

DESARROLLO HISTÓRICO DEL COMIENZO Y EVOLUCIÓN DE LA INGENIERIA SÍSMICA CIENTÍFICA BASADA EN EL DESEMPEÑO Y DISCUSIÓN DE LOS DESAFÍOS EN SU APLICACIÓN EN LA PRÁCTICA

- “REDUCCIÓN DE LOS RIESGOS SÍSMICOS BASADO EN EL DESEMPEÑO”**
ESTO REQUIERE:
- MITIGACIÓN DE LOS PELIGROS SÍSMICOS BASADOS EN EL DESEMPEÑO.
 - DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SIMORRESISTENTE BASADOS EN EL DESEMPEÑO.
 - EVALUACIÓN DEL COSTO DE LA CONTRUCCIÓN Y SU MANTENIMIENTO Y DE LAS PÉRDIDAS PROBABLES DEBIDAS A LOS DAÑOS SÍSMICOS (FÍSICOS) E IMPEDIMENTO DEL FUNCIONAMIENTO.

- ¿EL DESEMPEÑO (COMPORTAMIENTO DINÁMICO) DE QUÉ?**
- ¿DE CADA CONSTRUCCIÓN INDIVIDUAL?
- NO: ESTO ES NECESARIO PERO NO SUFICIENTE.**
- SE NECESITA CONSIDERAR UN ENFOQUE HOLÍSTICO BASADO EN EL DESEMPEÑO SÍSMICO DE TODO EL AMBIENTE CONSTRUÍDO.**

- OBJETIVOS PRINCIPALES DE ESTA PRESENTACIÓN**
- Dar una visión general del **Comienzo de la Ingeniería Sísmica (IS)** basada en los resultados de estudios multidisciplinarios científicos.
 - Revisar la naturaleza del problema de los sismos, particularmente los peligros directos e indirectos que ellos podrían generar en el medio ambiente construido, enfatizando que en general para los casos de sismos moderados y severos cada uno de ellos no es el resultado de un evento (sacudida) único pero de multieventos (varias sacudidas).

- Discutir brevemente los factores que pueden generar un desastre sísmico en una área urbana.
- Resumir los eventos y desarrollos que han influenciado significativamente la **IS** y por lo tanto la evolución de su definición y explicar que es lo que actualmente se denomina como **Ingeniería Sísmica moderna (ISM)** la cual tiene como objetivo principal **el control de los Riesgos Sísmicos (RSs) a niveles que sean socialmente y económicamente aceptables.**

- Resumir que es lo que se ha entendido por la **“Ingeniería Sísmica Basada en el Desempeño (ISBD)”**
- Discutir cuales son las perspectivas actuales y en el futuro de la aplicación confiable en la práctica del marco conceptual y de las guías que se han formulado para la ISBD.

<ul style="list-style-type: none"> ■ Enfatizar la necesidad de un cambio en el enfoque para la reducción de los RSs en nuestras áreas urbanas.
<p>Se debe considerar un enfoque holístico que se base en el desempeño sísmico no solo de la obra (o facilidad) individual que se debe diseñar y construir (o qué se debe rehabilitar) pero en el desempeño sísmico de todo el medio ambiente construido, es decir del área urbana en que la obra está localizada.</p>

<ul style="list-style-type: none"> ■ Ilustrar y discutir los desafíos principales que se presentan actualmente a la aplicación confiable de la “ISM Basada en el Desempeño (ISMBD)” en las áreas urbanas, enfatizando particularmente los problemas siguientes; <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño, construcción y mantenimiento de edificios altos; y ▪ Diseño, construcción y mantenimiento de edificios vernaculares y particularmente los informales.
--

<ul style="list-style-type: none"> ■ Enfatizar la necesidad de no confiar solamente en los resultados analíticos que se pueden obtener usando los programas sofisticados de computación del comportamiento (o respuesta) dinámico 3D lineales y no-lineales (inelásticos) para obtener una construcción económica sin percibir o sentir físicamente cual es el modelo mecánico (dinámico) confiable que debe usarse.

<ul style="list-style-type: none"> ■ Por lo tanto se enfatizará la necesidad de usar: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Las lecciones que nos han enseñado las observaciones y los resultados de los estudios que se han realizado directamente en el campo de la ocurrencia de sismos significantes y de las investigaciones subsiguientes integrales, es decir analíticas y experimentales; y ▪ Los principios básicos y/o guías básicas que se han formulado basándose en las lecciones que nos han enseñado los eventos sísmicos significantes enfatizando la interpretación de los aspectos físicos del comportamiento (desempeño o respuesta) dinámico de las construcciones cuando ellas son sometidas a movimientos sísmicos.

<ul style="list-style-type: none"> ■ Presentar una lista y una discusión breve de las guías básicas para el diseño sismorresistente conceptual enfatizando su aplicación a edificios altos. ■ Discutir brevemente el uso de estrategias, sistemas estructurales, técnicas y materiales innovativos para controlar el desempeño sísmico de los edificios e ilustrar su uso en edificios altos.

<ul style="list-style-type: none"> ● Concluir la presentación con un resumen de los resultados de las revisiones históricas y críticas sobre el estado del arte y del estado de la práctica en la ISM. <p>Estos resultados demuestran que como consecuencia de los grandes desarrollos en la dinámica estructural computacional junto con las innovaciones tecnológicas, los resultados de los estudios realizados en el campo inmediatamente después de sismos significantes y de las investigaciones subsiguientes han resultado en una acumulación enorme de conocimiento sobre los problemas de la ISM.</p>

Desafortunadamente el estado actual de la práctica está rezagado (o atrasado) considerablemente con respecto al estado del conocimiento. Esto es debido a que el estado de la práctica es controlado por las normas de los códigos de edificaciones y hasta recientemente los requisitos de estos códigos para el diseño sismo-resistente han estado basados en el diseño por resistencia al corte basal usando sistemas estructurales convencionales.

En el estudio de las lecciones aprendidas de los sismos de Michoacan (México) de 1985 una de las recomendaciones que se formuló fue la necesidad de un enfoque más holístico al diseño, construcción, inspección, monitoreo del mantenimiento y función (u ocupación), y administración en general.

Se enfatizó que en nuestro mundo de especializaciones existe una tendencia en educar a nuestros profesionales solamente en la especialización que han elegido lo cual resulta en una tendencia creciente a tratar cada uno de los componentes de edificios y las informaciones y actividades requeridas para el diseño, construcción y mantenimiento de ellos por separado en vez de analizar sus relaciones y efectos entre sí y en conjunto.

Los edificios que resultan de tal enfoque fragmentario generalmente no responden bien a los efectos de los movimientos sísmicos severos.

IMPACTOS GLOBALES DE LOS SISMOS

- Mundialmente los sismos han causado fatalidades y destrucción.
- La tendencia absoluta de las fatalidades no decrece, aunque si se considera que la población aumenta un decrecimiento relativo está ocurriendo.
- Las pérdidas económicas van aumentando.

ALGUNOS SISMOS QUE OCURRIERON ANTES DEL SIGLO XIX CAUSANDO MÁS DE 50.000 FATALIDADES

Year	Month	Day	Location	Deaths
856	12	22	Iran, Damghan	200,000
893	3	23	Iran, Ardabil	150,000
1138	8	9	Syria, Aleppo	230,000
1268			Asia Minor, Silicia	60,000
1290	9		China, Chihli	100,000
1556	1	23	China, Shansi	830,000
1667	11		Caucasia, Shemakha	80,000
1693	1	11	Italy, Sicily	60,000
1727	11	18	Iran, Tabriz	77,000
1755	11	1	Portugal, Lisbon	70,000
1783	2	4	Italy, Calabria	50,000

■ **Eventos Sísmicos Catastróficos Que Ocurrieron Antes del Siglo Veinte**

- 1755: En Noviembre 1, El Sismo de Lisboa (M9)
- 1755: En Noviembre 18, El Sismo Cape Ann, MA (M7)
- 1783: En Febrero 4, El Sismo de Calabria
- 1811-1812: En Diciembre 12, 1811 (M8) hasta Febrero 7, 1812 (M8.7) Los Sismos de New Madrid, MMI 12)
- 1868: En Octubre 10, El Sismo de Hayward, CA (M6.8)
- 1886: En Septiembre 9, El Sismo de Charleston, SC (M7.7)

- El sismo de Kobe (Japón) en 1995 con pérdidas inauditas (sin precedente) de más de \$120 billones (120 mil millones), puede ser considerado como un presagio de pérdidas más grandes si un sismo sacude Tokio, Los Ángeles, San Francisco u otras regiones urbanas grandes.

COMIENZO Y EVOLUCIÓN DE LA INGENIERÍA SÍSMICA (IS)

- **Ingeniería Sísmica (IS)** es a la vez un tema muy viejo, y un tema muy nuevo (Hudson 1992): depende de como se lo considera (o define).
 - Si la **IS** se la considera como solamente los esfuerzos concientes realizados para mejorar la resistencia sísmica de las estructuras, entonces es un tema viejo como lo es certificado por la historia de unos 3000 años en China.

- Si por otro lado la IS es considerada como los resultados de esfuerzos científicos multidisciplinarios entonces ella es un tema relativamente nuevo y que se denominará como **IS Moderna**.

En esta presentación se discutirá el comienzo de esta **IS Moderna (ISM)** y su evolución en diferentes países pero enfatizando su desarrollo histórico en los EEUU.

- Se debe notar que es muy difícil establecer para cada país una fecha precisa en que la ISM comenzó.

Como ocurre generalmente con el desarrollo de cualquier disciplina nueva, ISM ha tenido que luchar contra la inercia con que la sociedad actúa en su adopción.

- **Prerrequisitos (o requisitos previos) para qué un sismo significativo inicie (o haya iniciado) la ISM en un país.**

Existen tres prerrequisitos para que un sismo pueda ser identificado (o singularizado) como haber tenido un impacto histórico en la iniciación de la ISM.

1. El sismo fue muy dañino (siniestro).
2. El sismo ocurrió cuando la ingeniería (particularmente la ingeniería civil) junto con la sismología ingenieril, habían avanzado a niveles que permitían desarrollos mayores basados en esas dos disciplinas fundamentales.
3. El sismo aconteció cuando existía por lo menos una receptividad política mínima a la idea de leyes de construcciones sismorresistentes.

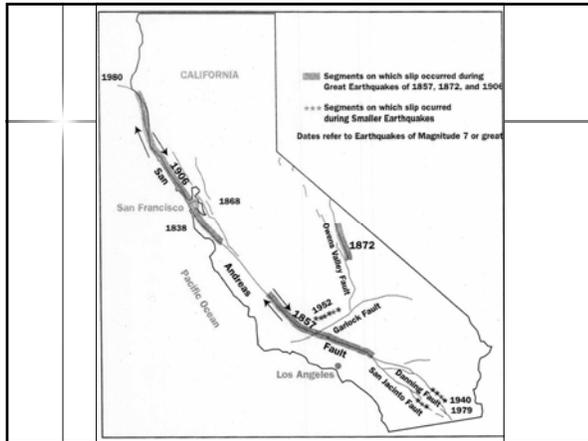
<p>ARBITRARIEDAD EN LA DIVISIÓN DE LA CONTINUIDAD HISTÓRICA DEL DESARROLLO DE LA IS SINGULARIZANDO LA TIMPORTANCIA DE UNO O MÁS EVENTOS.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ El sismo de San Francisco en 1906, para la IS en EEUU ■ El sismo de Messina en 1908, para la IS en Italia ■ El sismo de Kanto en 1923, para la IS en Japón ■ El sismo de San Juan en 1944, para la IS en Argentina

<p>EL CASO DE CHINA</p>
<p>China es un país con una historia de más de 3000 años de sismos devastadores, pero ninguno de ellos ha sido considerado como la verdadera causa del comienzo de la IS en ese país.</p> <p>El Profesor Liu Huixian (1914 - 1992) es considerado como el fundador de la ISM de ese país y si una fecha tiene que ser elegida, ella sería 1954 cuando el Instituto de Ingeniería Civil y Arquitectura (denominado actualmente como Instituto de Mecánica Ingenieril) fue fundado en Harbin.</p>

<p>EL SISMO DE SAN FRANCISCO DE 1906</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Vistas de San Francisco antes, durante y después del sismo de Abril 18 de 1906. ■ $M = 8.3$ ■ $MMI = 11$ ■ Fatalidades: 450 - 3000 ■ Daños en Dólares EEUU: Excedieron \$524 millones

<p>EL SISMO DE SAN FRANCISCO DE 1906</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ A la mañana temprano, a las 5:13AM del 18 de abril de 1906 los ciudadanos de San Francisco fueron despertados por un estruendo y rugido ensordecedor proveniente de la profundidad de la tierra. Este ruido fue seguido por una sacudida de edificios debido al arribo del primero y principal temblor de un sismo muy severo. ■ La intensidad de este primer temblor fue creciendo y duró cerca de 48 segundos.

<ul style="list-style-type: none"> ■ Después de esta sacudida principal hubo una calma relativa por unos 10 segundos después de los cuales ocurrió una nueva sacudida de unos 25 segundos de intensidad muy severa. ■ Este evento sísmico ocurrió como consecuencia del deslizamiento de la placa tectónica del Pacífico a lo largo de la placa tectónica de América del Norte. Este deslizamiento ocurrió a una profundidad relativamente baja (10 a 15 kilómetros) a lo largo de la falla de San Andreas que sufrió una rotura de unos 430 kilómetros de longitud.
--



- Los daños y destrucciones que se originaron como consecuencias de esta rotura de la Falla de San Andreas fueron muy severos.

En la ciudad de San Francisco el daño fue especialmente extensivo en el distrito al sur de la calle Market donde existían casas de pensiones y hoteles de alojamiento baratos.

En el distrito de ventas al por mayor y productos de la ciudad también sufrió daños severos pero los accidentados y muertos fue bajo debido a la hora temprana en que ocurrió el sismo.

- En el centro comercial donde algunos de los edificios fueron construidos en sitios obtenidos rellenando ensenadas y riachuelos, los suelos se asentaron (hundieron) causando la rotura de las líneas de servicio (tuberías) de agua y de aguas servidas (o cloacales), las calles se abombaron (encorvaron), rompieron y hundieron, y los edificios, particularmente los de ladrillos, sufrieron daños importantes.

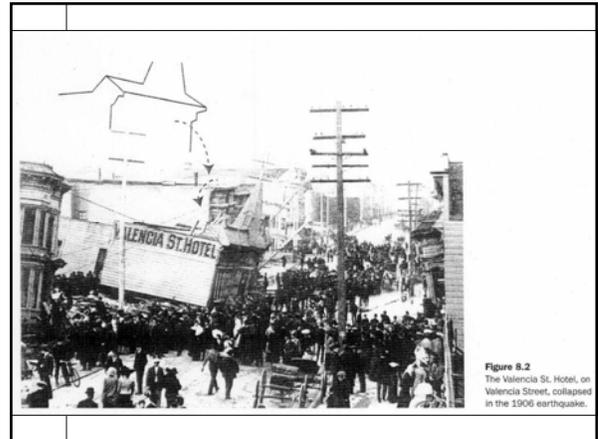


Figure 8.2
The Valencia St. Hotel, on Valencia Street, collapsed in the 1906 earthquake.



- El Municipio de San Francisco** un hito, cuya construcción había sido completada poco antes del sismo después de 20 años de construcción a un costo de 6 a 8 millones de dólares, fue prácticamente destruido por el sismo.

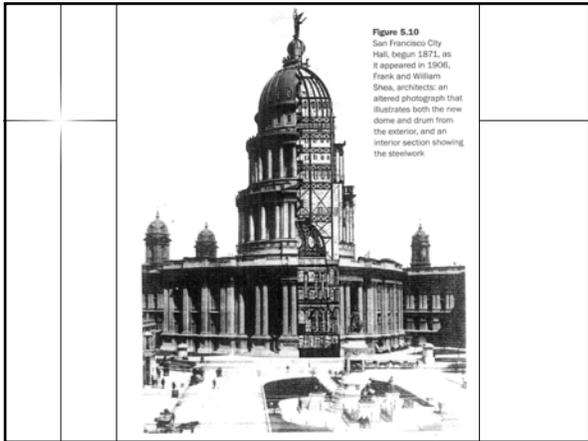


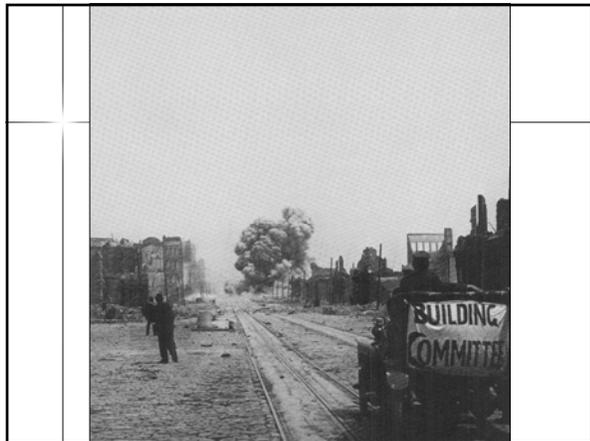
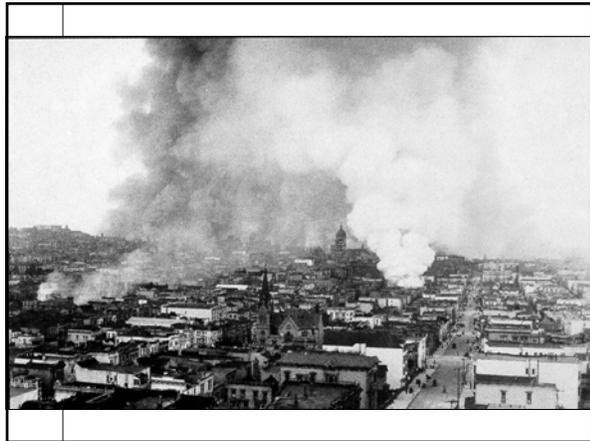
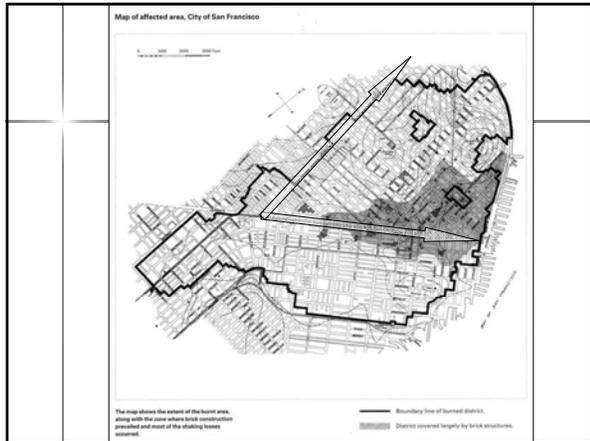
Figure 5.10
San Francisco City Hall, begun 1871, as it appeared in 1906. Frank and William Shea, architects: an altered photograph that illustrates both the new dome and drum from the exterior, and an interior section showing the steelwork.

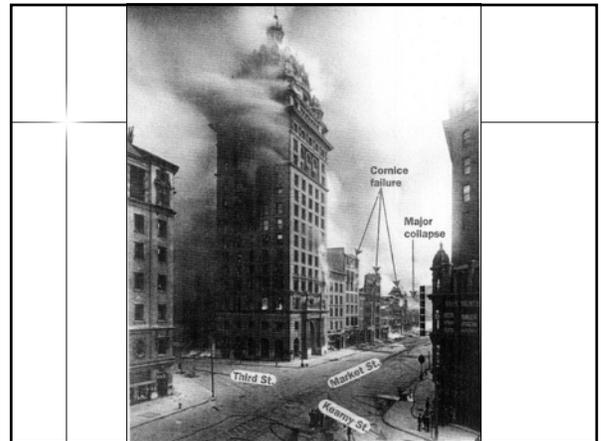
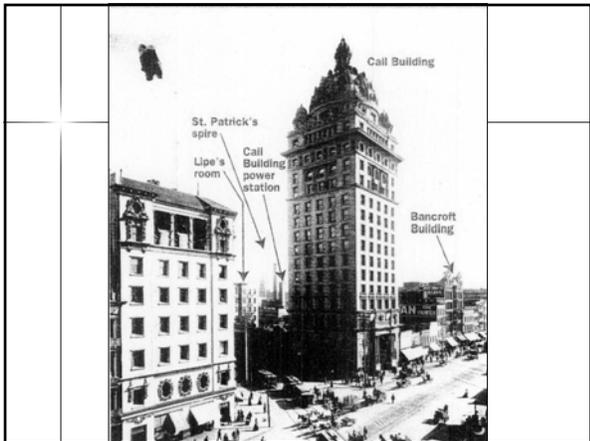
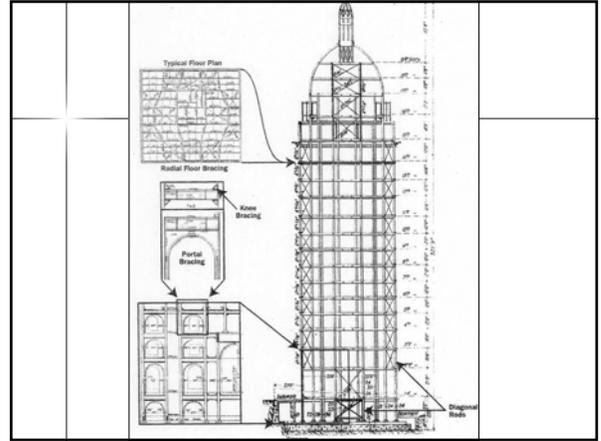
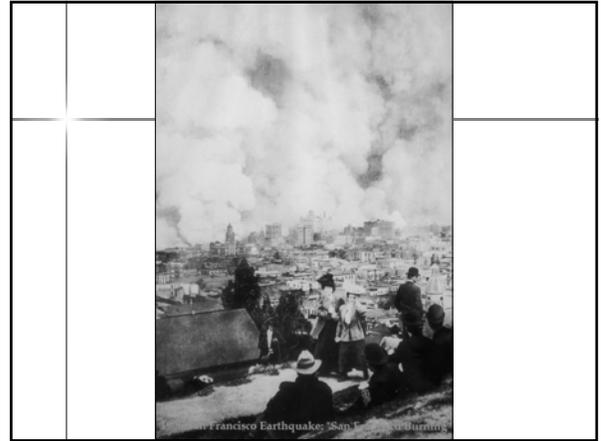
- Las réplicas que ocurrieron y el temor de que ocurran más colapsos de edificios, mantuvo muchos ciudadanos en las calles.
Las instalaciones de los teléfonos y de transportes fueron destruidas o dañadas severamente, **pero la oficina de telégrafo continuó funcionando.**

INCENDIO

- Unas pocas horas después de la sacudida principal, fuegos menores comenzaron a encenderse en varios lugares de la ciudad. Los edificios de maderas proporcionaron combustible abundante, y ya antes del mediodía del 18 de abril se reconoció que un desastre de gran escala había comenzado.

- Los incendios pequeños que comenzaron pocas horas después de la sacudida principal, se convirtieron violentamente en infiernos grandes que se propagaron a través de la ciudad por 3 días. Las chimeneas arruinadas en las casas con pocos daños fueron causantes de nuevos incendios cuando los residentes trataron de cocinar sus desayunos.







- El servicio de bomberos fue completamente inutilizado en pocas horas como consecuencia de la falta del agua necesaria, debido a la roturas de la cañerías maestras del suministro del agua requerida, lo cual hizo imposible combatir en una forma continúa la conflagración creciente.



- La Dinamitación de edificios para poder parar el progreso del incendio creando corta fuegos dentro de la ciudad comenzó alrededor de la 1:00pm del primer día del incendio. La dinamitación desesperada resultó ser inútil pero se continuó durante la noche y el día siguiente sin disminuir (es decir controlar) los incendios.



- A medida que las llamas crecieron y se extendieron a más y más distritos de la ciudad, los edificios fueron evacuados y los residentes se escaparon por medio de cualquier modo posible. **No fue hasta el Sábado, Abril 20 en que los incendios fueron apagados. La quemadura había cubierto 490 manzanas (cuadras), 2831 acres (1145 hectáreas) en la ciudad.**

	<ul style="list-style-type: none"> Oficialmente más de 450 vidas habían sido perdidas en la ciudad de San Francisco pero estimaciones contemporáneas indican que las fatalidades fueron más de 3000.
	<ul style="list-style-type: none"> Por lo menos la mitad de la población de la ciudad, más de 200.000 personas quedaron sin hogar. 28.188 edificios fueron destruidos. Las pérdidas de estas propiedades excedieron \$524 millones (dólares en 1906).

	<ul style="list-style-type: none"> Después del incendio docenas de firmas aseguradores contra incendios rehusaron a pagar las pérdidas por el incendio o insistieron en reducir el costo y pago alegando que el sismo había arruinado o destrozado los edificios.
	<p>Para poder recaudar (cobrar) el seguro contra incendio muchos de los residentes de San Francisco insistieron que sus edificios no habían sido dañados por los movimientos sísmicos.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> Existió un temor (miedo) de que el capital podría huir de no solo San Francisco pero del estado de California si una amenaza de destrucción debida a sismos fuera percibida como un riesgo que puede ocurrir extensamente.
	<p>Un deseo por inmunidad contra sismos devastadores se difundió y penetró en la población.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> Aunque el sismo recibió una atención mundial y los daños fueron extensivos, el no sacudió y asustó suficientemente a los ingenieros como para motivarlos al desarrollo de la ingeniería sísmica.
	<p>Aunque ellos aprendieron algunas lecciones la mayor parte de estas lecciones no fueron concernientes al diseño y desarrollo de construcción sismorresistente.</p> <p>La mayoría de los ingenieros puntualizaron la necesidad de una mayor prevención de incendios y uso del concreto reforzado como material de edificación.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> Por lo tanto durante la década después del sismo de San Francisco hubo pocos desarrollos en las áreas de ingeniería estructural y/o dinámica estructural cuando ellos se comparan con lo que se había logrado en ese tiempo en Japón e Italia.
	<ul style="list-style-type: none"> Virtualmente hasta el año 1925 ningún progreso se notó con respecto al desarrollo y por lo tanto en introducir normas para el diseño sismorresistente en los códigos de edificación.

	<ul style="list-style-type: none"> El enfoque en EEUU al problema del diseño sismorresistente fue mas cualitativo que cuantitativo, es decir que enfatizó los aspectos constructivos en vez de confiar en cálculos de fuerzas y tensiones.
	<ul style="list-style-type: none"> En vez de adoptar el método basado en el uso de un coeficiente sísmico que habían sido desarrollado en Italia y Japón los ingenieros en California continuaron confiando en el reemplazo de los verdaderos efectos de los movimientos sísmicos por los efectos de los vientos los cuales fueron establecidos como mínimo en 15 psf (720 pascal o 73 k/m²)

- Sin embargo hubo algunos ingenieros que hicieron sugerencias que fueron más allá que las recomendaciones generales acerca de una protección contra incendios producido por sismo. Quizás el mas expresivo de ellos fue Charles Derleth Jr. un profesor joven de ingeniería estructural en la Universidad de California en Berkeley.

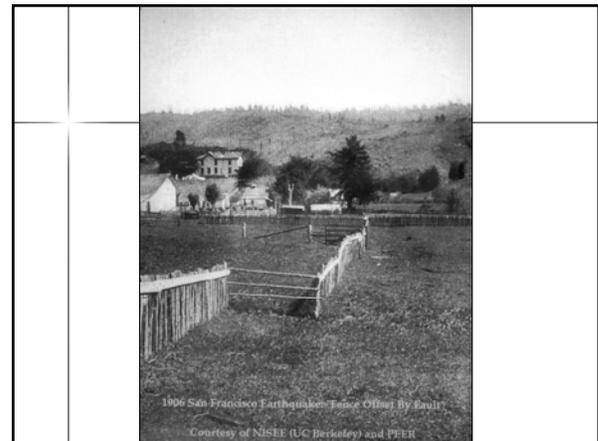
Derleth enfatizó repetidamente la importancia de materiales buenos; mano de obra de gran calidad; y diseño inteligente dando ejemplos específicos.

- **Con respeto a investigación y educación hubo efectos muy significantes de largo alcance causados por este sismo.**

Uno de ellos fue en junio de 1906 que se formó (o constituyó) una Comisión Investigadora del Sismo. Esta Comisión preparó y publicó su informe (o reporte) en dos volúmenes.

El volumen primero publicado en 1908, contiene sugerencias detalladas sobre la construcción de casas de madera y ocasionalmente de consejos sobre como edificios podrían ser reforzados contra los sismos.

- El volumen segundo, publicado en 1910 contiene una discusión teórica del sismo de 1906 en la cual Hugo Fielding Reid presenta la teoría del rebote-elástico la cual ha probado ser de gran importancia en los estudios de los peligros inducidos por los movimientos sísmicos.



- Igualmente significativo, pero quizás no bien (o menos) reconocido es el hecho de qué la reunión (o asamblea) del grupo que compiló el documento de la Comisión Investigadora (que se denominó como el **Reporte Lawson**, por ser el profesor Lawson el presidente del grupo) fue en efecto un mecanismo de reclutamiento por medio del cual varios individuos reconocidos como expertos en las áreas de geología y sismología dedicaron ellos mismos la mayoría de sus esfuerzos académicos y de investigaciones en el área nueva del problema de los sismos.

- Como una consecuencia del sismo de 1906 **la Asociación Estructural de San Francisco fue establecida en Junio de 1906 y la Sociedad Sismológica de América (SSA) fue establecida en Octubre de 1906.**

Las reuniones de la Asociación Estructural se dedicaron principalmente a la discusión de como mejorar la protección contra incendios, y su existencia terminó en Diciembre de 1906.

La SSA un siglo después de su fundación es aún una institución prominente en las investigaciones de los diferentes aspectos del problema del sismo.

- Resumiendo, el sismo de 1906 estableció la credibilidad del estudio de los sismos en EEUU, haciendo de él un tema benemérito para un grupo pequeño pero productivo de científicos e ingenieros que dedicaron sus carreras primero en la universidad (academia) y después en la práctica.

- Generalmente por lo menos un sismo severo, es decir destructivo, tiene que ocurrir en un país antes de que la ingeniería sísmica pueda echar raíces (o arraigarse) en tal país y desarrollarse.

En EEUU ese sismo fue el de 1906 en el Norte de California.

- Desafortunadamente llevó varios años para poder observar el comienzo real de la Ingeniería Sísmica (IS) en California.

El comienzo real de la IS en EEUU demandó: **primero**, la ocurrencia de otros sismos en el mundo [1908 Messina (Italia) 1923 Kanto (Japón), 1925 Santa Bárbara (CA) y 1933 Long Beach (CA)]: y

Después, conocer que es lo que se estaba haciendo en Italia y Japón con respecto a los problemas originados por los sismos en esos países.

■ EL SISMO DE MESSINA EN 1908

- Este sismo ocurrió el 28 de Diciembre de 1908 y su epicentro fue localizado en el Estrecho de Messina entre las ciudades de Reggio (Calabria) y Messina (Sicilia).

Con una **Magnitud de 7.5** devastó la ciudad de Messina causando de 70.000 a 120.000 fatalidades.



Figure 3: Destruction in the 1908 Reggio-Messina Earthquake.

Photo credit: Fratelli Alinari

- De acuerdo con Freeman (1932) "El comienzo de estudio científico de la mecánica de la construcción sismorresistente ocurrió inmediatamente después de que más de 100.000 personas habían perdido sus vidas en el sismo Messina-Reggio del 28 de Diciembre de 1908."

"El estudio comenzó con el nombramiento de una Comisión notable que consistió de nueve ingenieros practicantes de gran experiencia y cinco profesores eminentes de ingeniería".

<ul style="list-style-type: none"> El reporte de la Comisión parece ser la primera recomendación ingenieril para el diseño sismorresistente de estructuras basada en el uso de un método estático equivalente.
<p>Dirigido por el profesor Modesto Panetti La Comisión desarrolló el método estático introduciendo el coeficiente sísmico (o la razón sísmica) ("raporto sísmico").</p> <p>La Comisión recomendó diseñar el primer piso de un edificio para una fuerza horizontal de 1/12 del peso del edificio y en el caso de un edificio de tres pisos usar una fuerza horizontal de 1/8 del peso del edificio arriba de cada uno de esos pisos.</p>

<ul style="list-style-type: none"> Un ingeniero que fue muy influyente (aunque él no fue un miembro de La Comisión) fue Arturo Danuso quien ha sido acreditado por el desarrollo de una de las primeras versiones del método de la respuesta espectral.
<p>Desafortunadamente la productividad en los estudios científicos que se observó en Italia como consecuencia del Sismo de Messina de 1908 duró relativamente pocos años a pesar de que en 1915 ocurrió otro sismo severo.</p>

<ul style="list-style-type: none"> El Sismo de Avezzano del 13 de Enero de 1915
<p>Magnitud = 7.5</p> <p>Fatalidades: 29.908</p> <ul style="list-style-type: none"> Debido a que este sismo ocurrió cuando Italia estaba preocupada con las demandas de la Guerra Mundial I (1914 - 1918) las actividades en las investigaciones de los efectos de los sismos se suspendieron y por varias décadas hubo un silencio relativo en esta área de la ingeniería.

<ul style="list-style-type: none"> Este silencio aumentó aún más como consecuencia de la Guerra Mundial II (1939 - 1945).
<p>Las actividades en la investigación y educación sobre los efectos de los sismos en Italia comenzaron de nuevo en la década de 1960.</p> <p>Lo que sucedió en Italia (lo cual también sucedió en EEUU y en otros países) es una ilustración del efecto sobre lo que actualmente llamamos Ingeniería Sísmica (IS), de sujetos completamente diferentes en historia, tal como la guerra.</p>

<ul style="list-style-type: none"> Sin embargo La Segunda Guerra tuvo también un efecto positivo con respecto a la investigación y educación en el área de la IS puesto que promovió y demandó investigaciones en líneas de investigación relacionadas a lo que se necesitaba para mejorar la IS como fueron la dinámica estructural, inelasticidad, plasticidad y diseño límite. Los avances en estas áreas probaron ser de gran utilidad en la IS.
--

<p>EL COMIENZO DE LA /S EN JAPÓN</p>
<ul style="list-style-type: none"> La historia de los sismos en Japón demuestra que este país sufrió muchos sismos destructivos. El 10 de Febrero de 1792 ocurrió el Sismo Hizen el cuál coincidió con la erupción de Unzendake. Se estimó que más de 15.000 personas perdieron sus vidas. El 8 de Mayo de 1844 el Sismo Shinano-Echigo causó la muerte de más de 12.000 personas.

- En 1855 un sismo que fue denominado como **Edo** sacudió Tokio, causando muchos daños y fatalidades. El profesor **Usami** en 1988 afirmó que el personalmente considera que la práctica profesional de lo que en el siglo 20 se denominó como **IS** comenzó como consecuencia de este sismo.

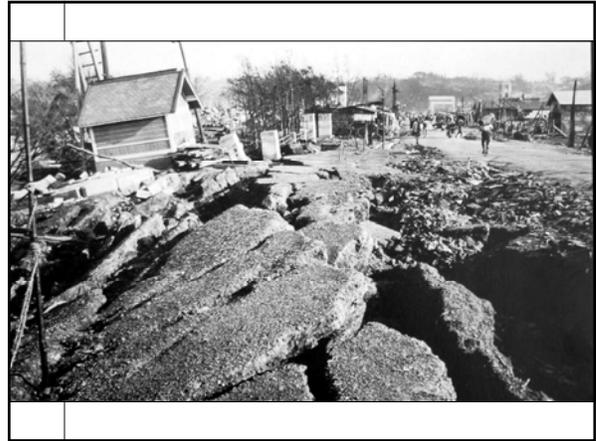
- En 1880 ocurrió el **Sismo Yokohama**. Como consecuencia de los daños y fatalidades que causó este sismo, él motivó la formación de la **"Sociedad Sismológica de Japón"**, que fue mundialmente la primera sociedad simológica.
- En 1891 un Sismo denominado como el **"Sismo Mino-Owari"** (o **"Sismo No-bi"**) trajo como consecuencia la formación del **"Comité Imperial de Investigación de Sismos"**. Este comité comenzó inmediatamente los estudios de los sismos y publicó sus resultados en reportes los cuales en 1923 en ocasión del Sismo de Kobe llegó al número 100.

- Se debe notar que los fundadores de Sismología fueron dos ingenieros: Robert Mallet (1810-1881) un ingeniero civil y John Milne (1850-1913) un ingeniero minero. Robert Mallet, después del gran "Sismo de Napoles" en 1857, estableció la mayoría del vocabulario básico de sismología, tal como Sismología, Hipocentro e Isosísmica. Housner en 1984 afirmó que **Robert Mallet** puede ser llamado el **"Primer Ingeniero Sismico"**.

En 1988 el Profesor Usami afirmó que "en 1914 Sano, un ingeniero Japonés desarrolló una teoría casi-(quasi)-dinámica, (la cual más tarde se conoció como el método del coeficiente sísmico) para el diseño sismorresistente de estructuras de madera, mampostería, concreto reforzado y acero. A pesar de la importancia de los estudios y desarrollos motivados por los anteriores sismos, el Sismo de Kanto en 1923 puede ser singularizado como el evento que originó el comienzo de la IS en Japón.

- EL SISMO DE KANTO (JAPÓN) EN 1923**
 - El 1 de Septiembre de 1923 a las 11:58am un sismo de Magnitud 8.3 sacudió mortalmente la región Kanto de Japón incluyendo las ciudades grandes de Tokio y Yokohama [17 millas (26 kms) al sur de Tokio].
 - Este sismo, con un epicentro localizado debajo de la Bahía Sagami y los incendios que ocurrieron causó daños que fueron evaluados en 2.800 millones de dólares EEUU. Las fatalidades fueron de 143.000 y los heridos se estimaron en 104.000.

- Aunque los mayores daños ocurrieron en las áreas urbanizadas de Yokohama y Tokio, la costa (o rivera) de la Bahía Sagami y parte de la península Boso fue dañada también severamente por el tsunami (maremoto) de 3 a 6m que se originó y por los efectos geológicos (con un levantamiento de la corteza de 2m) y geotécnicos es decir debido a las fallas del suelo.



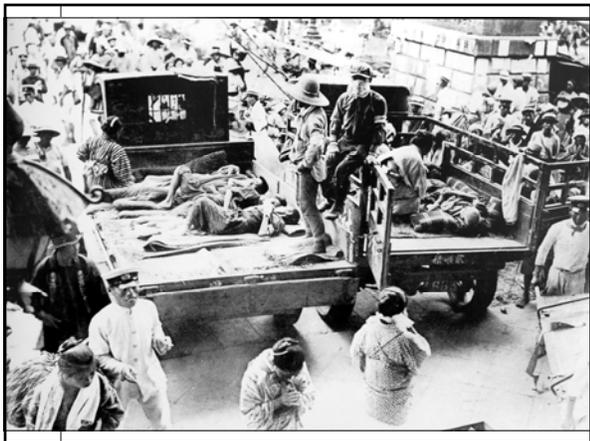
■ **Daños e Impactos Sociales**

Más de 721.000 casas y edificios fueron parcialmente o completamente destruidos. De estos más de 447.000 fueron quemadas, 128.000 colapsaron completamente y más de 120.000 colapsaron parcialmente.

■ **Daños e Impactos Sociales (continuación)**

Incendio. Cuando el sismo ocurrió en esta región de Japón fue un día muy caluroso con viento seco y tempestuoso y los ciudadanos de Tokio y Yokohama estaban preparándose para sus almuerzos que estaban preparándose en cocinas a carbón de piedra o de madera por lo cual dentro de pocos minutos después del sismo los incendios comenzaron en todas partes de estas dos ciudades como así también en toda la región.





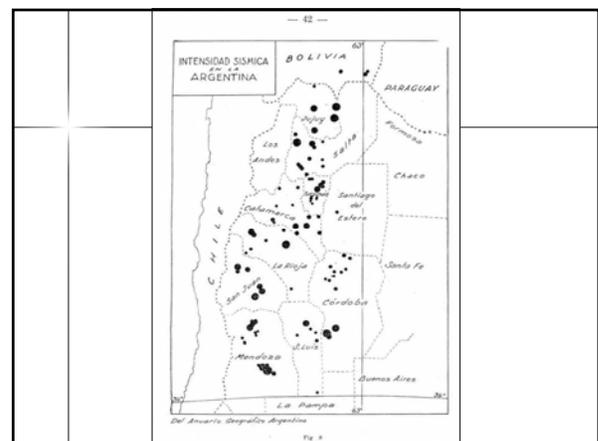
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Impactos Sociales. El sismo inicial (o los dos sismos iniciales) rompió las cañerías maestras de agua.
	<p>La escasez de agua potable se convirtió en un problema tremendo para los que sobrevivieron y no hubo posibilidad de combatir los incendios y por lo tanto la conflagración que resultó es la más grande en los tiempos de paz en historia.</p> <p>El sismo y lo incendios destruyeron los sistemas de teléfono y telégrafo dejando la gente de Yokohama y Tokio completamente sin comunicación con el resto del mundo.</p>

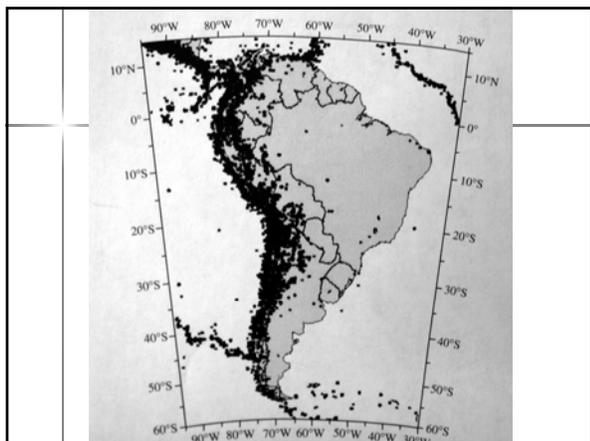
	<p>La conflagración fue inicialmente un montón de incendios, que se unieron para formar "tormentas de fuego" en varios lugares.</p>
	<p>El caso mas notable fue en el depósito (almacén) de Ropa Militar en el Distrito Honjo, donde muchos refugiados se habían agrupado. La mayoría de ellos habían acarreado sus ropas, colchones para dormir, muebles y otros materiales inflamables que habían rescatado de sus casas. Estos materiales sirvieron como fuentes disponible de combustible para las llamas que envolvieron el sitio y sofocaron (asfixiaron) 40.000 personas.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ■ El Gran Sismo de Kanto en 1923, precedió e introdujo y sirvió para el comienzo de una nueva era en los estudios de los efectos de los sismos que en el año 1949 fue denominado oficialmente como "Ingeniería Sísmica" ("Earthquake Engineering").
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Este sismo contribuyó significativamente al progreso del diseño y construcción sismorresistente no solo en Japón pero mundialmente.

	<h2 style="text-align: center;">La Importancia del Sismo (Terremoto) de San Juan en 1944 en el Desarrollo de La Ingeniería Sísmica en la Argentina</h2>

<p>LA IMPORTANCIA DEL SISMO (TERREMOTO) DE SAN JUAN EN 1944 EN EL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA SÍSMICA EN LA ARGENTINA</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ La historia demuestra que en Argentina han ocurrido muchos terremotos, algunos desde tiempos anteriores a los de la conquista española. ■ Como se ilustra en las dos diapositivas siguientes, la zona donde ocurren la mayoría de los terremotos se halla situada al oeste del meridiano 63° y al norte del paralelo 36 grados





■ Antes del Terremoto de San Juan en 1944 habian ocurrido varios terremotos, que destruyeron las ciudades de Mendoza (en los años 1782, 1861, 1894, 1903, 1907, 1920 y 1927) y de San Juan (1894). Sin embargo ninguno de ellos motivó la necesidad de un cambio en la reedificación de éstas ciudades. Se continuó construyendo usando los mismos materiales (es decir adobe con el mismo tipo de techo y detalles de las uniones)

■ Además del sismo destructivo de la ciudad de San Juan en 1894, ocurrieron en la provincia de San Juan una gran cantidad de terremotos [en los años 1908 (3), 1909 (1), 1913 (1), 1916 (1), 1922 (3), 1923 (5), 1924 (6), 1925 (3), 1926(3), 1927(2), 1928(4), 1929(8), 1930(6), 1931(2), 1932(6), 1933(5), 1934(2), 1935(5).] que no produjeron daños de importancia.

EL TERREMOTO DEL SÁBADO 15 DE ENERO DE 1944, EN SAN JUAN, ARGENTINA

■ El ocurrió a las 19h 49' con una magnitud: $M=7.8$

■ Los efectos del sismo en el centro de la ciudad de San Juan y su barrio Concepción fueron catastróficos y causó la muerte de 5000 a 8000 personas.

■ *“Consideraciones generales sobre los terremotos de la Argentina” por la Dra. Pierina Pasotti (13 marzo de 1944).*

■ *“Anotaciones preliminares con motivo de una visita a la ciudad de San Juan a propósito del terremoto del 15 de enero de 1944” por el Dr. Alfredo Castellanos (marzo 13 de 1944).*





- El Dr. Castellanos era el profesor titular de Fisiografía, Mineralogía y Petrografía y director del Instituto de Fisiografía y Geología de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físico Químicas y Naturales Aplicadas a la Industria de la Universidad Nacional del Litoral.
- La Dra. Pasotti era profesora adjunta y jefe de trabajos prácticos de geografía, mineralogía y petrografía.

- El Dr. Castellanos y la Dra. Pasotti fueron mis profesores del curso de fisiografía mineralogía y petrografía en 1943.
- En la introducción de su publicación la Dra. Pasotti menciona que:
 - (1)"... en algunos diarios del país han aparecido artículos escritos por ingenieros y arquitectos; los conceptos vertidos por algunos de aquellos demuestran falta de conocimientos especiales sobre cuestiones de **Sismología Edilicia** así como de **Sismología Pura**."
 - (2)"esta observación me ha movido a escribir las líneas que se refieren a nociones generales y que, por supuesto no son dedicadas a los especialistas sino a quienes la han olvidado o no las poseen".

- La Dra. Pasotti terminó su introducción expresando: "es mi deseo que esta publicación preste especial beneficio a los estudiantes de ingeniería y arquitectura quienes, con motivo del terremoto de San Juan, deben haber aprendido la necesidad del estudio de los problemas que proporciona la sismología".

- En la introducción de su publicación el Dr. Castellanos después de revisar los antecedentes sísmicos de las ciudades de Mendoza y San Juan formuló (o expresó) lo siguiente: "**Los antecedentes sísmicos de estas dos ciudades muestran que ambas debieron fundarse con edificios apropiados, no construida con adobe como era el material empleado en San Juan en su gran mayoría, y en los edificios de gran parte de Mendoza**".

- La necesidad de la enseñanza de la edilicia sísmica a los estudiantes de ingeniería y arquitectura**
- En esta última sección (o capítulo) de su publicación el Dr. Castellanos presentó los siguientes comentarios;
 - "Cada vez que acontece un hecho de importancia trascendental con consecuencias traducidas en perjuicios considerables, el hombre cuyo espíritu a sido agitado por la magnitud del fenómeno y arrastrado por los actos emotivos de la multitud, imagina proyectos para el futuro con el manifiesto deseo de aportar conocimientos y medidas que eviten la producción de tales desastres"

“Abunda en estos casos la precipitación de opiniones que se hacen públicas o se discuten en privado; las promesas se multiplican, pero desgraciadamente, con el andar del tiempo se va atenuando ese derroche de energía sentimental hasta desaparecer por completo.”

- El Dr. Castellanos da como ejemplos lo que ocurrió en los tres terremotos siguientes:
 - El que destruyó la ciudad de Mendoza el 20 de marzo de 1861 donde la opinión pública se agitó en las mismas condiciones con iguales efectos que el de 1894 en San Juan. El tiempo fue haciendo olvidar las imágenes de la catástrofe y la nueva ciudad de Mendoza fue edificada en otro lugar, igualmente peligroso, con una construcción igualmente pésima, la de adobe.

- El que destruyó la antigua ciudad de San Juan en 1894, agitando otra vez la opinión pública, los gobernantes gestaron alagadoras promesas para los damnificados, pero San Juan fue reedificada un poco más al sur, con materiales y el tipo de construcción igualmente inestable.

- Cuando ocurrió el terremoto en 1944, 90% de las casas de familia era de paredes de adobe y de techos de barro y paja. Las calles eran estrechas completando así un plan de urbanización totalmente contrario al que debe implementarse en una región sísmica como la de San Juan.



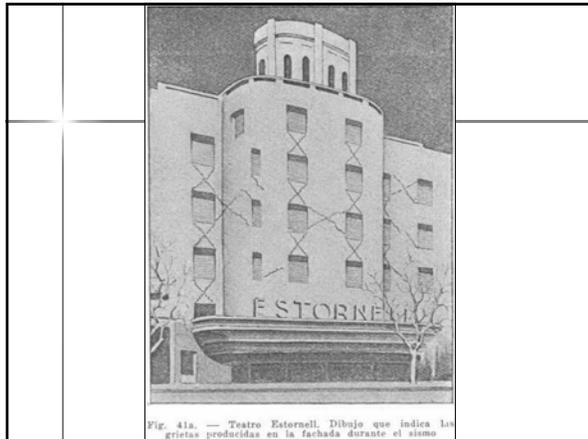
Fig. 36. — Aspecto de la calle Rivadavia después del sismo



Fig. 37. — Edificación de la parte sud de la ciudad de San Juan, que a pesar de ser de adobe ha sufrido poco los efectos del sismo. Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 38. — Casa de adobe destruída. Zona sud de la ciudad de San Juan. Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



■ Al final de su publicación el Dr. Castellanos declara que: ***“después de la experiencia proporcionada por el sismo de San Juan debe preocuparnos la enseñanza de la sismología, no sólo del punto de vista de la ciencia en sí, sino de la geología y principalmente de la edificación sísmica”***

■ Además el Dr. Castellanos remarca que: ***“es indispensable reconocer que no basta implementar estos estudios en una cátedra de fisiología o de geología, para conseguir todo el objetivo deseado, sino también su inclusión en las materias profesionales, donde el ingeniero o arquitecto adquiere los conocimientos complementarios y de aplicación.”***

Después de dar las razones que justifican la necesidad de esta enseñanza, el Dr. Castellanos termina su reporte con el siguiente párrafo:

■ ***“esta obra de largo alcance, de positivo mérito y de consecuencias tranquilizadoras para el futuro, está destinada a ejecutarse con la enseñanza de la edificación sísmica en las escuelas de ingeniería y arquitectura de las universidades del país”***

Rosario, Marzo. 13 de 1944

■ Aunque pasaron varios años después del 15 de enero de 1944 antes de que la reedificación de la ciudad de San Juan se completara, ella se realizó usando normas muy simples para el diseño sísmo resistente (que se incorporaron al código de edificación de la provincia de San Juan).

■ Estas normas que se fueron mejorando, particularmente aquellas correspondientes a las estructuras de:

- hormigón armado;
- de mampostería sin armar,
- refuerzos de hormigón armado; y de
- mampostería armada.

Las mismas contenían recomendaciones muy específicas con respecto a los materiales, su fabricación, mano de obra y detalles de la armadura.

■ A través de una rigurosa implementación del código la ciudad fue reconstruida y sobrevivió sin ningún daño significativo y pérdida de vida del terremoto de Cauçete en 1977 con características sísmicas similares a las del terremoto en 1944.

- Creo que los estudios realizados sobre los efectos del terremoto de Cauçete en la ciudad de San Juan indican claramente que la destrucción de esa ciudad por el terremoto en 1944 estimuló desarrollos importantes en la historia de la ingeniería sísmica en la Argentina que permitieron que la ciudad fuera reedificada y sobreviviera los efectos del terremoto de Cauçete .
- Por lo tanto creo que el terremoto de San Juan de 1944 es el evento sísmico destructivo que originó el comienzo en la Argentina de lo que en 1949 se denominó en EEUU como ingeniería sísmica.

- El terremoto de San Juan de 1944 estimuló:
 - El desarrollo de normas para el diseño y construcción sísmorresistente que se incorporaron a los códigos de edificación que se implementaron rigurosamente en la reedificación de la ciudad de San Juan; y
 - La investigación y enseñanza de la edificación sísmica en algunas de las universidades del país.

- Con respecto a las normas para el diseño sísmorresistente ha existido un problema que me ha preocupado por muchos años y es el de que los coeficientes sísmico que se han establecido en las normas sísmicas de los códigos han sido basados (y aún continúan en muchos países) en el uso de mapas de zonificación sísmica cuya confiabilidad puede ser cuestionable.

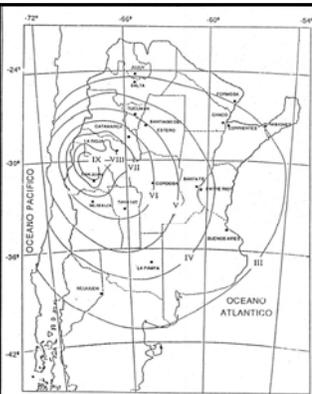
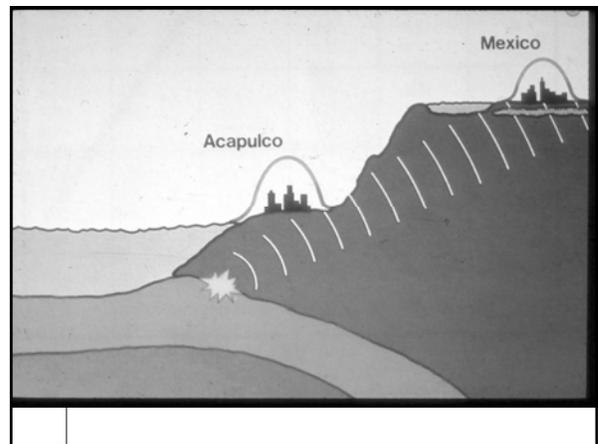
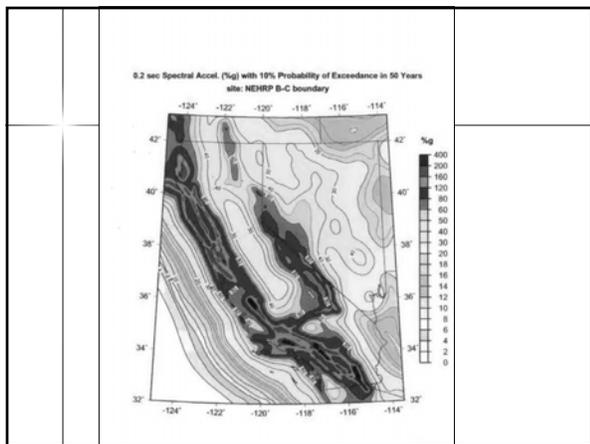
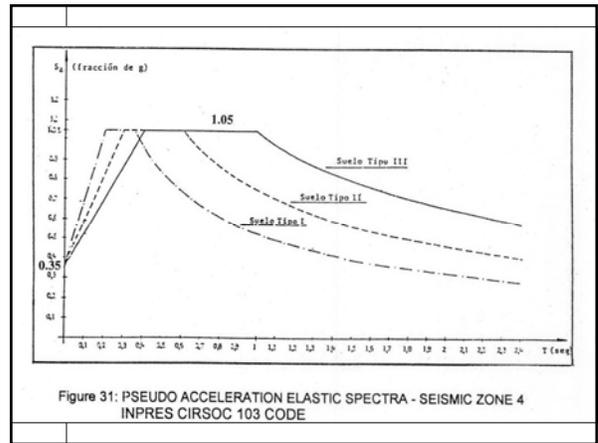
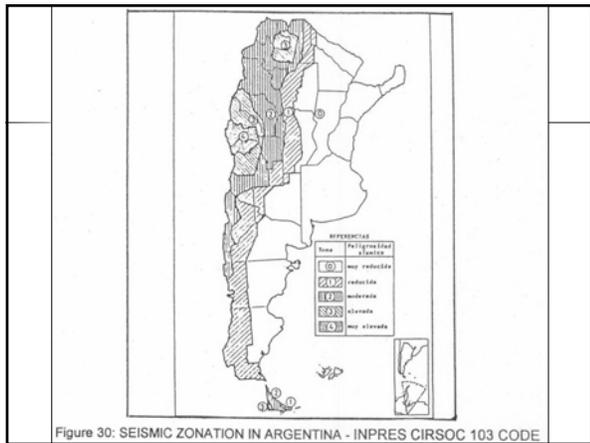
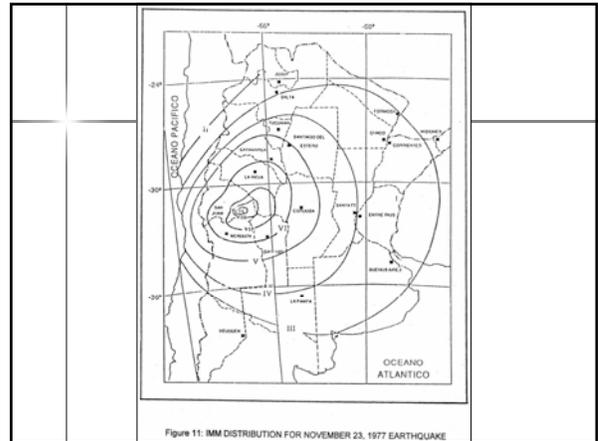
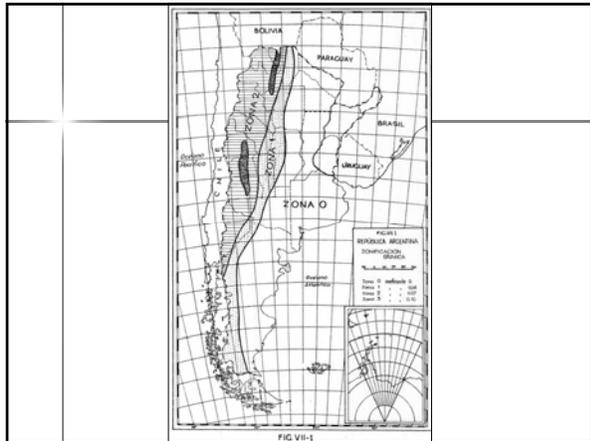
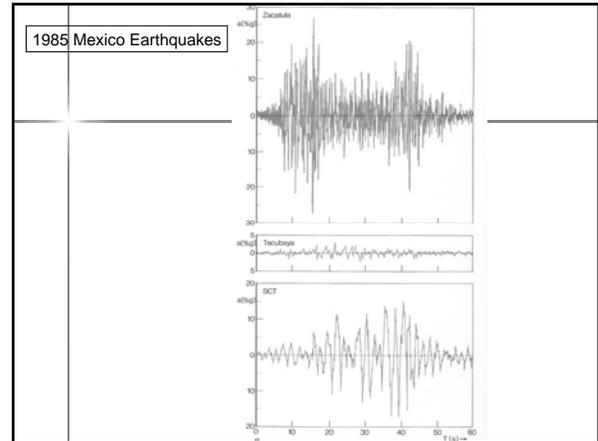
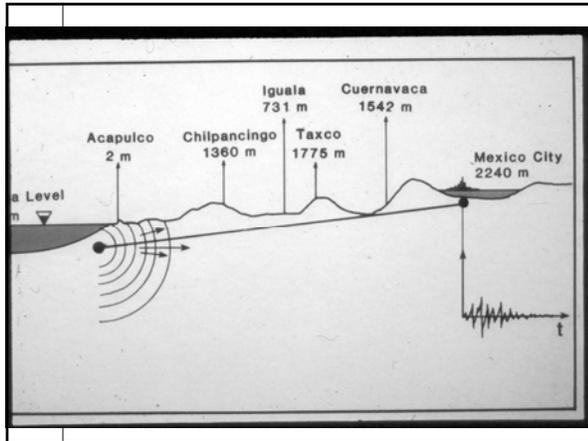


Figure 7: IMM DISTRIBUTION FOR OCTOBER 27, 1884 EARTHQUAKE



Figure 10: IMM DISTRIBUTION FOR JANUARY 15, 1944 EARTHQUAKE





■ REVISAR LA NATURALEZA DEL PROBLEMA DE LOS SISMOS, PARTICULARMENTE LOS PELIGROS DIRECTOS E INDIRECTOS QUE ELLOS PODRÍAN GENERAR EN EL MEDIO AMBIENTE CONSTRUIDO, ENFATIZANDO QUE EN GENERAL PARA LOS CASOS DE SISMOS MODERADOS Y SEVEROS CADA UNO DE ELLOS NO ES EL RESULTADO DE UN EVENTO (SACUDIDA) ÚNICO PERO DE MULTIEVENTOS (VARIAS SACUDIDAS).

La naturaleza del problema sísmico

- Los terremotos son peligros naturales muy especiales porque:
 - No ocurren a menudo
 - Son eventos de poca probabilidad cuyas consecuencias, cuando ocurren son muy grandes en términos de destrucción y sufrimiento
 - Uno de los problemas mas grandes es el sostener la atención del público y particularmente de las autoridades gubernamentales y la de atraer suficientes recursos para mitigación

La naturaleza del problema sísmico

- Solo en los países con catástrofes recientes hay preocupación y se organizan programas nacionales y locales de mitigación para las áreas afectadas
- Desafortunadamente después de unos años los esfuerzos para implementar estos programas decrecen y no se les presta la requerida o necesaria atención
- Es el deber de una sociedad civilizada el anticipar y controlar el problema, en lugar de solo reaccionar después de un sismo

La naturaleza del problema sísmico

- Los terremotos son desastres en los que la mayor parte de pérdidas humanas y materiales no son por los mecanismos del terremoto, si no por fallas de edificaciones hechas por el hombre como puentes, edificios, vías de transporte etc.
- A pesar de que esto es desafortunado, hay esperanza porque esto nos dice que el problema en principio tiene solución