZ (10) AÑOS DE EXPERIENCIA EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN
DENTRO Y FUERA DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.

CARPINTERIA METALICA:

FABRICACIÓN DE CARPINTERIA BASICA METALICA COMO SON PUERTAS DE
ACCESOS PARA APARTAMENTOS, PUERTAS DE GARAJES, PUERTAS PARA
PORTICOS DE FABRICAS, PUERTAS DE ACCESOS PRINCIPALES EN FINCAS ,
PUERTAS CON SISTEMAS DE CONTROL ELECTRONICO, PUERTAS LIVIANAS
Y PUERTAS PESADAS; ELABORACIÓN DE VENTANERIA EN GENERAL, Fijas
CORREDIZAS, LINEA ECONOMICA COMO PARA VIVIENDA DE INTERES (VIS)
SOCIAL, LINEA ESTRATO 7 CON ERRAJES Y ANCLAJES ESPECIALES; OTROS
COMO PASAMANOS EN BALCONES, PASAMANOS EN ESCALERAS HALLES,
PASARELAS , RAMPAS.

CARPINTERIA ESTRUCTURAL:

DISEÑO FABRICACIÓN Y INSTALACIÓN PARA SISTEMAS PORTANTES COMO
VIGAS PH, IP, TUBULARES EN GALPONES, LOSAS, PLACAS FLOTANTES,
PLACAS ELEVADAS, SISTEMAS APORRICADOS PARA COLOSES, CUBIERTAS
DEPORTIVAS, ESTRUCTURAS PARA FABRICAS, ESCALERAS, RAMPAS PARA
CARGA PESADA, ESTRUCTURAS PARA MAQUINAS, TANQUES, CASAS
PREFABRICADAS, ESTRUCTURAS MOVILES, ESTRUCTURAS PARA CASAS
FLOTANTES.

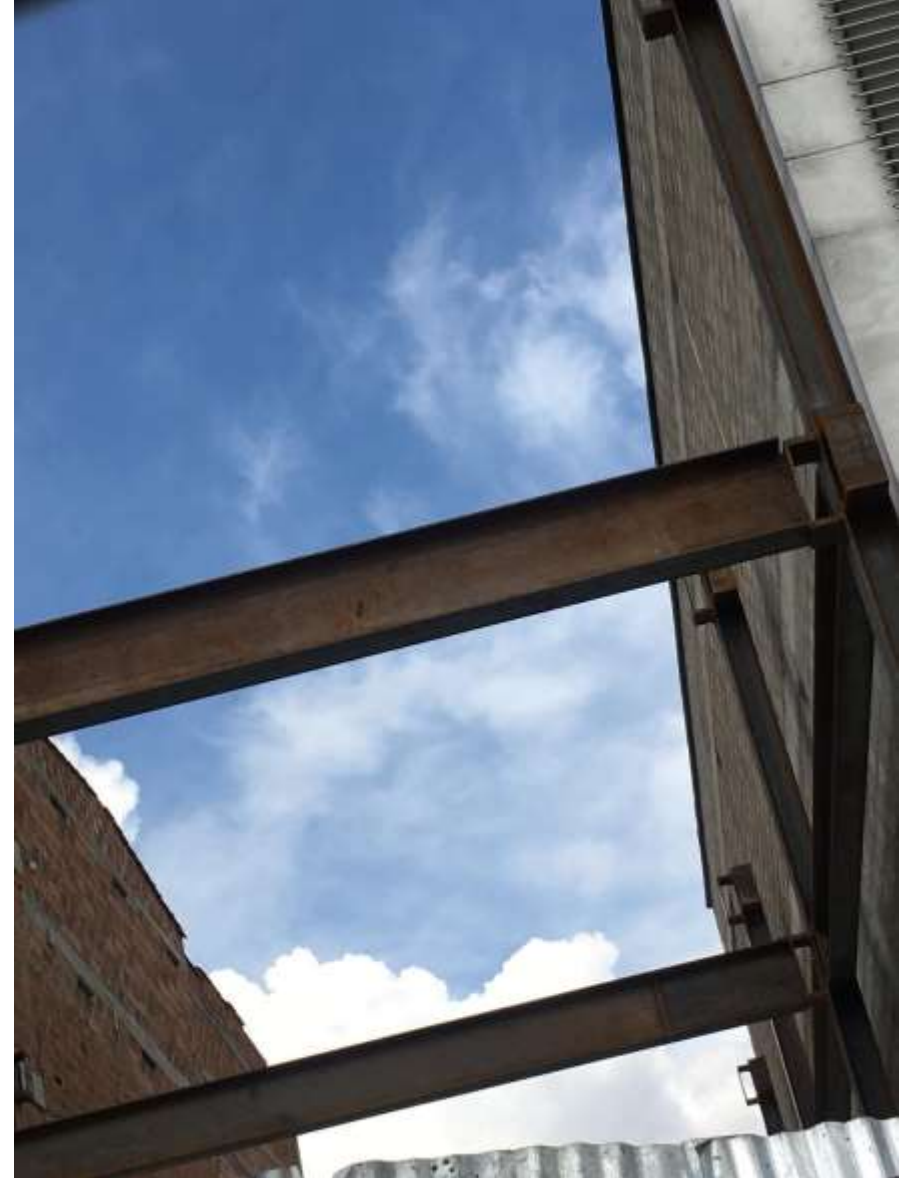
EN GENERAL ESTAMOS RELACIONADOS CON LOS SISTEMAS MODERNOS
QUE SE REALIZAN EN ESTE MOMENTO EN EL SECTOR DE CONSTRUCCIÓN
Y APLICAMOS LA TÉCNICA Y NORMAS QUE RIJEN EL SECTOR DONDE SE
REQUIERA HACER SOLDADURA Y/O ENSAMBLAJES METALICOS.

LA INFORMALIDAD



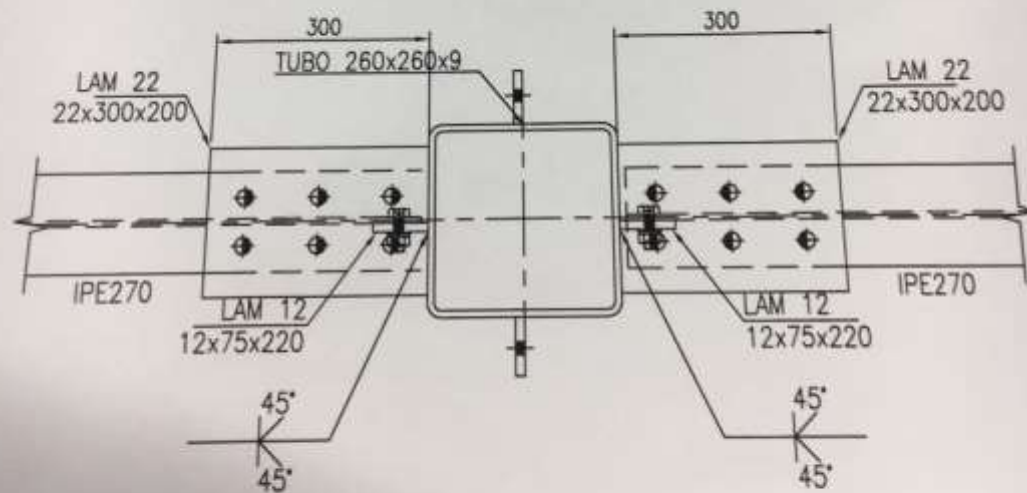
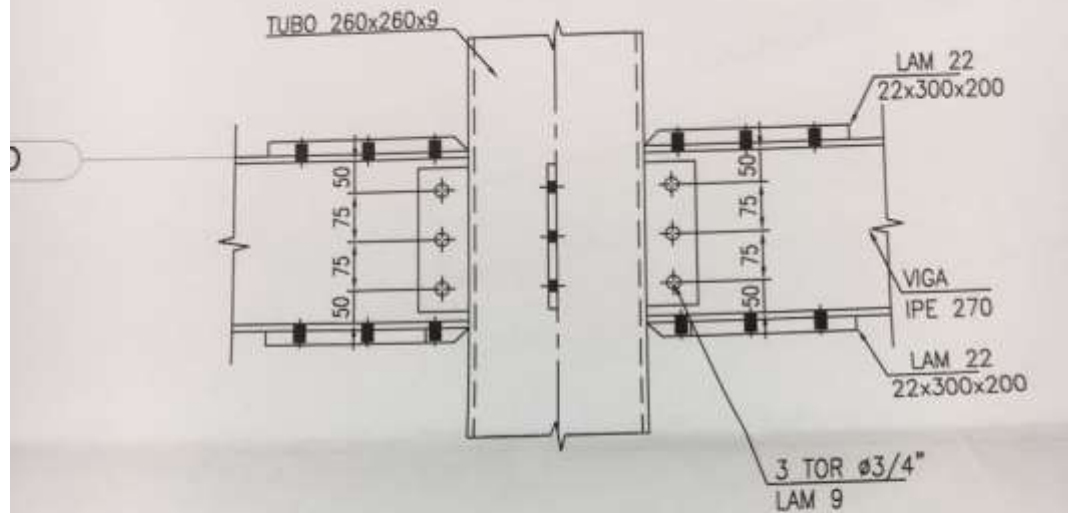






CONEXIONES INAPROPIADAS





DETALLE UNIÓN VIGA-COLUMNA
PLANTA

E-DEFENSE: Edificios altos existentes, Yu-Lin Chung et al., 2010: 24, Soldaduras de Taller vs. campo



Soldadura de Campo vs. De Taller

Y.-L. CHUNG ET AL.

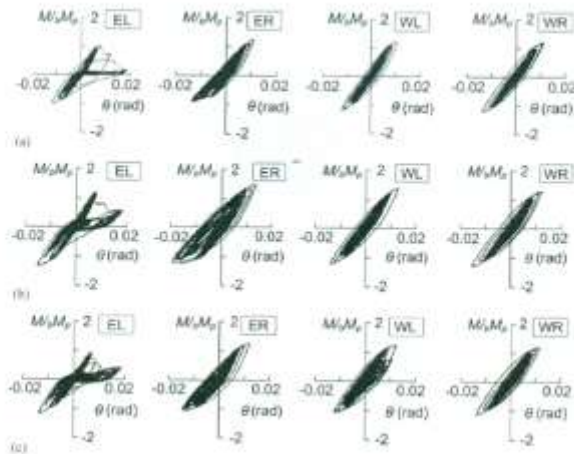


Figure 8. Hysteretic behavior of field-welded connections (San-1): (a) second floor connections; (b) third floor connections; and (c) fourth floor connections.

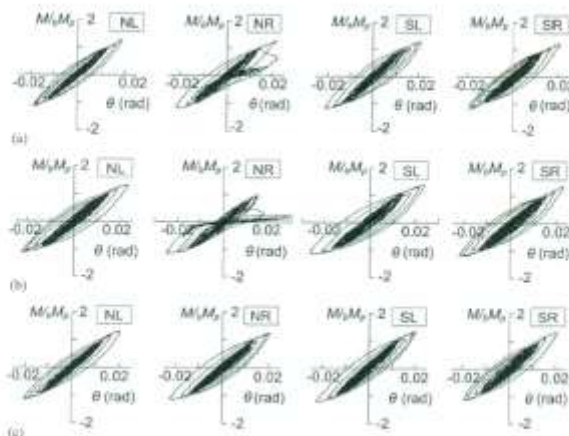
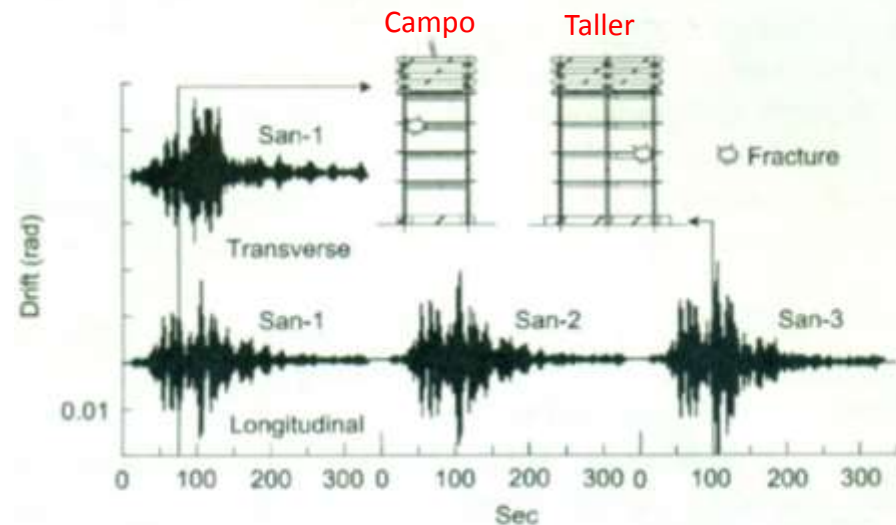


Figure 9. Hysteretic behavior of shop-welded connections (San-3): (a) second floor connections; (b) third floor connections; and (c) fourth floor connections.



Time history of second story drift angle and instants of first fracture.

Soldadura de Campo vs. De Taller

Y.-L. CHUNG *ET AL.*

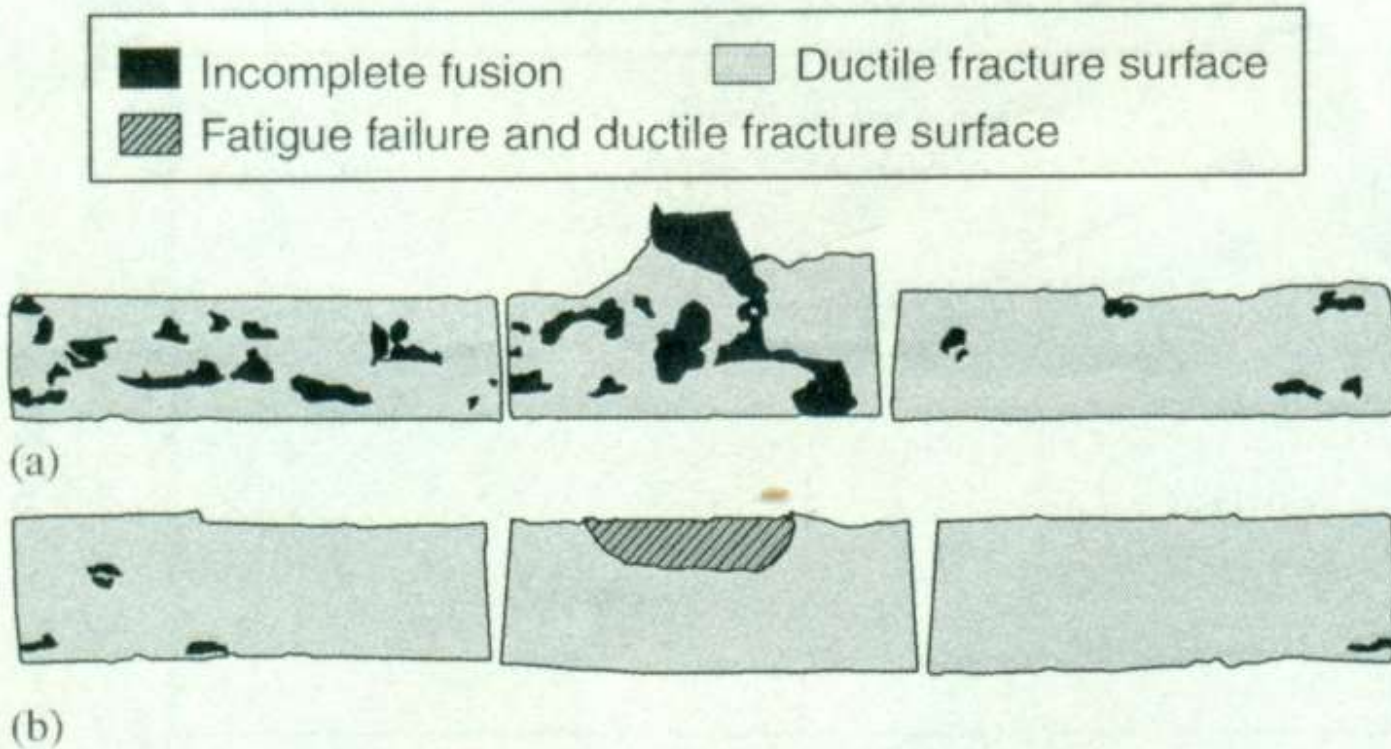
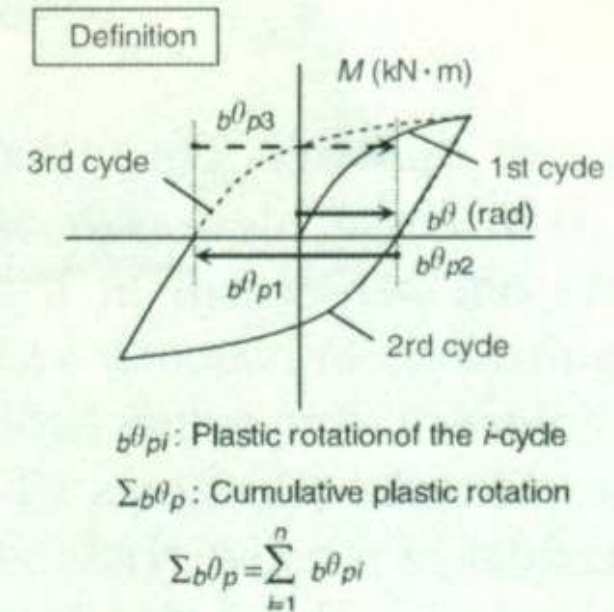
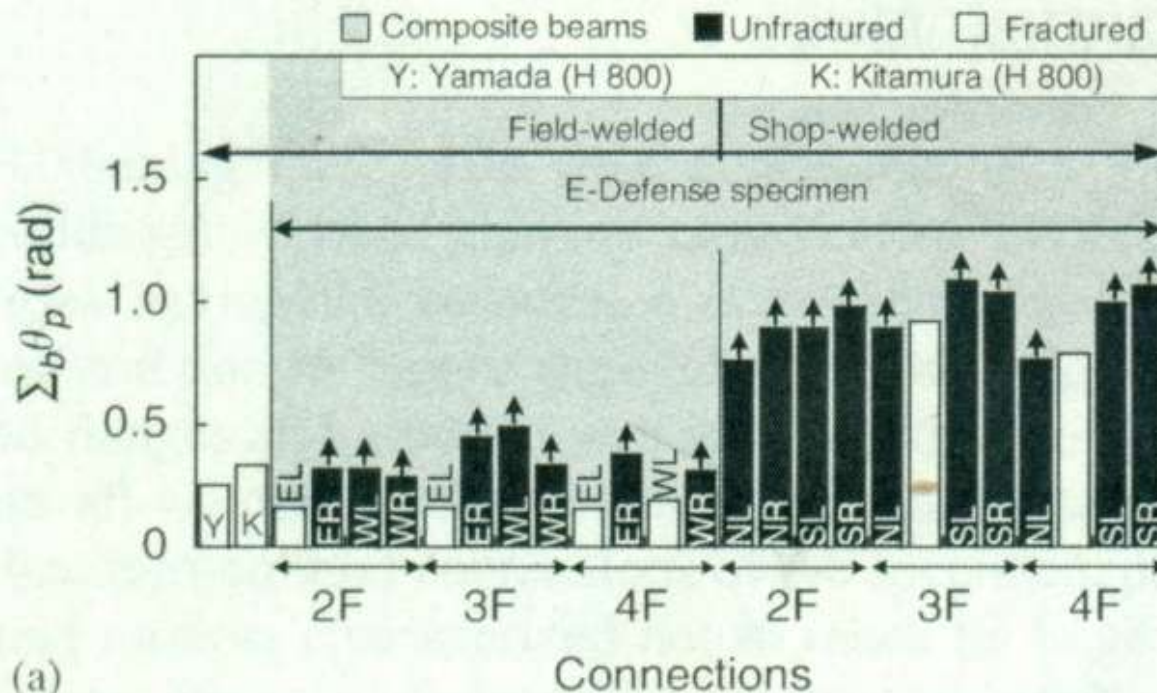


Figure 11. Inspection of fractured cross-sections: (a) field-welded connection and (b) shop-welded connection.

Rotación Plástica Acumulada

SEISMIC RESISTANCE CAPACITY OF BEAM-COLUMN CONNECTIONS



(a)

Señores Diseñadores
Se les recuerda que esto
es un negocio





REFERENCIAS PRINCIPALES

- Presentación Sismo del 19 de septiembre de 2017 M7.1, Puebla-Morelos. Dr. Miguel A. Jaimes. Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Reporte Preliminar: Parámetros del Movimiento del Suelo Sismo de Puebla-Morelos (M7.1) 19 de septiembre de septiembre de 2017. Unidad de Instrumentación Sísmica, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Nota Informativa. Grupos de Sismología e Ingeniería UNAM. Victor Cruz Atienza, Shri Krishna Y Mario Ordaz.
- Geotechnical Engineering Reconnaissance of the 19 September 2017 Mw 7.1 Puebla-Mexico City Earthquake. GEER.
- Preliminary Statistics of Collapsed Buildings in Mexico City in the september 19, 2017 Puebla-Morelos Earthquake. John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University.