

8ª JORNADA
**COMISIÓN
PERMANENTE**

del Código Modelo Sísmico para
América Latina y El Caribe

Resiliencia y Funcionalidad de Hospitales

Carlos Mario Piscal A.

Earthquake Protection System. Inc

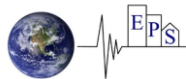
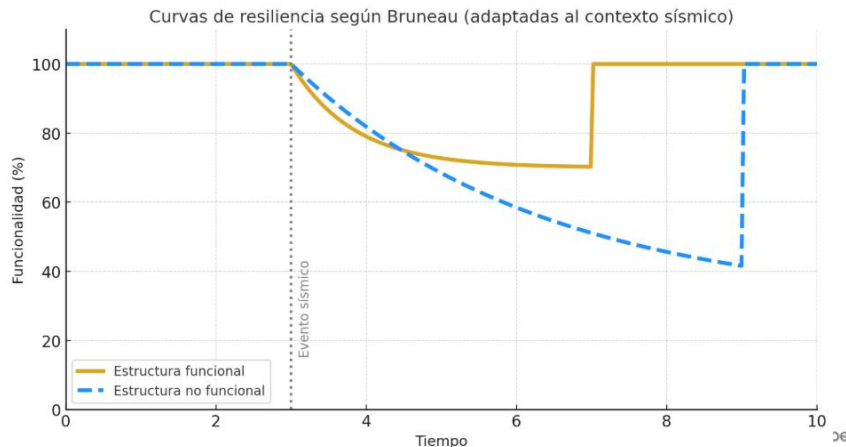
San Salvador, El Salvador

9 de octubre de 2025

www.codigomodelosismico.org

Resiliencia (resistir, absorber, adaptarse y recuperarse ante amenazas) ONU

1. Probabilidad de colapso o daño reducido.
2. Consecuencias derivadas de daños en términos de pérdidas de vida humanas y en términos económicos y sociales, bajas
3. Tiempo de recuperación reducido (funcionalidad)



Sylmar Earthquake EE.UU Mw= 6.6 (febrero 9, 1971)



1. Olive View Medical center



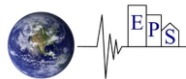
1. Inaugurado 6 semanas antes del sismo
2. Colapso estacionamiento
3. El edificio se desplazó casi 50 cm
4. Se evacuó y fue demolido
5. Hospital temporal de 123 camas (16 años)
6. Reconstruido en 1997

Alquist Hospital Facilities Seismic Safety Act of 1973

129680.

(a) It is the intent of the Legislature **that hospital buildings that house patients who have less than the capacity of normally healthy persons to protect themselves, and that must be reasonably capable of providing services to the public after a disaster,** shall be designed and constructed to resist, insofar as practical, the forces generated by earthquakes, gravity, and winds. In order to accomplish this purpose, **the department (California) shall propose proper building standards for earthquake resistance based upon current knowledge,** and provide an independent **review of the design and construction** of hospital buildings.

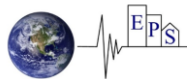
It is further the intent of the Legislature that the department, with the advice of the Hospital Building Safety Board, may conduct or enter into contracts **for research regarding the reduction or elimination of seismic or other safety hazards in hospital buildings or research regarding hospital building standards.**

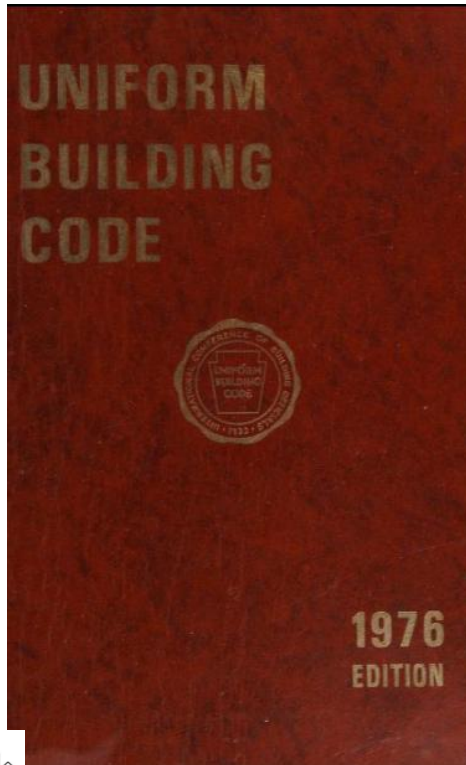


Alquist Hospital Facilities Seismic Safety Act of 1973

130000.

(2) The state shall **encourage structural retrofits or replacements of hospital buildings housing inpatients** and providing primary basic services that **place lives at risk because of their potential for collapse during an earthquake.**



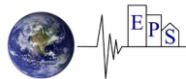


Part III—Requirements Based on Occupancy

CHAPTER 5. Classification of all Buildings by Use or Occupancy and General Requirements for all Occupancies

SEC.	501. Occupancy Classified	47
	502. Change in Use	47
	503. Mixed Occupancy	47
	504. Location on Property	49
	505. Allowable Floor Areas	50
	506. Allowable Area Increases	51
	507. Maximum Height of Buildings and Increases	52
	508. Fire-resistive Substitution	53
	509. Arcades	53
	510. Sanitation	53
	511. Compressed Gases	53

- Aparece el concepto de infraestructura esencial
- Código de construcción regional



NEHRP 1978

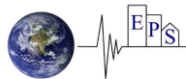
- National Earthquake Hazards Reduction Program EE.UU (Programa federal creado por el Congreso de EE.UU)
- Documentos técnicos (base científica y técnica) para mejorar los códigos
- Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings

ASCE 7-88

- Estandar Nacional
- Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures
- Adopta UBC+Nehrp

ASCE 7.....22

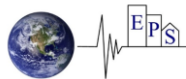
- Base códigos de Latino America



NSR-10

A.2.5.1.1 — Grupo IV — Edificaciones indispensables — Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad **que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada** rápidamente a un lugar alternativo. Este grupo debe incluir: **a) Hospitales**

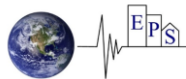
A.12.1.1 — PROPÓSITO —contiene los **requisitos adicionales.....**, que se deben cumplir en el diseño y construcción sismo resistente de las **edificaciones** pertenecientes al grupo de uso IV, definido en A.2.5.1.1, y, **esenciales** para la **recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de una emergencia, incluyendo un sismo, con el fin de garantizar que puedan operar durante y después de la ocurrencia de un temblor.**



E030-10

c. Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N° 5, se tendrán **consideraciones especiales** orientadas a lograr que **permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo**.

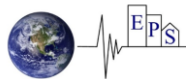
3.1 Edificaciones esenciales **cuya función no debería interrumpirse** inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:



ASCE 7-22

1.3.3 Functionality Structural systems and members and connections thereof assigned to **Risk Category IV** shall be designed with **reasonable probability (vs garantizar)** to have adequate structural strength and stiffness to limit deflections, lateral drift, or other deformations such that their **behavior would not prevent function of the facility** immediately following any of **the design-level** environmental hazard events specified in this standard.

Designated nonstructural systems and their attachment to the structure shall be designed with sufficient strength and stiffness such that their behavior **would not prevent function immediately** following any of the design-level environmental hazard events specified in this standard. Components of designated nonstructural systems shall be designed, qualified, or otherwise protected such that they shall be demonstrated capable of performing their critical function after the facility is subjected to any of the design-level environmental hazards specified in this standard.

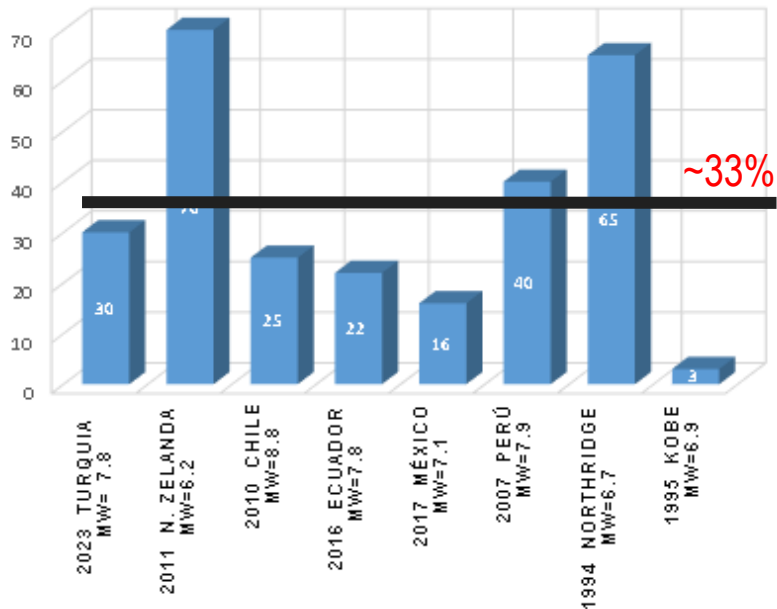


PROBABILIDAD RAZONABLE DE FUNCIONAMIENTO



Camino hacia la resiliencia

% FUNCIONALIDAD EN HOSPITALES



Tomado de la literatura Earthquake Protection System

Aproximadamente solo en el 33% de los hospitales se ha alcanzado la funcionalidad, generando que en el 67% restante probablemente se deban **evacuar pacientes**, se **imposibilite la atención a heridos** y por ende se **incremente la probabilidad de pérdida de vidas**.



PROBABILIDAD RAZONABLE DE FUNCIONAMIENTO

PERDIDA DE FUNCIONALIDAD: HOSPITALES



Kaiser Permanente Hospital, Los Angeles, California.



Original Olive View Hospital, Los Angeles, California.



Hospital de Bahia, Ecuador.



Hospital de Manta, Ecuador.



Hospital Portoviejo, Ecuador.



Hospital Skabronja, Peru.



Chile Hospital.



Mexico Hospital.



Pazarcik Government Hospital, Turkey.



Mexico Hospital.



Hospital de Chone, Ecuador.



Hospital Solca, Ecuador.

8ª Jornada de la Comisión Permanente del Código

PERDIDA DE FUNCIONALIDAD: HOSPITALES



Olive View - UCLA Medical Center, California



Ridgecrest Hospital, California



Türkoğlu Dr. Kemal Beyazit Government Hospital, Turkey

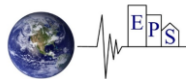


New Puerta de Hierro Hospital, Colima, Mexico

Performance Measure	Performance at Each Intensity Level				
	20%	40%	Design	80%	MCE
Risk Category II – Office					
Repair Cost	0%	2%	6%	14%	28%
Repair Time	2 days	8 days	20 days	54 days	132
Casualty Rate	0%	0%	0.4%	0.7%	1.2%
Repairability	100%	100%	99%	91%	80%
Risk Category IV – Healthcare (Hospital)					
Repair Cost	0%	1%	5%	8%	12%
Repair Time	0 days	7 days	24 days	35 days	47 days
Casualty Rate	0%	0%	0%	0.1%	0.4%
Repairability	100%	100%	99%	98%	95%

Figura: Adaptado de FEMA P-58, Development of Next Generation Performance-Based Seismic Design Procedures for New and Existing Buildings

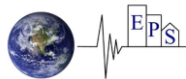
Este estudio de la **Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de EE.UU. (FEMA)**, realizado en **1755 tipos de sistemas estructurales**, muestra como para un sismo de diseño (Design) y uno máximo probable (MCE), un **Hospital** podría tener **reparaciones de 24 y 47 días respectivamente**, lo cual **impediría su funcionalidad inmediata y atención de pacientes**.



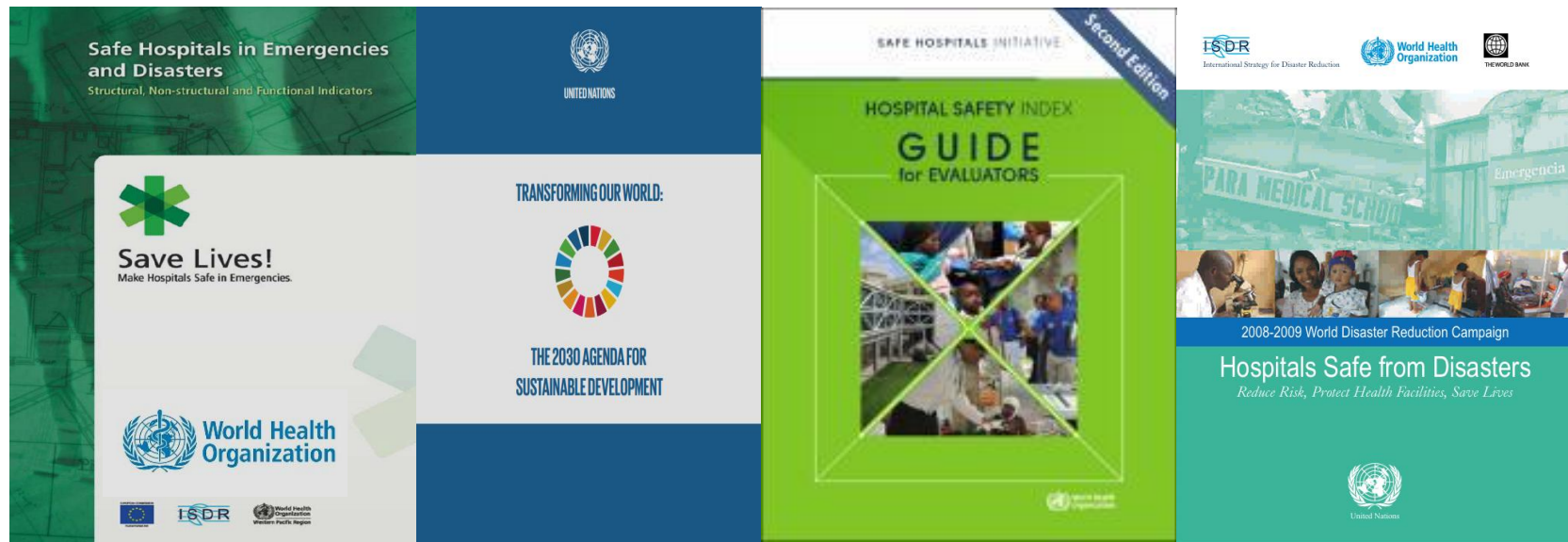
EXPECTED PERFORMANCE OF CODE-DESIGNED NEW BUILDINGS IN EARTHQUAKES

		Collapse Prevention	Life Safety	Immediate Occupancy	Operational
ESSENTIAL BUILDINGS  Examples: Hospitals, Fire Stations	Extreme Shaking Maximum Considered Earthquake	Likely	Likely	Unlikely	Unlikely
	Strong Shaking Design Level Earthquake	Likely	Likely	Possibly	Unlikely
ORDINARY BUILDINGS  Examples: Houses, Apartments, Stores, Offices, Schools	Extreme Shaking Maximum Considered Earthquake	Likely	Possibly	Unlikely	Unlikely
	Strong Shaking Design Level Earthquake	Likely	Likely	Unlikely	Unlikely

Este estudio de **Pacific Earthquake Engineering Research EE.UU. (PEER)** muestra que la infraestructura esencial como los hospitales, diseñada bajo códigos sismo resistentes es poco probable que alcance la funcionalidad



Camino hacia la resiliencia

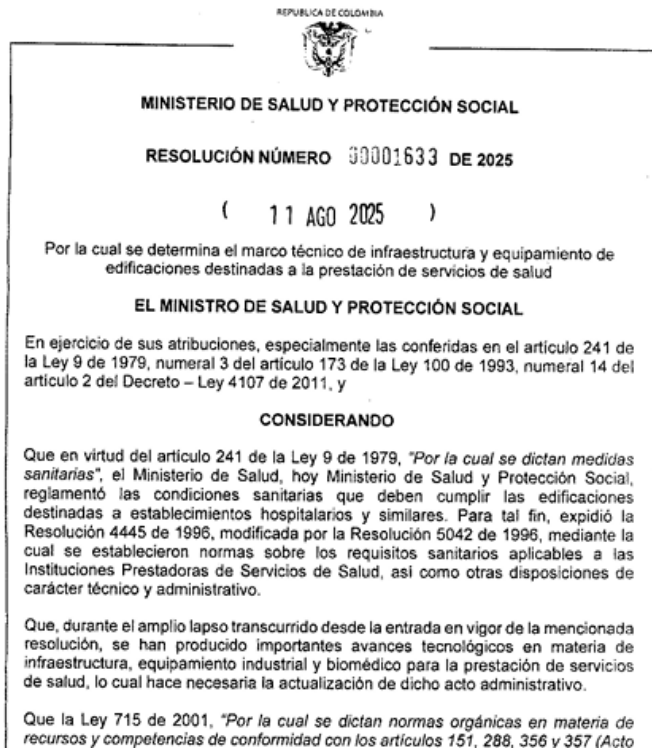




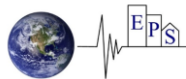
STAR-H

Evaluación estratégica del riesgo de emergencias y desastres en establecimientos de salud





Que, conforme a la Resolución CD45.R8 del Consejo Directivo de la **Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud** de septiembre de 2004, se exhorta a los Estados Miembros a adoptar el lema **"Hospitales seguros frente a desastres"** como **política nacional de reducción de riesgos**, estableciendo que **todos los hospitales nuevos se construyan con un nivel de protección que garantice su funcionamiento** en situaciones de desastre, e implementando medidas **adecuadas de mitigación para reforzar los establecimientos de salud existentes, especialmente los que están considerados como edificaciones indispensables**, de conformidad con lo establecido en el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes (NSR-10), establecidos por la Ley 400 de 1997 y sus actualizaciones.



Camino hacia la resiliencia- Aislamiento sísmico

Table C17.2-1. Performance Expected for Minor, Moderate, and Major Earthquakes.

Performance Measure	Earthquake Ground Motion Level*		
	Minor	Moderate	Major
Life safety: Loss of life or serious injury is not expected	F, I	F, I	F, I
Structural damage: Significant structural damage is not expected	F, I	F, I	I
Nonstructural damage: Significant nonstructural or content damage is not expected	F, I	I	I

*F indicates fixed-base; I indicates isolated.

OBJETIVO

> Nivel desempeño

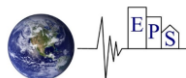
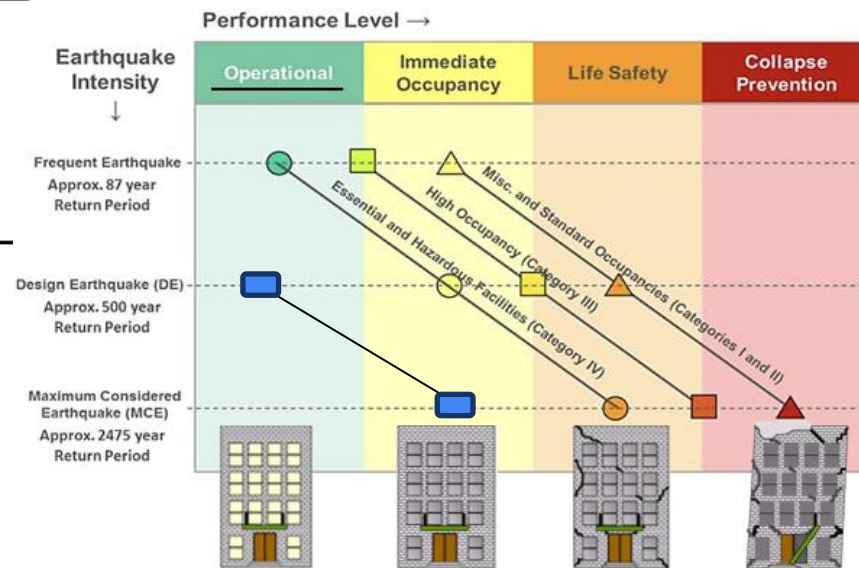
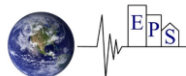
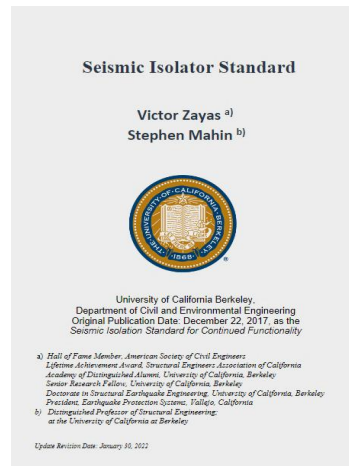
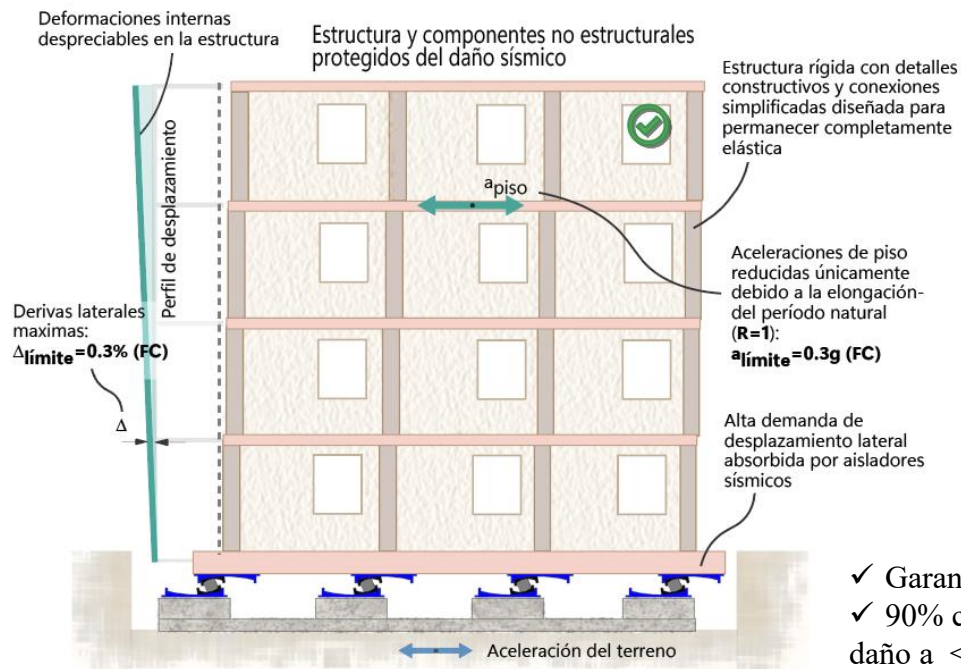


Table C2-3.

	Immediate Occupancy Level (1-B)	Operational Level (1-A)
Overall damage	Light	Very light
<u>Structural components</u>	No permanent drift. Structure substantially retains original strength and stiffness. Continued occupancy likely.	<u>No permanent drift. Structure substantially retains original strength and stiffness. Minor cracking of facades, partitions, and ceilings as well as structural elements. All systems important to normal operation are functional. Continued occupancy and use highly likely.</u>
<u>Nonstructural components</u>	Equipment and contents are generally secure but might not operate due to <u>mechanical failure</u> or lack of utilities. Some cracking of facades, partitions, and ceilings as well as structural elements. Elevators can be restarted. Fire protection operable.	Negligible damage occurs. <u>GP</u> ower and other utilities are <u>available</u> , possibly from standby sources.





- ✓ Garantizar funcionalidad
- ✓ 90% confiabilidad a limitar el daño a $< 3\%$ para sismo chequeo funcionalidad

REDi™ Rating System

Resilience-based Earthquake Design Initiative
for the Next Generation of Buildings

REDi™ Resilience Objectives

Baseline Resilience Objectives¹
for Design Level Earthquake

Platinum

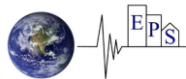
Downstate:
Immediate Re-Occupancy (Green Tag expected)
and
Functional Recovery < 72 hours
Direct Financial Loss:
Scenario Expected Loss $< 2.5\%$

Occupant Safety:
Physical injury due to failure of building components unlikely

REDi Earthquakes v1

REDi Earthquakes v2
(coming soon)

Arup, Berkeley, Stanford, FEMA,
Sector público e instituciones
gubernamentales



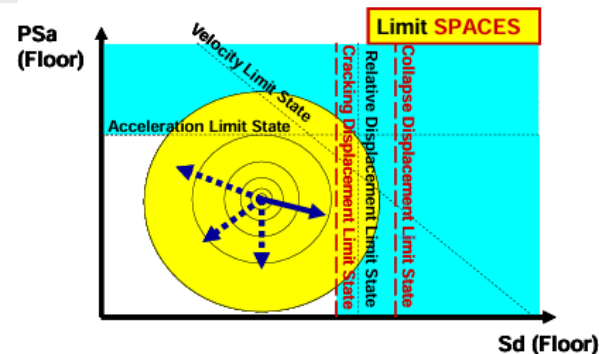
Main Criteria	Description	Seismic Protection
1) $a_{entrepiso} \leq 0.3g$	La media de aceleraciones espectrales de piso de la superestructura se limita a 0.3g	Limita las aceleraciones sísmicas y las fuerzas de corte de piso a aquellas que no generan daños al contenido de la edificación .
2) $\Delta \leq 0.3\%$	Las derivas laterales entre pisos adyacentes de la superestructura se limitan al 0.3%	Limita las deformaciones sísmicas a aquellas que no generan daños en los componentes arquitectónicos y las instalaciones electromecánicas y el sistema principal resistente a fuerzas sísmicas .
3) $R = 1$	La superestructura se diseña usando los espectros elásticos no reducidos (R=1) para el Sismo de Diseño. Demanda de ductilidad limitada ante MCE.	El comportamiento estructural esperado es elástico por ende no se espera ningún tipo de daño estructural

Table C17.2-1. Performance Expected for Minor, Moderate, and Major Earthquakes.

Performance Measure	Earthquake Ground Motion Level*		
	Minor	Moderate	Major
Life safety: Loss of life or serious injury is not expected	F, I	F, I	F, I
Structural damage: Significant structural damage is not expected	F, I	F, I	I
Nonstructural damage: Significant nonstructural or content damage is not expected	F, I	I	I

*F indicates fixed-base; I indicates isolated.

Superficie de distribución probabilística, con contornos de isoprobabilidad (Bruneau)



Funcionalidad del dispositivo

Seismic Isolator Standard

Victor Zayas ^{a)}
Stephen Mahin ^{b)}



University of California Berkeley,
Department of Civil and Environmental Engineering
Original Publication Date: December 22, 2017, as the
Seismic Isolation Standard for Continued Functionality

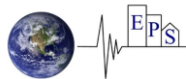
^{a)} Hall of Fame Member, American Society of Civil Engineers
Lifetime Achievement Award, Structural Engineers Association of California
Academy of Distinguished Alumni, University of California, Berkeley
Senior Research Fellow, University of California, Berkeley
Doctorate in Structural Earthquake Engineering, University of California, Berkeley
President, Earthquake Protection Systems, Vallejo, California
^{b)} Distinguished Professor of Structural Engineering,
at the University of California at Berkeley

Update Revision Date: January 30, 2022

- Capacidad de los aisladores (fuerza cortante y desplazamiento)
- Factores de seguridad para desplazamiento y cortante para cumplir confiabilidad de ASCE 7
- Propiedades dinámicas
- Calificación de de los dispositivos (funcionalidad ante condiciones externas)
- Control de calidad para cada aislador
- Calificaciones para los laboratorios para asegurar la confiabilidad de resultados
- Calificaciones del fabricante
- Calificación de acuerdo a ISO9001
- Responsabilidades del ingeniero de aislamiento sísmico, del diseñador estructural, constructor, arquitecto y propietario
- Programa de control de calidad del fabricante

1. Cada aislador se produce bajo procedimientos controlados (materias primas, ensamble, ensayos, calibración de equipos, trazabilidad).
2. Las variaciones entre unidades son mínimas, asegurando un comportamiento uniforme en todos los dispositivos instalados.
3. Los resultados de ensayo y documentación son verificables y auditables.
4. El fabricante está sujeto a auditorías periódicas por parte de un ente certificador independiente.

ISO9001



Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad

Table C17.2-1. Performance Expected for Minor, Moderate, and Major Earthquakes.

Performance Measure	Earthquake Ground Motion Level*		
	Minor	Moderate	Major
Life safety: Loss of life or serious injury is not expected	F, I	F, I	F, I
Structural damage: Significant structural damage is not expected	F, I	F, I	I
Nonstructural damage: Significant nonstructural or content damage is not expected	F, I	I	I

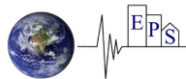
*F indicates fixed-base; I indicates isolated.

- Para evitar ese daño ante diferentes intensidades sísmica y garantizar la funcionalidad, el dispositivo debe ser capaz de trabajar (activarse) ante las mismas.

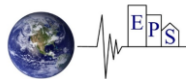
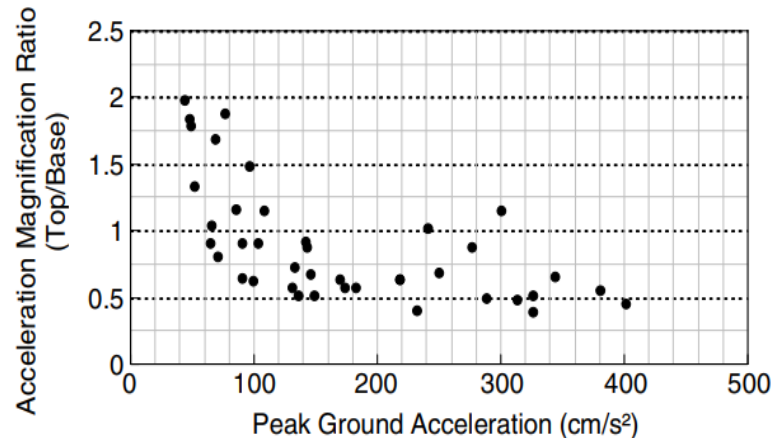
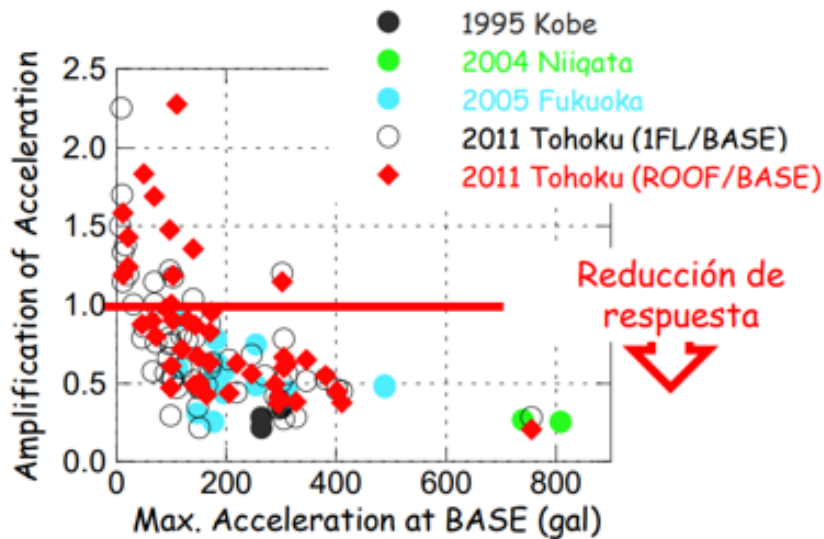
Monitoreo edificación aislada Colombia, LRB

Canal	Orientación	Ubicación	Sismo 26-01-2019		Sismo 28-01-2019	
			Aceleración máxima en (m/s ²)	Aceleración máxima en (g)	Aceleración máxima en (m/s ²)	Aceleración máxima en (g)
1	Vertical	Sótano 3	0,0437	0,0045	0,0463	0,0047
2	Sur-Norte		0,0676	0,0069	0,0612	0,0062
3	Oeste-Este		0,0708	0,0072	0,0609	0,0062
4	Vertical	Piso 0	0,0485	0,0049	0,0494	0,0050
5	Sur-Norte		0,1422	0,0145	0,0809	0,0082
6	Oeste-Este		0,0857	0,0087	0,0759	0,0077
7	Vertical	Piso 9	0,0881	0,0090	0,0942	0,0096
8	Sur-Norte		0,3204	0,0327	0,2374	0,0242
9	Oeste-Este		0,3179	0,0324	0,2412	0,0246

0.0324/0.0072 ~ 4 veces



Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad



Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad

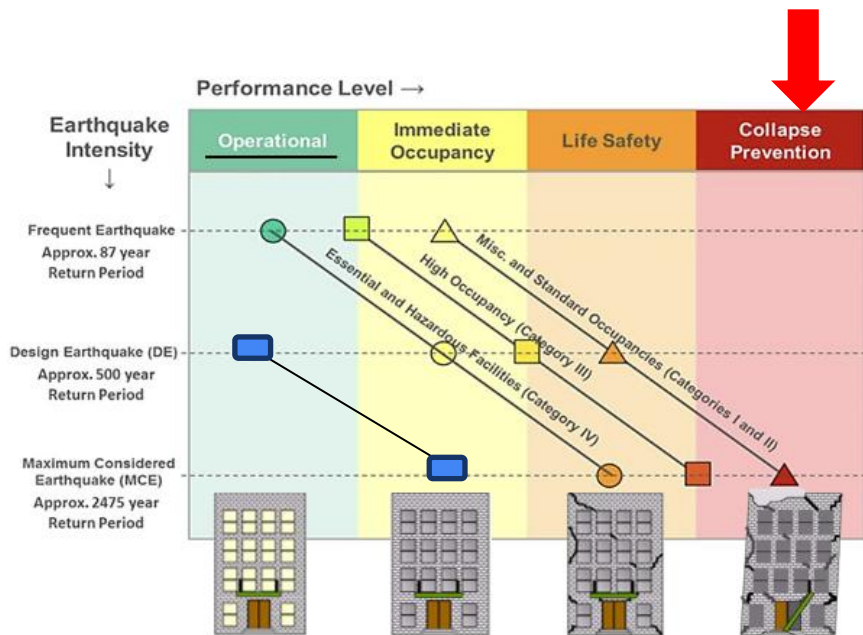


Table 1.3-2 Target Reliability (Conditional Probability of Failure) for Structural Stability Caused by Earthquake

Risk Category	Conditional Probability of Failure Caused by the MCE _R Shaking Hazard (%)
I & II	10
III	5
IV	2.5

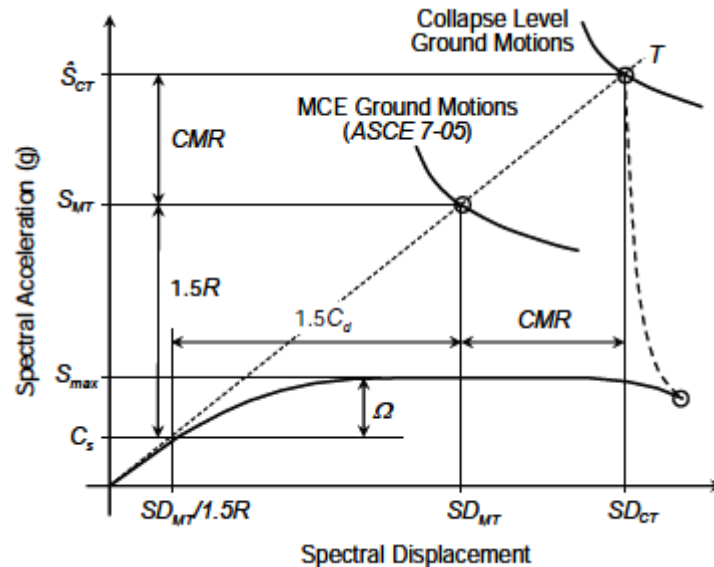
< Probabilidad de colapso

Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad



Quantification of Building Seismic Performance Factors

FEMA P695 / June 2009



Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad

9.2 Example Application - Reinforced Concrete Special Moment Frame System

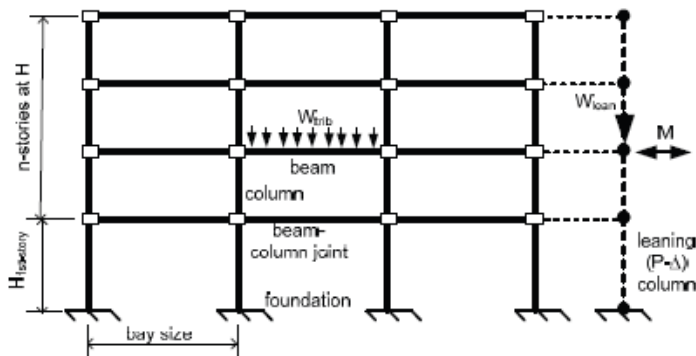
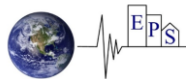


Figure 9-1 Index archetype model for moment frame buildings (after Haselton and Deierlein, 2007, Chapter 6).

Table 9-1 Performance Groups for Evaluation of Reinforced Concrete Special Moment Frame Archetypes

Performance Group Summary					
Group No.	Grouping Criteria				Number of Archetypes
	Basic Config.	Design Load Level		Period Domain	
		Gravity	Seismic		
PG-1	20-foot Bay Width	High (Space Frame)	SDC D _{max}	Short	2+1 ¹
PG-2				Long	4
PG-3				Short	0
PG-4		Low (Perimeter Frame)	SDC D _{min}	Long	1 ²
PG-5				Short	2+1 ¹
PG-6			SDC D _{max}	Long	4
PG-7				Short	0
PG-8			SDC D _{min}	Long	3 ²
PG-9				Short	0
PG-10	30-foot Bay Width	High (Space Frame)	SDC D _{max}	Long	1 ²
PG-11				Short	0
PG-12			SDC D _{min}	Long	0
PG-13		Low (Perimeter Frame)	SDC D _{max}	Short	0
PG-14				Long	1 ²
PG-15				Short	0
PG-16			SDC D _{min}	Long	0



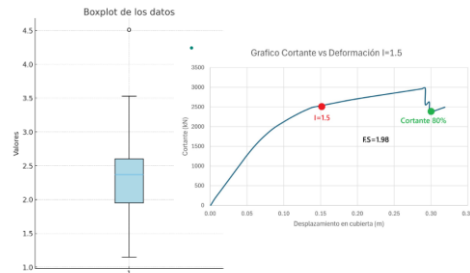
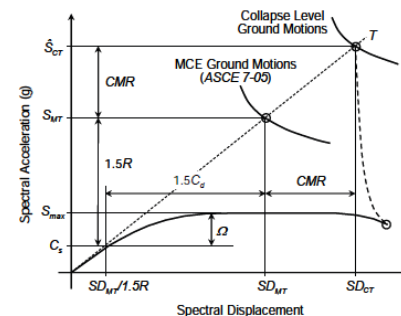
Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad

9.2 Example Application - Reinforced Concrete Special Moment Frame System

Table 9-8 Summary of Final Collapse Margins and Comparison to Acceptance Criteria for Reinforced Concrete Special Moment Frame Archetypes

Arch. ID	Design Configuration			Computed Overstrength and Collapse Margin Parameters					Acceptance Check	
	No. of Stories	Framing (Gravity Loads)	SDC	Static Ω	CMR	μ_r	SS	ACMR	Accept ACMR	Pass/Fail
Performance Group No. PG-5 (Short Period, 20' Bay Width Configuration)										
2069	1	P	D _{max}	1.6	1.18	14.0	1.3	1.57	1.52	Pass
2064	2	P	D _{max}	1.8	1.50	19.6	1.3	2.00	1.52	Pass
—	3	P	D _{max}	1.7*	—	—	—	2.13*	—	—
Mean of Performance Group:				1.7*	1.34	16.8	1.3	1.90*	1.90	Pass
Performance Group No. PG-6 (Long Period, 20' Bay Width Configuration)										
1003	4	P	D _{max}	1.6	1.61	10.9	1.4	2.27	1.52	Pass
1011	8	P	D _{max}	1.6	1.25	9.8	1.6	2.01	1.52	Pass
5013	12	P	D _{max}	1.7	1.22	7.4	1.5	1.93	1.52	Pass
5020	20	P	D _{max}	2.6	0.82	4.1	1.4	1.15	1.52	Fail
Mean of Performance Group:				1.9	1.23	8.1	1.5	1.84	1.90	Fail
Performance Group No. PG-1 (Short Period, 20' Bay Width Configuration)										
2061	1	S	D _{max}	4.0	1.96	16.1	1.3	2.61	1.52	Pass
1001	2	S	D _{max}	3.5	2.06	14.0	1.3	2.74	1.52	Pass
—	3	S	D _{max}	3.1*	—	—	—	2.63*	—	—
Mean of Performance Group:				3.5*	2.01	15.0	1.3	2.66*	1.90	Pass
Performance Group No. PG-3 (Long Period, 20' Bay Width Configuration)										

Performance Group No. PG-3 (Long Period, 20' Bay Width Configuration)										
1008	4	S	D _{max}	2.7	1.78	11.3	1.41	2.51	1.52	Pass
1012	8	S	D _{max}	2.3	1.63	7.5	1.58	2.58	1.52	Pass
5014	12	S	D _{max}	2.8	1.59	8.6	1.61	2.56	1.52	Pass
5021	20	S	D _{max}	3.5	1.25	4.4	1.42	1.78	1.52	Pass
Mean of Performance Group:				2.8	1.56	8.0	1.51	2.36	1.90	Pass
Selected Archetypes - Performance Group Nos. PG-4 and PG-8 (20' Bay Width)										
6011	8	P	D _{max}	1.8	2.12	3.0	1.21	2.56	1.52	Pass
6013	12	P	D _{max}	1.8	2.00	3.7	1.24	2.47	1.52	Pass
6020	20	P	D _{max}	1.8	1.73	2.8	1.20	2.08	1.52	Pass
6021	20	S	D _{max}	3.4	3.70	3.3	1.22	4.51	1.52	Pass
Selected Archetypes - Performance Group Nos. PG-10 and PG-14 (30' Bay Width)										
1009	4	P-30	D _{max}	1.6	1.98	13.4	1.41	2.79	1.52	Pass
1010	4	S-30	D _{max}	3.3	2.50	13.2	1.41	3.53	1.52	Pass



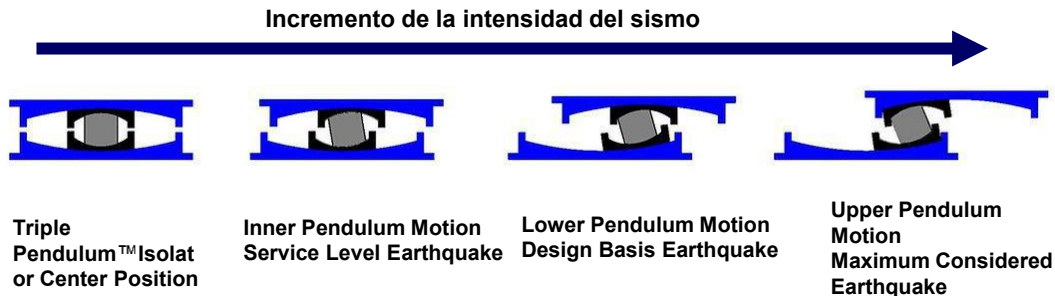
Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad

Solución

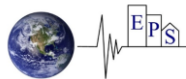
Table C17.2-1. Performance Expected for Minor, Moderate, and Major Earthquakes.

Performance Measure	Earthquake Ground Motion Level*		
	Minor	Moderate	Major
Life safety: Loss of life or serious injury is not expected	F, I	F, I	F, I
Structural damage: Significant structural damage is not expected	F, I	F, I	I
Nonstructural damage: Significant nonstructural or content damage is not expected	F, I	I	I

*F indicates fixed-base; I indicates isolated.



Triple Pendulum™ Isolator Earthquake Protection System Inc.



Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad

Solución

Triple Pendulum™ Isolator Earthquake Protection System Inc.

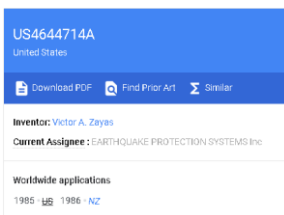
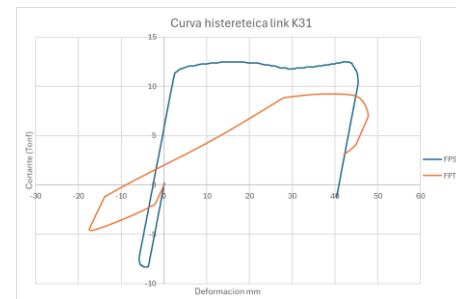
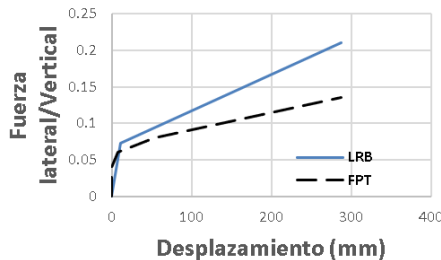


Table C17.2-1. Performance Expected for Minor, Moderate, and Major Earthquakes.

Performance Measure	Earthquake Ground Motion Level*		
	Minor	Moderate	Major
Life safety: Loss of life or serious injury is not expected	F, I	F, I	F, I
Structural damage: Significant structural damage is not expected	F, I	F, I	I
Nonstructural damage: Significant nonstructural or content damage is not expected	F, I	I	I

*F indicates fixed-base; I indicates isolated.

TPF vs LRB

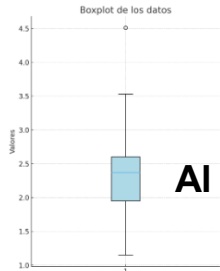


TPF vs FPS

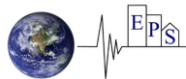
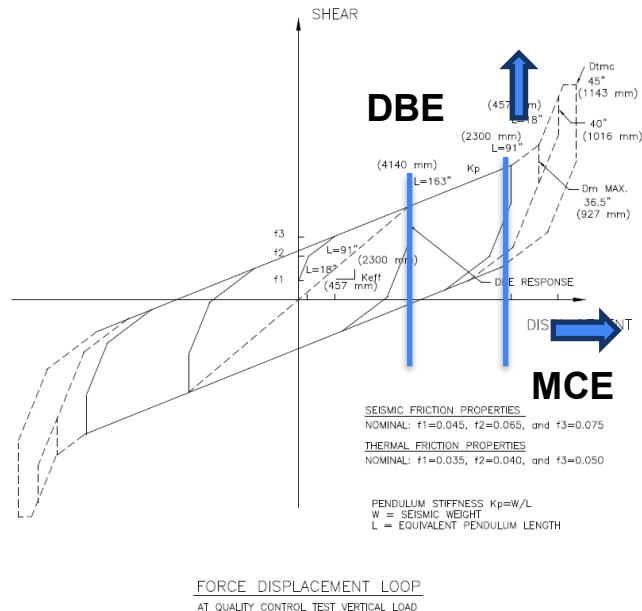
Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad

Solución

Triple Pendulum™ Isolator Earthquake Protection System Inc.



Al menos



Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad

Solución

Collapse performance of seismically isolated buildings designed by the procedures of ASCE/SEI 7

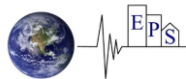
S Kitayama, MC Constantinou
Engineering Structures 164, 243-258

Probabilistic seismic performance assessment of seismically isolated buildings designed by the procedures of ASCE/SEI 7 and other enhanced criteria

S Kitayama, MC Constantinou
Engineering Structures 179, 566-582

Effect of displacement restraint on the collapse performance of seismically isolated buildings

S Kitayama, MC Constantinou
Bulletin of Earthquake Engineering 17 (5), 2767-2786



Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad

Solución

Seismic loss assessment of seismically isolated buildings designed by the procedures of ASCE/SEI 7-16

S Kitayama, H Cilsalar

Bulletin of Earthquake Engineering 20 (2), 1143-1168

Seismic Performance Assessment of Seismically Isolated Buildings Designed by the Procedures of ASCE/SEI 7 (MCEER 18–0004)

S Kitayama, MC Constantinou

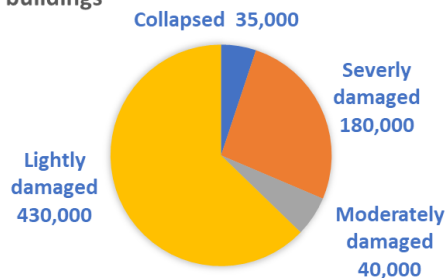
Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, NY, USA

Shao B, Mahin SA, Zayas V. Member capacity factors for seismic isolators as required to limit isolated structure collapse risks to within ASCE 7 stipulated structure collapse risk limits. Project draft report. Structural Engineering, Mechanics and Materials Department of Civil and Environmental Engineering University of California, Berkeley; June 24, 2017.

Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad

Mw= 7.8 (febrero 6, 2023).....9 h después
Mw= 7.5....replicas

Damage in
buildings



Cerca 60,000 damnificados

Cerca 120,000
heridos



<https://www.oxfam.org.au/what-we-do/humanitarian-emergencies/turkey-syria-earthquake-2023/>

Funcionalidad 30 %



Daño leve
94 Hospitales

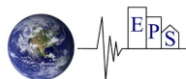


Daño moderado
a severo
42 Hospitales (25
% en 11
provincias
afectadas)



Completamente
inoperable
15 % de 236
edificaciones de
atención en salud

*** Incluía infraestructura protegida con otros dispositivos y bajo otros estándares**

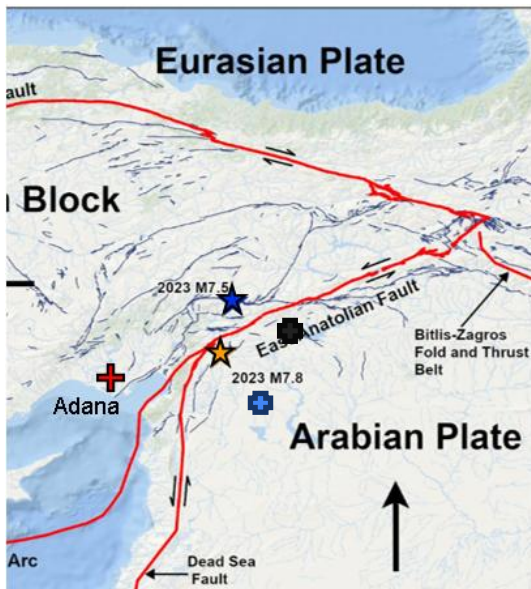


Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad

Nurdagi State Hospital. Base fija

Malatya Maternity and Children's Hospital.

Aislamiento de base



Probabilidad de pérdida de funcionamiento

Inadecuada implementación del sistema

(Proyecto que no pertenece a EPS)

Rapid report of seismic damage to hospitals in the 2023 Turkey earthquake sequences

Zhe Qu^{a,b,*}, Feijian Wang^{a,b}, Xiangzhao Chen^{a,b}, Xiaoting Wang^{a,b}, Zhiguang Zhou^c

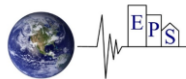
8ª Jornada de la Comisión Permanente del Código Modelo Sismico para América Latina y El Caribe



Performance of Seismically Isolated Hospitals in the 2023 Kahramanmaraş Earthquake Sequence

Dr. Bahadır Şadan, Turkish Association for Seismic Isolation (TASI)

The primary conclusion is that seismic isolation was highly effective in preventing structural damage across all eleven hospitals, allowing many to remain operational. However, challenges impacting continued functionality were observed, including non-structural damage and compromised seismic gaps often linked to construction detailing.



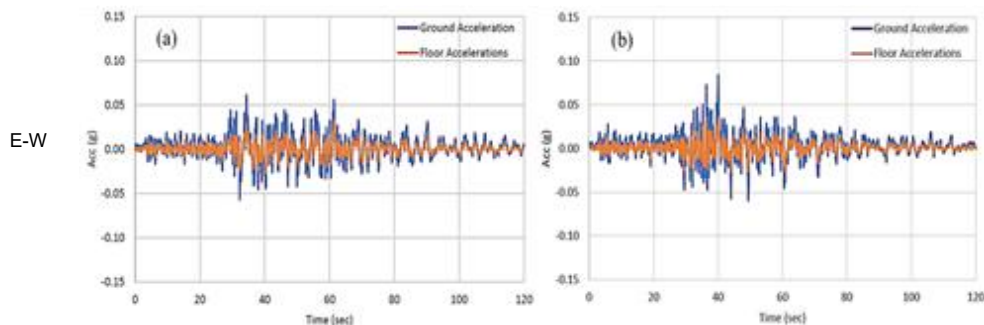
Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad



- ✓ 546.000 m²
- ✓ 1550 camas
- ✓ Finalizado mayo 2017
- ✓ 1512 aisladores TPF

Algunos requisitos de dispositivo a resaltar para funcionalidad

75% reducción en demandas de aceleración (reducción de posibilidad de daño)



**Adana Integrated health
campus (Turkey)**

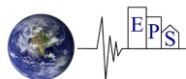
Inspección Post-Sismo



**100 %
Funcionalidad**

- ☐ a) Bloque de concreto acera
- ☐ b) y c) Parqueaderos
- ☐ d) Zona ascensores
- ☐ e) Grouting grietas

8ª Jornada de la Comisión Permanente del Código Modelo Sismico para



STORY

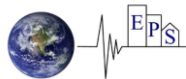
After Deadly Earthquake, MIGA Helps Türkiye Build Resilience for Future Disasters

June 15, 2023

"During the earthquake our hospitals in Adana and Elazığ, beyond becoming hubs for the affected communities, were 100 percent redirected to provided health solutions to affected people," said Günay Gökçen, Country Director, Türkiye, for Meridiam.

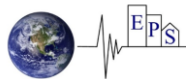
Retos futuros

1. Actualización normativa (Garantizar hospitales funcionales)
2. Inventario y reforzamiento (progresivo) de hospitales existentes. Pre-norma
3. Incorporación de tecnologías (Barreras de desconocimiento, normas, etc)
4. Resiliencia no estructural (Proteger equipos vitales de UCI, quirófanos, gases medicinales, sistemas eléctricos, etc)
5. Cambio cultural y capacitación (no percibir el diseño sísmico como un costo extra sino como una inversión para salvar vidas)
6. Políticas publicas que beneficien la incorporación de sistemas tecnológicos
7. Divulgación y cultura sísmica (tomadores de decisiones desconocen la relevancia de estos temas)



Para recordar

1. La funcionalidad continua de infraestructura esencial como la hospitalaria **es requerida por las leyes nacionales** en la actualidad.
2. La **probabilidad de alcanzar funcionalidad continua** con diseños convencionales (base fija), puede **ser baja**.
3. Para alcanzar la funcionalidad continua con técnicas modernas de sistemas de control (aislamiento sísmico de base) se requiere de características específicas de las estructuras y sobre todo de requisitos esenciales para los dispositivos (**No es cualquier dispositivo ni cualquier tipo de estructura**).
4. Estructuras inadecuadamente concebidas o con dispositivos inadecuados **son mas inseguras que estructuras convencionales**.
5. El estándar de aislamiento sísmico americano y los aisladores de triple péndulo de fricción han sido implementados en los más grandes proyectos hospitalarios del mundo y probados frente a los terremotos de mayor intensidad, **demostrando alcanzar el objetivo para los que fueron creados (funcionalidad)**.
6. El planteamiento de un proyecto con aislamiento sísmico de base **requiere la adecuada relación entre arquitectura-estructuras-fabricantes**.



No todos los aisladores sísmicos son iguales

No todos garantizan necesariamente funcionalidad después del sismo.

No todos soportan todas las intensidades sísmicas.

No todos aseguran vida útil al menos igual al de la estructura

No todos recuperan su posición después de deformarse.

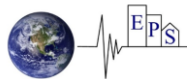
No todos absorben la misma cantidad de energía sísmica.

No todos están fabricados con materiales durables y resistentes a condiciones ambientales severas.

No todos incluyen factores adecuados de seguridad.

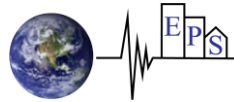
No todos se ensayan al 100% antes de ser enviados a obra.

Y lo más importante: no todos necesariamente protegen vidas e infraestructura crítica de la misma manera.





**ESTANDAR AMERICANO
DE AISLAMIENTO SISMICO (SIS)
APLICADO PARA LA FUNCIONALIDAD
DE LA INFRAESTRUCTURA
HOSPITALARIA**



Earthquake Protection Systems, Inc.

<https://www.earthquakeprotection.com/> Tel (EEUU): (+1) 707 644-5993 California, EEUU

Carlos Mario Piscal, Ph.D., M.Sc, I.C; Email: carlos@earthquakeprotection.com

Gracias por su atención



América Latina y El Caribe

www.codigomodelosismico.org