

8ª JORNADA
**COMISIÓN
PERMANENTE**

del Código Modelo Sísmico para
América Latina y El Caribe

Los Pilares de la Construcción en Estados Unidos: Códigos, Resiliencia y el Futuro de la Ingeniería Estructural

Ricardo Henoch

Skidmore, Owings & Merrill

San Salvador, El Salvador
10 de octubre de 2025

www.codigomodelosismico.org

SOM



MOPT



A photograph of a modern building facade featuring large glass windows framed by light-colored wood. The building is multi-storied, and the middle section is visible, showing interior spaces. The windows reflect the surrounding environment, including a bridge and other buildings. The text "¿Quien es SOM?" is overlaid on the lower part of the image.

¿Quien es SOM?



Somos un colectivo de arquitectos,
diseñadores, ingenieros y urbanistas
que construyen un futuro mejor.

We are a collective of architects, designers, engineers and planners
building a better future.

Skidmore, Owings & Merrill

89

años de innovación
en el diseño

years of
innovative design

15k

proyecto en más
de 50 países

projects in over
50 countries

2.9k

premios
internacionales de
diseño

international
design awards

6

premios AIA a los
25-años de
excelencia

AIA 25-year
awards

1,100+

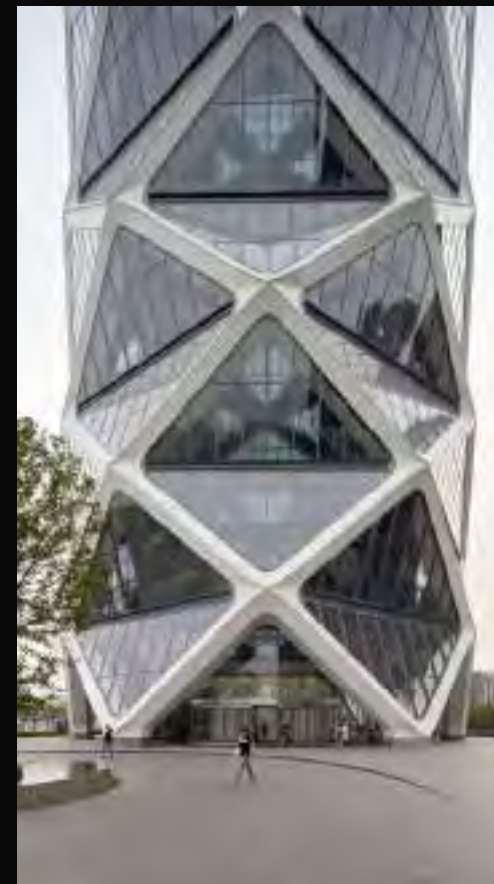
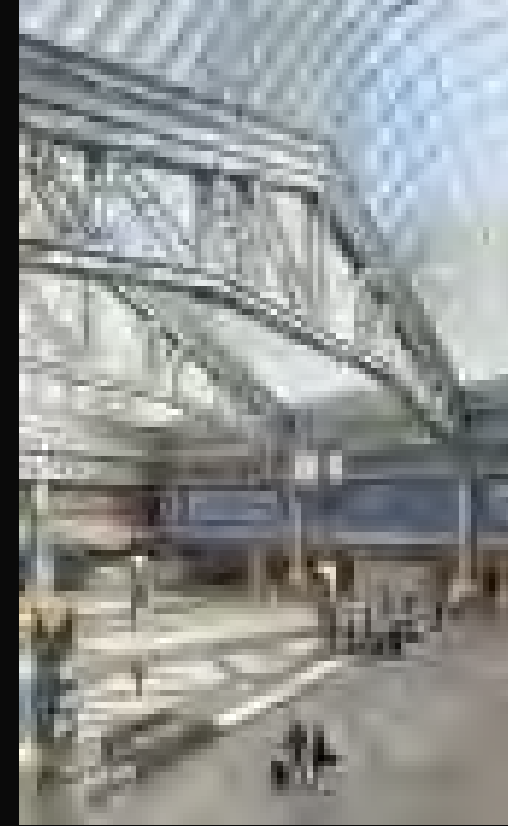
número de
profesionales

no. of employees

14

oficinas en el
mundo

offices around
the world



El Espíritu Pionero de SOM



Impacto que perdura

1936



La torre que cambio todo



Mezclando Arquitectura y Arte



Construyendo las bases del CAD



Ganador de premio Pritzker



LEED-erando el camino hacia un gobierno más verde



Una torre que rompe records



Reconstruyendo Nueva York

TODAY

Definiendo la dirección de la arquitectura



Inventando la nueva forma de trabajar



La nueva era en diseño de rascacielos



Empoderando diseñadores jóvenes



Ganador de la mayor cantidad de premios de trayectoria 25-años



Asociándose a estudiantes para avanzar la sostenibilidad



Primera firma en ganar la medalla a nacional de las artes en EEUU



Definiendo el estándar para el siglo 21



Una gran diversidad de tipología de proyectos...

A rich diversity of project types...



Uso Mixto



Oficina + Comercial



Ciencias + Salud



Reuso Adaptable



Residencial + Hotelaria



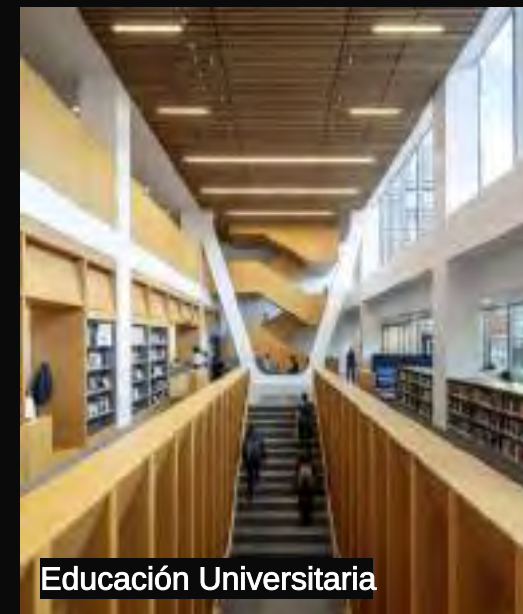
Aeropuertos + Transporte



Gobierno + Cívico



Educación Básica



Educación Universitaria



Diseño de Fachadas

**Un ingeniero debería
diseñar una estructura
que un arquitecto
debería estar
avergonzado de cubrir**

**An engineer should
design a structure
that an architect
would be ashamed
to cover up**



Ingeniería Estructural

Structural Engineering



Terminal 2 del Aeropuerto
Internacional Chhatrapati Shivaji –
India

Manhattan Loft Gardens - NY



Burj Khalifa - Dubai
Poly International Plaza - China



“El Atrapasueños” por Janet
Echelman, en el hotel Sunset La
Cienega - LA

Conector High-Line - Moynihan - NY



Expansion del Centro Moscone- SF
Biblioteca Billie Jean King - LA



Shenzhen Rural Commercial Bank -
Shenzhen, China

Estacion Denver Union - Denver

LA CONSTRUCCIÓN

SOM



MOPT



La Construcción

- Los últimos 100 años han marcado un cambio en las tecnologías, procesos constructivos y de diseño
- Solo en los últimos 30 años, los proyectos de construcción se han cuadruplicado en EEUU



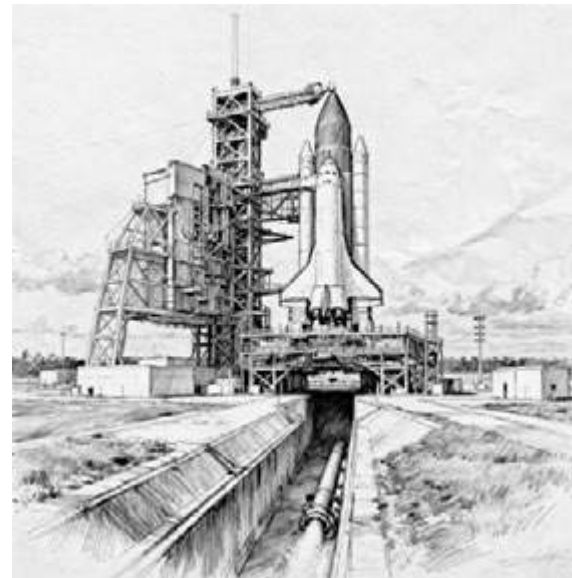
Los Proyectos

- El Empire State building (1930-1931)
- La Represa de Hoover (1931-1936)



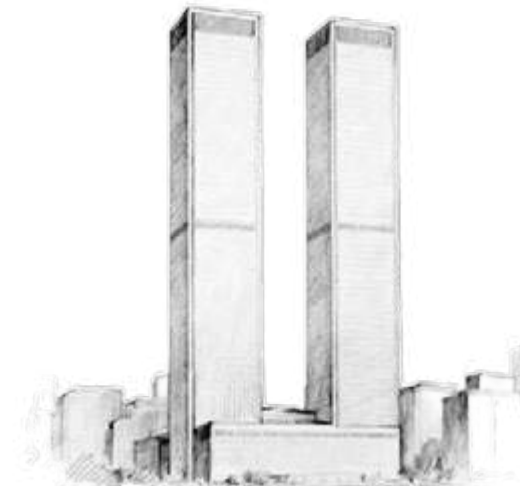
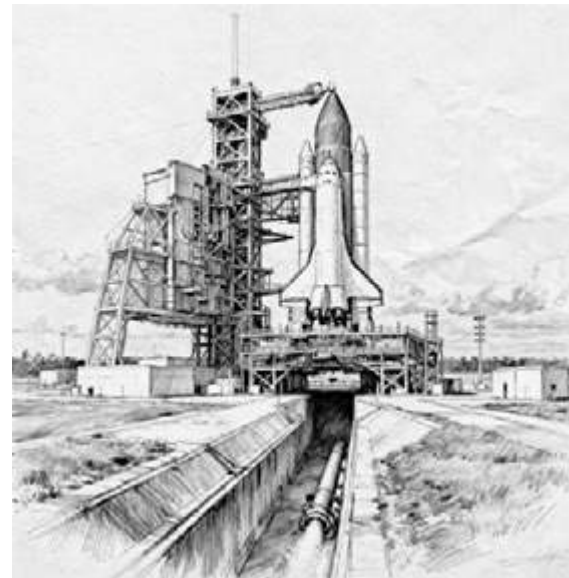
Los Proyectos

- El Empire State building (1930-1931)
- La Represa de Hoover (1931-1936)
- El puente Golden Gate (1933-1937)
- El complejo LG-39 de la NASA (1960)



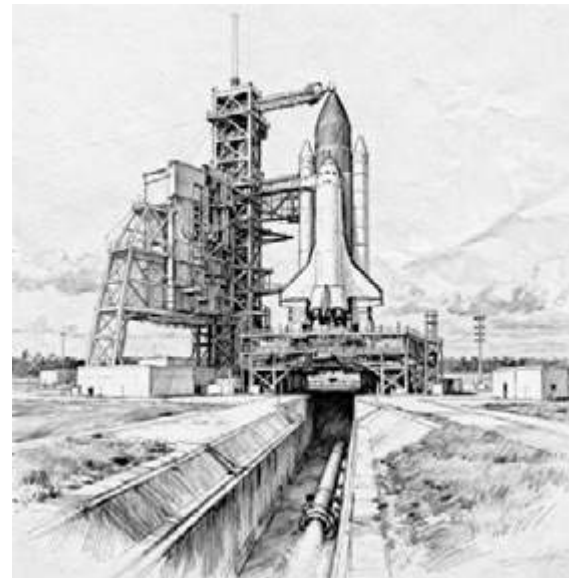
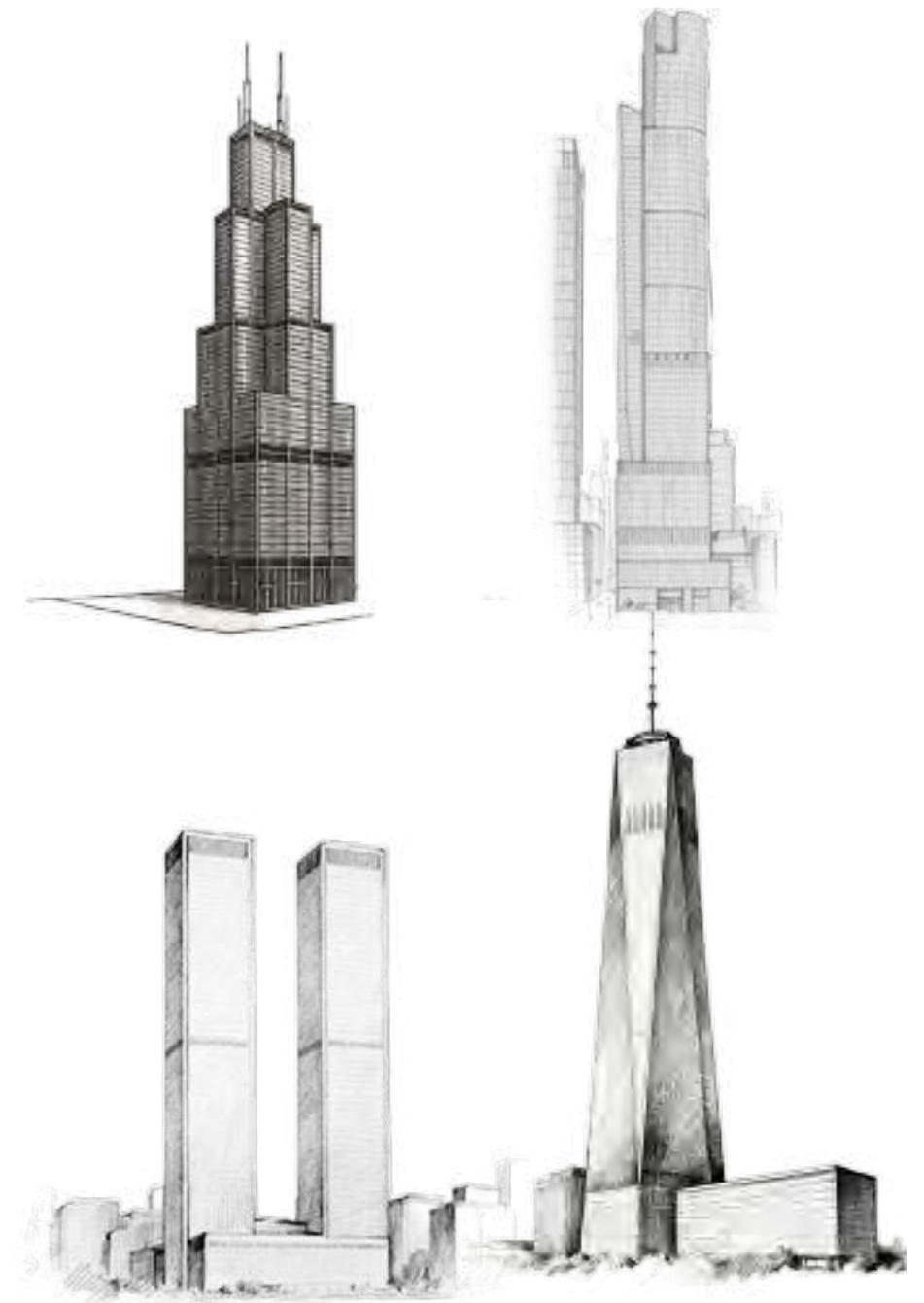
Los Proyectos

- El Empire State building (1930-1931)
- La Represa de Hoover (1931-1936)
- El puente Golden Gate (1933-1937)
- El complejo LG-39 de la NASA (1960)
- La Torre Sears (ahora Willis) (1970-1973)
- Las Torres Gemelas (World Trade Center) (1966-1973/2001)



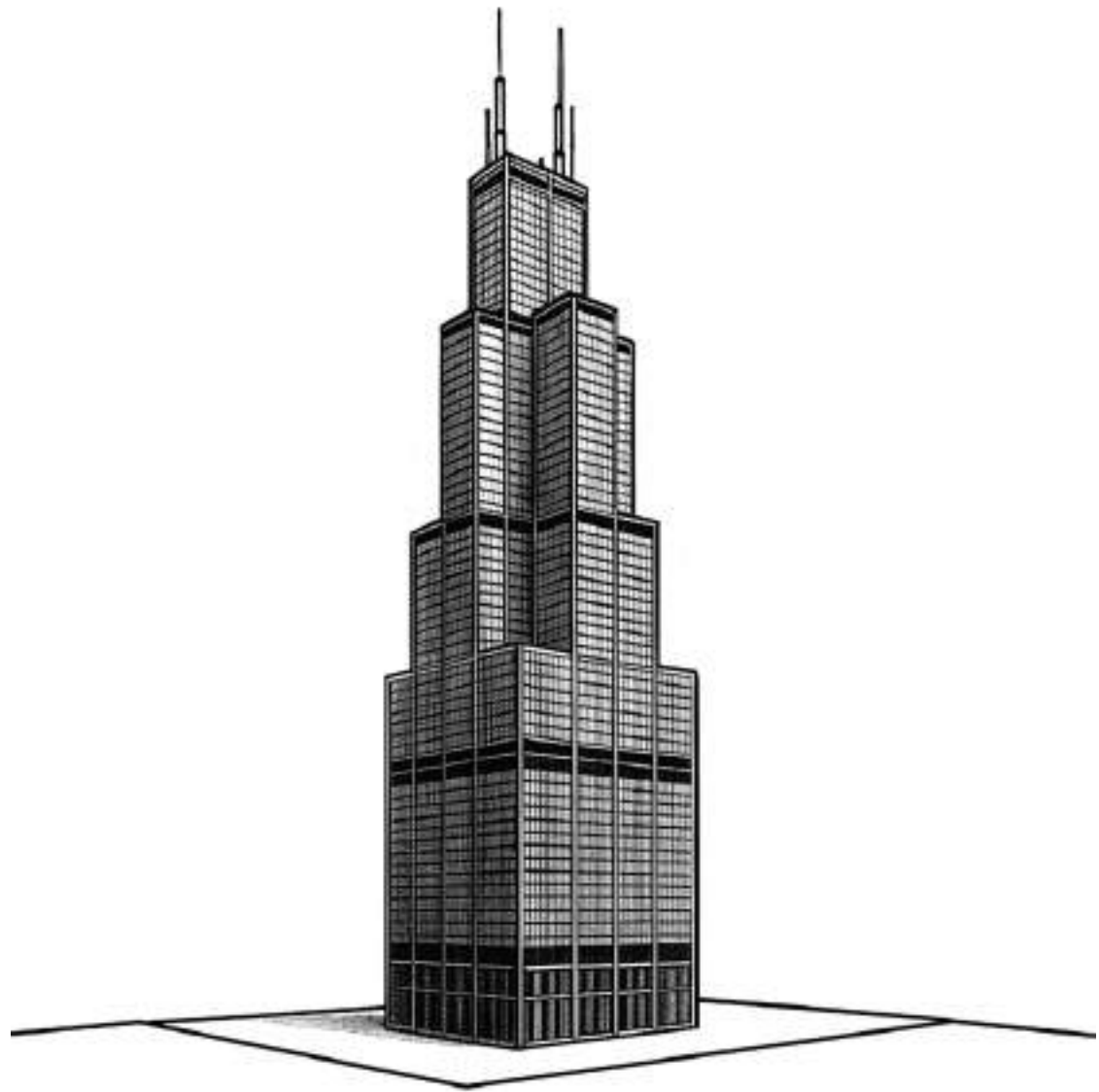
Los Proyectos

- El Empire State building (1930-1931)
- La Represa de Hoover (1931-1936)
- El puente Golden Gate (1933-1937)
- El complejo LG-39 de la NASA (1960)
- La Torre Sears (ahora Willis) (1970-1973)
- Las Torres Gemelas (World Trade Center) (1966-1973/2001)
- El nuevo One World Trade Center (2006-2014)
- 35 Hudson Yards (2020)



La base de la Construcción

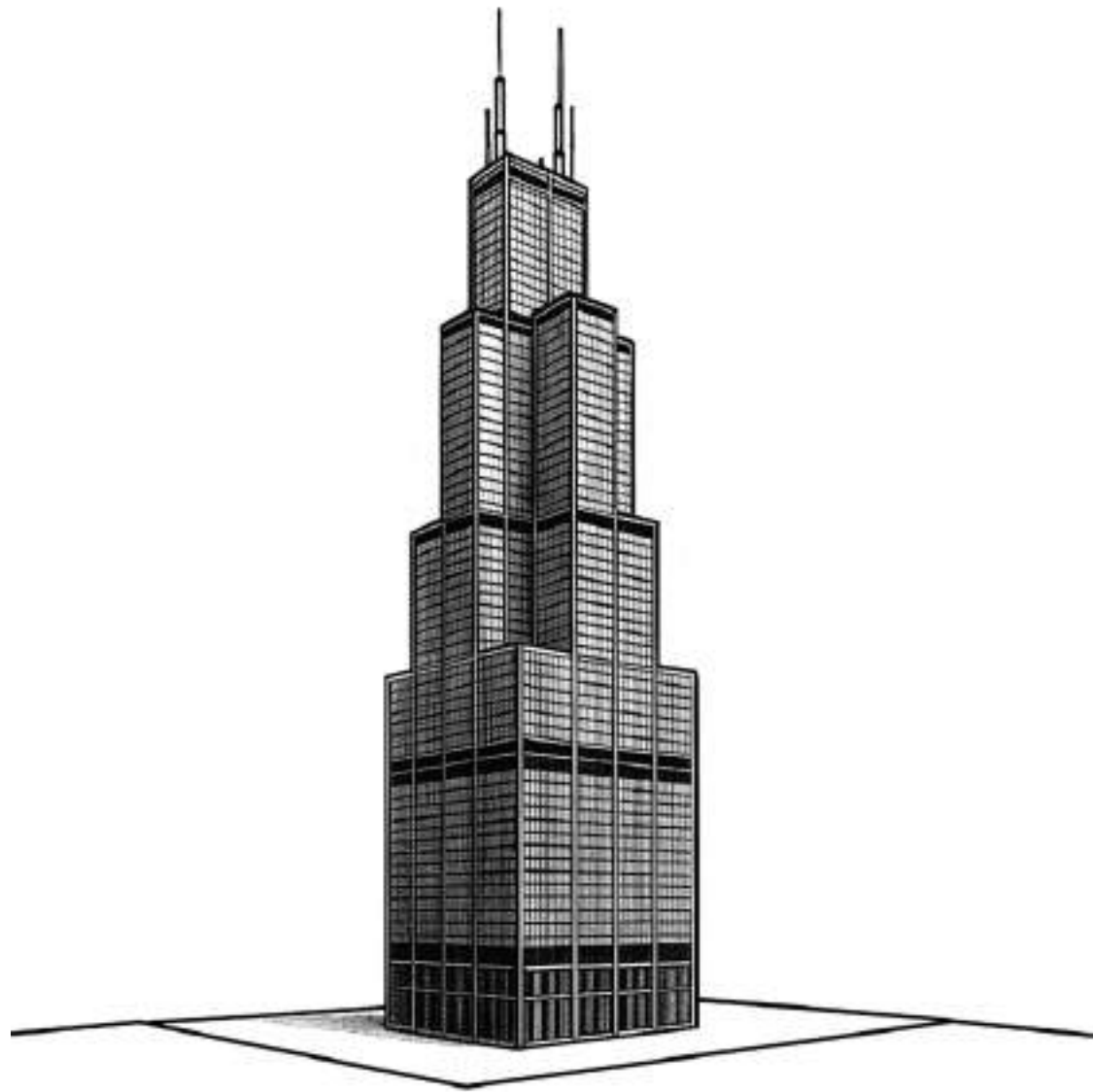
Pero hay algo que esto no muestra?



La base de la Construcción

Lo que no muestran es la compleja realidad de:

- El Proceso de Diseño
- El Proceso de Aprobación
- Y finalmente de su Construcción



LOS CODIGOS

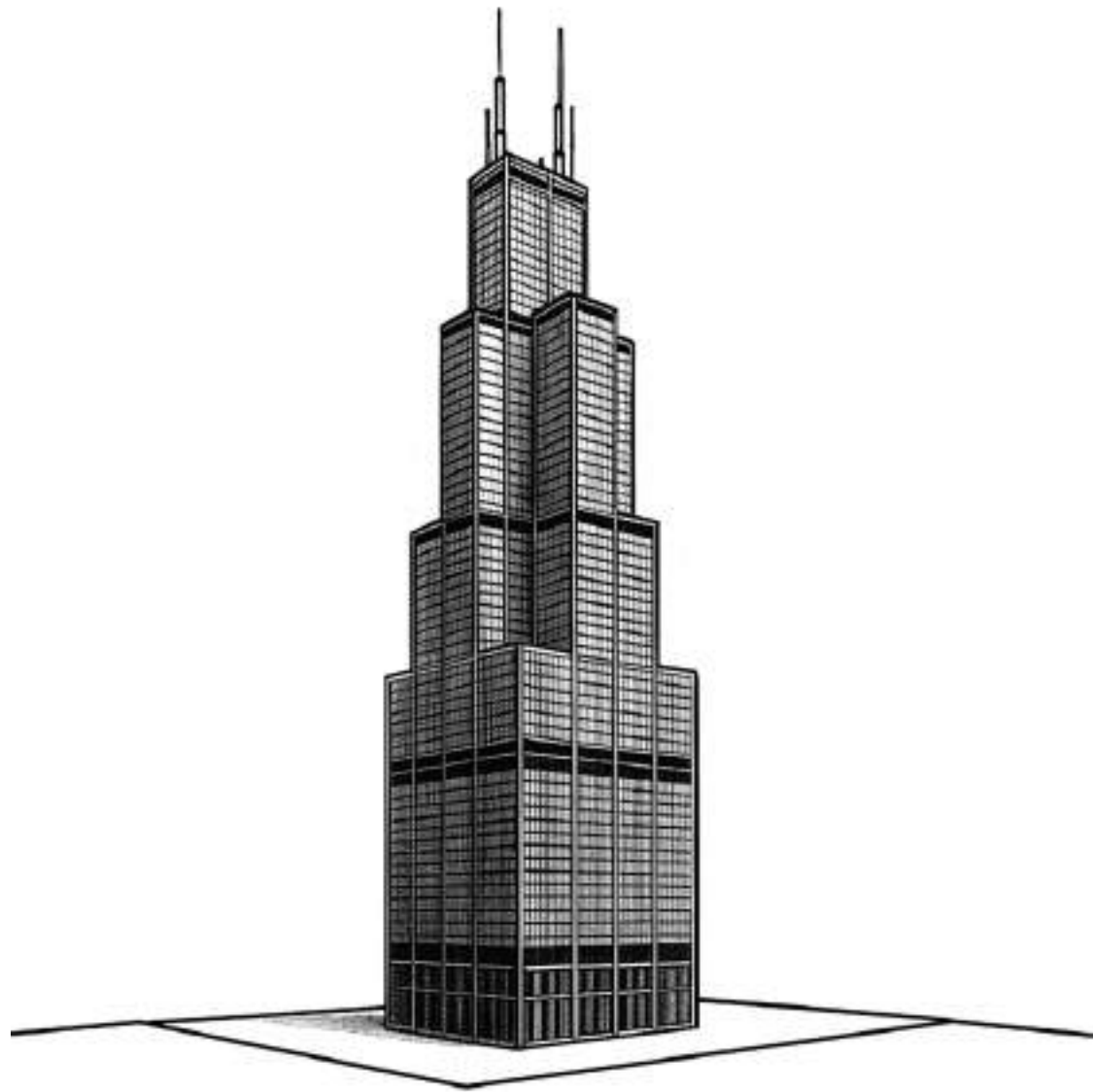
SOM



MOPT

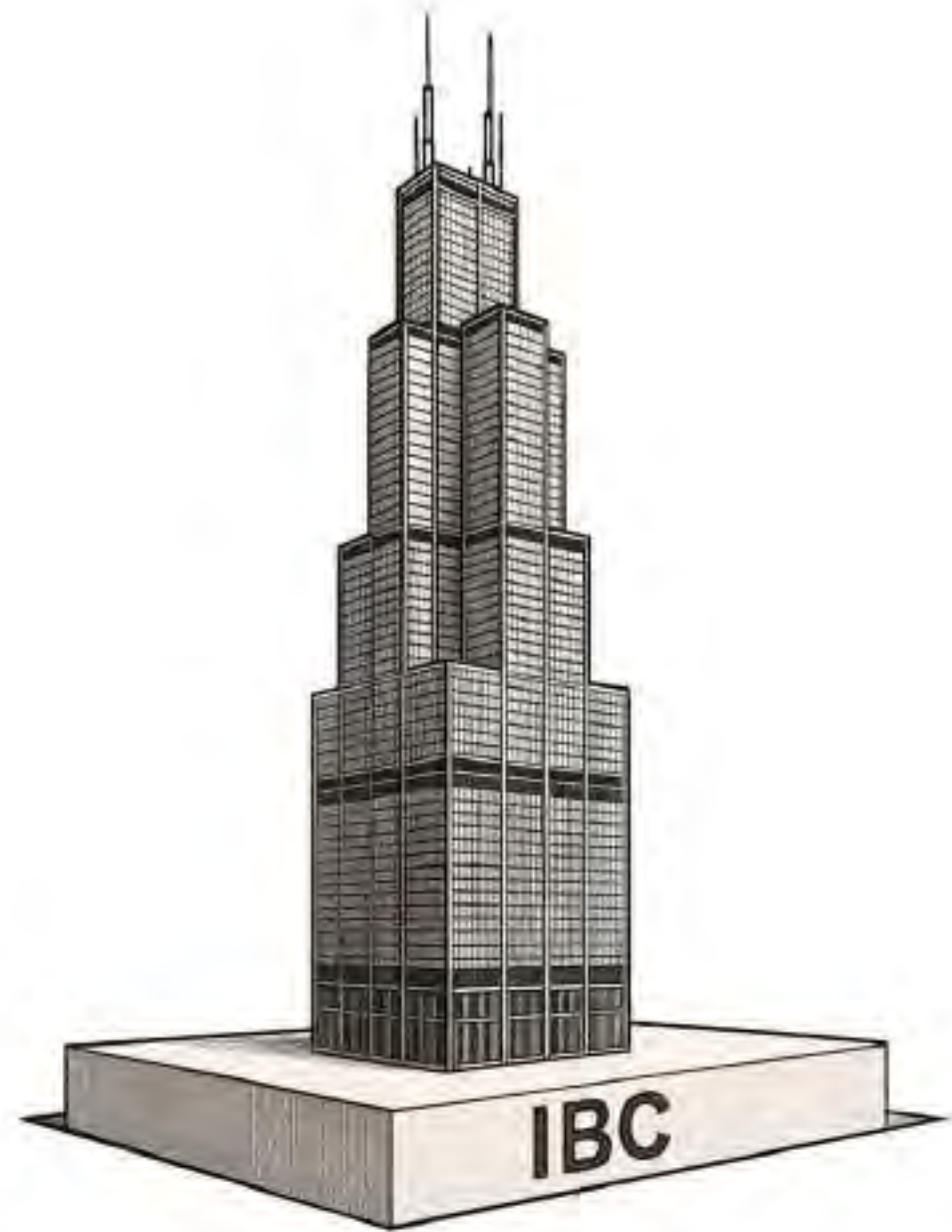


La base de la Construcción = Los Códigos



El “International Building Code” (IBC)

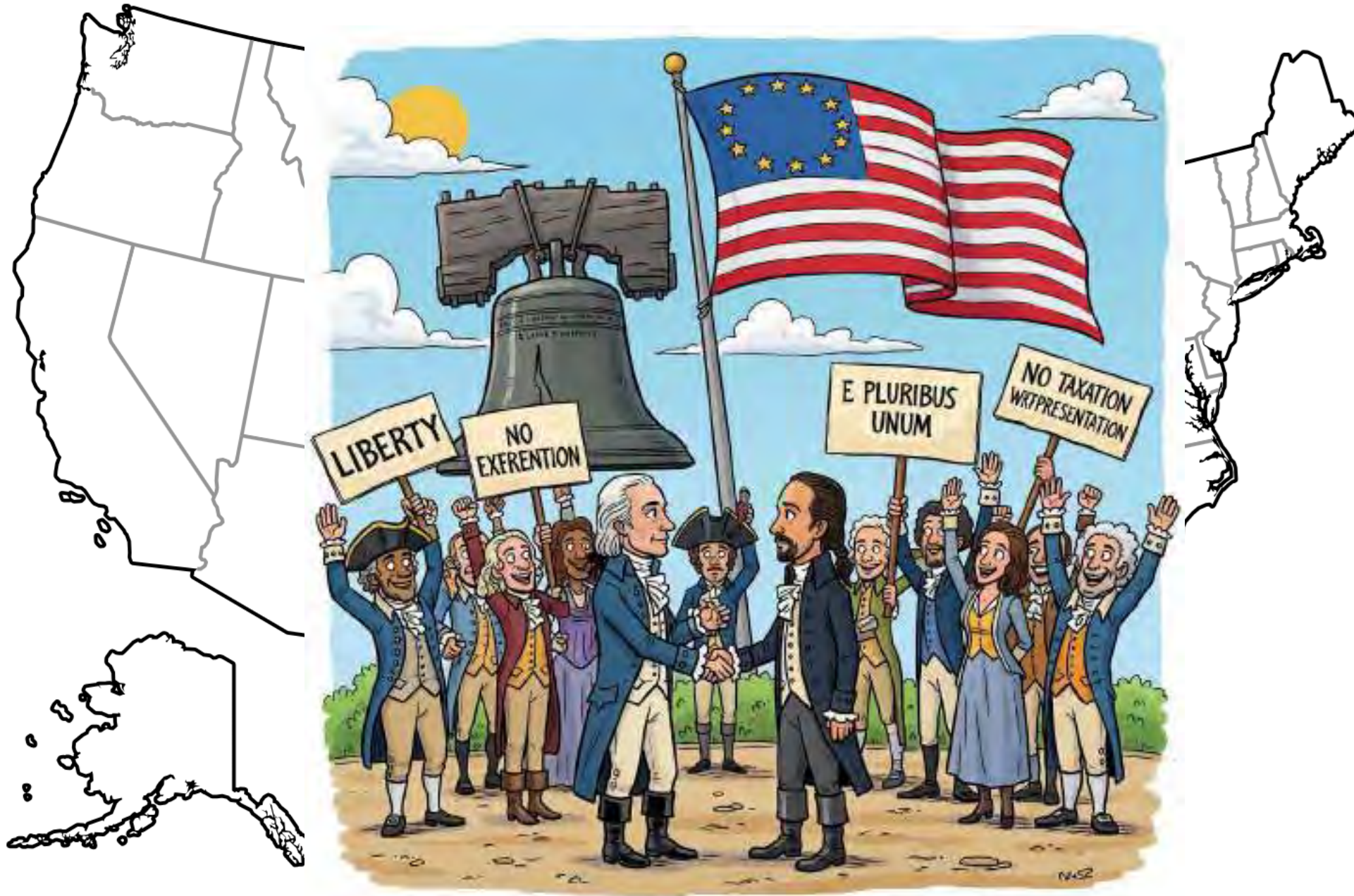
- Uno actualmente podría otorgar este éxito de complejos proyectos al éxito del IBC o International Building Code que es el actual Código Modelo de estados unidos
- Pero las características geopolíticas de Estados Unidos ahondan en una compleja historia de la cual el IBC es actor principal solo en los últimos 30 años.



Los comienzos



Los comienzos



Los comienzos



Pre-IBC



Rossberg et al, 2013

BOCA



Building Officials and Code Administrators (BOCA)

Nombre del código:

Basic National Building Code o el “Codigo BOCA”

SBC



Southern Building Code Congress International (SBCC)
Nombre del código:
Standard Building Code o el “Southern Building Code”

UBC

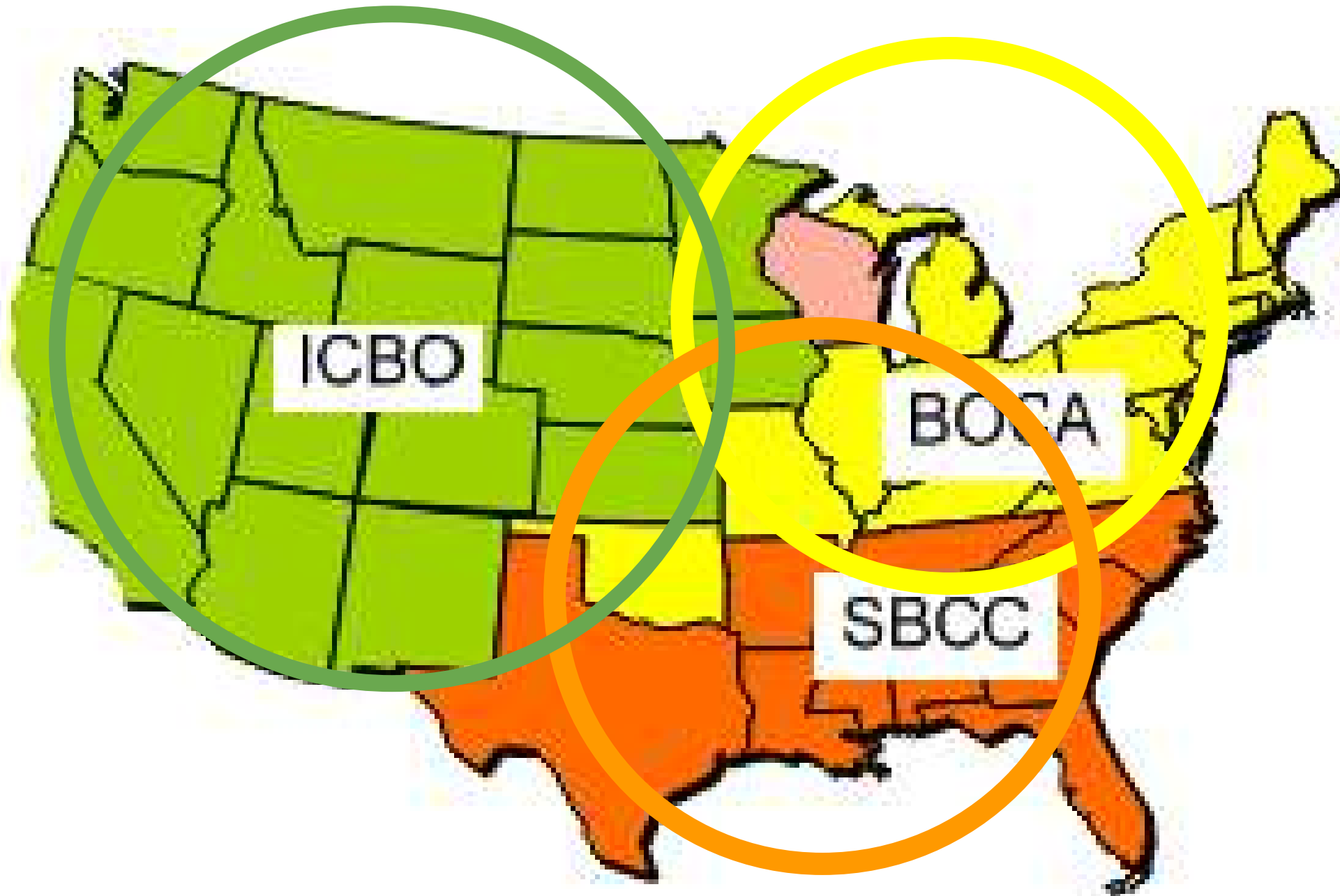


International Conference of Building Officials (ICBO)

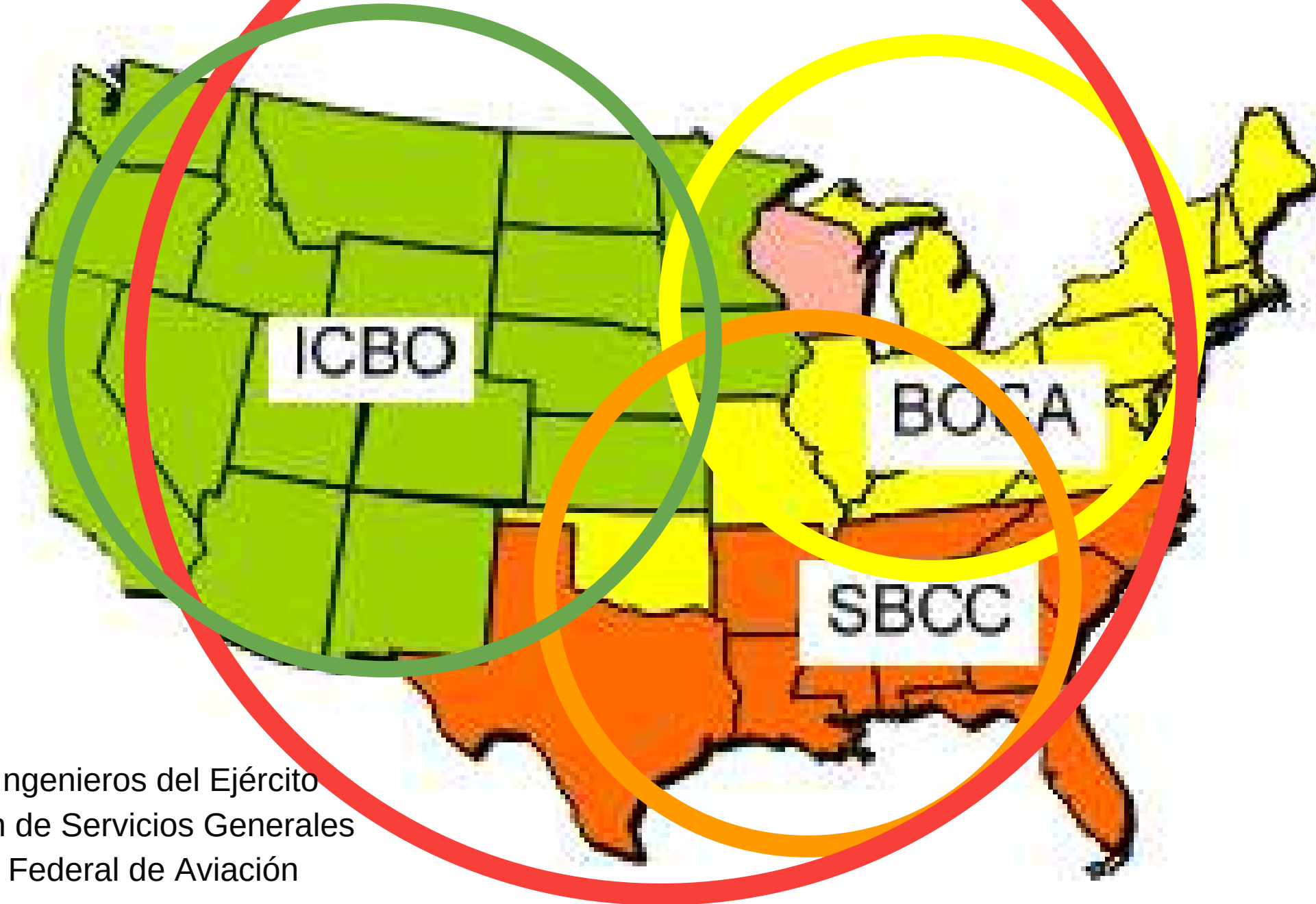
Nombre del código:

Uniform Building Code o “UBC”

BOCA/SBC/UBC

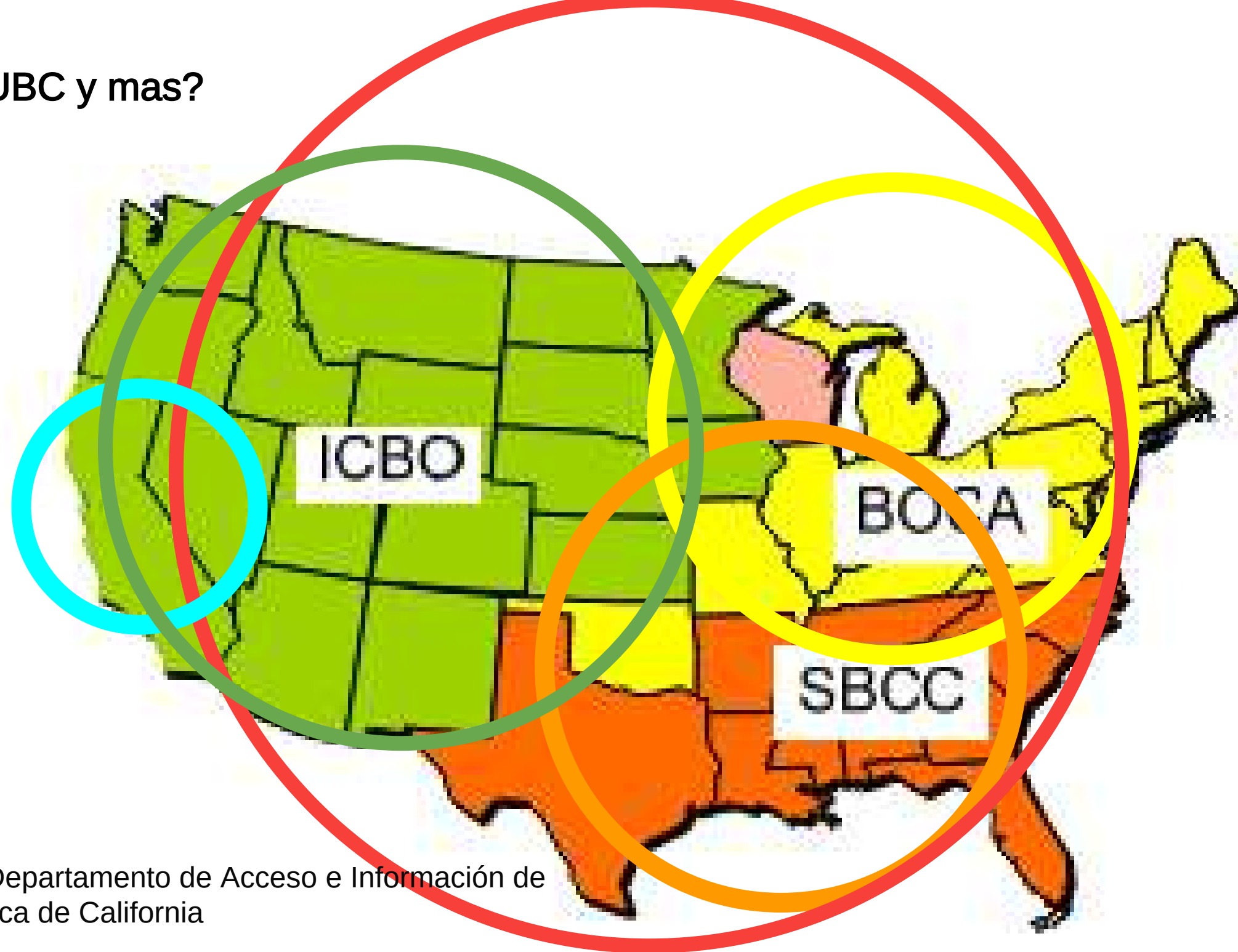


BOCA/SBC/UBC y mas?



USACE- Cuerpo de Ingenieros del Ejército
GSA - Administración de Servicios Generales
FAA - Administración Federal de Aviación

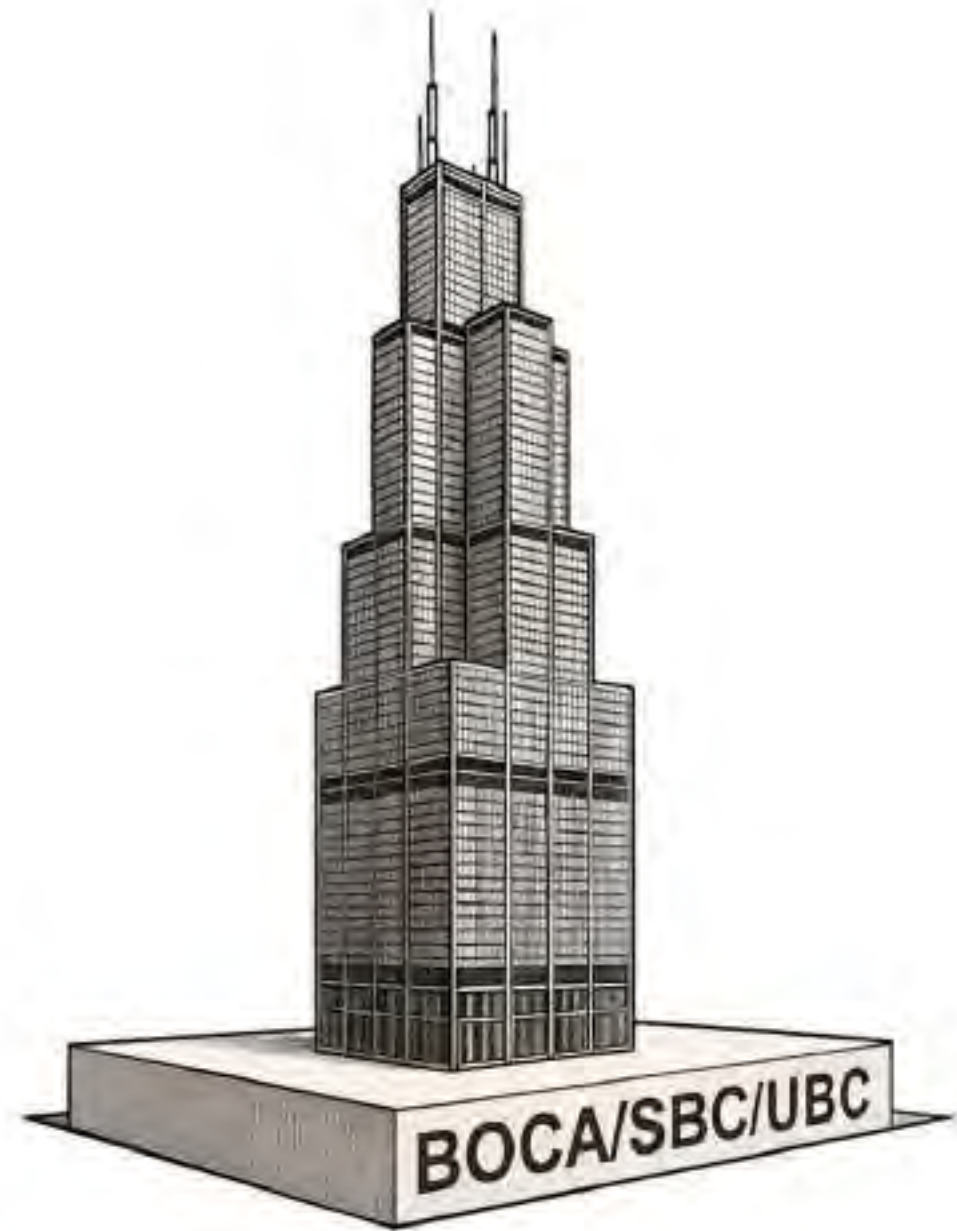
BOCA/SBC/UBC y mas?



OSHPD/HCAI- Departamento de Acceso e Información de
la Atención Médica de California

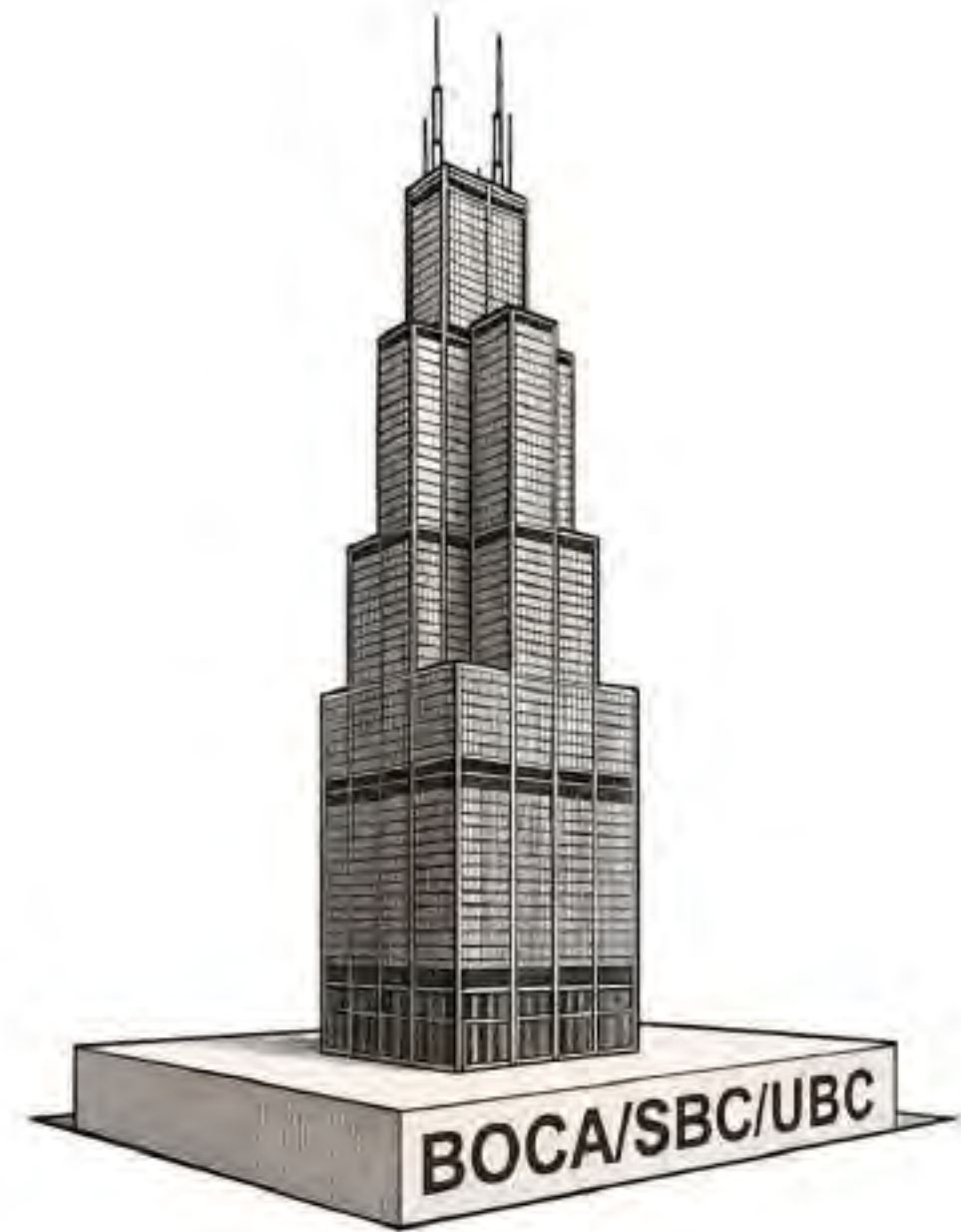
BOCA/SBC/UBC

- Pero estos códigos tenían ciertos puntos en común.



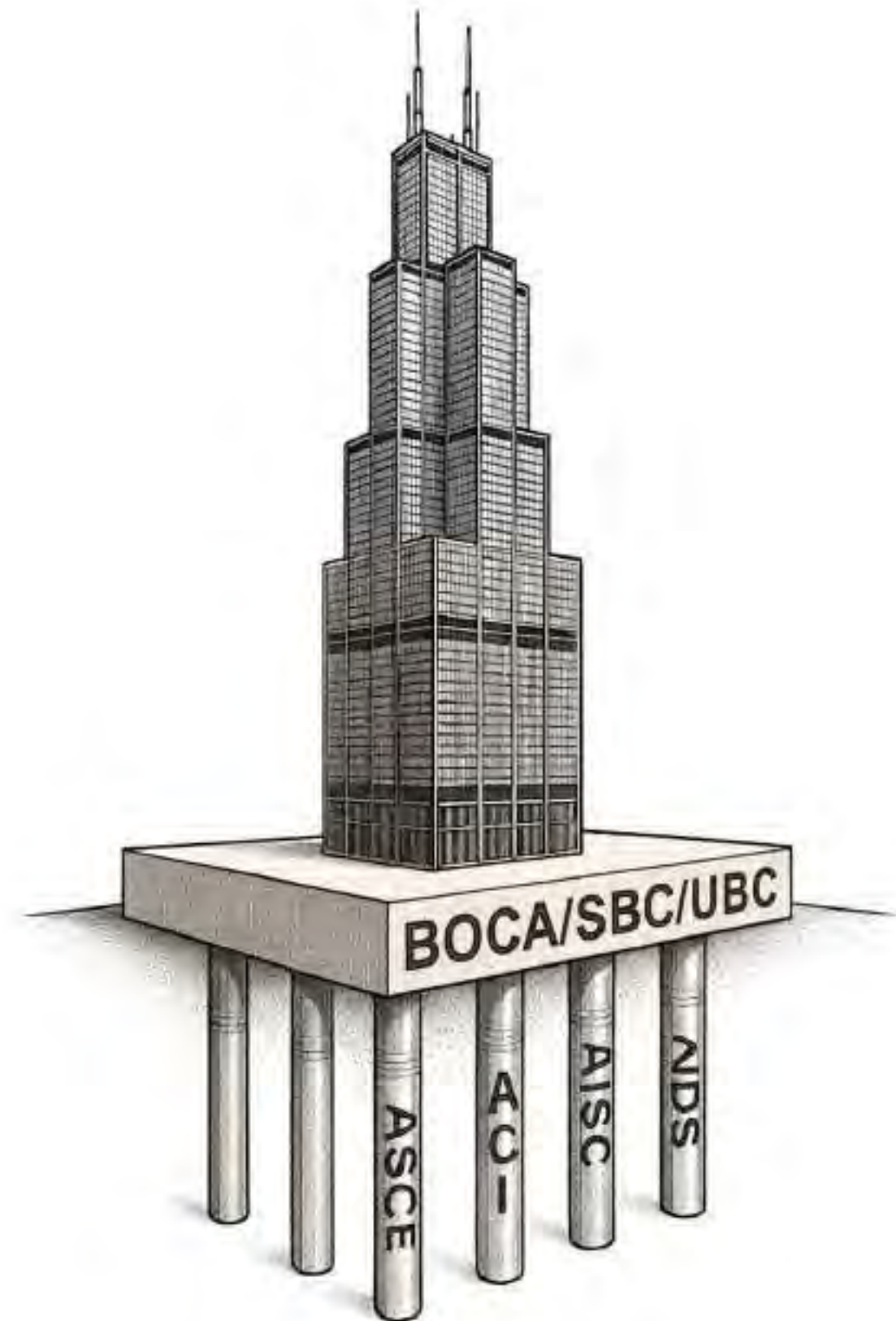
BOCA/SBC/UBC

- Pero estos códigos tenían ciertos puntos en común.
- Estándares generados por organizaciones de profesionales y académicos a lo largo de Estados Unidos (y el mundo)



BOCA/SBC/UBC

- Pero estos códigos tenían ciertos puntos en común.
- Estándares generados por organizaciones de profesionales y académicos a lo largo de Estados Unidos (y el mundo)
 - Comité Americano de Estándares Ingenieriles o American Engineering Standards Committee (AESC)
Ahora ANSI



LOS PILARES

SOM



MOPT



El Liderazgo de los Estándares

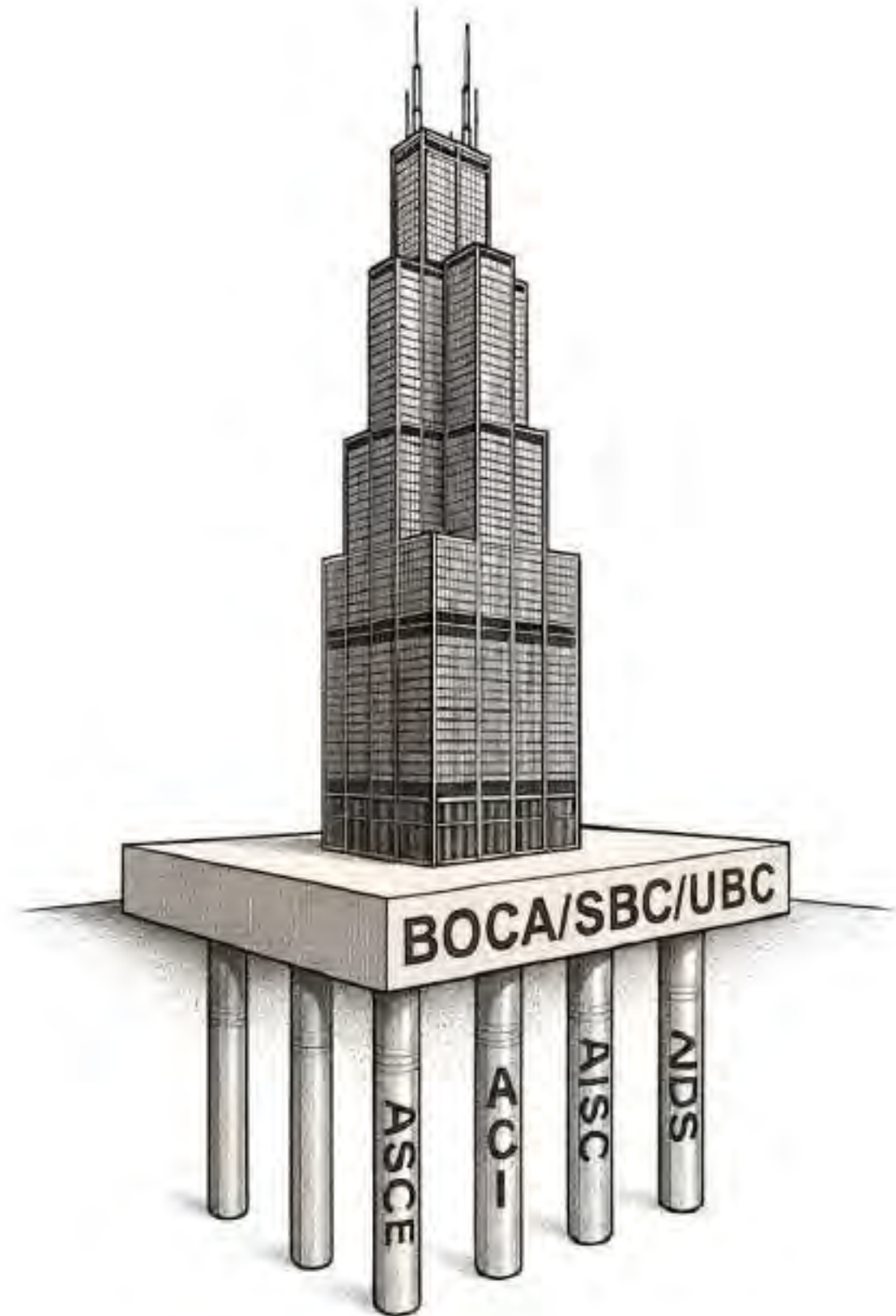
Los estándares buscaron:

- Aunar criterios

- Hacer estrategias de acreditación

- Fortalecer a las asociaciones de estándares

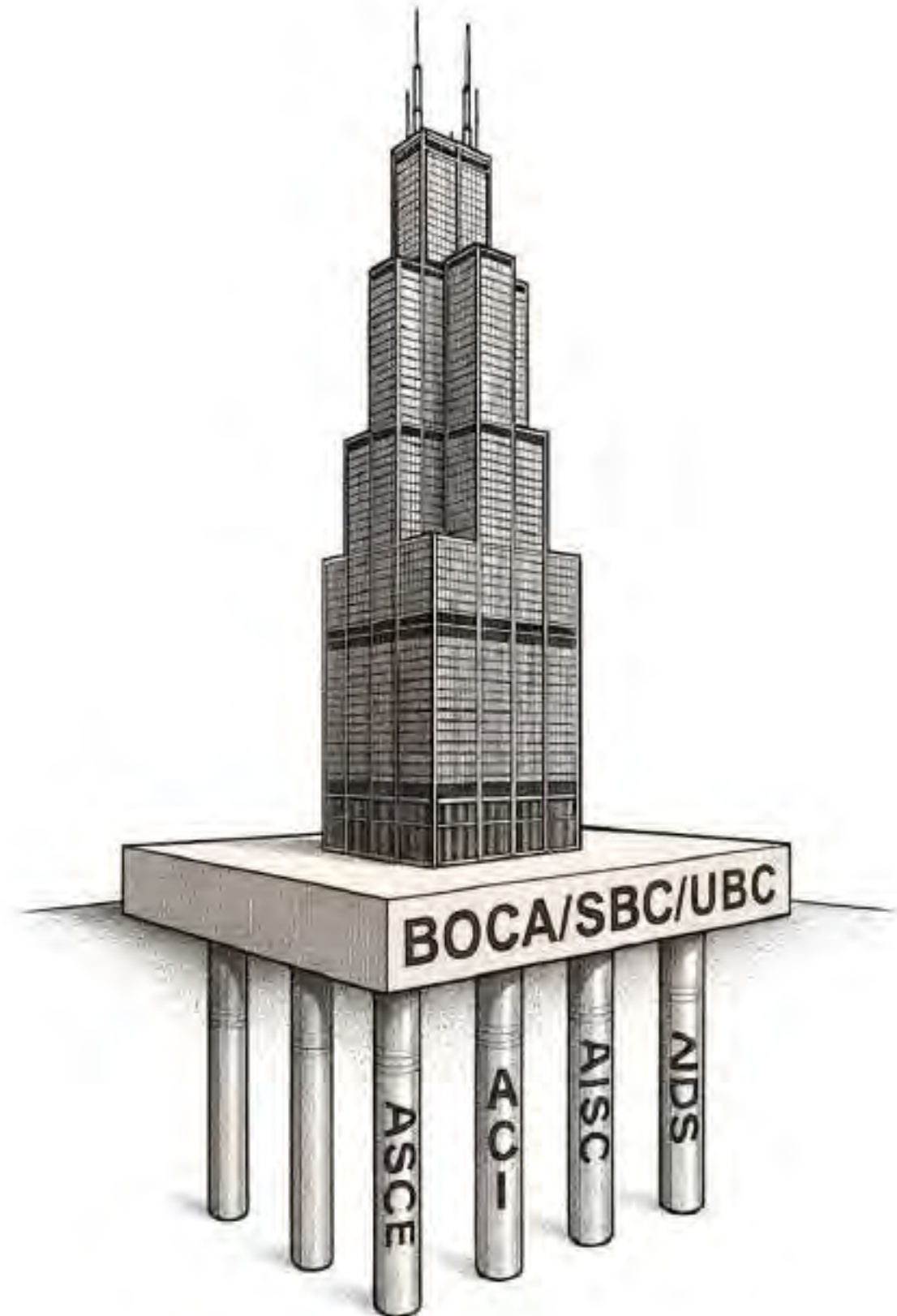
Una de las más famosas es la: Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE)



Los Estándares

Tambien estan:

- American Concrete Institute (ACI)
- American Institute of Steel Construction (AISC)
- American Wood Council (AWC)
- The Masonry Society (TMS)
- Entre muchas otras.



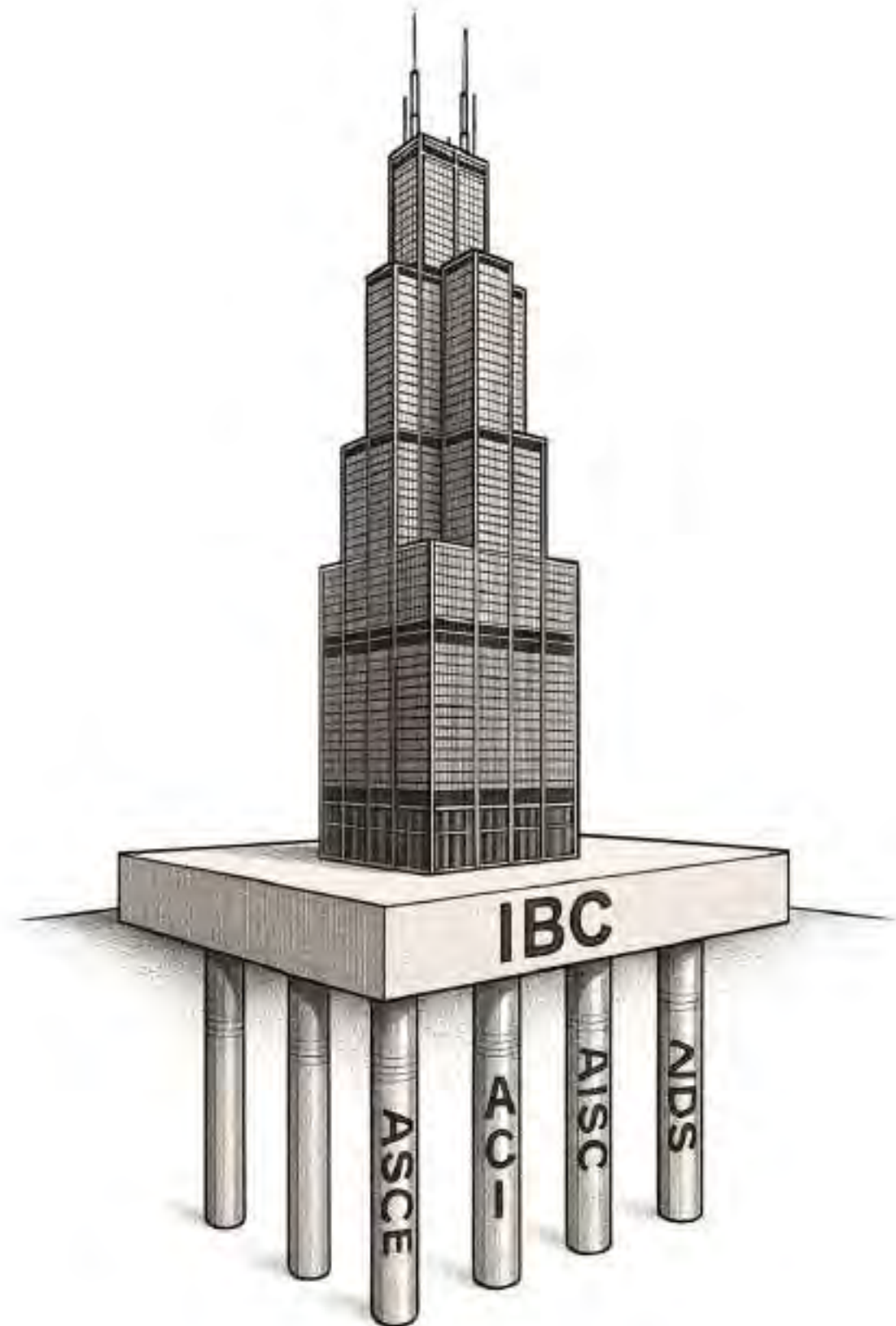
El Liderazgo de los Estándares

- 1989 Declaración Pública de la ASCE
- 1993 Ley Federal a las agencias privadas
- 1994 Se crea el ICC



La Unificación y la Llegada del IBC

- 1999 Primer borrador del IBC
- 2000 IBC sale a la luz!



El IBC

SOM

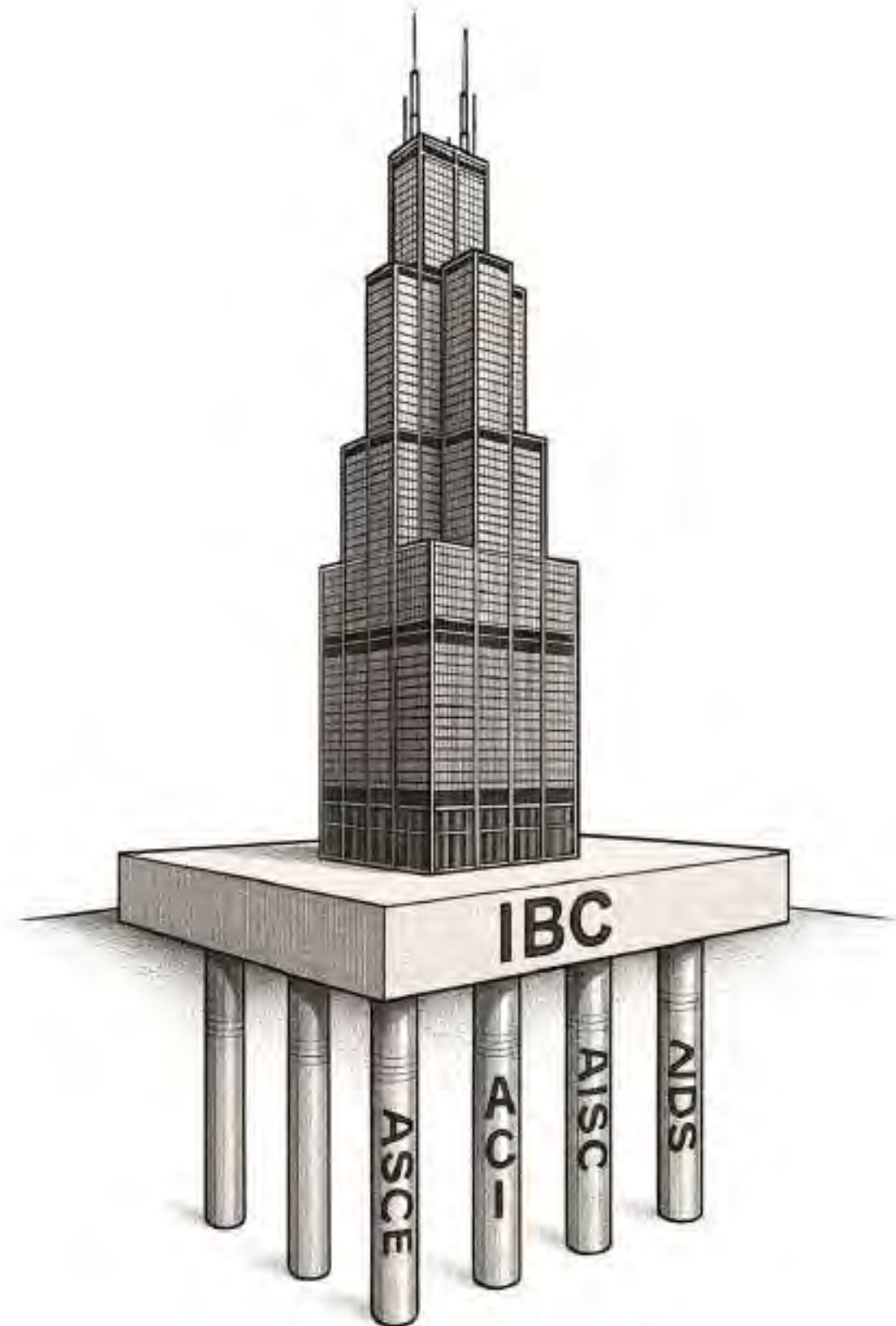


MOPT



La era del IBC

- Los estándares ahora solo se enfocan en un código modelo.
- Pero ahora cada estado debe aprobar la utilización del IBC
- Cada estado homologa distintas versiones
- Ejemplo
 - California
 - Texas: Austin vs Houston

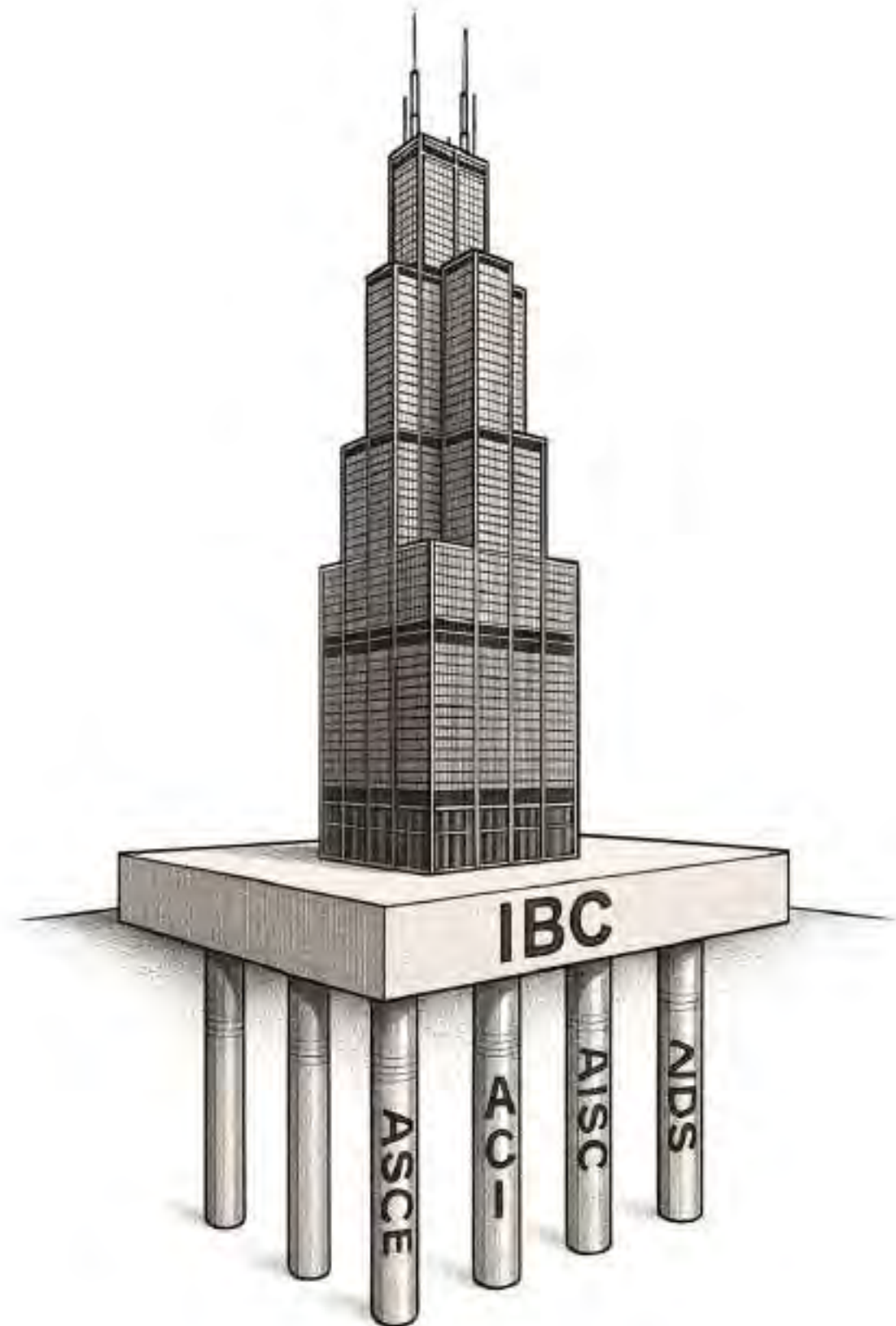


La era del IBC

- San Francisco **AB-083**

Requisitos y directrices para el diseño sísmico de nuevos edificios altos utilizando procedimientos de diseño sísmico no prescriptivos

Requirements and Guidelines for the Seismic Design of New Tall Buildings using Non-Prescriptive Seismic-Design Procedures



Pero que incluye el IBC

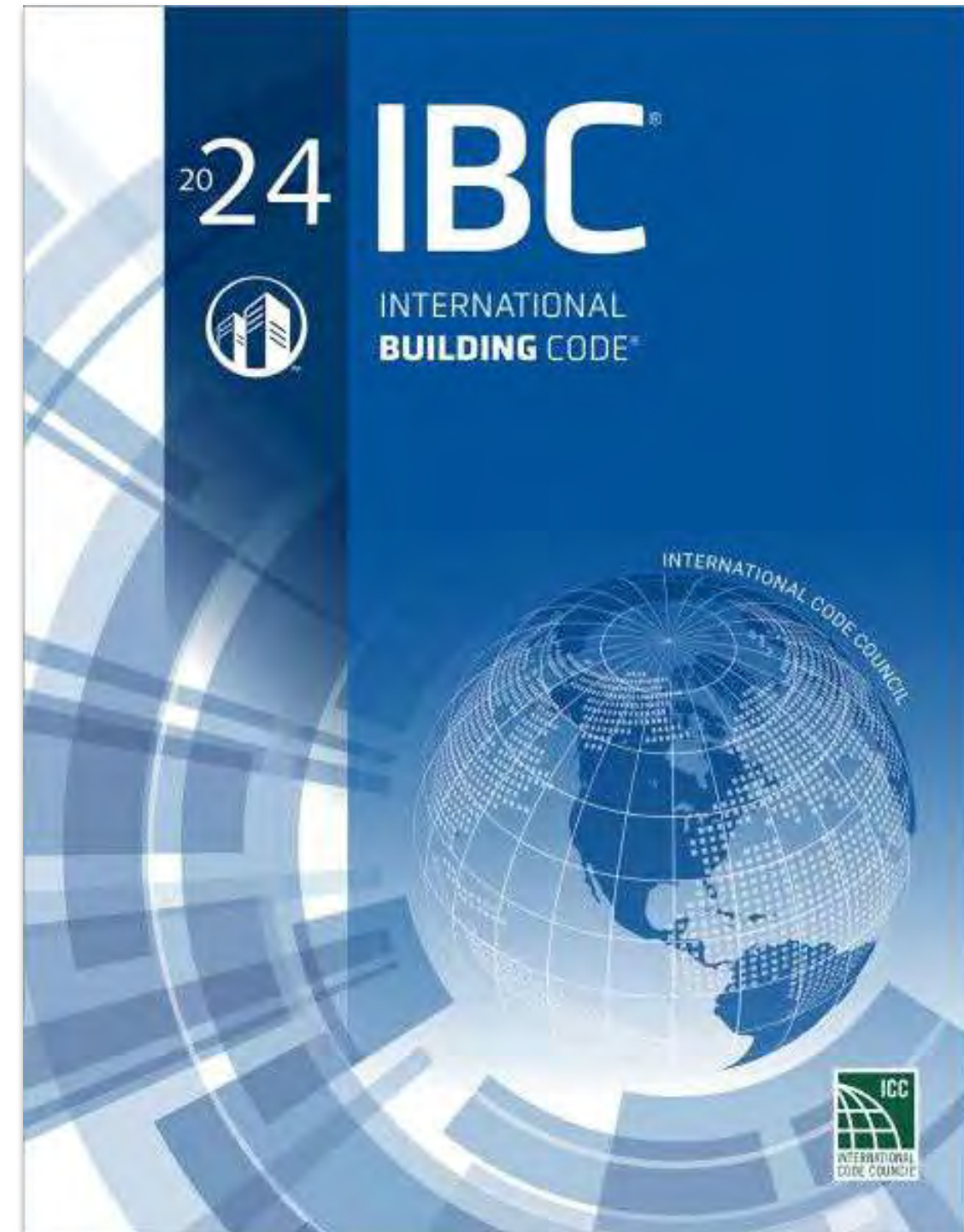
SOM



IBC 2024

32 capítulos que cubren las indicaciones de diseño en:

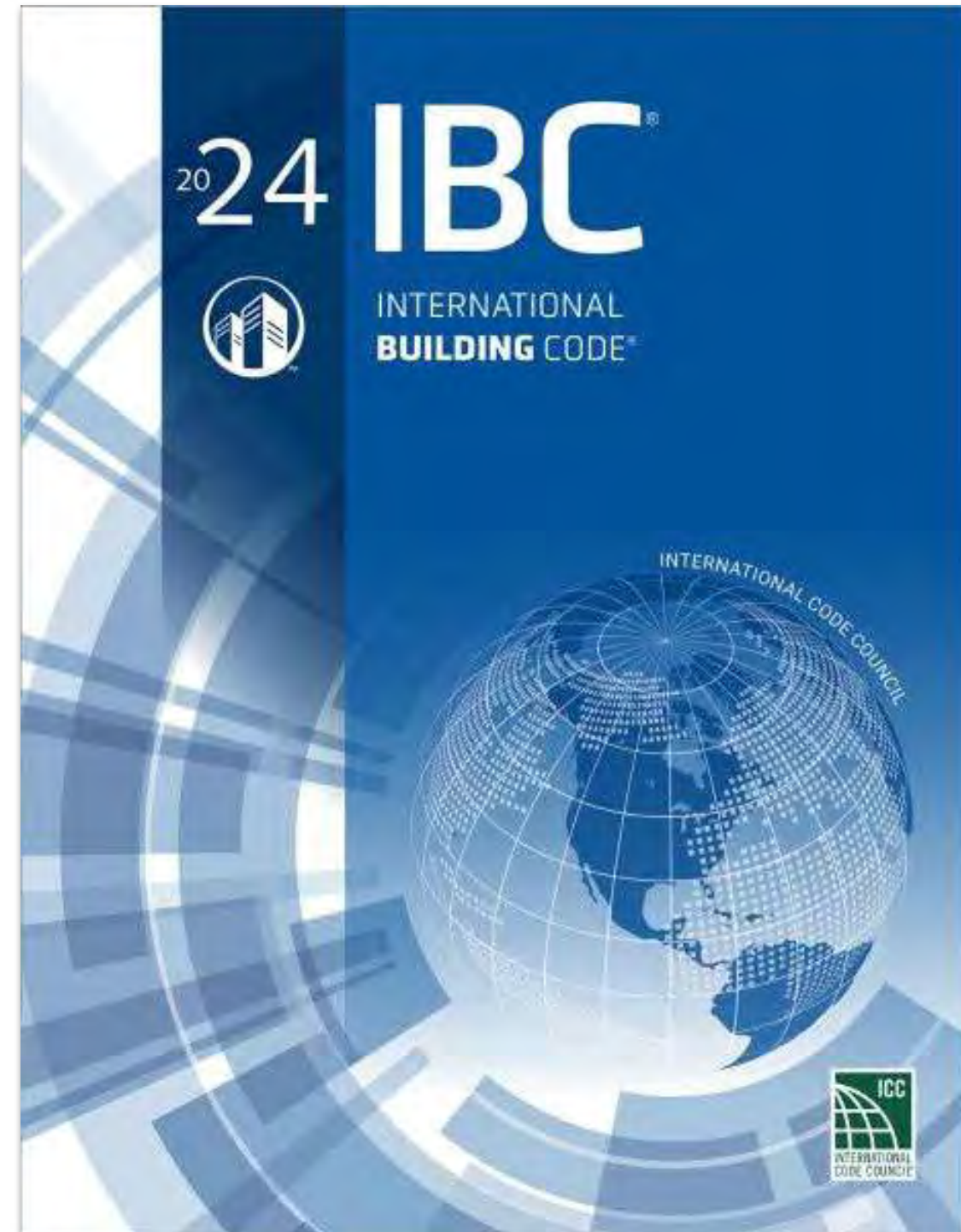
- Clasificación de Ocupación
- Áreas y Altura
- Tipos de construcción
- Protección contra el fuego y evacuación de humo
- Accesibilidad
- Eficiencia Energética
- Diseño Estructural
- Diseño Eléctrico
- Diseño de Plomería
- Diseño Elevadores
- etc.



IBC 2024

Los capítulos que mas nos interesan en nuestro contexto son:

- Capítulo 16 Diseño Estructural
- Capítulo 17 Inspecciones y pruebas especiales
- Capítulo 18 Fundaciones y Suelos
- Capítulo 19 Hormigon/Concreto
- Capítulo 20 Aluminio
- Capítulo 21 Mamposteria
- Capítulo 22 Acero
- Capítulo 23 Madera



IBC 2024 - Ch16 Diseño Estructural

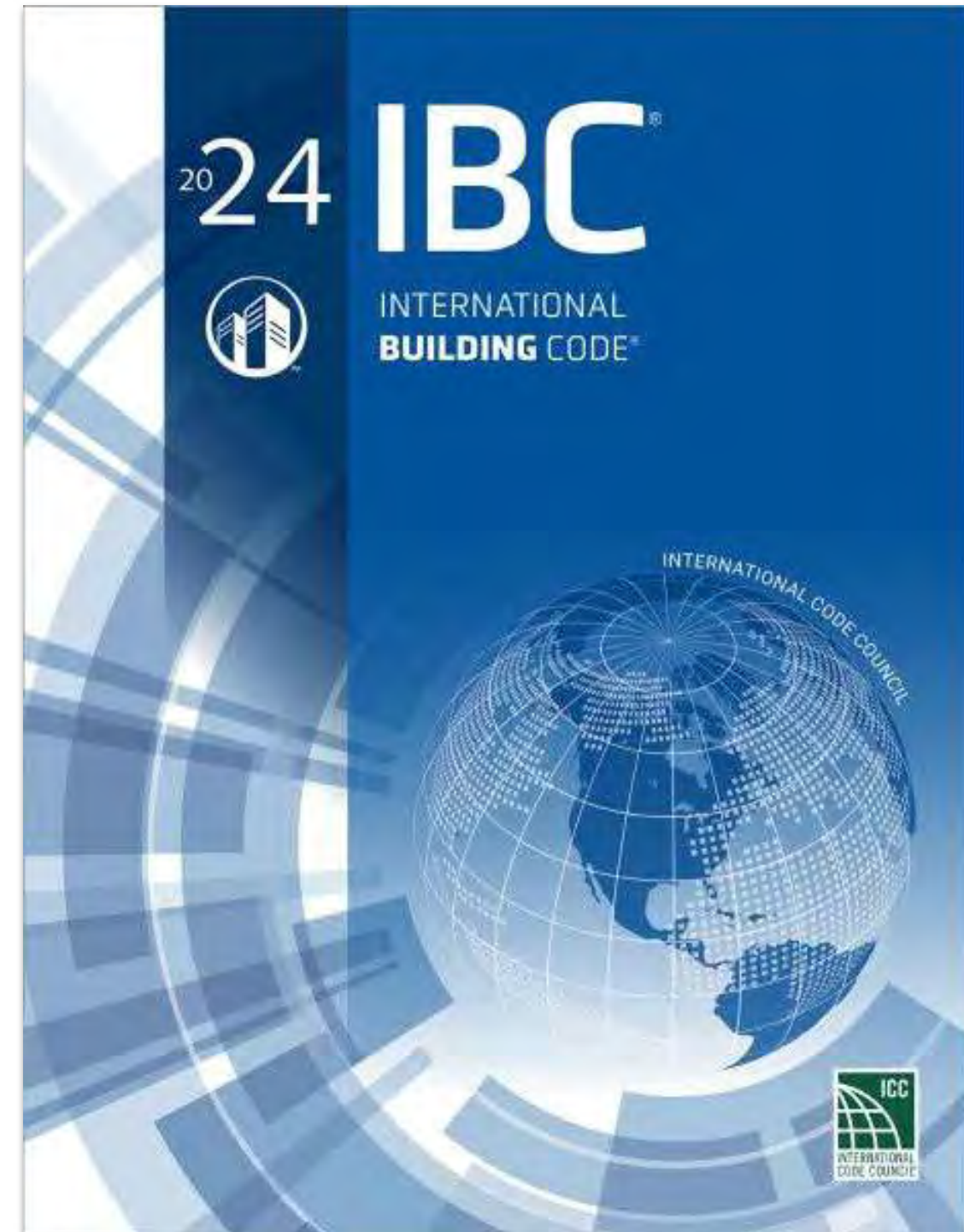
Los capítulos que mas nos interesan en nuestro contexto son:

- Capítulo 16 Diseño Estructural
- Capítulo 17 Inspecciones y pruebas especiales
- Capítulo 18 Fundaciones y Suelos
- Capítulo 19 Hormigon/Concreto
- Capítulo 20 Aluminio
- Capítulo 21 Mamposteria
- Capítulo 22 Acero
- Capítulo 23 Madera

Estándares de cargas y análisis

Estándares de estudios
geotécnicos y de diseño de
fundaciones

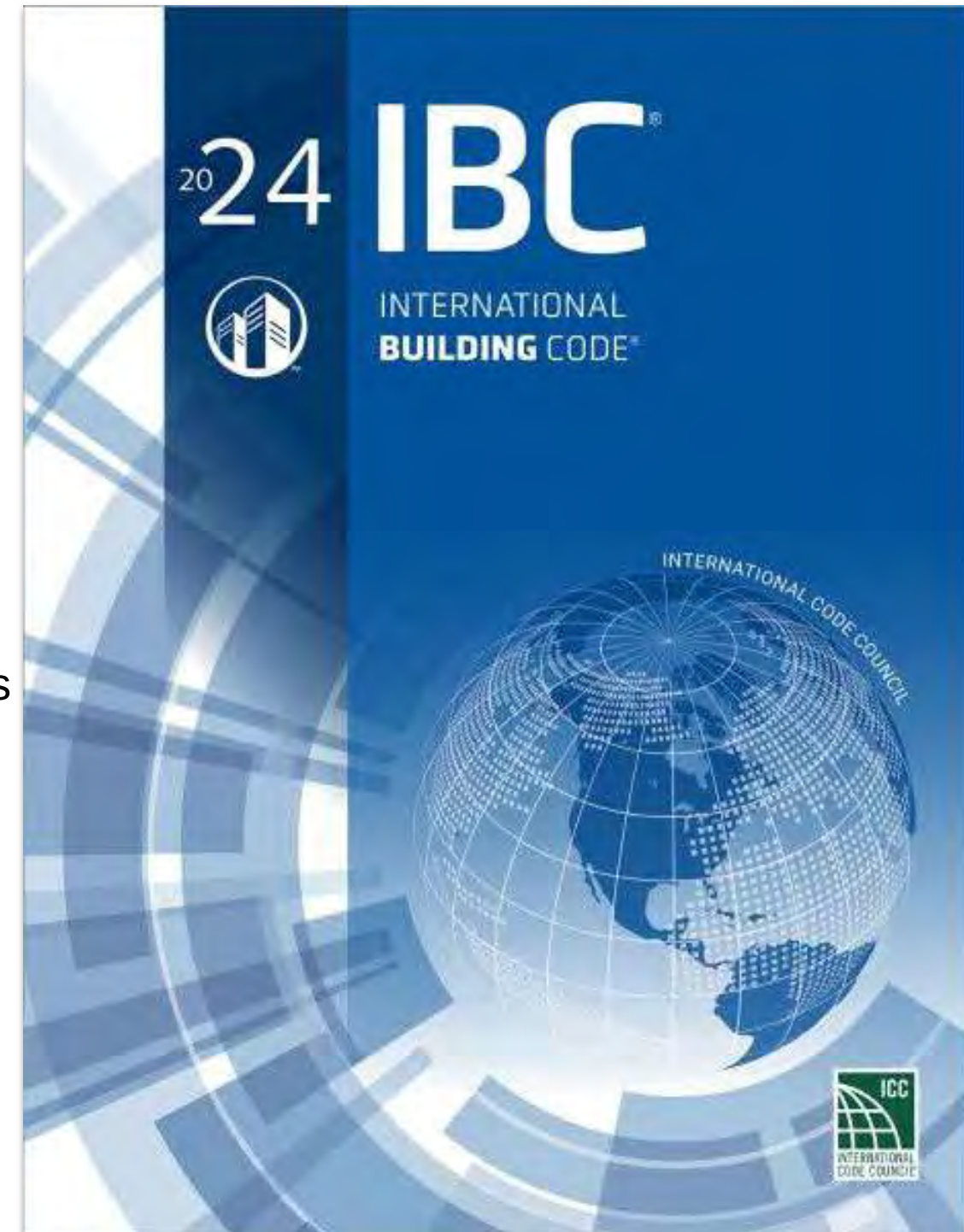
Estándares de materiales



IBC 2024 - Ch16 Diseño Estructural

Este capítulo entregue el marco de:

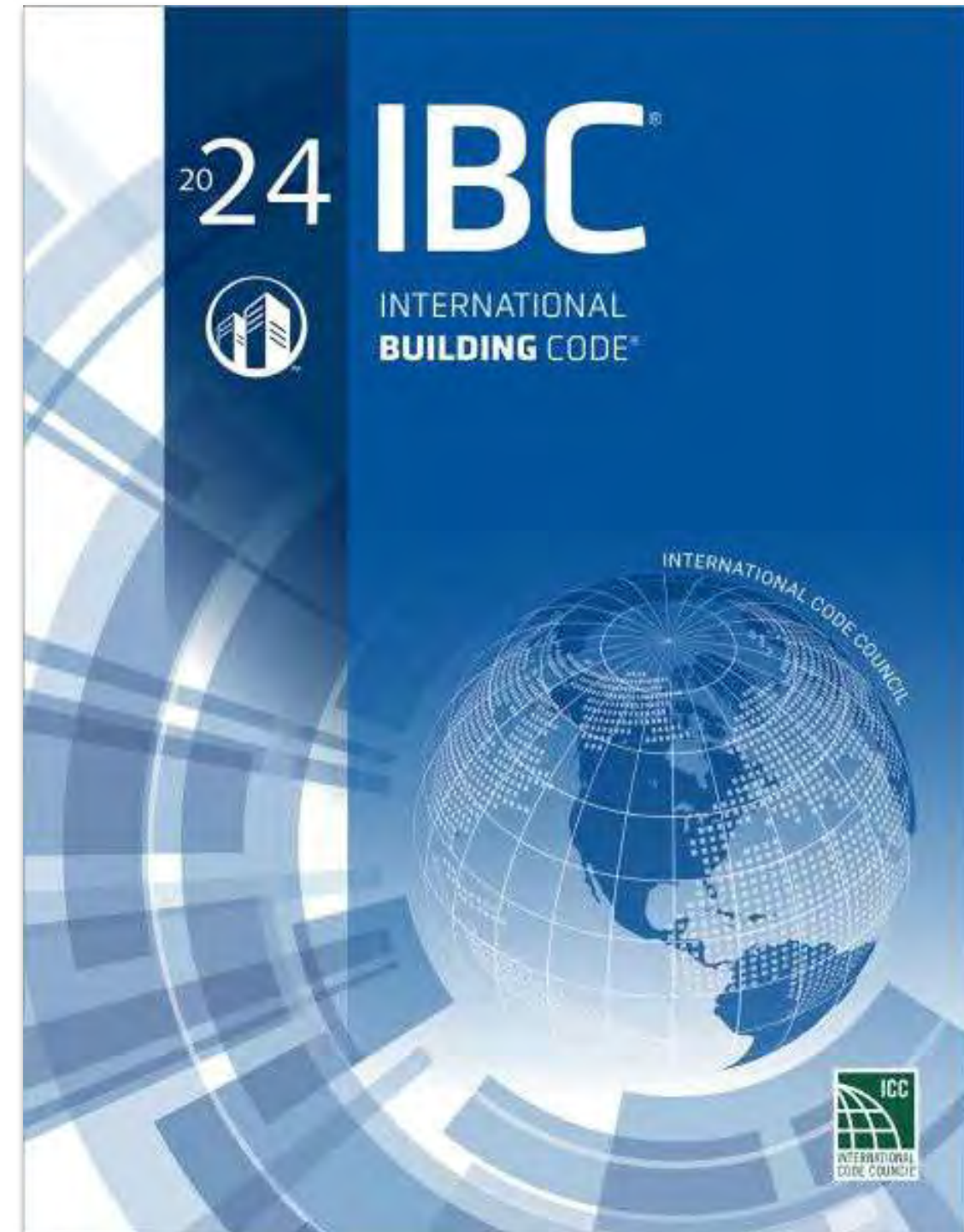
- Notaciones utilizadas
- Cargas*
 - Permanentes
 - Vivas
 - Viento
 - Sismo
 - Lluvia
 - Inundación
 - Hielo atmosférico
 - Tsunami
 - Tornados
 - Integridad Estructural
 - Cargas del suelo y presiones hidrostáticas
- Consideraciones de Diseño (Límites de deformaciones generales)*
- Consideraciones Generales para el Análisis*
- Categoría de Riesgo
- Combinaciones de Carga*



IBC 2024 - Ch19/20/21/22/23 Materiales

Los diversos capítulos que refieren a materiales de construcción principalmente derivan a los distintos estándares que representan :

- Hormigon/Concreto = ACI
- Aluminio = AA ASM
- Mamposteria = TMS
- Acero = AISC
- Madera = AWC
- Y otros (vidrio, plastico, etc.



Que los estandares?

SOM



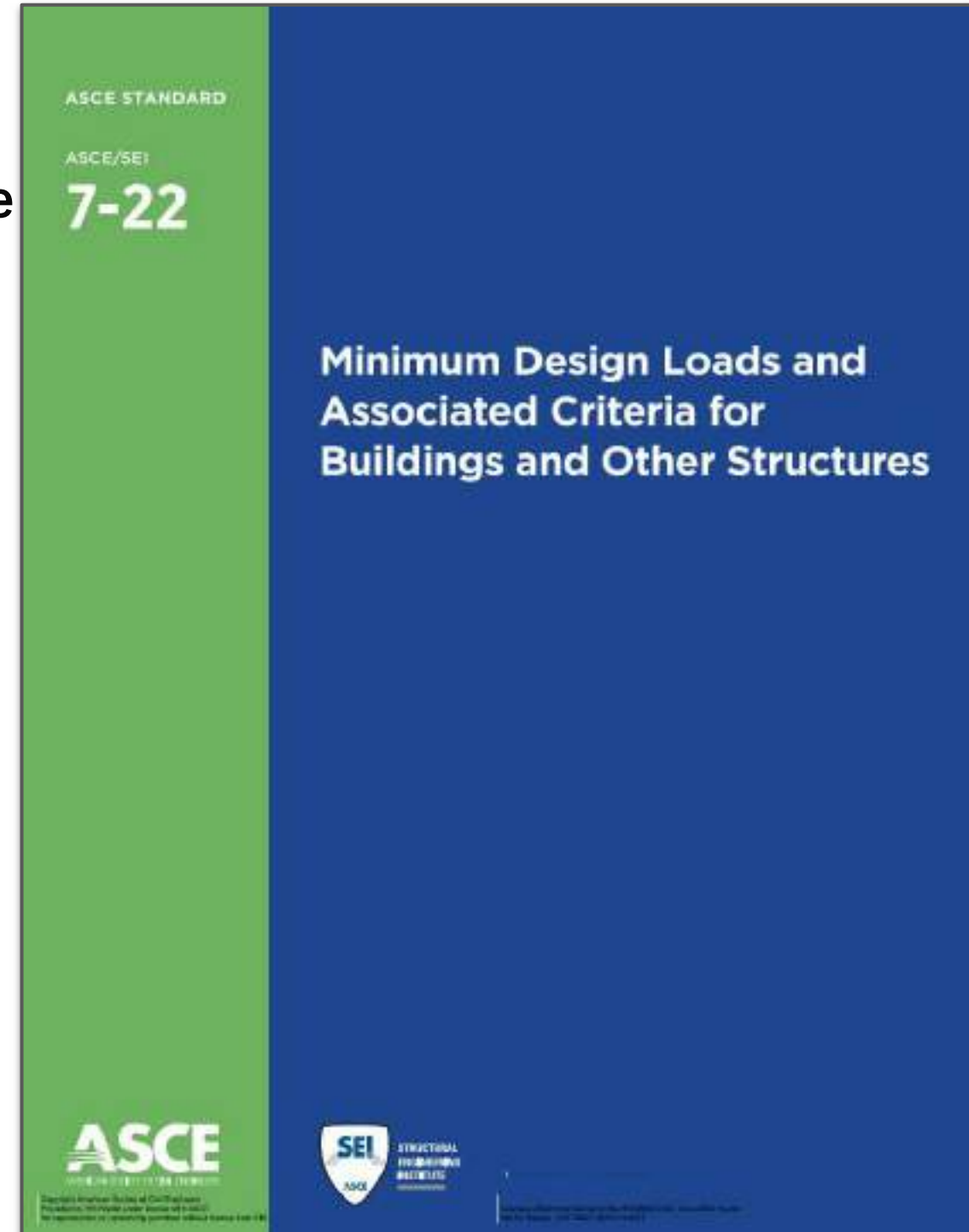
MOPT



ASCE 7-2022

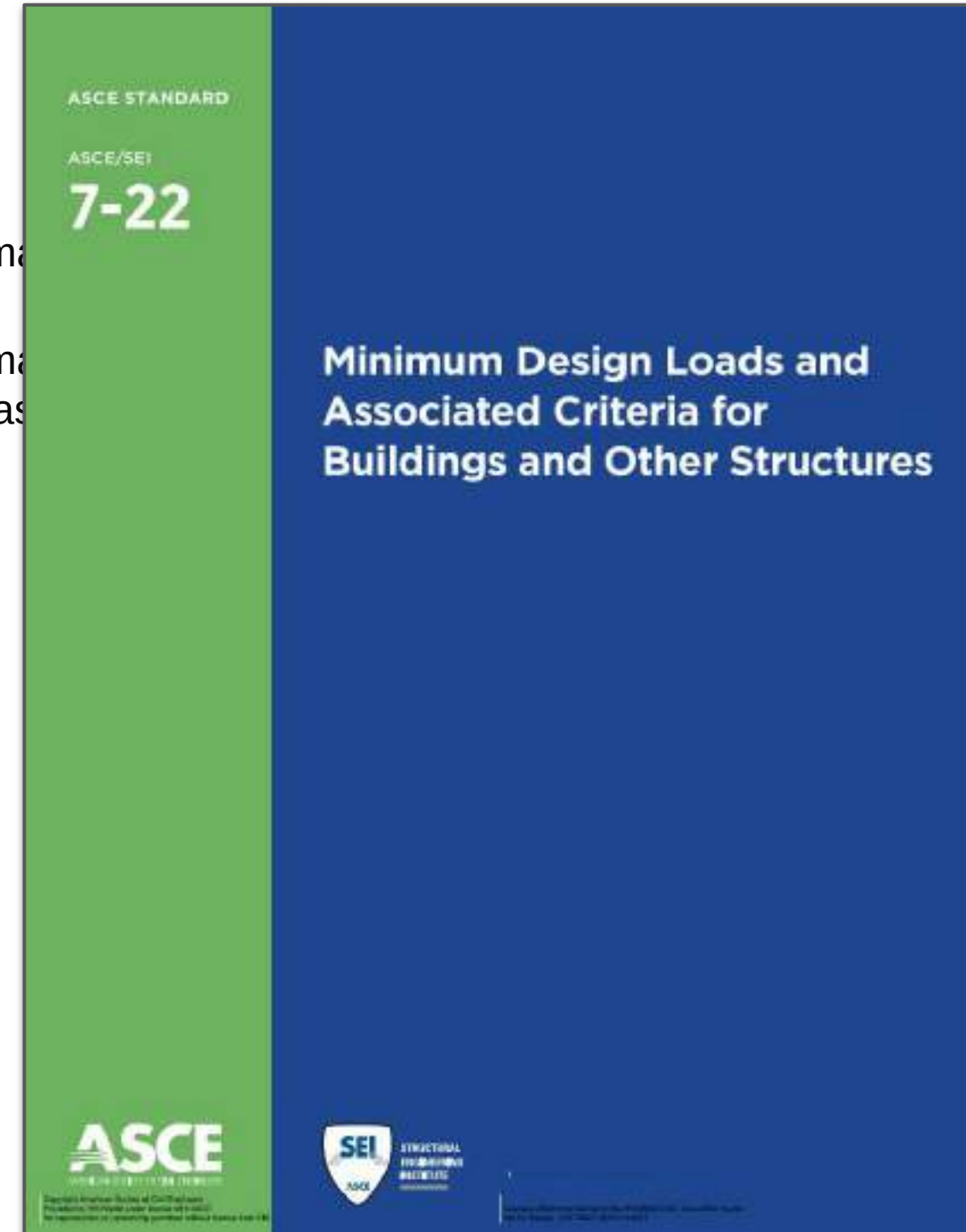
ASCE 7 representa el estándar de Cargas mínimas de diseño y criterios asociados para edificios y otras estructuras.

- Consideraciones Generales para el Análisis
- Categorías de Riesgo
- Combinaciones de Carga
- Cargas
 - Permanentes
 - Vivas
 - Inundación
 - Tsunami
 - Nieve
 - Lluvia
 - Hielo atmosférico



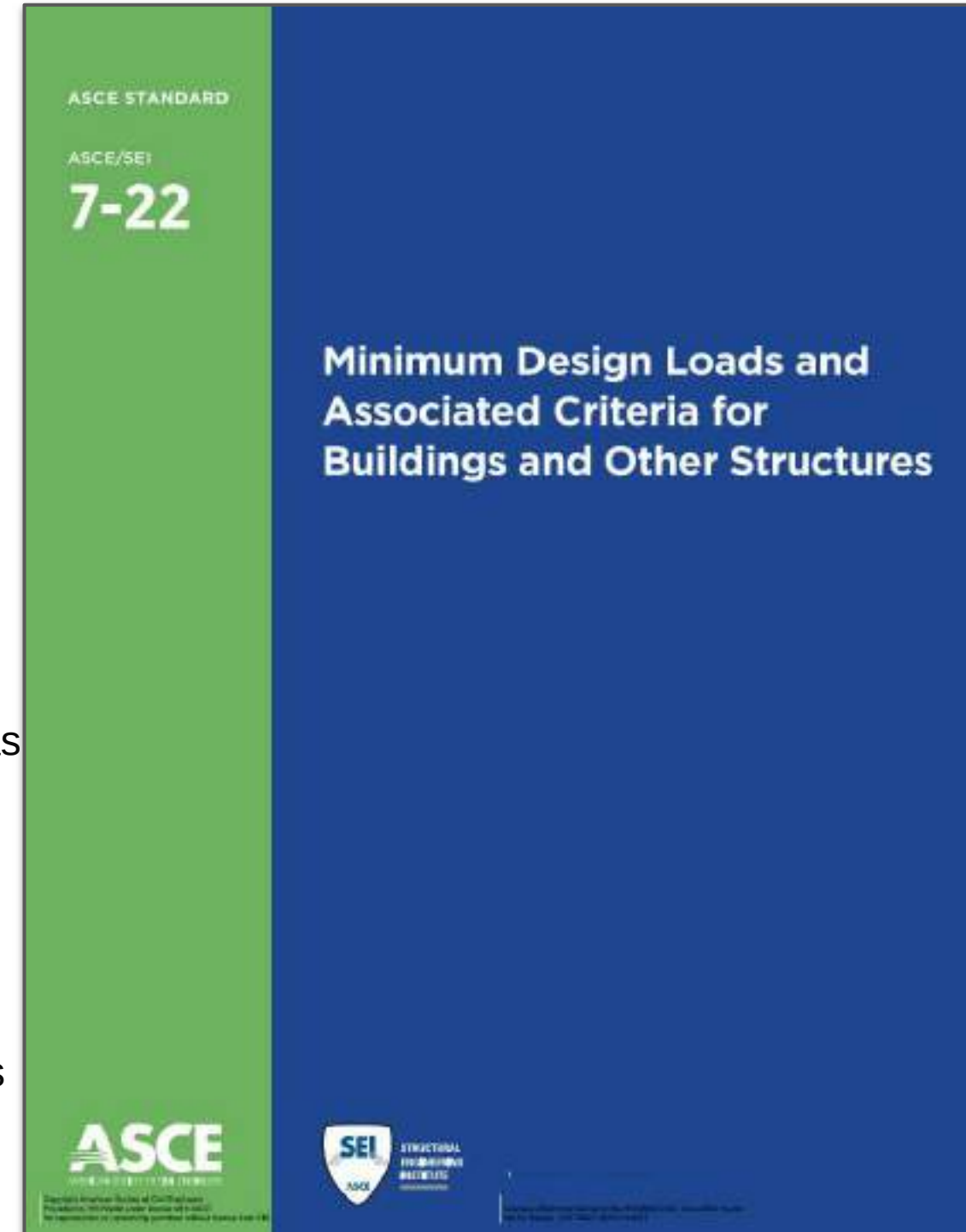
ASCE 7-2022 - Viento

- Requerimientos Generales de Cargas de Viento
- Requerimientos para el diseño por carga de viento para sistemas lateral resistente para edificaciones (direccional y envolvente)
- Requerimientos para el diseño por carga de viento para sistemas lateral resistente (direccional) para distintos tipos de estructuras
- Cargas de Viento para componentes y revestimientos
- Procedimientos para ensayo de Tunnel de Viento
- Tornados

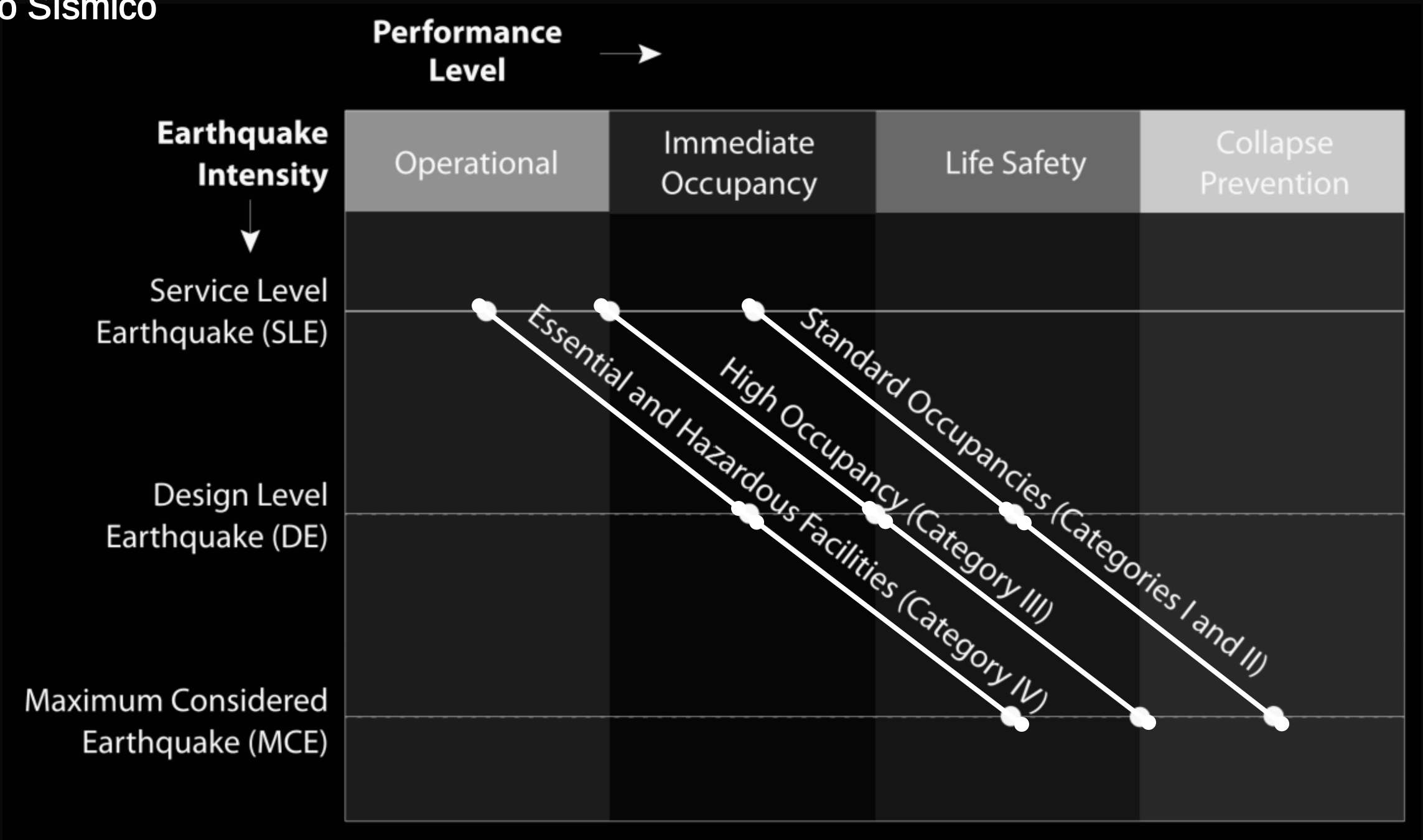


ASCE 7-2022 - Sismos

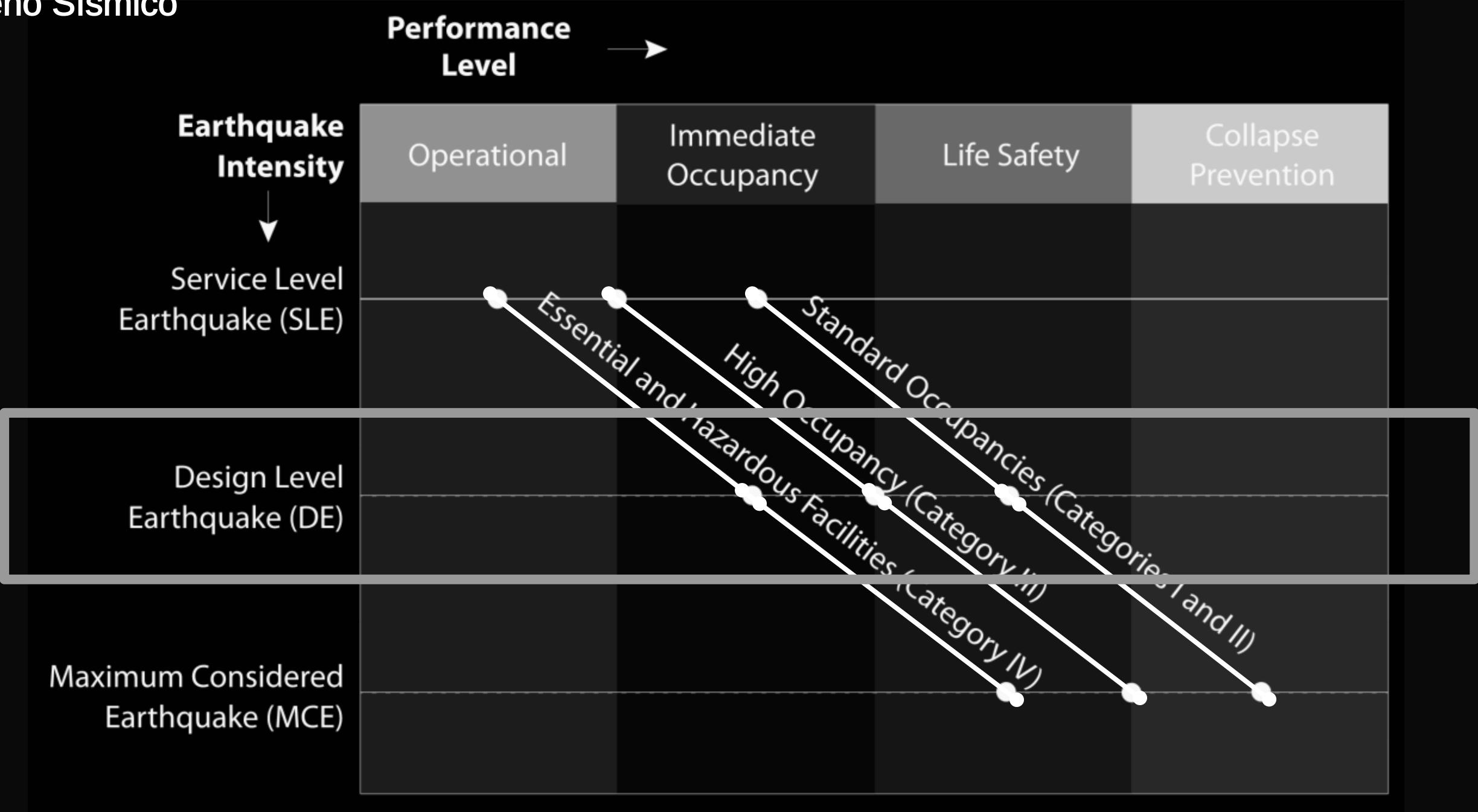
- Criterio Sismico de Diseño
- Requerimientos para el diseño Sísmico de estructuras/edificaciones
- Requerimientos para el diseño Sísmico de elementos no estructurales
- Requerimientos para el diseño y detallamiento Sísmico de materiales
- Requerimientos para el diseño Sísmico de estructuras que no son edificaciones
- Analysis de Respuesta Histórica NoLineal
- Requerimientos para el diseño Sísmico de estructuras aisladas sísmicamente
- Requerimientos para el diseño Sísmico de estructuras con sistemas de disipación sísmica
- Diseño con Interacción SueloEstructura
- Clasificación de Sitio para el Diseño Sísmico
- Procedimientos para la determinación de registros específicos de sitio para el Diseño Sísmico
- Mapas de parametros Sismicos



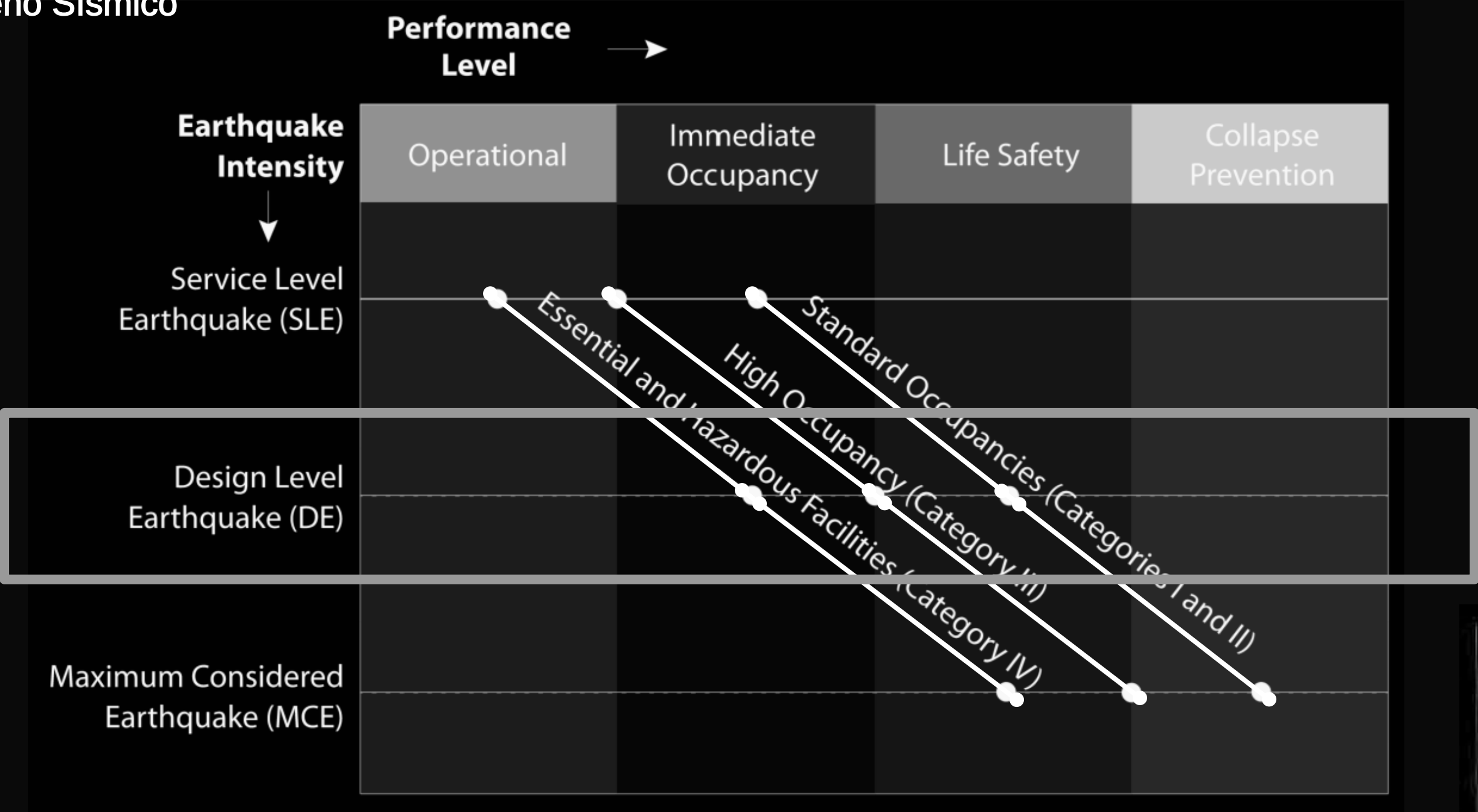
Desempeño Sísmico



Desempeño Sísmico



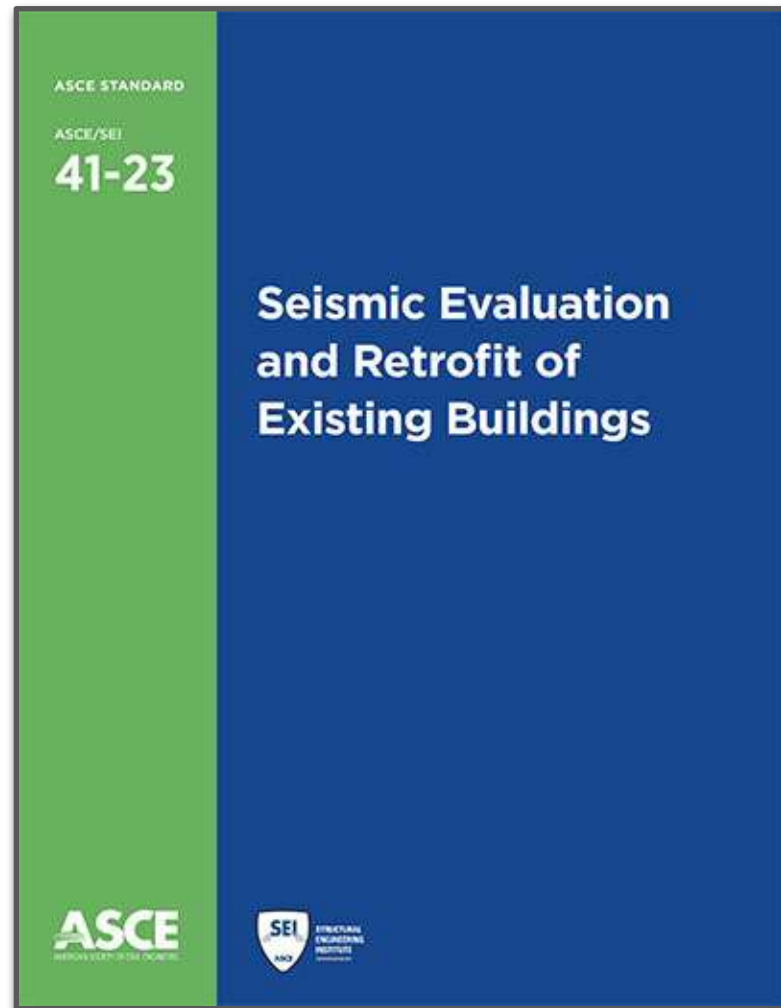
Desempeño Sísmico



Source: SEAOC Blue Book

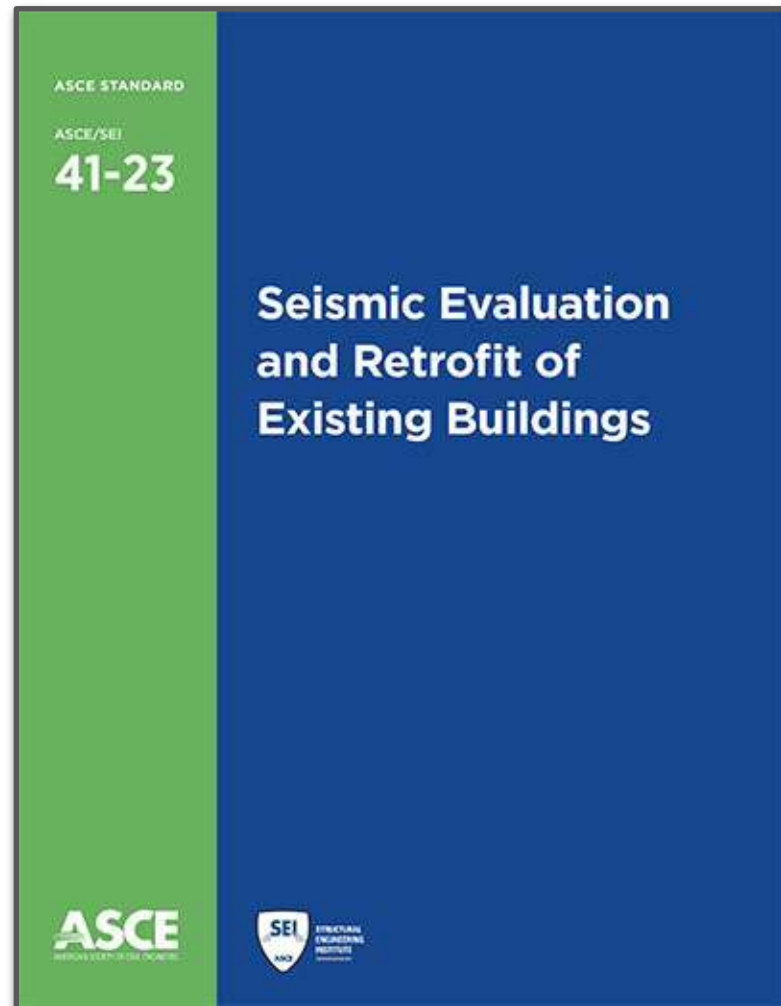


Los otros estándares ASCE



ASCE 41 – Evaluación Sísmica y
Rehabilitación de Edificios
Existentes

Los otros estándares ASCE

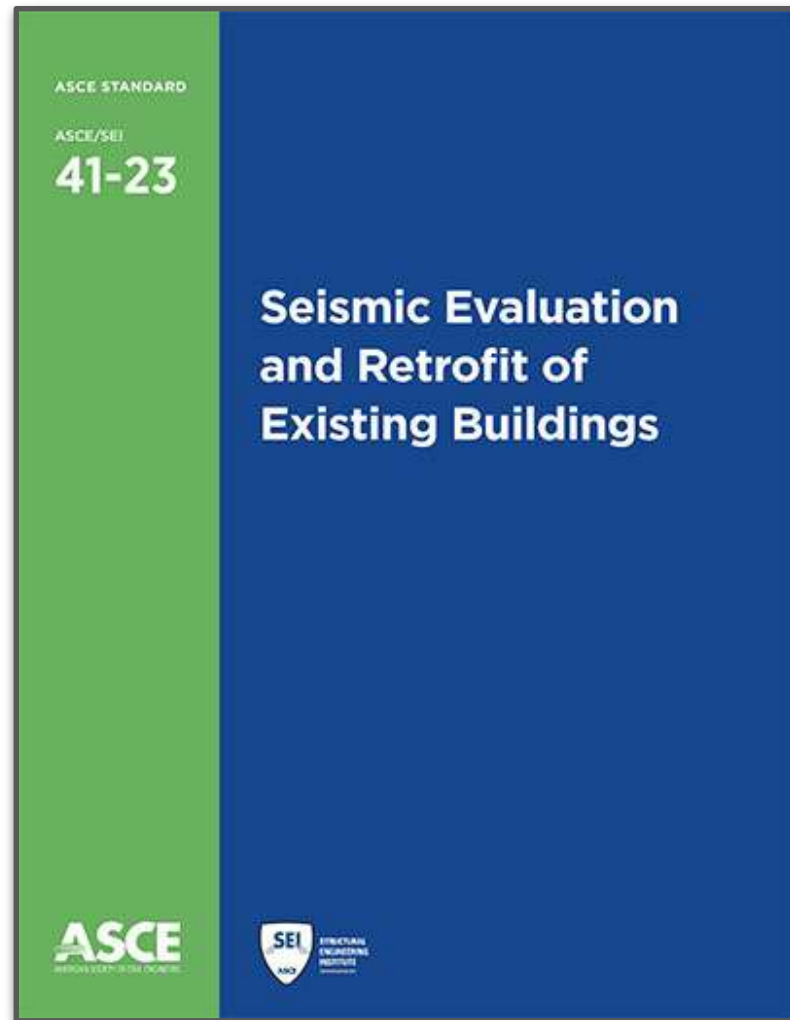


ASCE 41 – Evaluación Sísmica y Rehabilitación de Edificios Existentes



ASCE 59 – Protección de edificios contra explosiones

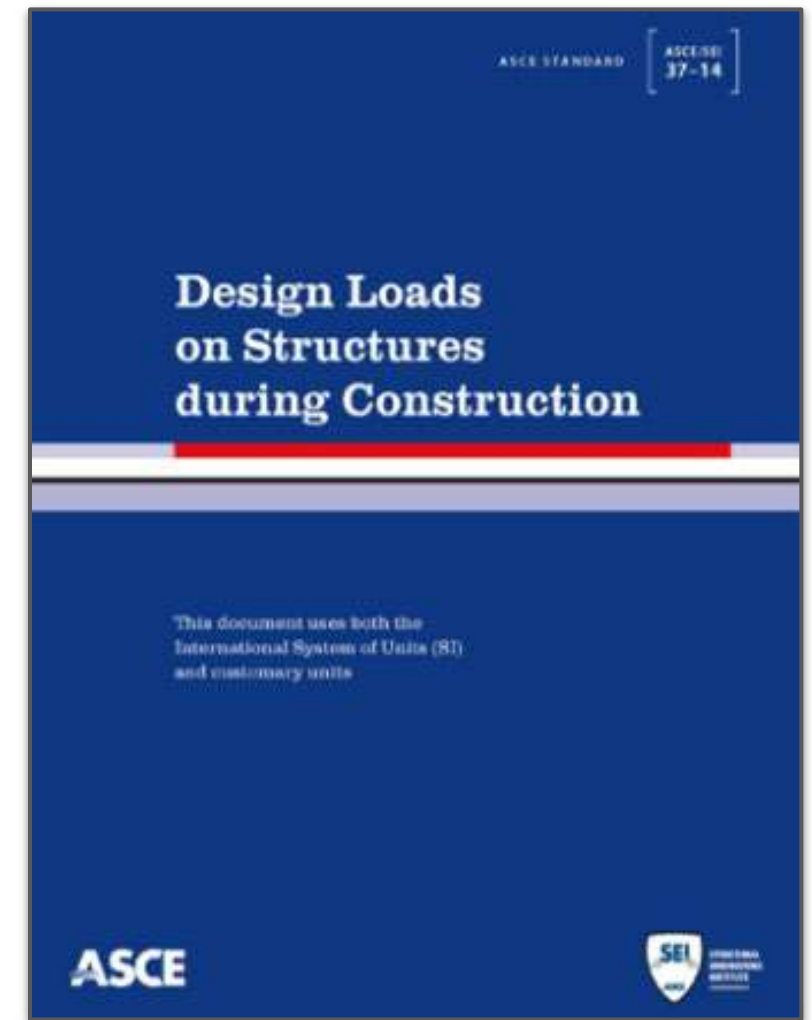
Los otros estándares ASCE



ASCE 41 – Evaluación Sísmica y Rehabilitación de Edificios Existentes



ASCE 59 – Protección de edificios contra explosiones



ASCE 37 – Cargas de diseño en estructuras durante la construcción

Los otros estándares ASCE

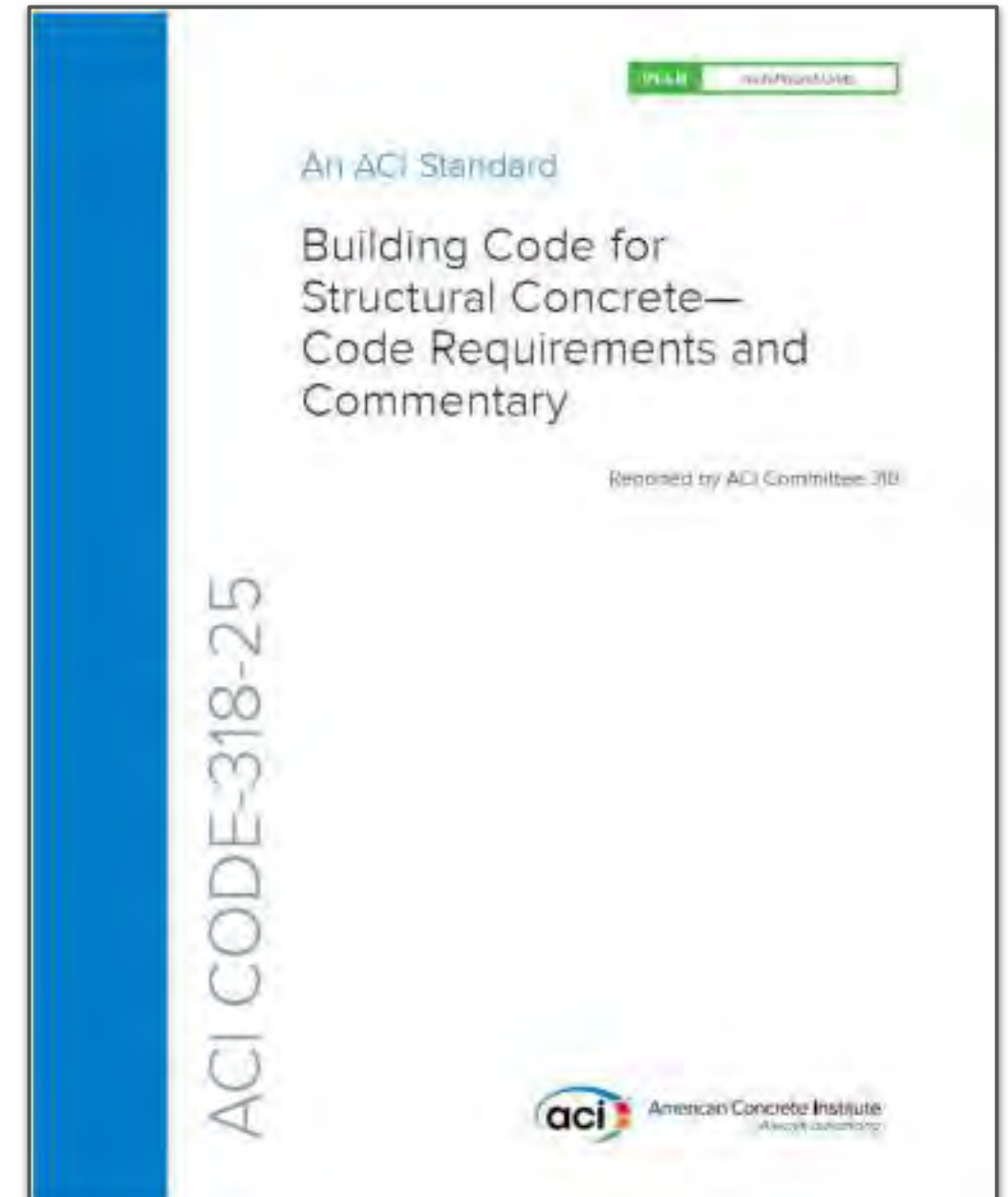
- ASCE 24- Diseño y construcción resistentes a inundaciones
- ASCE 76- Mitigación del potencial de colapso desproporcionado en edificios y otras estructuras
- ASCE 43- Criterios de diseño sísmico para estructuras, sistemas y componentes en instalaciones nucleares
- ASCE 55- Estructuras de membranas tensadas
- Y muchas otros más...



ACI 318-2025

ACI 318 en su versión 2025 representa un gran compendio del conocimiento y requerimientos prescriptivos del diseño y detallamiento de hormigón armado/concreto reforzado.

La gran mayoría de los países latinoamericanos lo acepta, eh incluye, y participa activamente en su desarrollo.

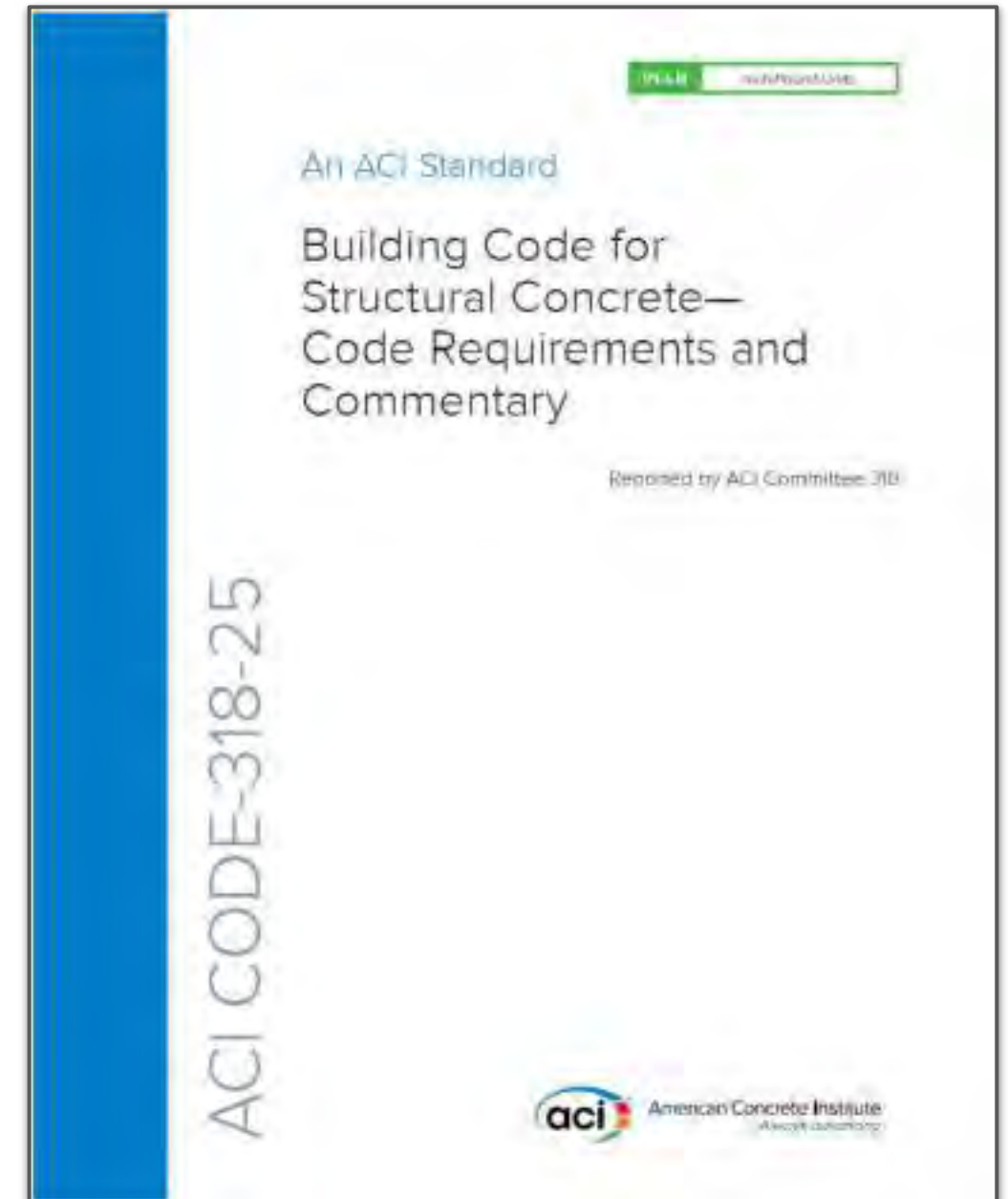


ACI 318-2025

Además de recomendaciones de diseño y detallamiento de diversos elementos estructurales, ACI 318, incorpora las “últimas” recomendaciones/consideraciones sísmicas para el diseño de sistemas laterales basados en hormigón/concreto.

Diversos nuevos anexos se han incorporado desde los últimos 10 años incluyendo:

- Verificación del diseño mediante análisis tiempo-historia de respuesta no-lineal (Apendice A)
- Diseño por desempeño para cargas de viento (Apendice B)
- Sostenibilidad y resiliencia (Apendice C)



Los otros estándares de ACI



ACI 369.1 - Evaluación sísmica y rehabilitación de edificios de hormigón existentes

Los otros estándares de ACI



ACI 369.1 - Evaluación sísmica y rehabilitación de edificios de hormigón existentes



ACI 421.2 - Diseño sísmico de refuerzo de punzonamiento en losas

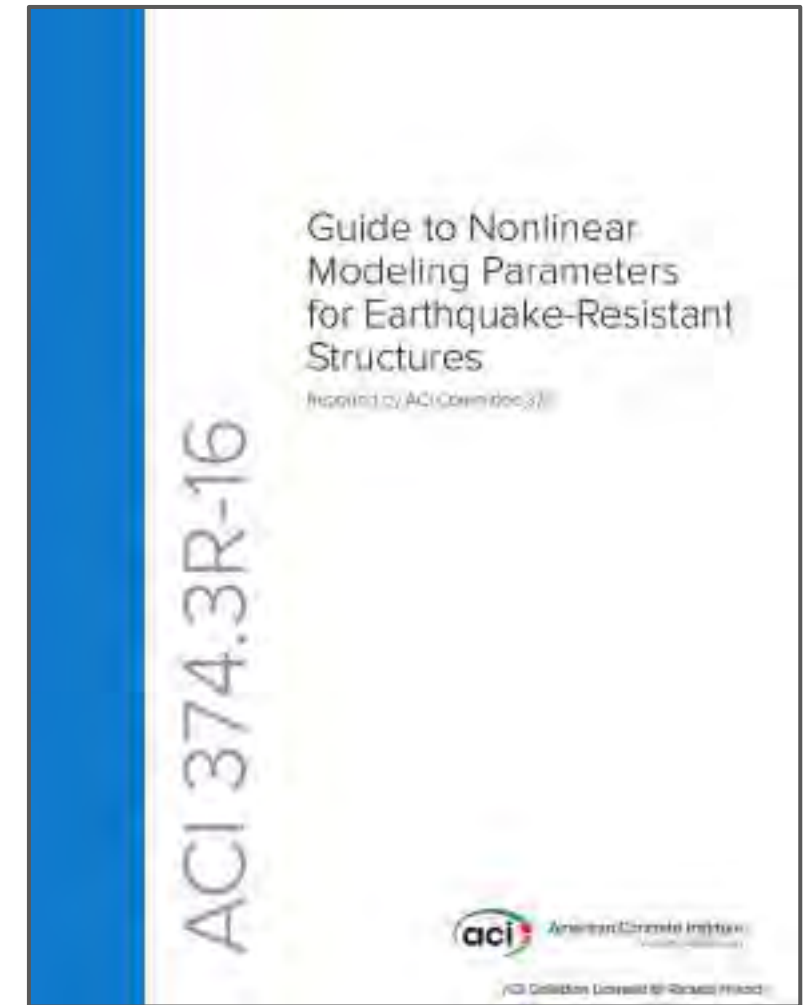
Los otros estándares de ACI



ACI 369.1 - Evaluación sísmica y rehabilitación de edificios de hormigón existentes

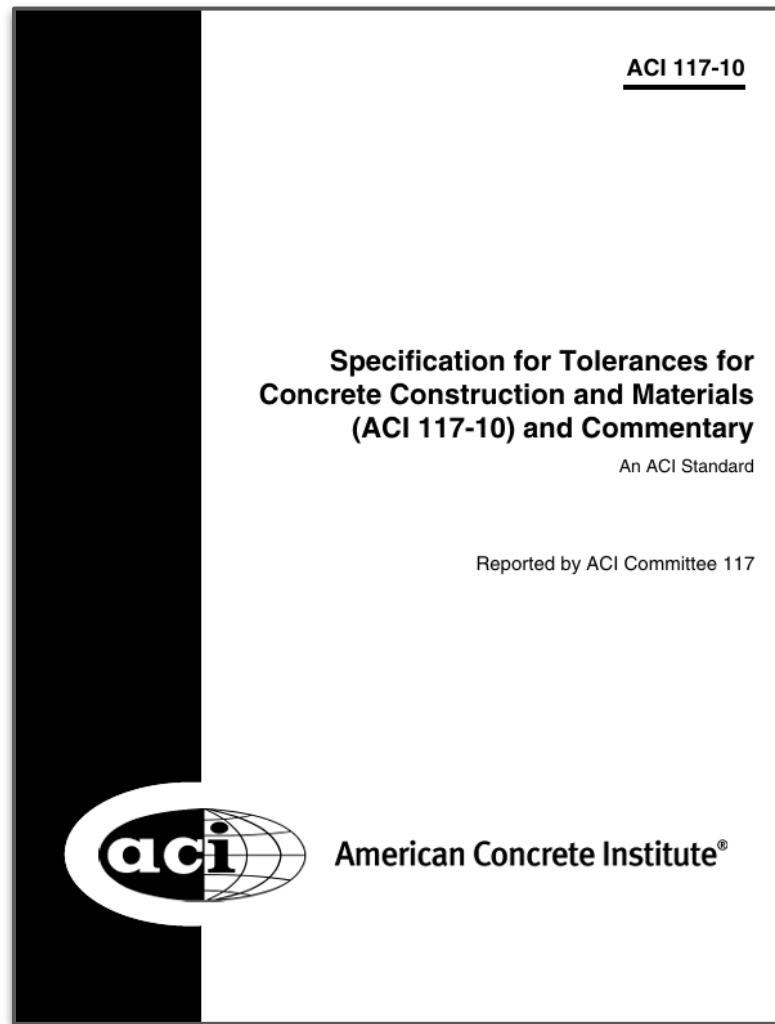


ACI 421.2 - Diseño sísmico de refuerzo de punzonamiento en losas



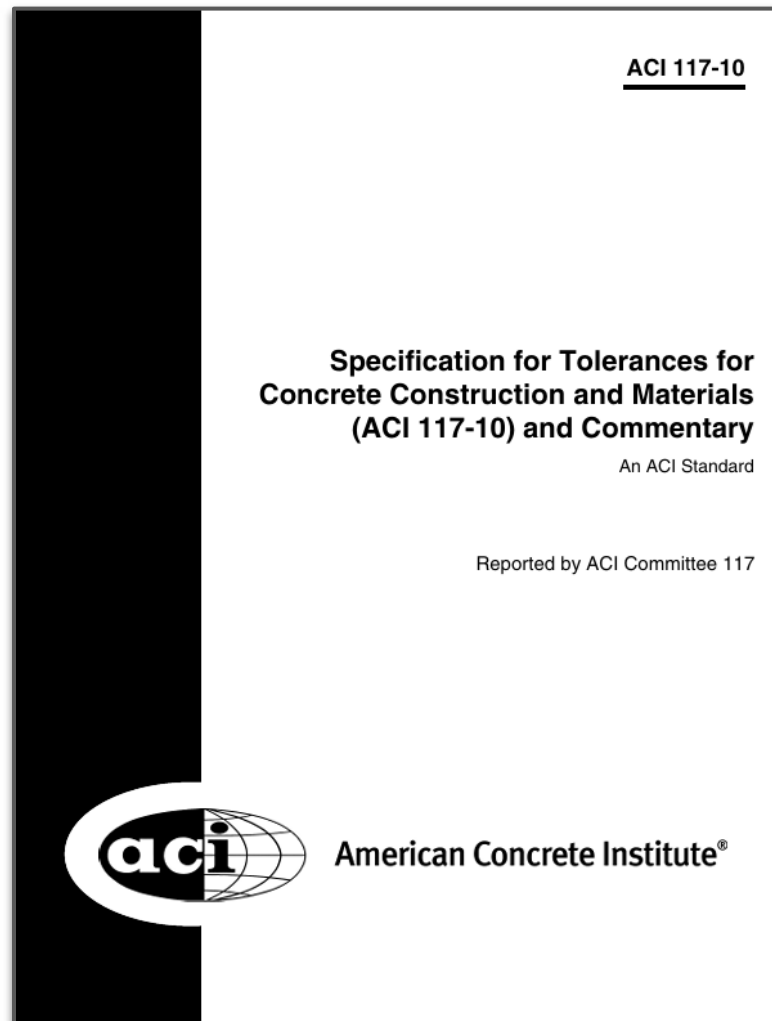
ACI 374.3 - Guía de parámetros para el modelado no lineal de estructuras sismorresistentes

Los otros estándares de ACI



ACI 117 – Especificación de tolerancias para materiales y construcciones de hormigón

Los otros estándares de ACI

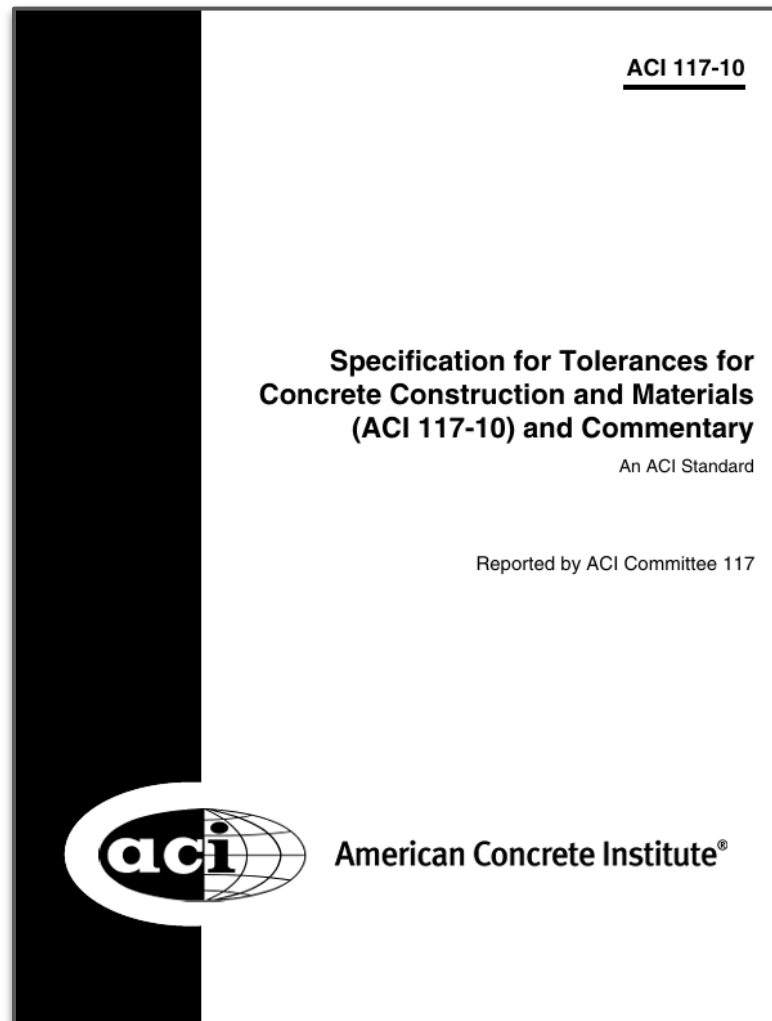


ACI 117 – Especificación de tolerancias para materiales y construcciones de hormigón



ACI 319 – Hormigón prefabricado estructural

Los otros estándares de ACI



ACI 117 – Especificación de tolerancias para materiales y construcciones de hormigón



ACI 319 – Hormigón prefabricado estructural



ACI 320 – Hormigón estructural postensado

Los otros estándares de ACI

ACI 435 Informe sobre la deflexión de estructuras de hormigón no pretensado



Los otros estándares de ACI

- ACI 435 Informe sobre la deflexión de estructuras de hormigón no pretensado
- ACI 437 Análisis de elementos finitos de estructuras de hormigón armado - ACI-ASCE



Los otros estándares de ACI

- ACI 435 Informe sobre la deflexión de estructuras de hormigón no pretensado
- ACI 437 Análisis de elementos finitos de estructuras de hormigón armado - ACI-ASCE
- ACI 564 Impresión 3D con materiales cementicios



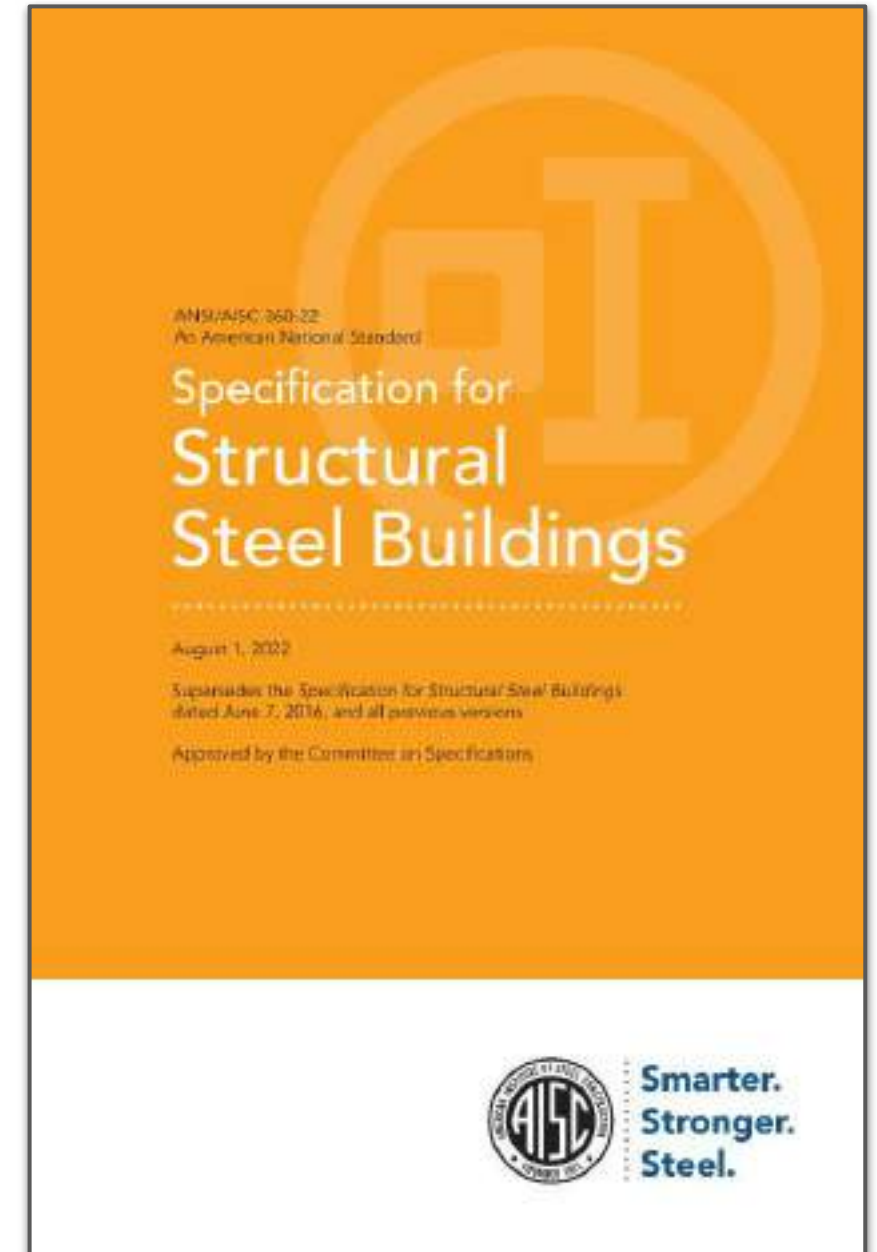
Los otros estándares de ACI

- ACI 435 Informe sobre la deflexión de estructuras de hormigón no pretensado
- ACI 437 Análisis de elementos finitos de estructuras de hormigón armado - ACI-ASCE
- ACI 564 Impresión 3D con materiales cementicios
- ACI 565 Hormigon Lunar



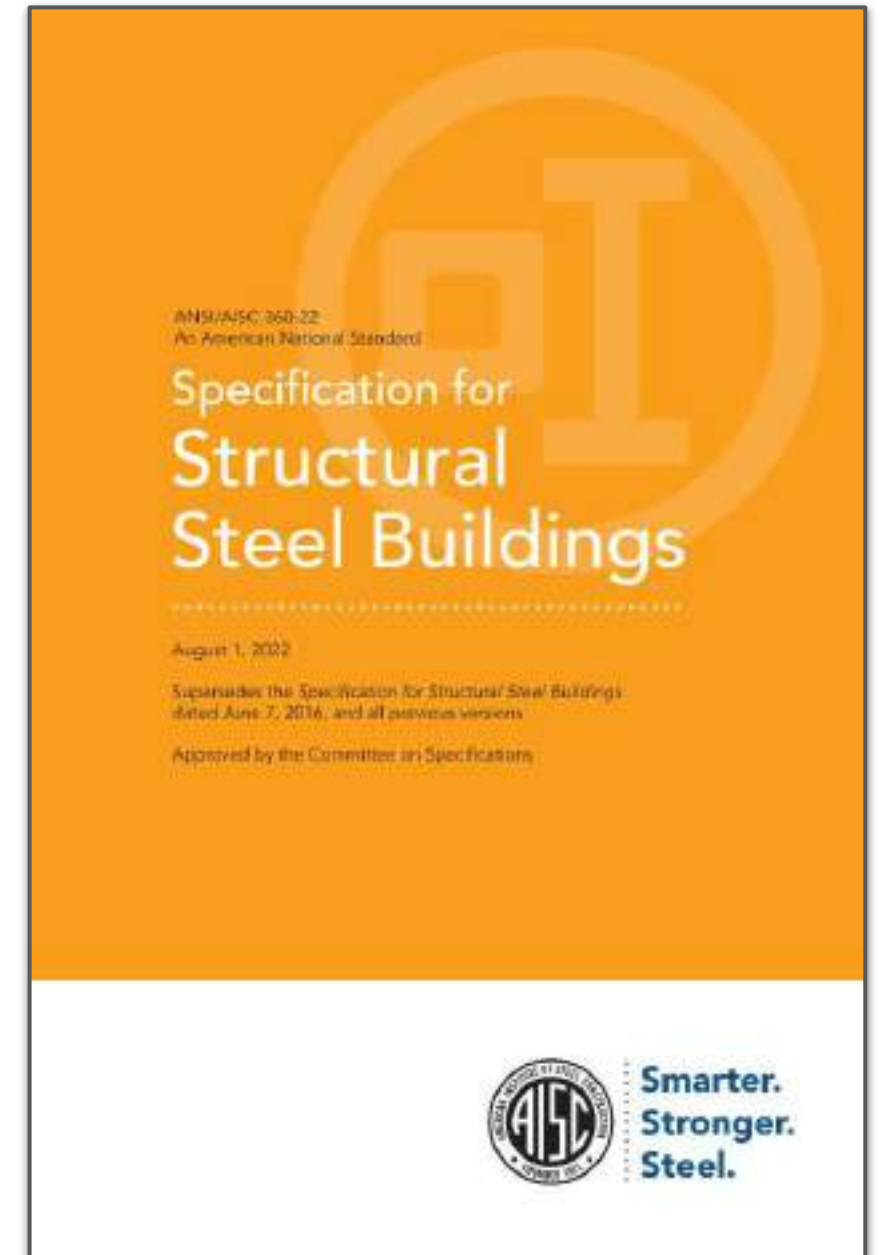
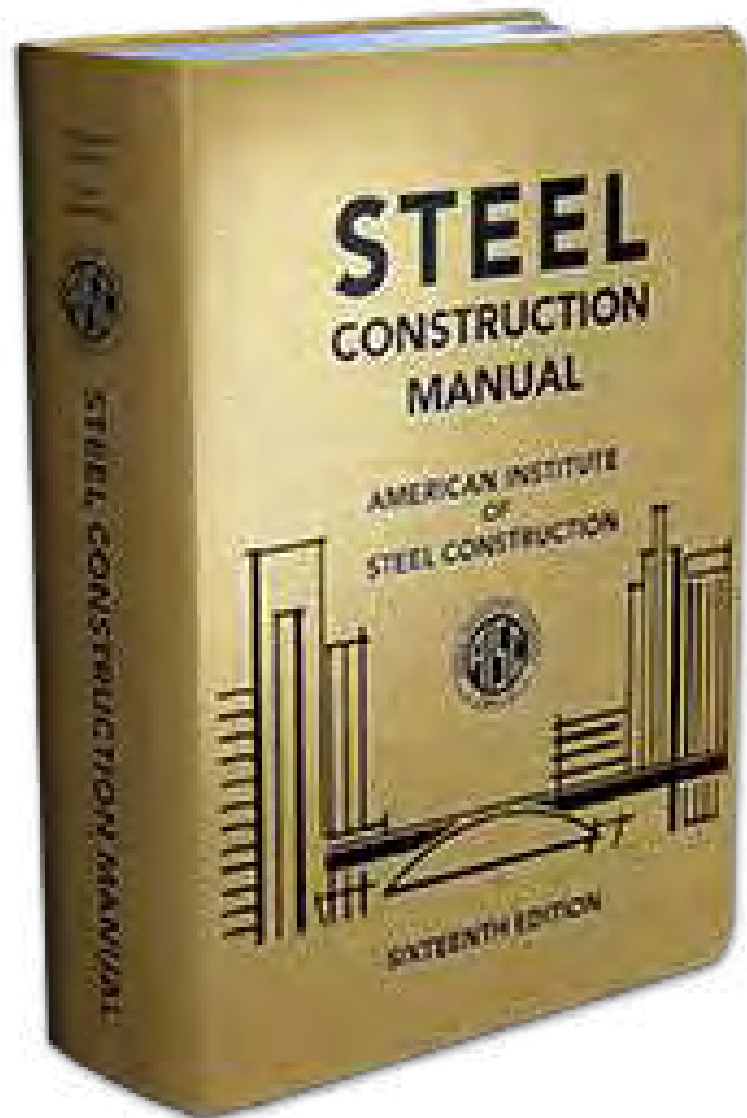
AISC 360-2022

Aunque la especificación normalmente todos la conocen con otra carátula:

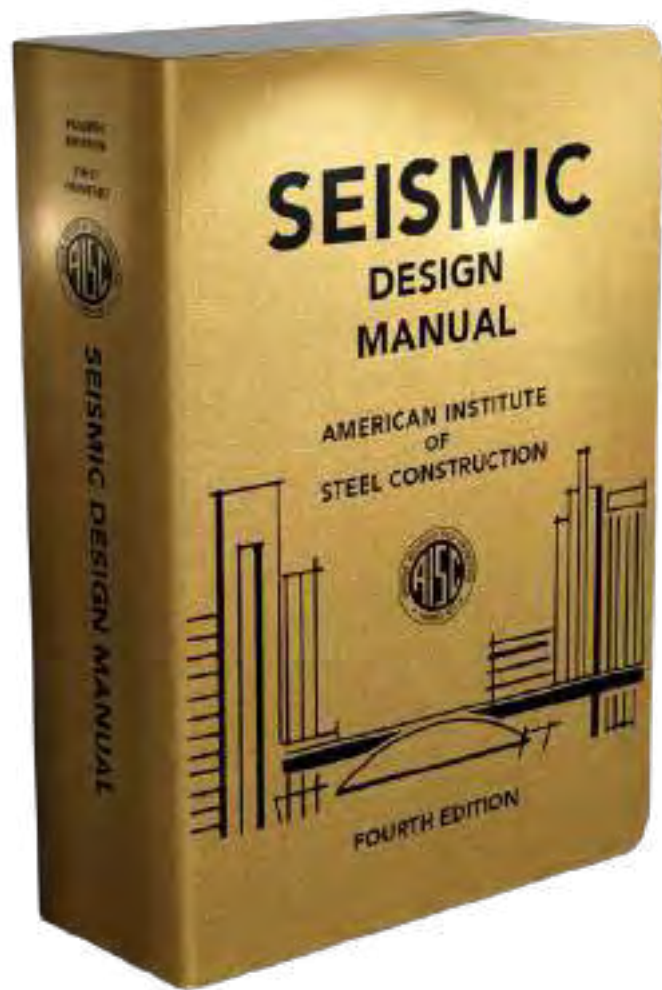


AISC 360-2022

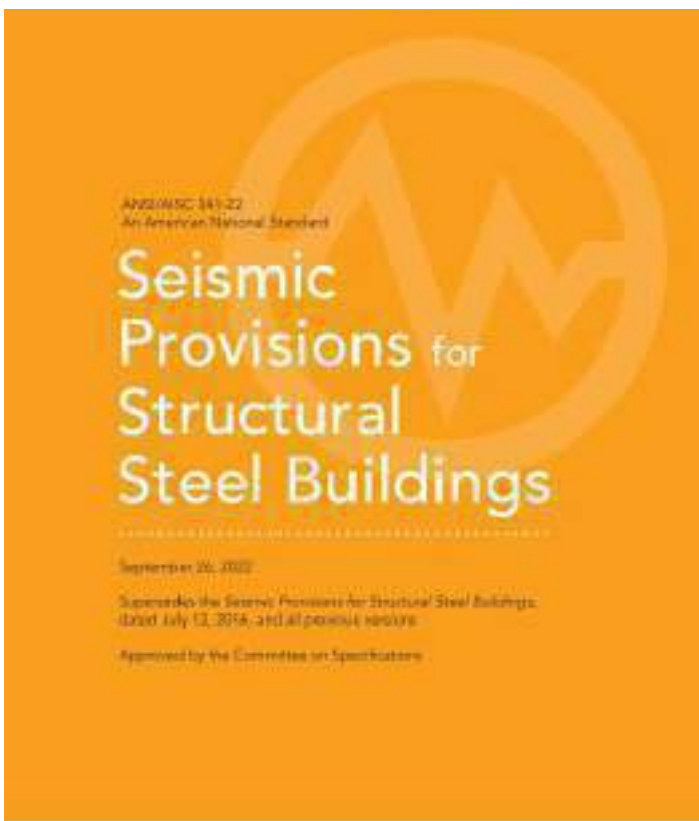
Aunque la especificación normalmente todos la conocen con otra carátula:



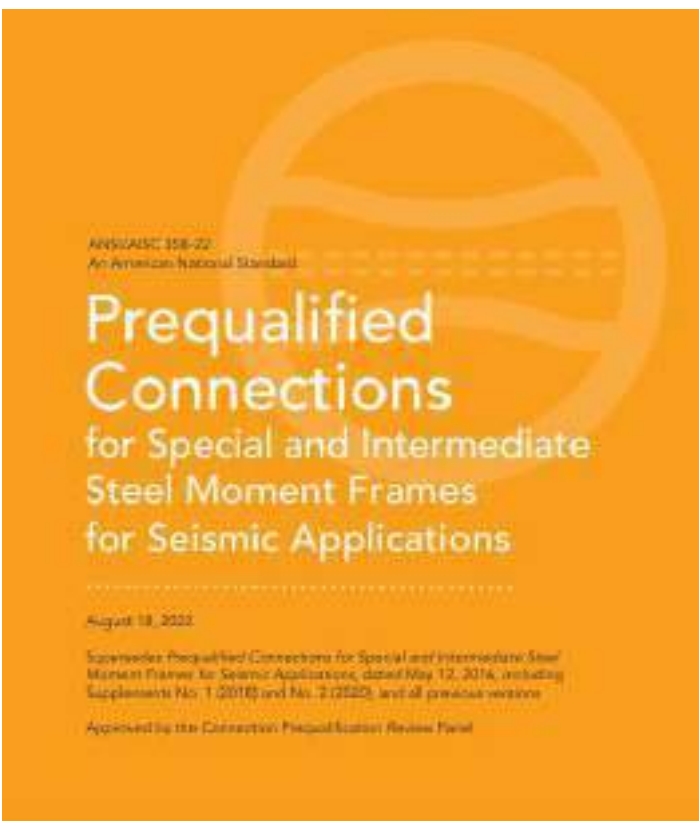
AISC también tiene otros estándares



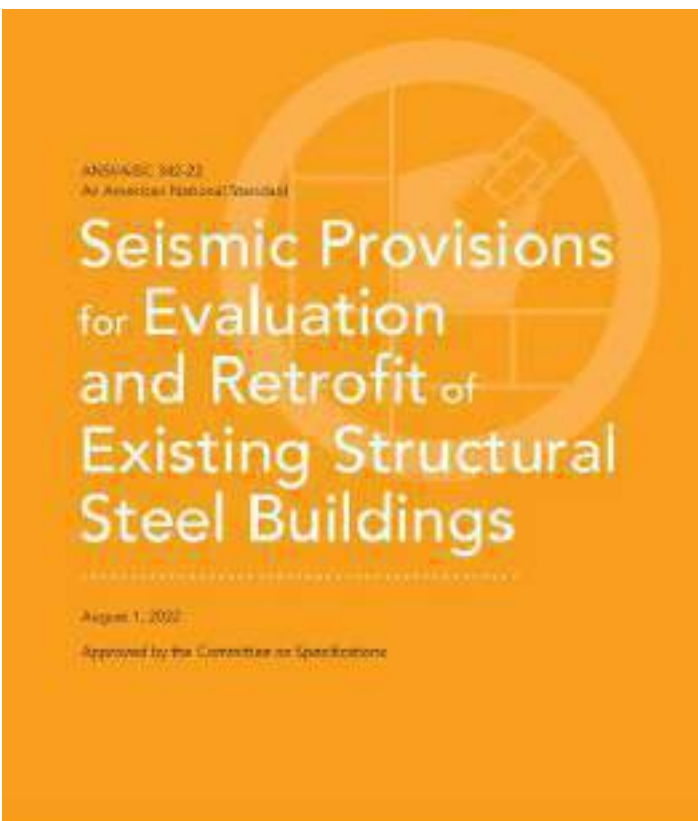
Manual de Diseño Sísmico



Provisiones Sísmicas para Edificios de Acero Estructural



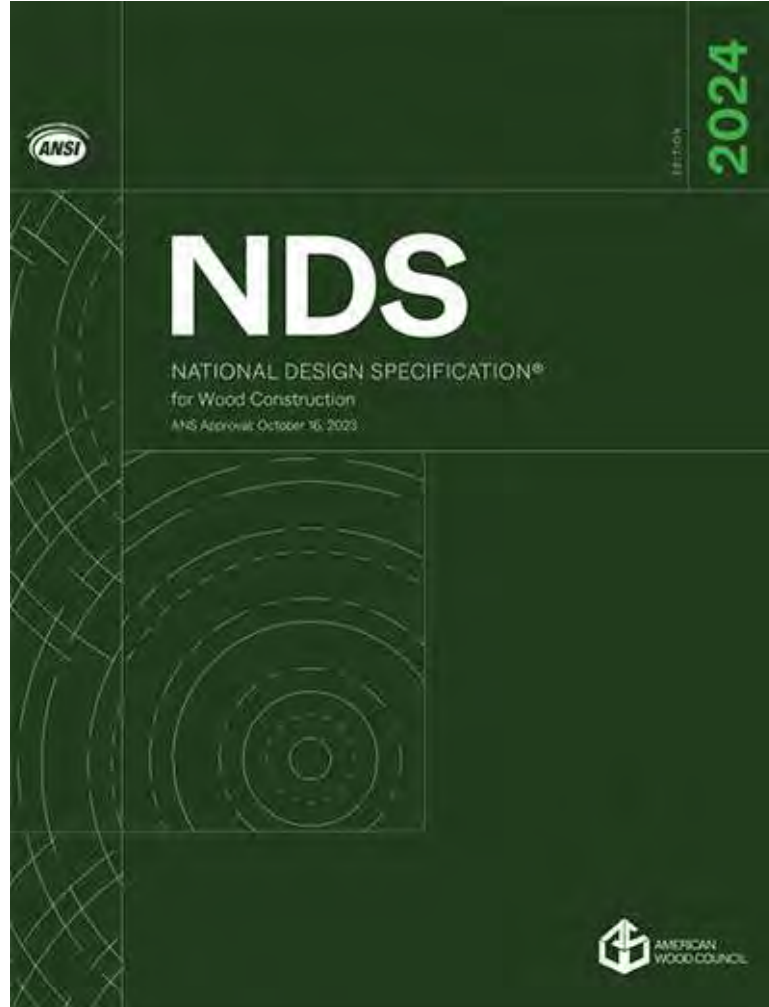
Conexiones Precalificadas



Provisiones Sísmicas para Evaluación y Refuerzo de Edificios Existentes de Acero

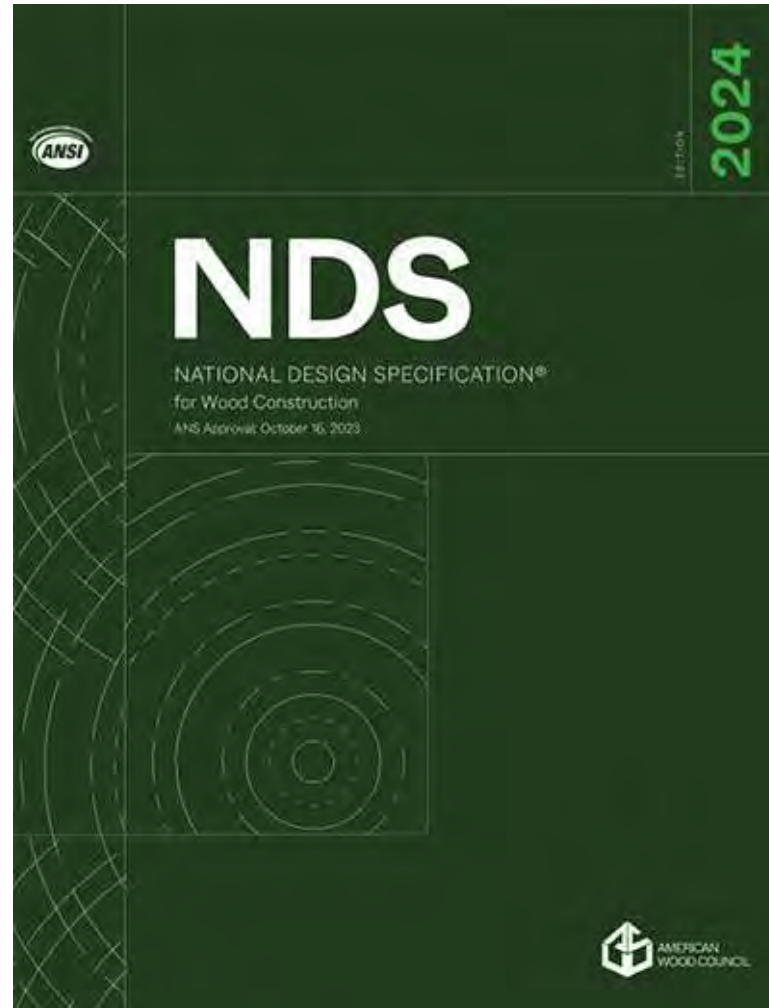


NDS, TMS 402, AISI S240 y otros...

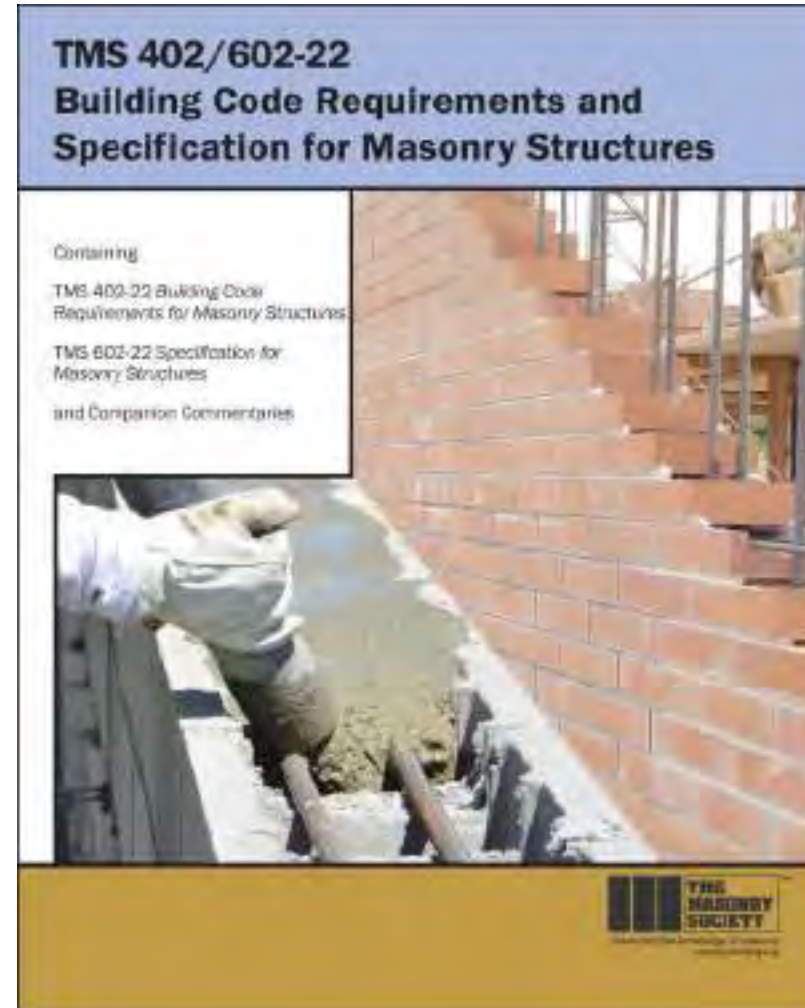


Especificaciones de Diseño para
Construcción en Madera

NDS, TMS 402, AISI S240 y otros...

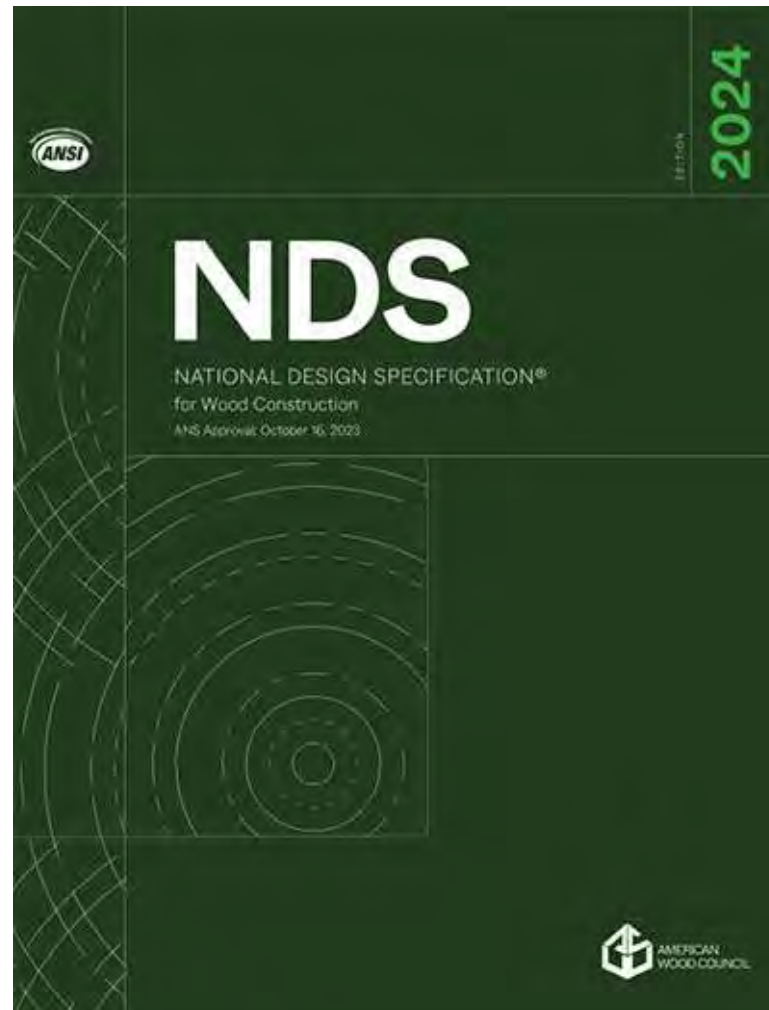


Especificaciones de Diseño para Construcción en Madera

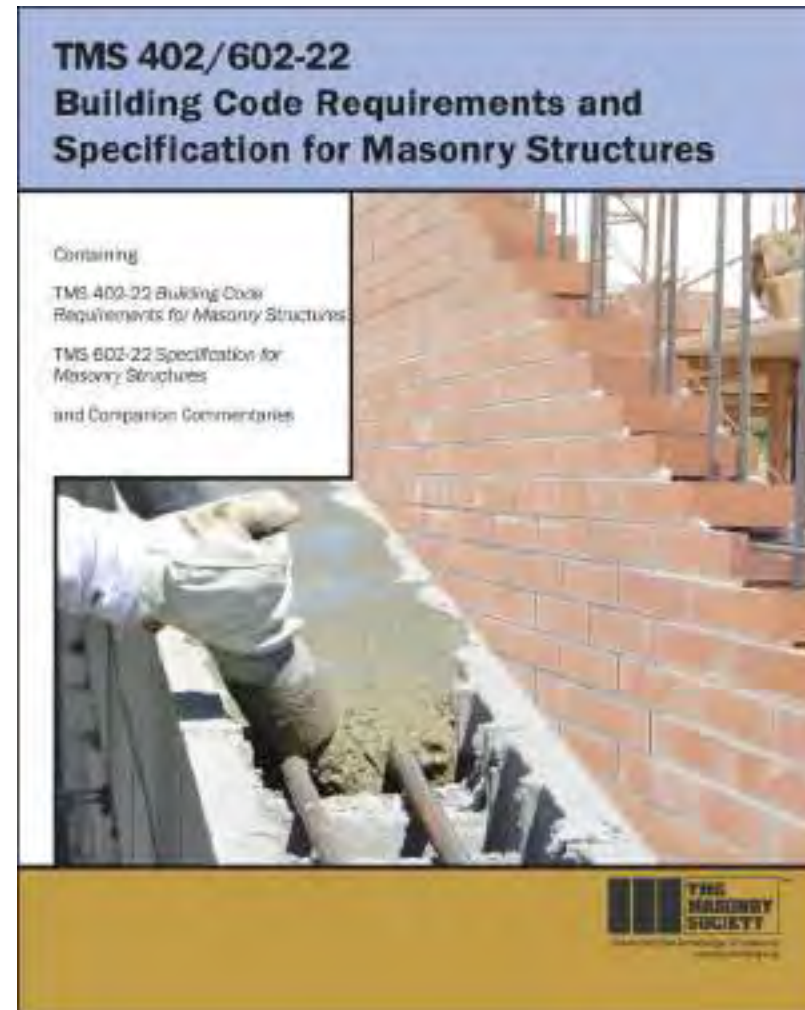


Especificaciones y Requerimientos del Código para estructural de Mampostería

NDS, TMS 402, AISI S240 y otros...



Especificaciones de Diseño para Construcción en Madera



Especificaciones y Requerimientos del Código para estructural de Mampostería



Especificación AISI para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío

Intercomunicación de los Estándares

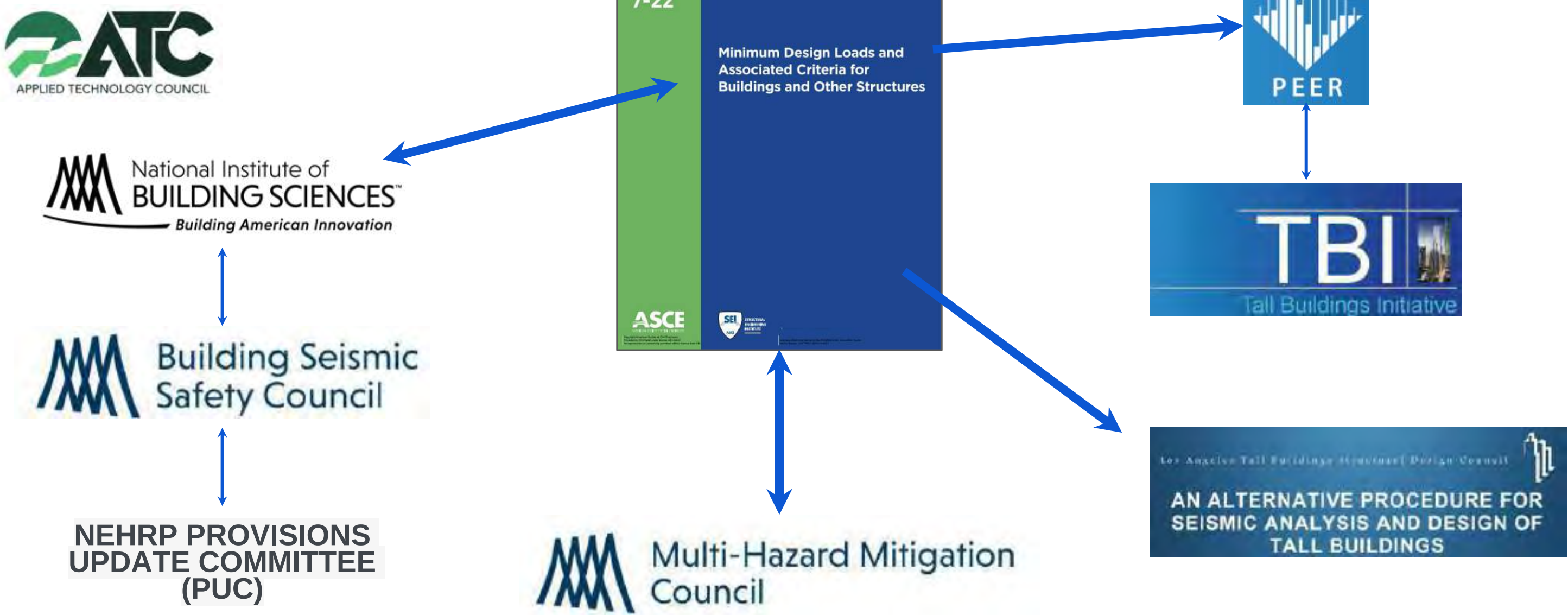


Pero eso solo esto?

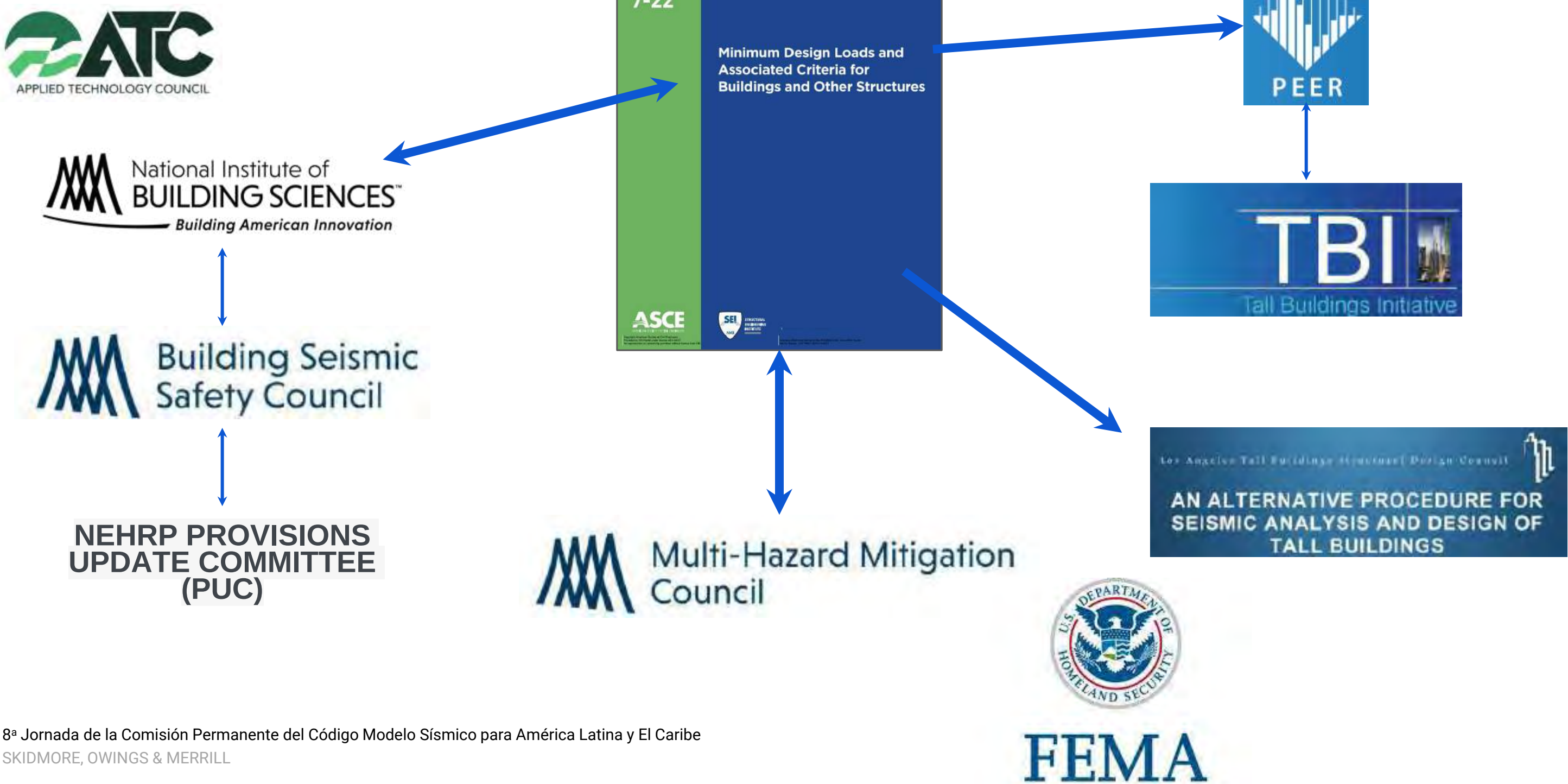
SOM



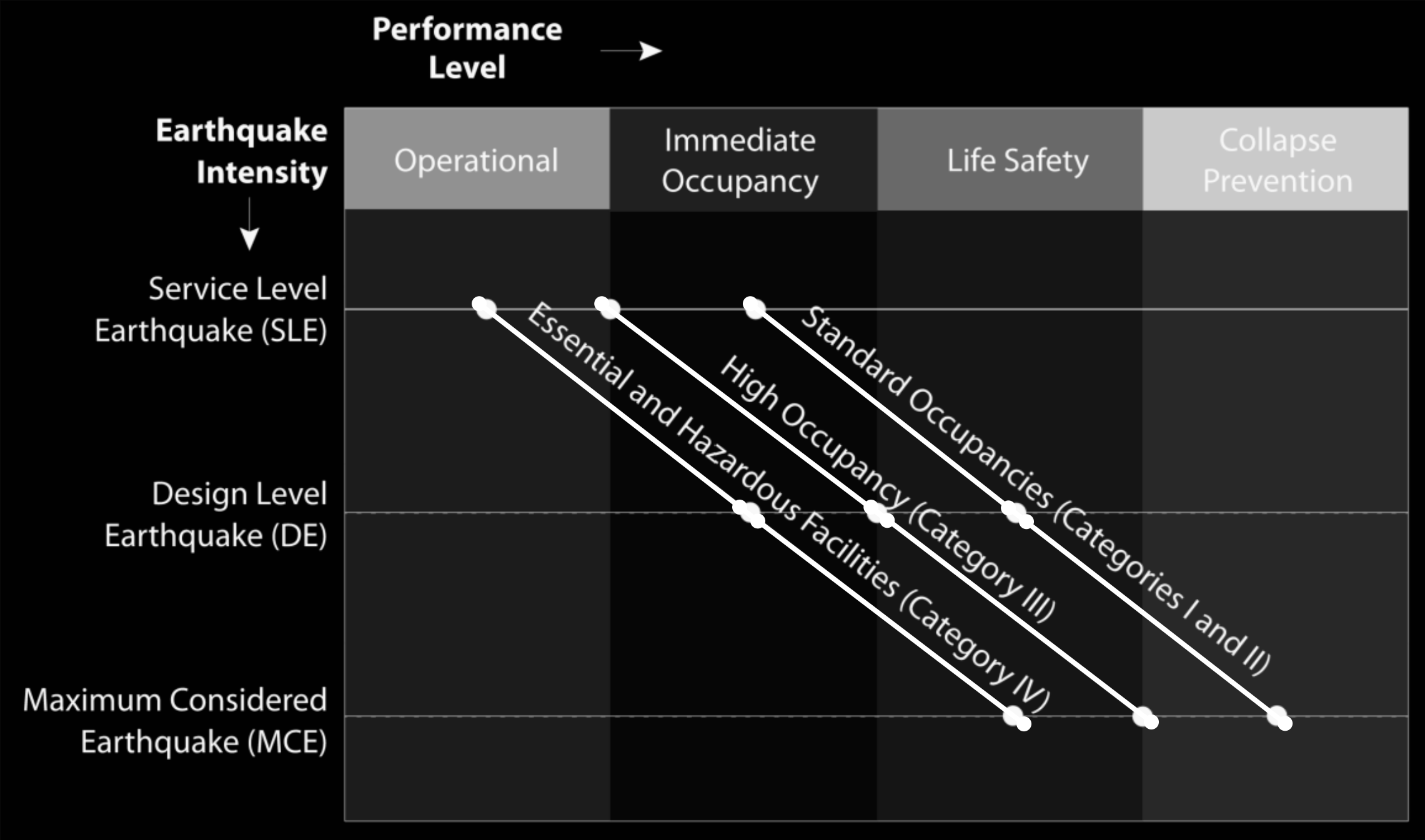
Las otras “agencias”



Las otras “agencias”



Desempeno Sismico





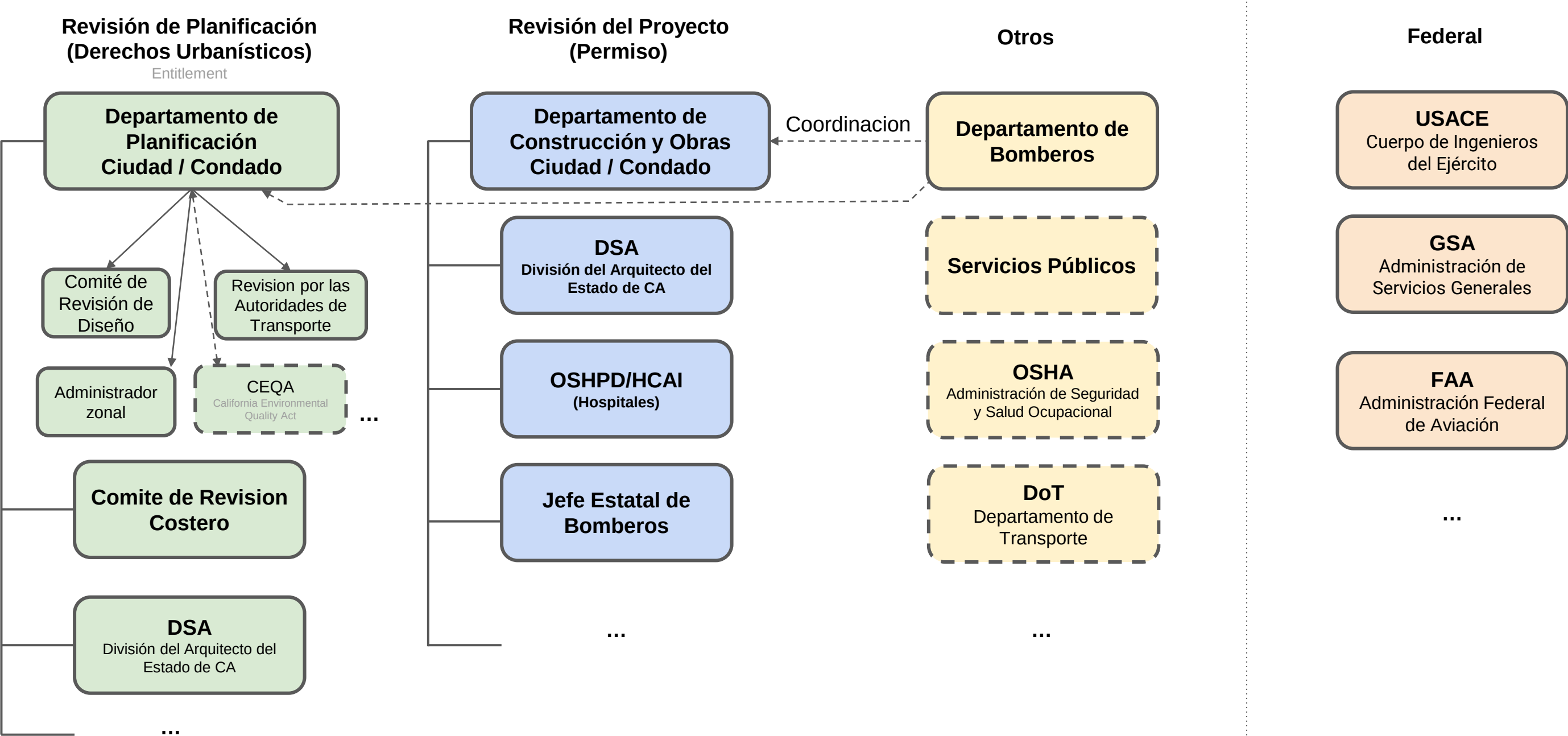
Que Necesitamos



“HABER, MUÉSTRENME SU PERMISO DE CONSTRUCCIÓN”

Navegando el Código

Determinando a la Autoridad que tiene la Jurisdicción



Que caminos tenemos



Edificio Prescriptivo

EL PROYECTO LA ESTRUCTURA



EL PROYECTO

LA ESTRUCTURA

Codigos

- A. Código de Construcción de San Francisco y sus enmiendas 2013
- B. California Building Code 2013
- C. ASCE 7-10
- D. ACI 318-11
- E. AISC Edicion 14ava

Seismic Design Category D => Limitado por codigo a 48m de altura

Site-Specific $S_{MS} = 1,553G$ $S_{M1} = 1,118G$

Site-Specific $S_{DS} = 1,036G$ $S_{D1} = 0,744G$



Table 12.2-1 Design Coefficients and Factors for Seismic Force-Resisting Systems

Seismic Force-Resisting System	ASCE 7 Section Where Detailing Requirements Are Specified	Response Modification Coefficient, R^a	Overstrength Factor, Ω_o^b	Deflection Amplification Factor, C_d^b	Structural System Limitations Including Structural Height, h , (ft) Limits ^c				
					Seismic Design Category				
					B	C	D ^d	E ^d	F ^e
A. BEARING WALL SYSTEMS									
1. Special reinforced concrete shear walls ^{f, g}	14.2	5	2½	5	NL	NL	160	160	100
2. Ordinary reinforced concrete shear walls ^f	14.2	4	2½	4	NL	NL	NP	NP	NP
3. Detailed plain concrete shear walls ^f	14.2	2	2½	2	NL	NP	NP	NP	NP
4. Ordinary plain concrete shear walls ^f	14.2	1½	2½	1½	NL	NP	NP	NP	NP

Categoría de Diseño Sísmico D => Limitado por código a 48m de altura

Table 12.2-1 Design Coefficients and Factors for Seismic Force-Resisting Systems

Seismic Force-Resisting System	ASCE 7 Section Where Detailing Requirements Are Specified	Response Modification Coefficient, R^a	Overstrength Factor, Ω_o^g	Deflection Amplification Factor, C_d^b	Structural System Limitations Including Structural Height, h_s , (ft) Limits ^c				
					Seismic Design Category				
					B	C	D ^d	E ^d	F ^e
A. BEARING WALL SYSTEMS									
1. Special reinforced concrete shear walls ^{f, n}	14.2	5	2½	5	NL	NL	160	160	100
2. Ordinary reinforced concrete shear walls ^f	14.2	4	2½	4	NL	NL	NP	NP	NP
3. Detailed plain concrete shear walls ^f	14.2	2	2½	2	NL	NP	NP	NP	NP
4. Ordinary plain concrete shear walls ^f	14.2	1½	2½	1½	NL	NP	NP	NP	NP

Categoría de Diseño Sísmico D => Limitado por código a 48m de altura

^aResponse modification coefficient, R , for use throughout the standard. Note R reduces forces to a strength level, not an allowable stress level.

^bDeflection amplification factor, C_d , for use in Sections 12.8.6, 12.8.7, and 12.9.2.

^cNL = Not Limited and NP = Not Permitted. For metric units use 30.5 m for 100 ft and use 48.8 m for 160 ft.

^dSee Section 12.2.5.4 for a description of seismic force-resisting systems limited to buildings with a structural height, h_s , of 240 ft (73.2 m) or less.

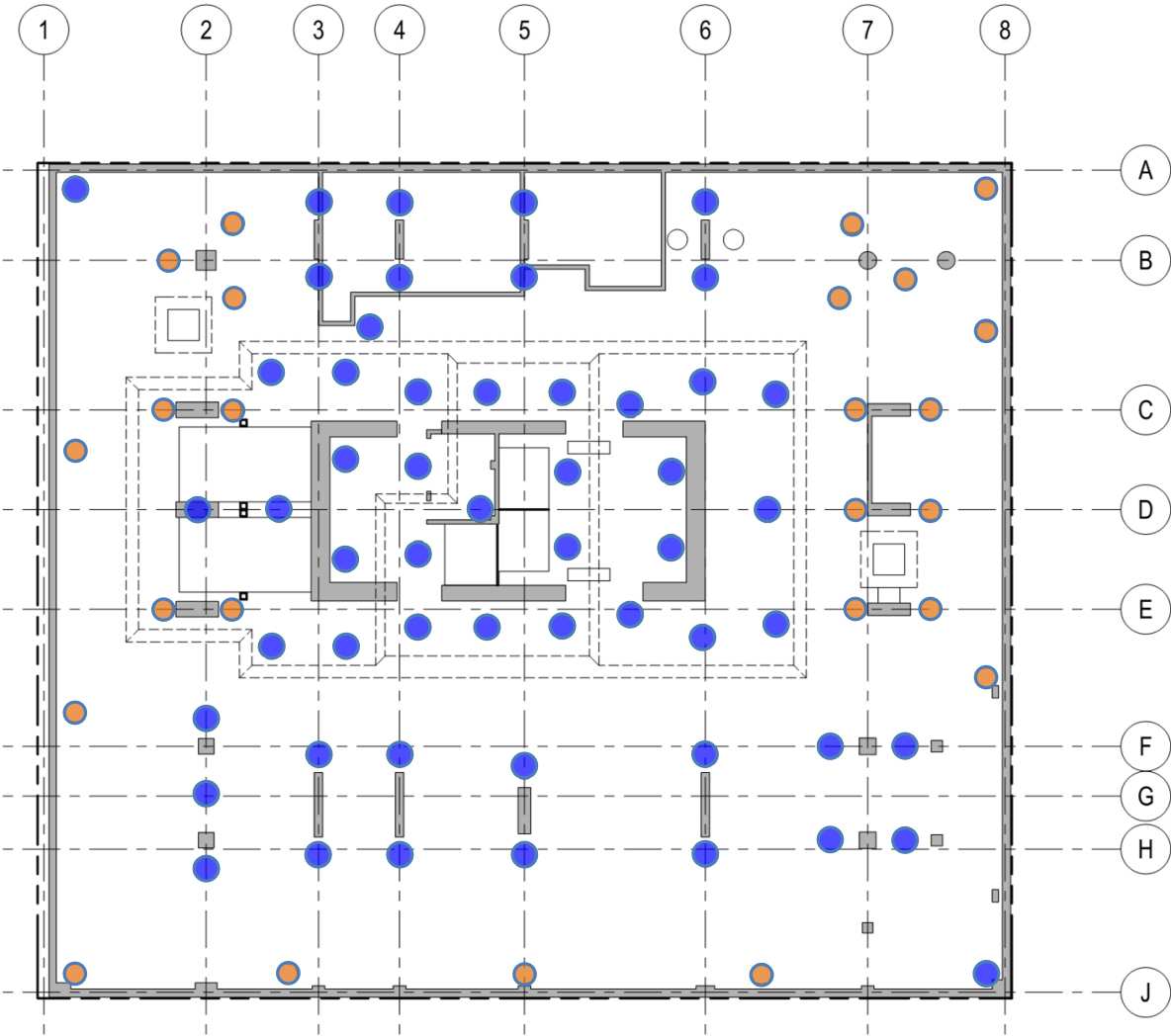
^eSee Section 12.2.5.4 for seismic force-resisting systems limited to buildings with a structural height, h_s , of 160 ft (48.8 m) or less.

^fOrdinary moment frame is permitted to be used in lieu of intermediate moment frame for Seismic Design Categories B or C.

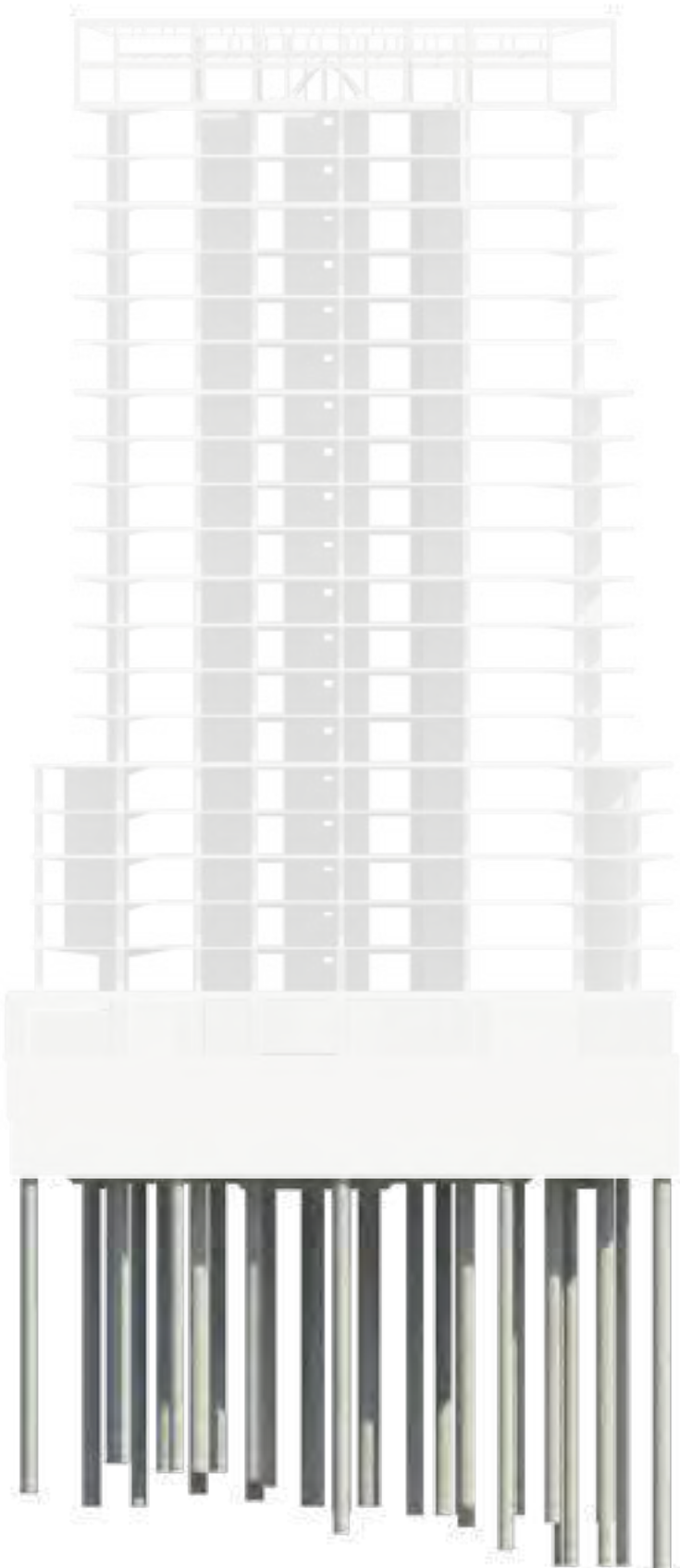
^gWhere the tabulated value of the overstrength factor, Ω_o , is greater than or equal to 2½, Ω_o is permitted to be reduced by subtracting the value of 1/2 for structures with flexible diaphragms.

El objetivo es diseñar para obtener la excepción y poder construir para el nuevo límite: 73m (240ft)

El Proyecto
 La Estructura

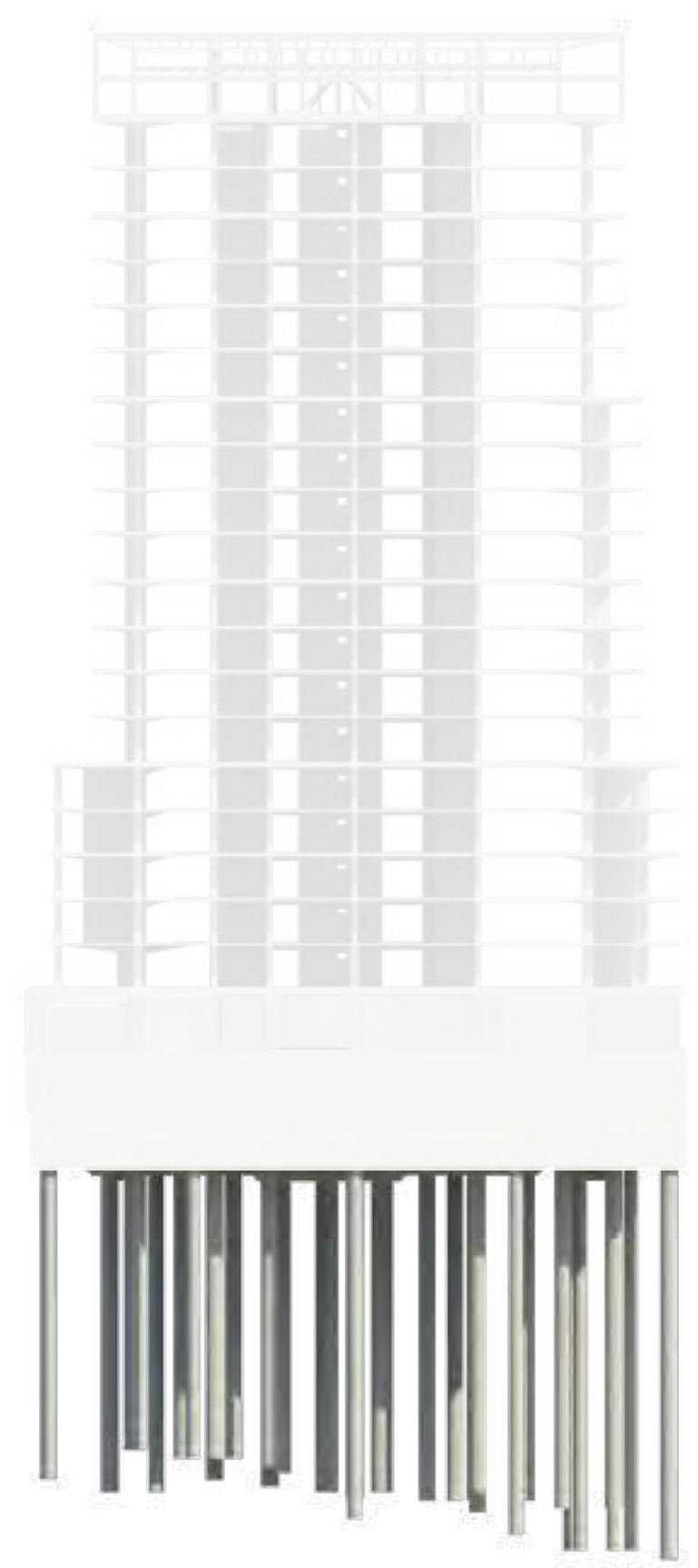
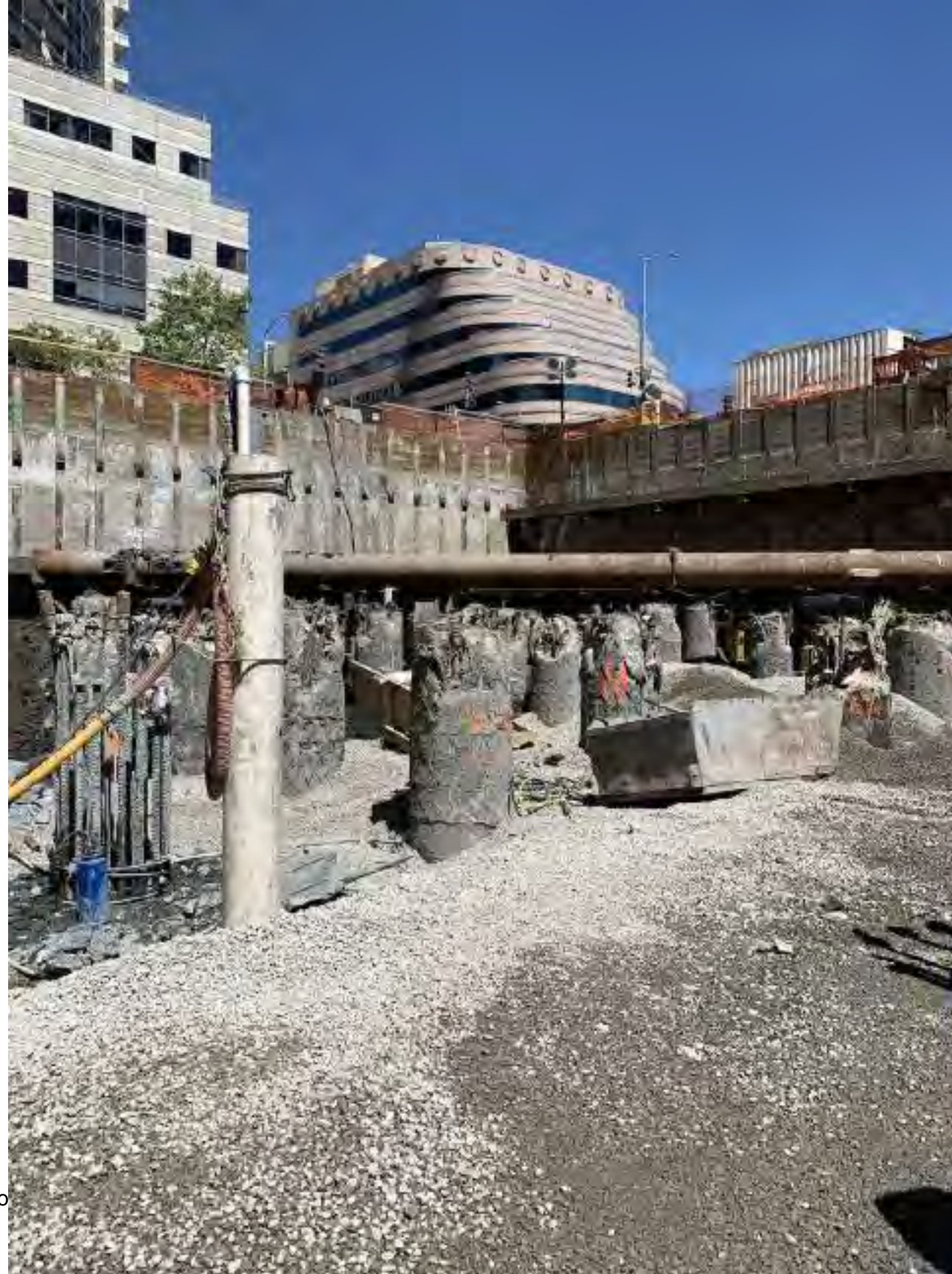


76 PILAS DE FUNDACIÓN

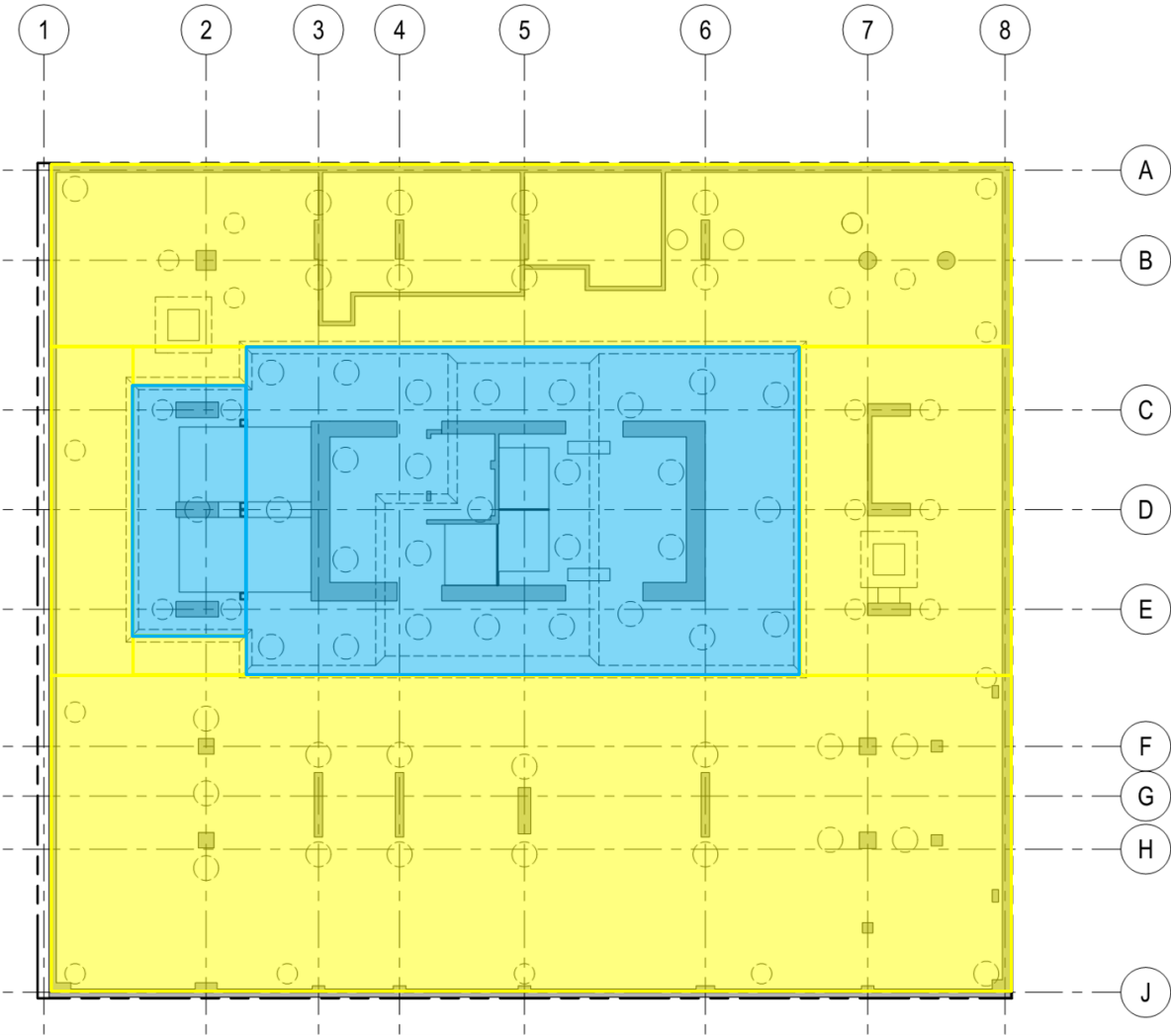


EL PROYECTO LA ESTRUCTURA

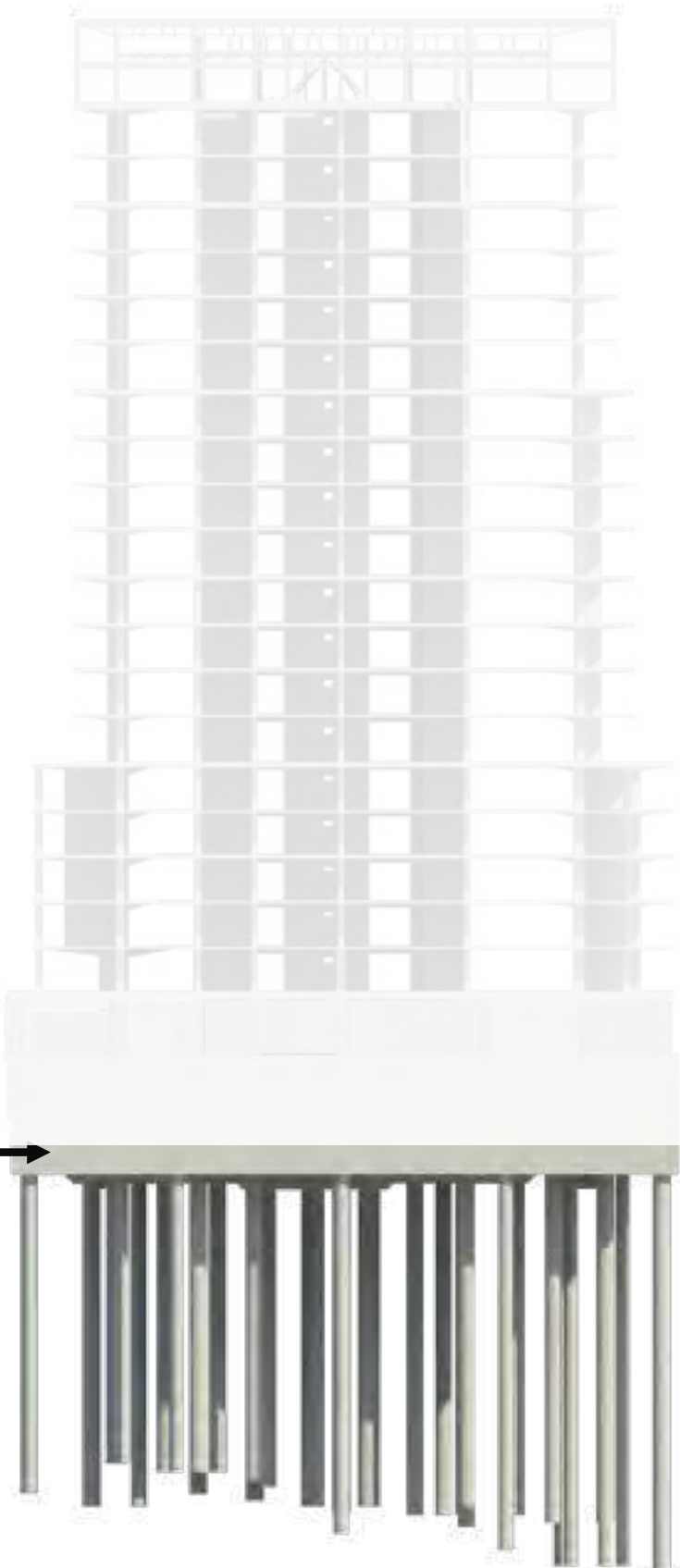
76 PILAS DE FUNDACIÓN



El Proyecto
 La Estructura



MAT DE FUNDACIÓN DE 2 A 3 METROS
 76 PILAS DE FUNDACIÓN



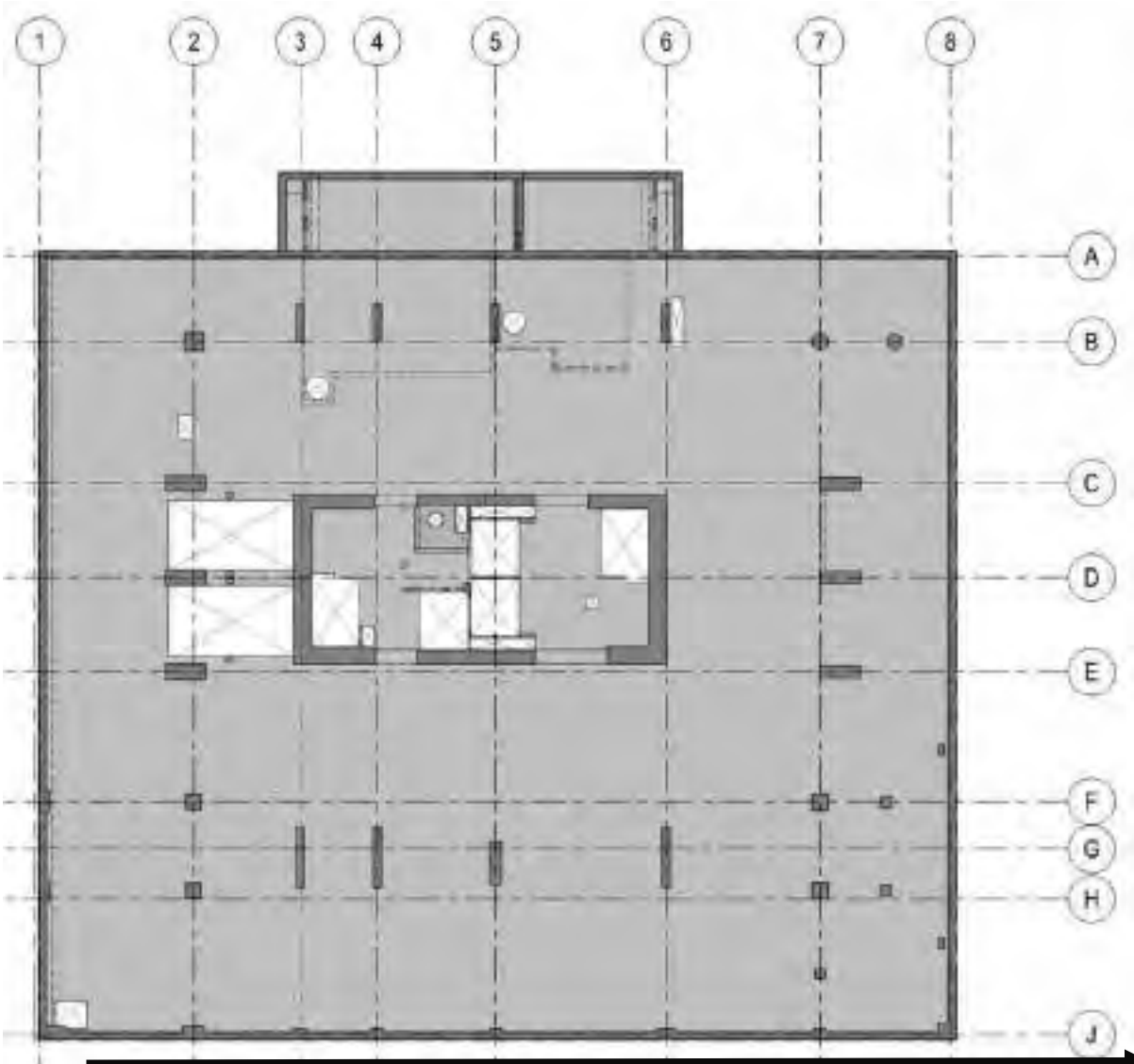
EI PRO
LA ES

MAT DE
76 PILA

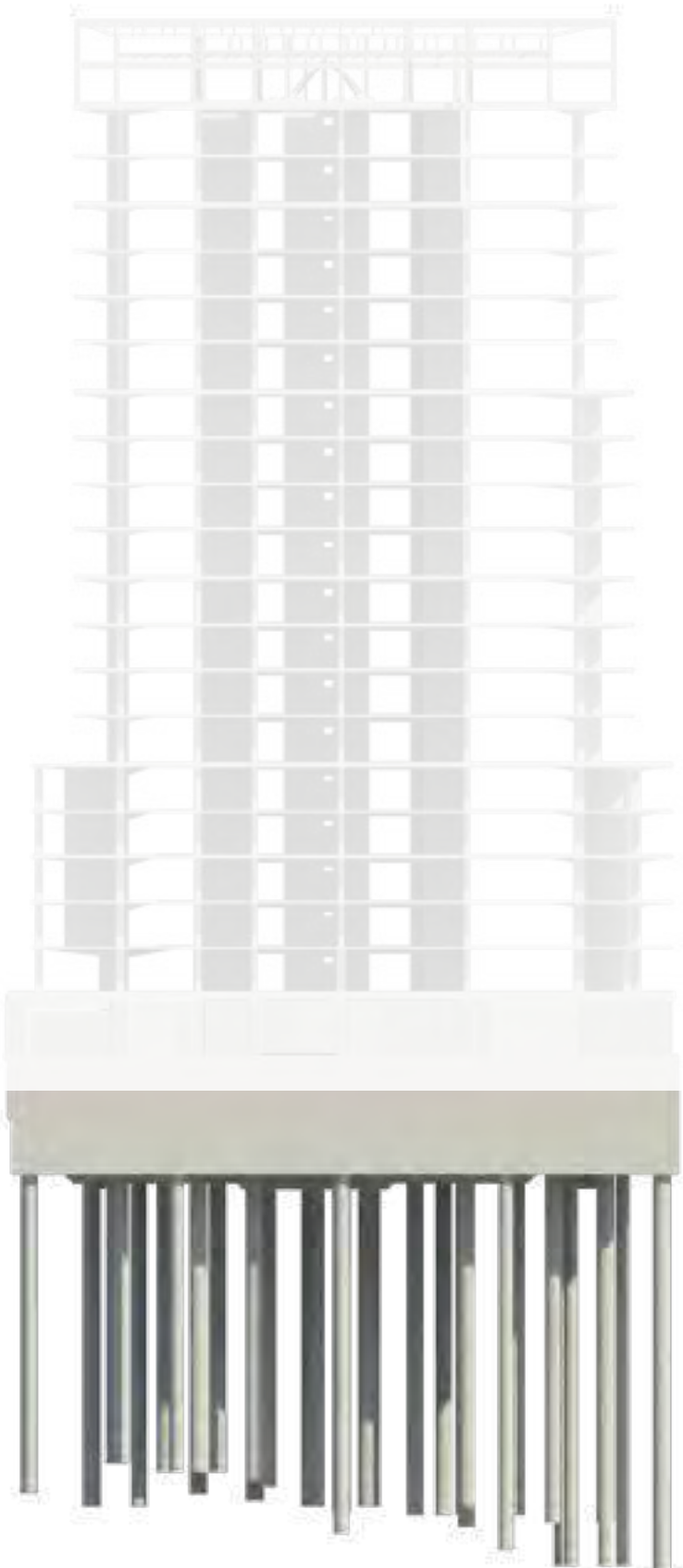
8ª Jornada de
SKIDMORE, O



El Proyecto
 La Estructura

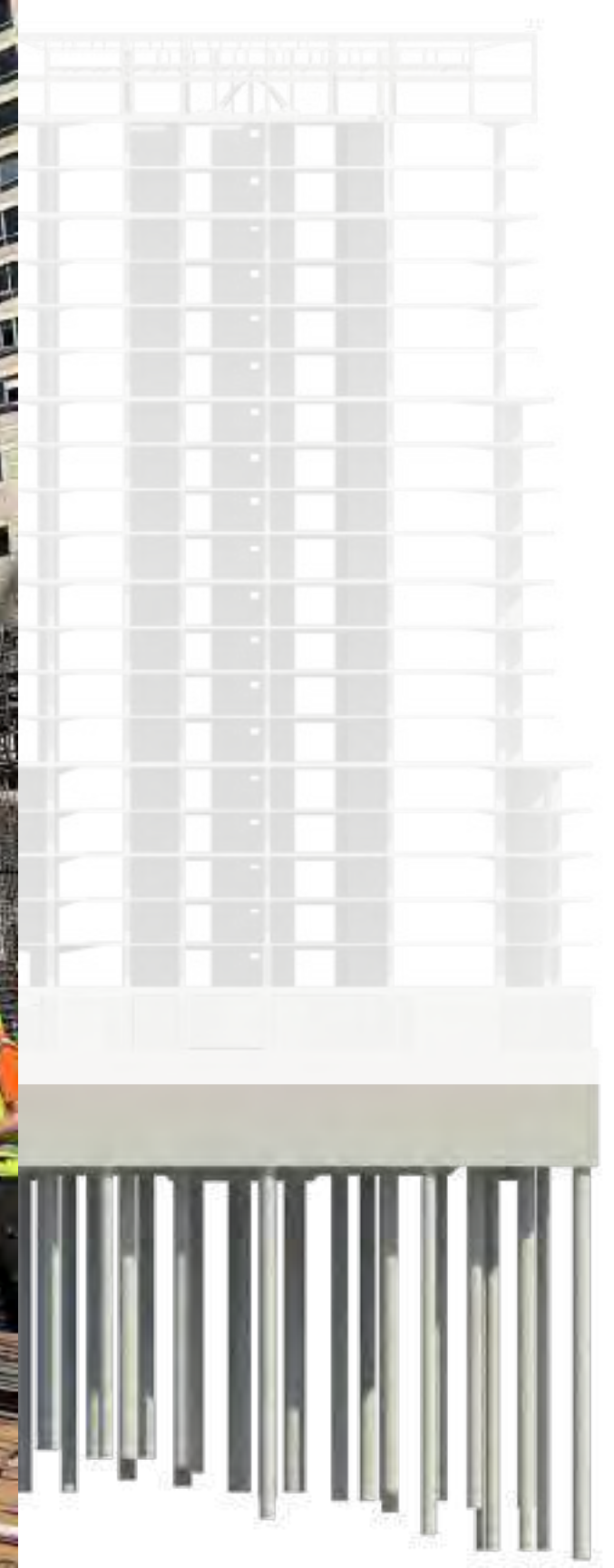


NIVEL B1 – LOSA DE 25CM
 MAT DE FUNDACIÓN DE 2 A 3 METROS
 76 PILAS DE FUNDACIÓN

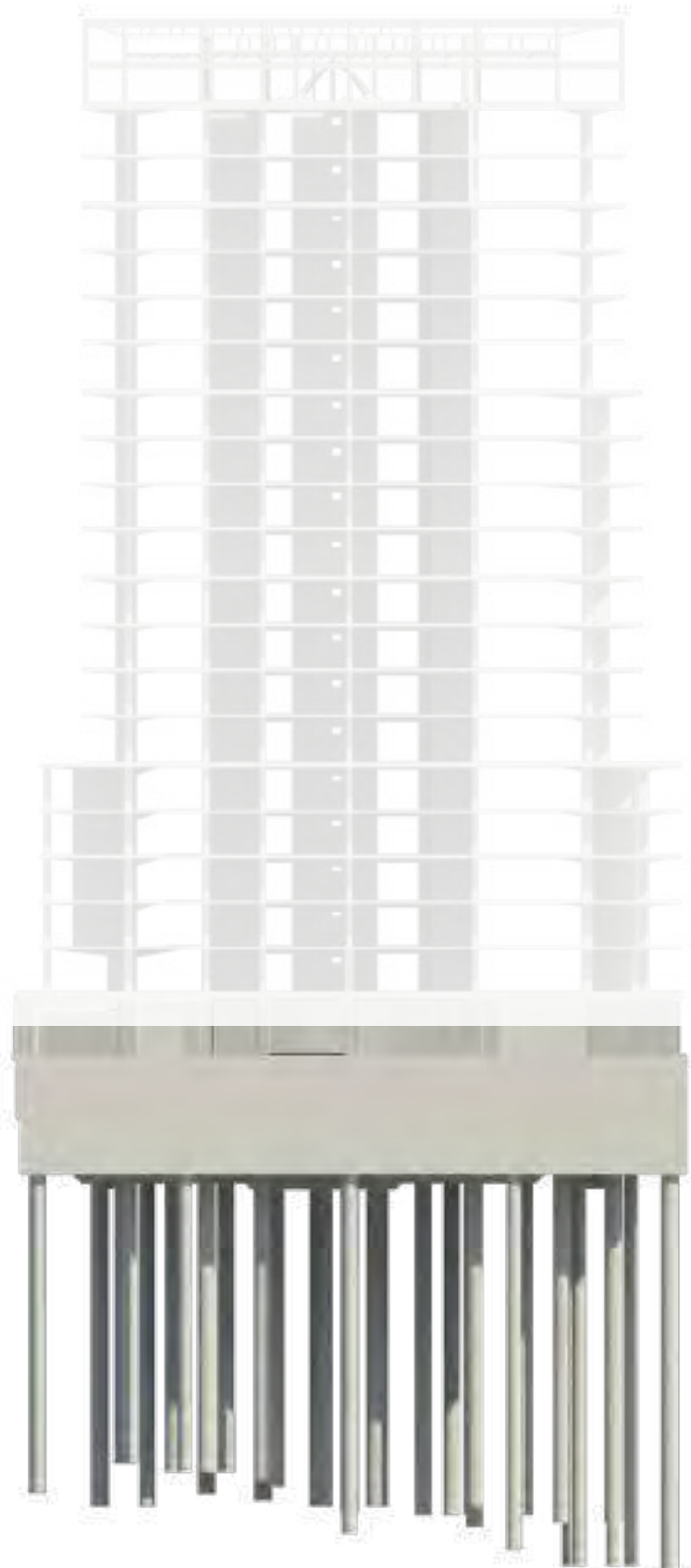
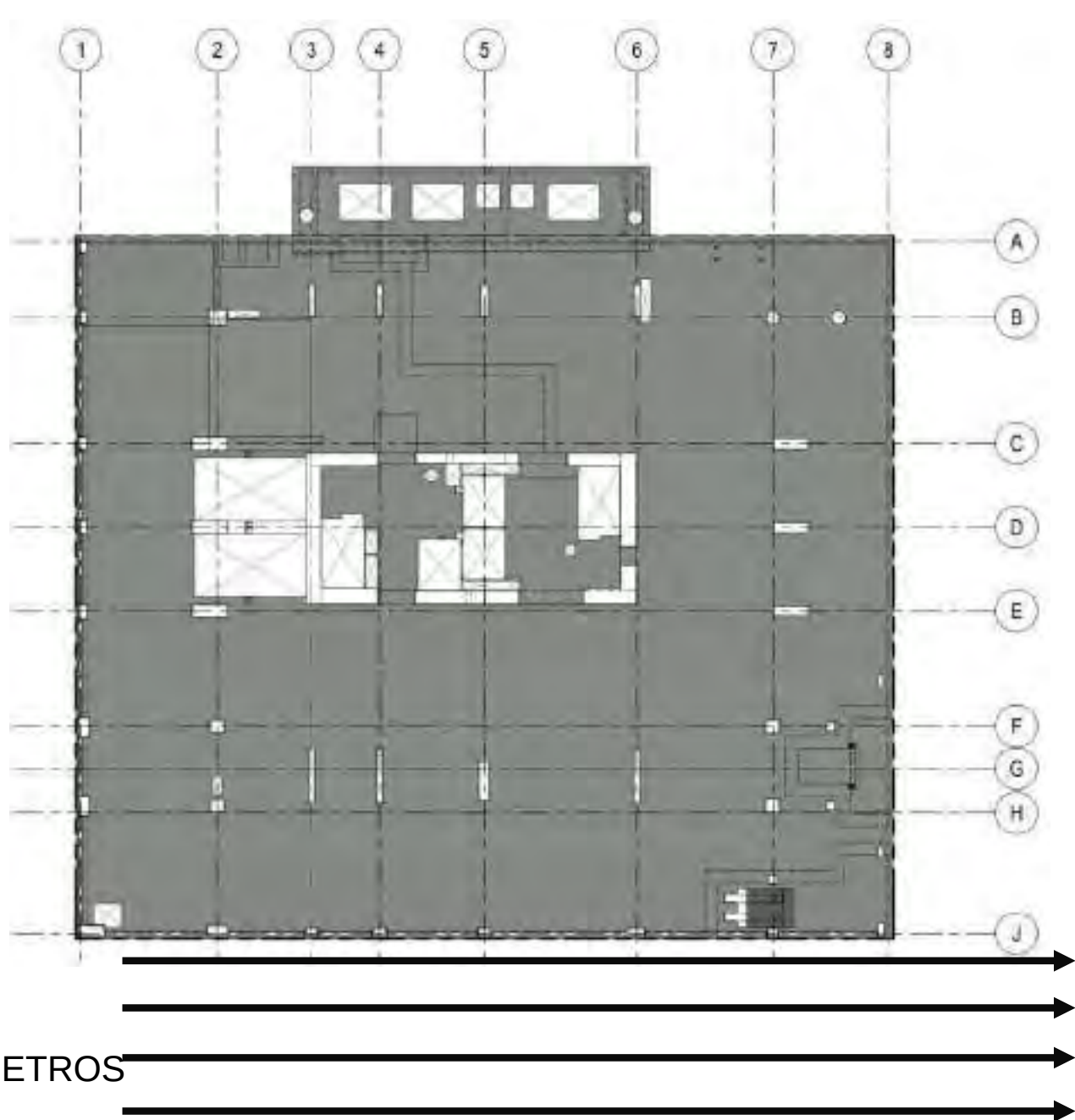


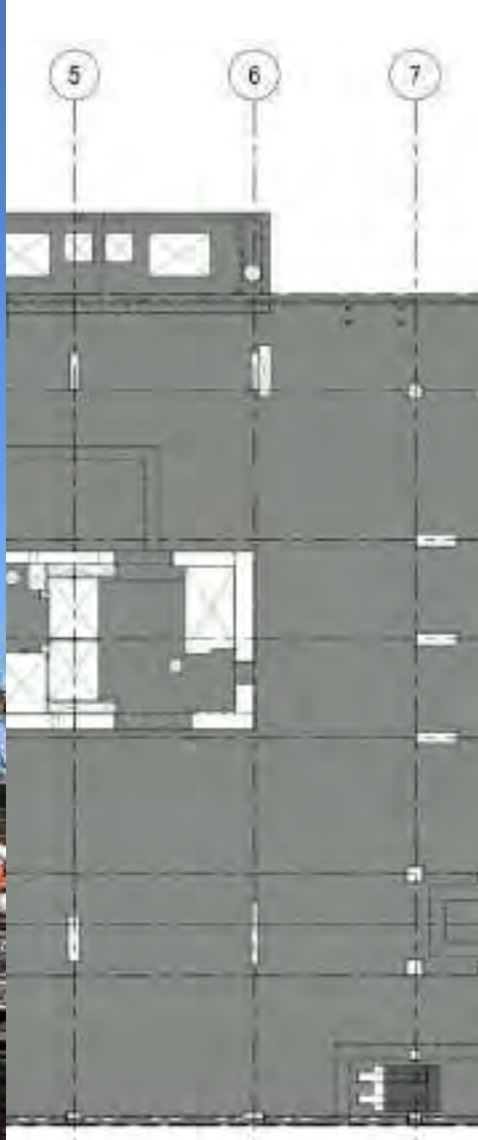
EL PROYECTO LA ESTRUCTURA

NIVEL B1 – LOSA DE 25CM
MAT DE FUNDACIÓN DE 2 A 3 METROS
76 PILAS DE FUNDACIÓN



El Proyecto
 La Estructura

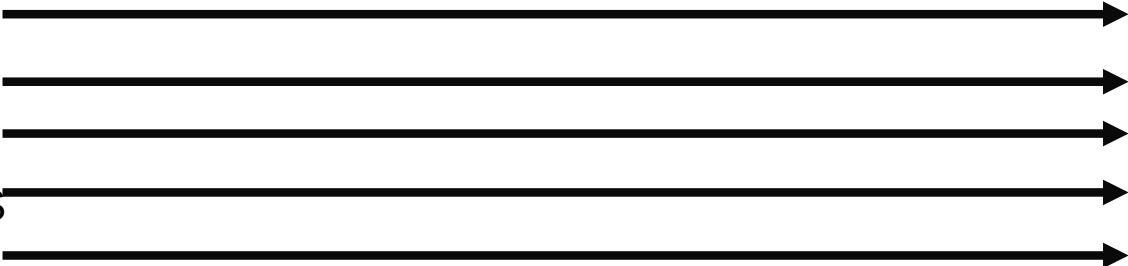




El Proyecto
 La Estructura



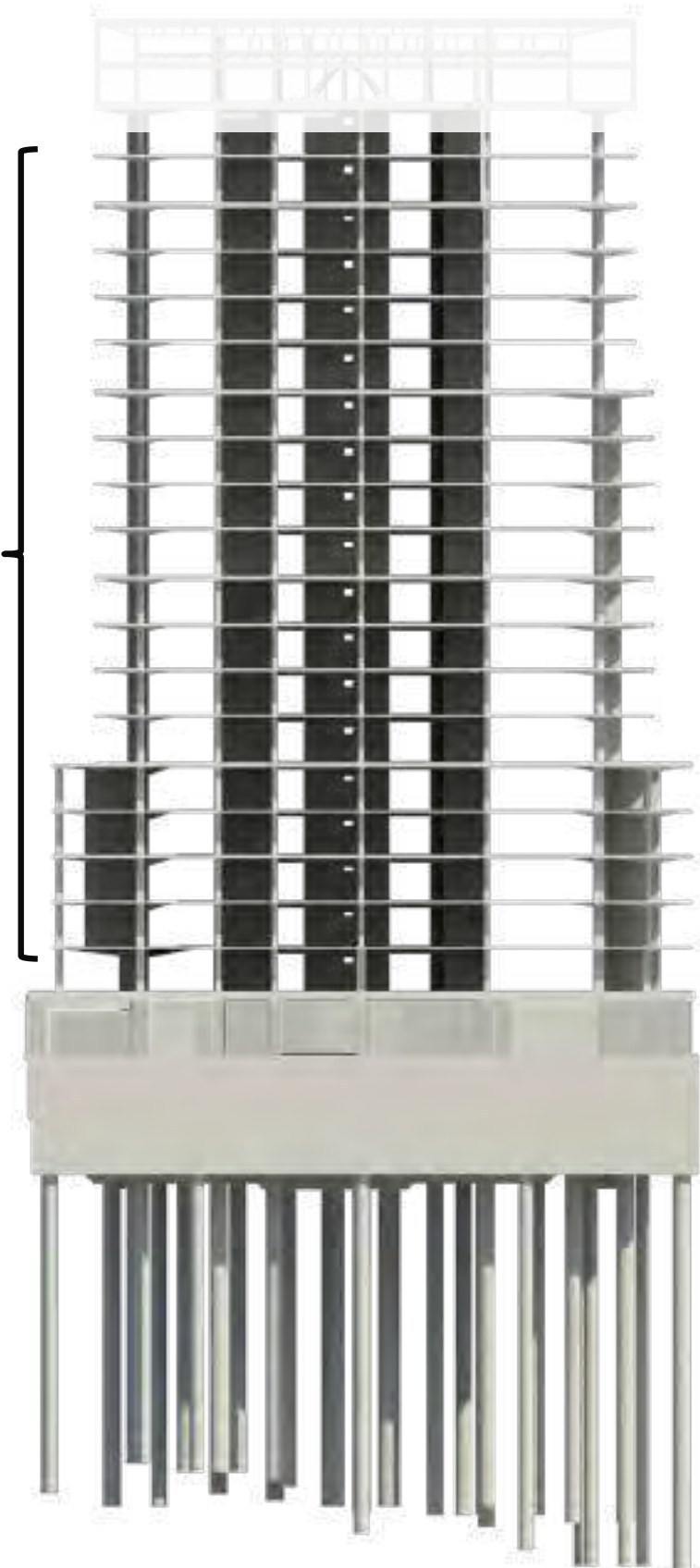
- NIVEL 02 – PODIO LOSA POSTENSADA
- NIVEL 01 – LOSA DE 36CM
- NIVEL B1 – LOSA DE 25CM
- MAT DE FUNDACIÓN DE 2 A 3 METROS
- 76 PILAS DE FUNDACIÓN



EI PROYECTO
LA ESTRUCTURA

NIVELES 03 AL 20 – LOSA
POSTENSADA DE 20 CM

NIVEL 02 – PODIO LOSA POSTENSADA
NIVEL 01 – LOSA DE 36 CM
NIVEL B1 – LOSA DE 25 CM
MAT DE FUNDACIÓN DE 2 A 3 METROS
76 PILAS DE FUNDACIÓN



El Proyecto
 La Estructura

Nivel 21– Losa Postensada de 28 cm

Niveles 03 al 20 – Losa
 Postensada de 20 cm

Nivel 02 – Podio Losa Postensada

Nivel 01 – Losa de 36 cm

Nivel B1 – Losa de 25 cm

Mat de Fundación de 2 a 3 metros

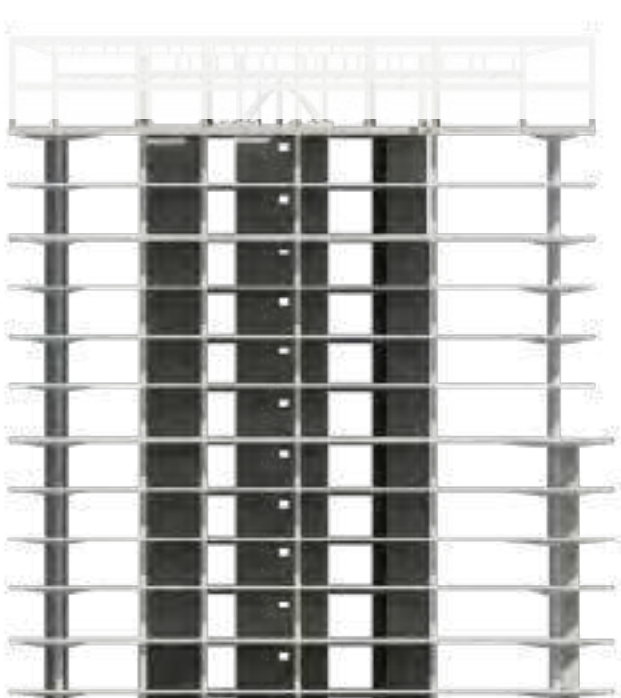
76 Pilas de Fundación



El Proyecto
La Estructura

Nivel 21- Losa Postensada de 28 cm

Niveles 03 al 20 - Losa
Postensada de 20 cm



El Proyecto
 La Estructura

Techo – Atico de Acero
 Nivel 21– Losa Postensada de 28 cm

Niveles 03 al 20 – Losa
 Postensada de 20 cm

Nivel 02 – Podio Losa Postensada
 Nivel 01 – Losa de 36 cm
 Nivel B1 – Losa de 25 cm
 Mat de Fundación de 2 a 3 metros
 76 Pilas de Fundación



EI PROYE

LA ESTRU

TECHO – AT

NIVEL 21– L

NIVELES 03

POSTENSAD

NIVEL 02 – F

NIVEL 01 – L

NIVEL B1 – L

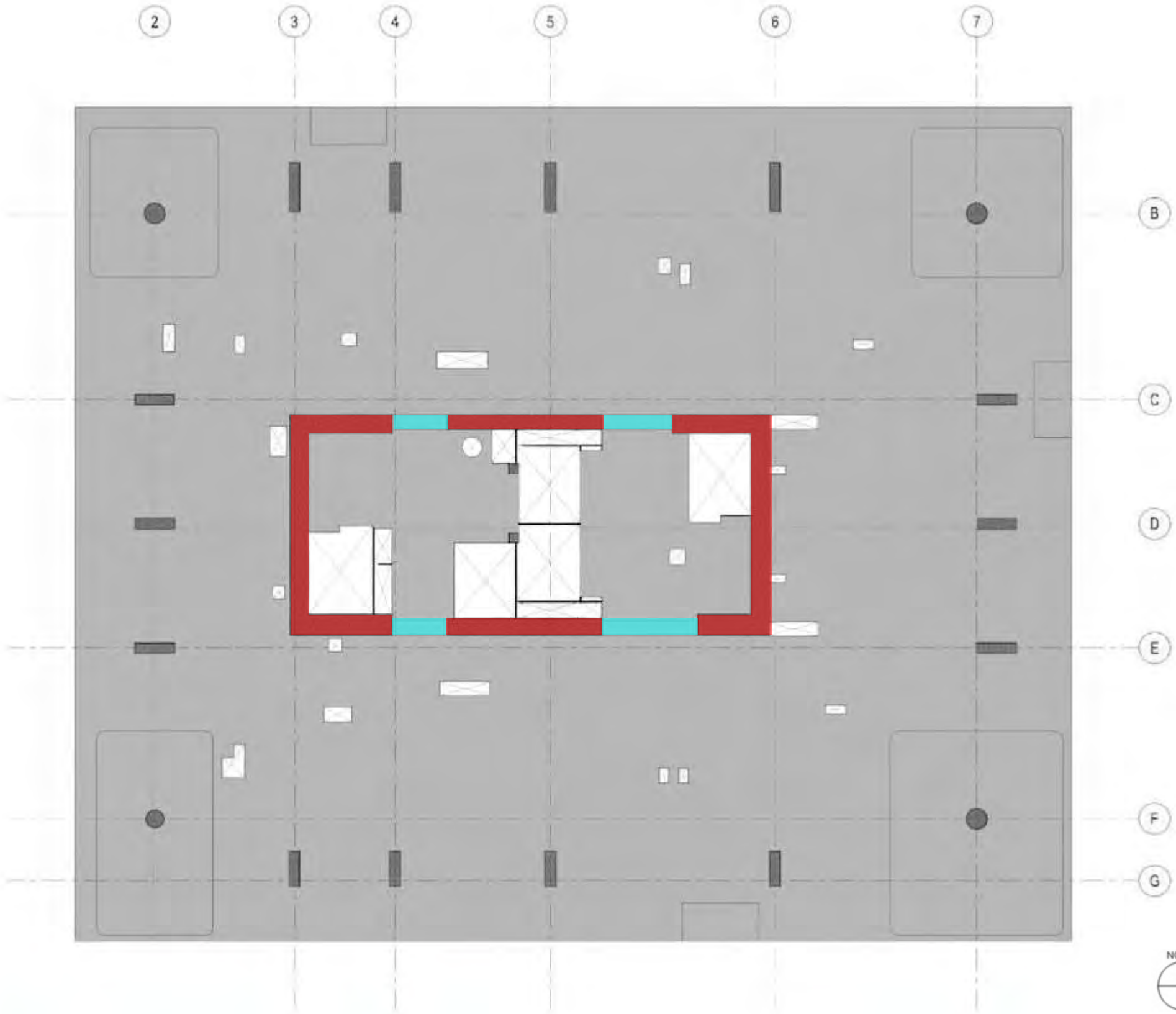
MAT DE FUN

76 PILAS DE



El Proyecto La Estructura

- Muros de H.A.
- Vigas de Acople



EI PROYECTO
LA ESTRUCTURA

- Muros de
- Vigas de



B

C

D

E

F

G









PRUEBA DE MURO CORTINA PARA DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (VIENTO Y SISMO)











Edificio Diseñado por Desempeño

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Torre esbelta
Podio grande

Subterráneo profundo
-23m /-76 ft al fondo de la losa de fundación

Sin pilas.
Losa de fundación + mejoramiento de suelos

- A. SFBC 2013
- B. AB-083
- C. ASCE 7-10
- D. LATSDC 2014
- E. Categoría de Riesgo II
- F. Categoría de Sismo D

Site-Specific

$$S_{MS} = 1,50G \quad S_{M1} = 1,08G$$

$$S_{DS} = 1,00G \quad S_{D1} = 0,72G$$

RESIDENTIAL PROJECT

-545 TOTAL UNITS, INCLUDING 3 TOWNHOUSES ON CLEMENTINA

- 436 MARKET RATE UNITS\

- 109 AFFORDABLE UNITS(20 % OF TOTAL)

OPEN SPACE

- 9,330 SQ FT AT L9 LANDSCAPED TERRACE

- 2,915 SQ FT AT GROUND LEVEL

FOLSOM BOULEVARD RETAIL

- 6,775 SQ FT GROUND LEVEL RETAIL

BELOW GRADE PARKING (6 LEVELS)

- BIKE PARKING AT B1: 206 (.38:1)

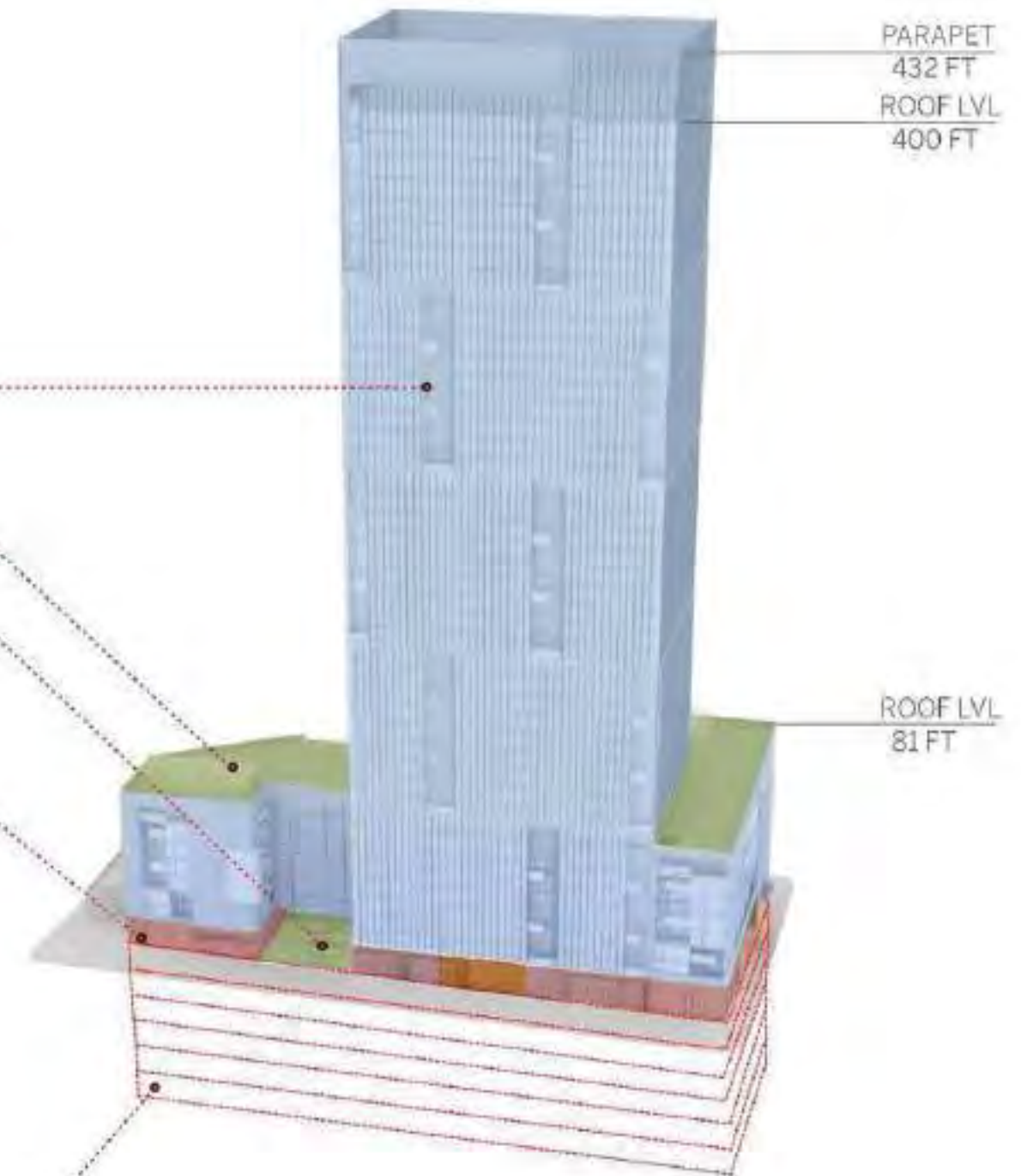
- APROX 286 STALLS (.52:1) FROM B1 TO B6 COMPRISED OF:

- 269 SELF PARK

- 11 HC

- 3 CAR SHARE STALLS

- 3 CHARGING STATIONS



PROYECTO

DISEÑO POR DESEMPEÑO

Parámetros de Diseño

Torre

Altura: 122 m / 400 ft

Niveles: 43

Podio

Altura: 26 ft / 85 ft

Niveles: 8

Subterráneo

Profundidad: -23m / -76 ft

Niveles: 6

Area: 65,000m² / 700,000 sqft



PLANO DE LA TORRE

PLANTA TIPO – 12 UNIDADES

Parámetros de Diseño

Configuración Densa

Unidades

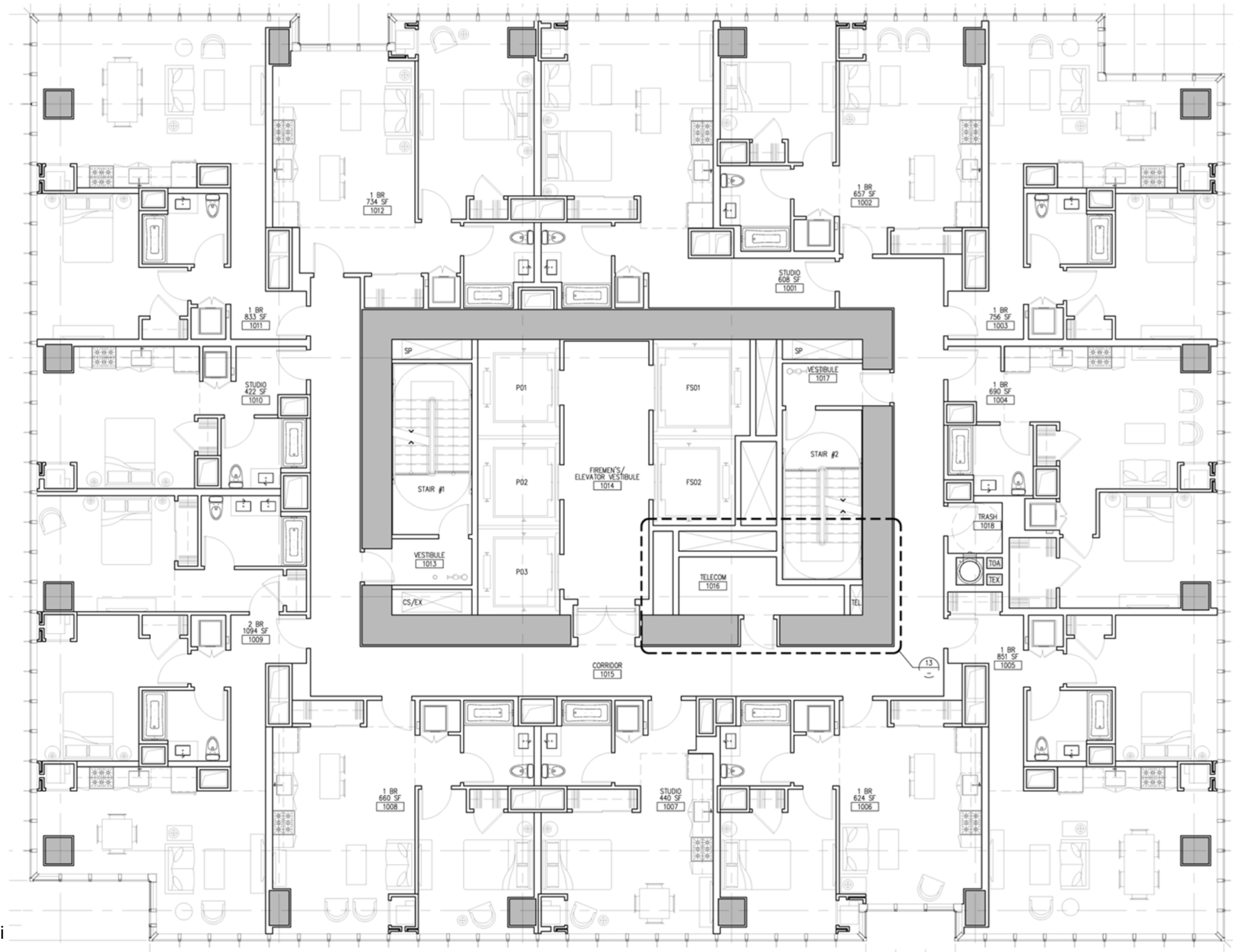
- Cada columna en un muro divisorio
- Bombas de calor en los muros falsos

Núcleo Central

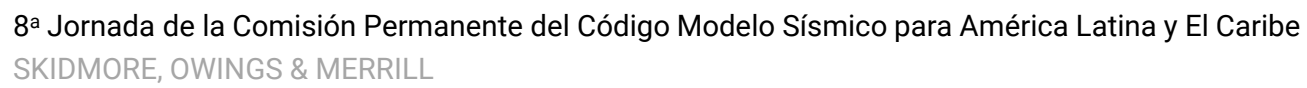
- Configuración de núcleo abierta
- Coordinado con los MEP desde el comienzo

Estructura

- Unidades coordinadas con el entramado de postensado
- Borde de losa repetible

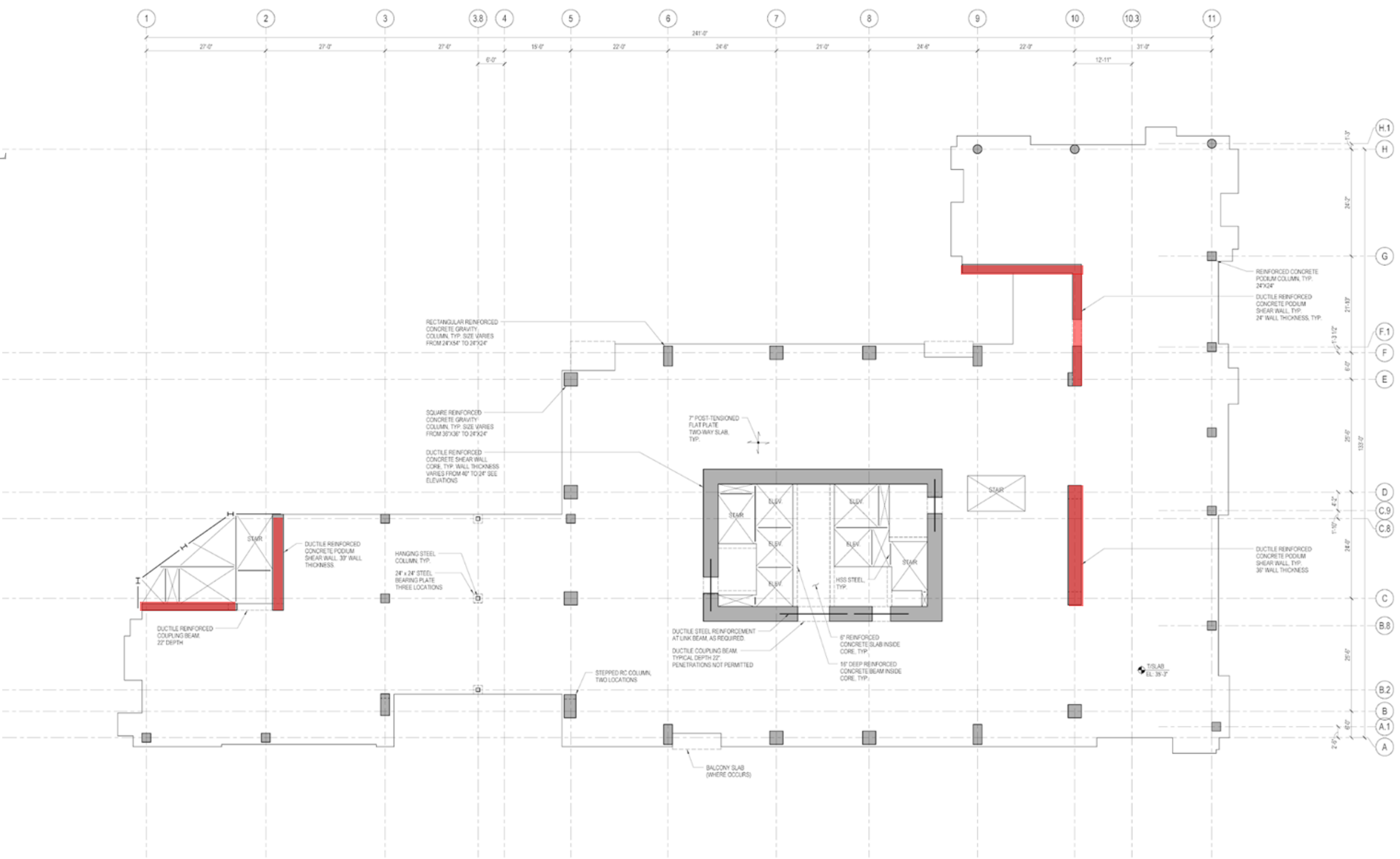
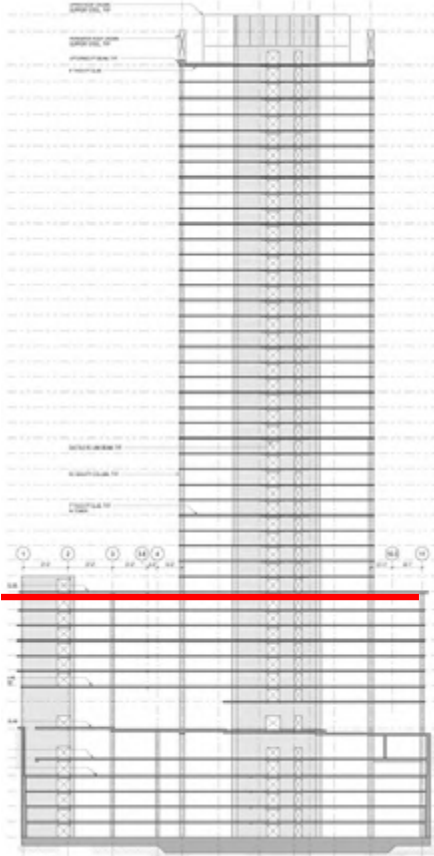


Architectural section drawing of a building, showing a cross-section with multiple floors. The drawing includes structural elements like columns and beams, and is labeled with various dimensions and annotations. A red line is drawn across the bottom of the drawing.



PODIO

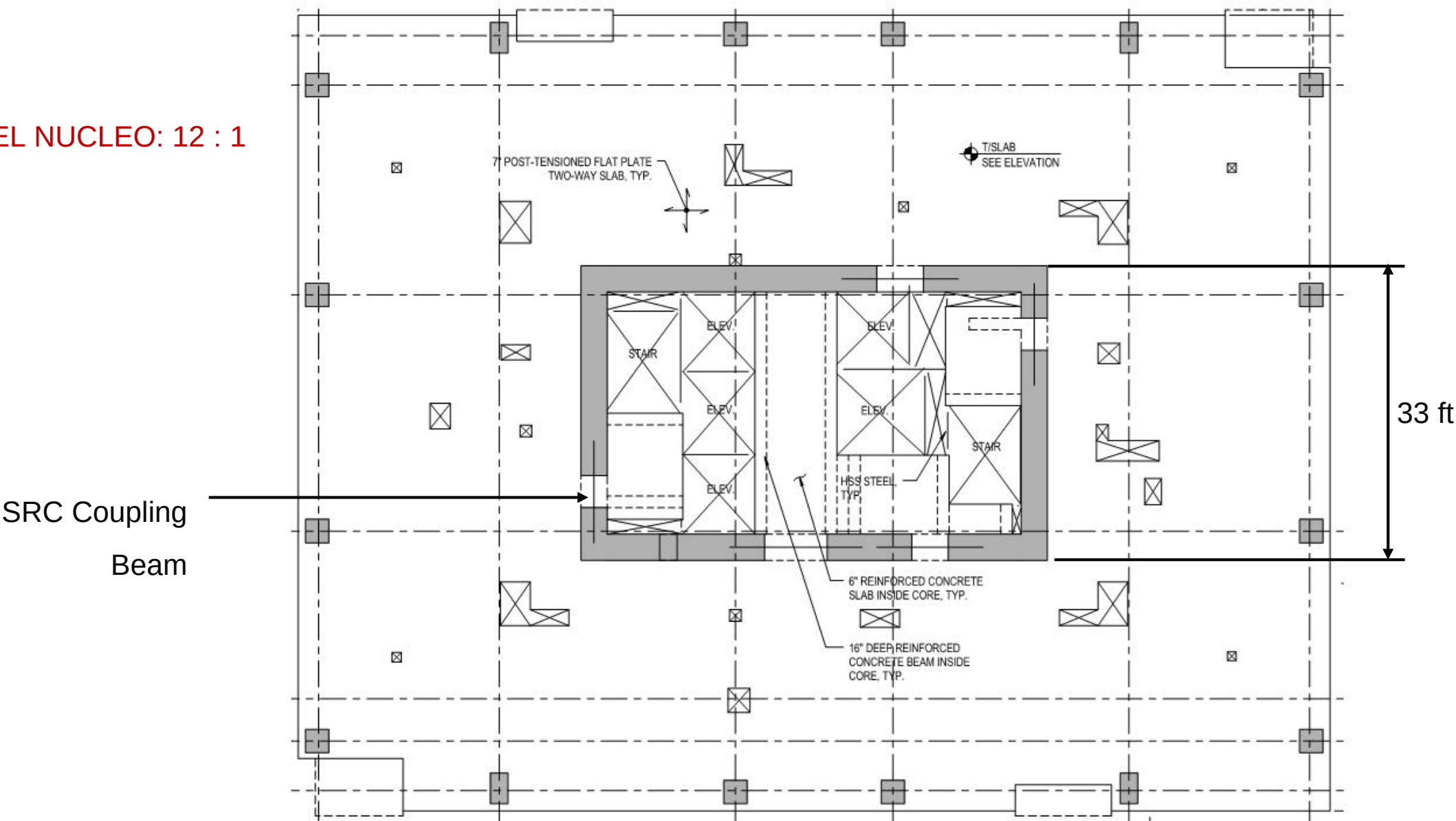
SISTEMA LATERAL



TORRE

DESARROLLO DEL DISEÑO

RAZON DEL NUCLEO: 12 : 1



TORRE

DOCUMENTOS CONSTRUCTIVOS

KEY PARAMETERS

Losas

Luz: 8.5m/28 ft

Espesor: 18cm/7 in

Hormigon: 6,000 psi

Muros

Espesor: 75cm/30” – 60cm/24”

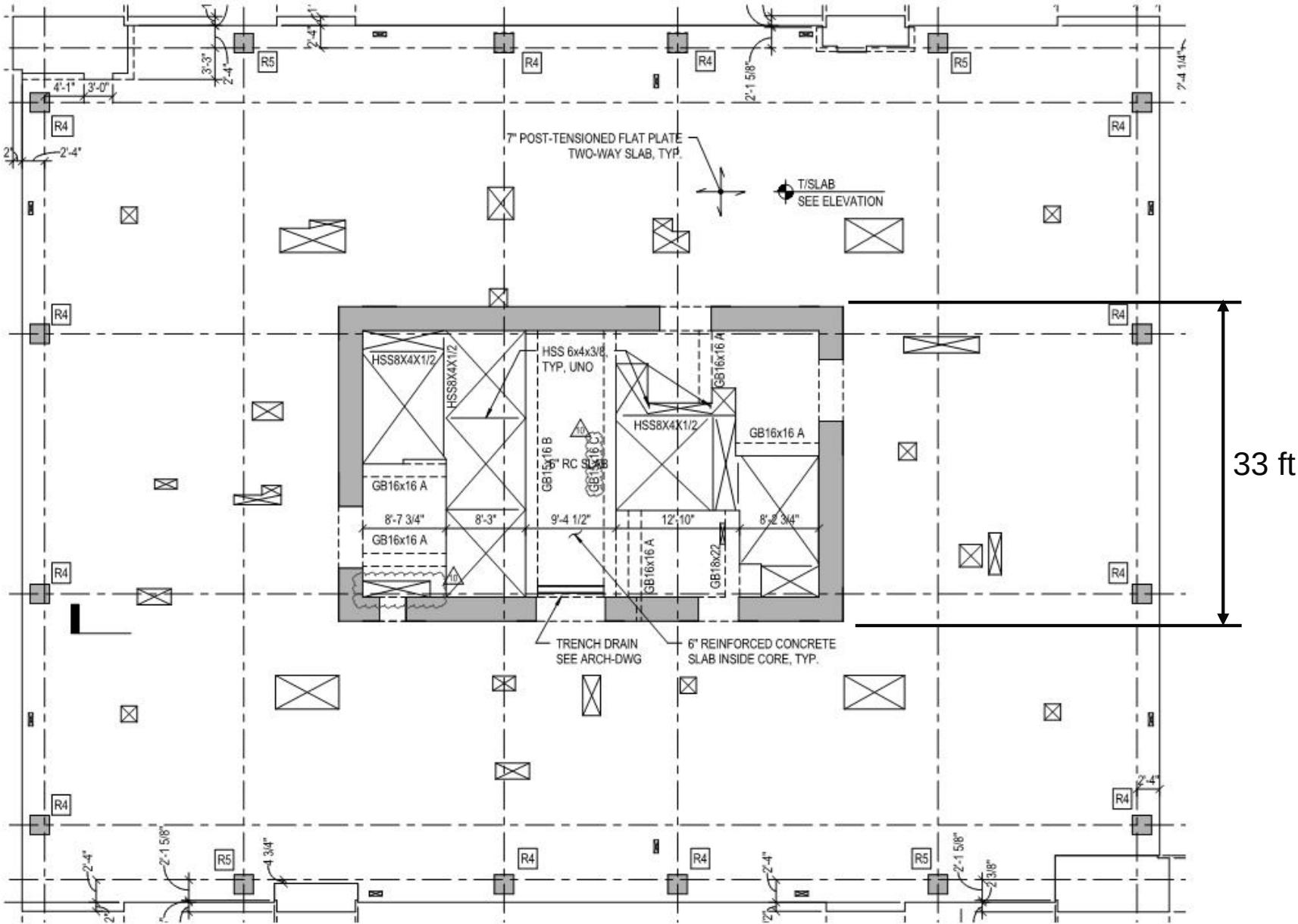
Hormigon: 55 MPa / 8,000 psi

Vigas de Acople

Profundidad: 55c22”m, 45cm/18”

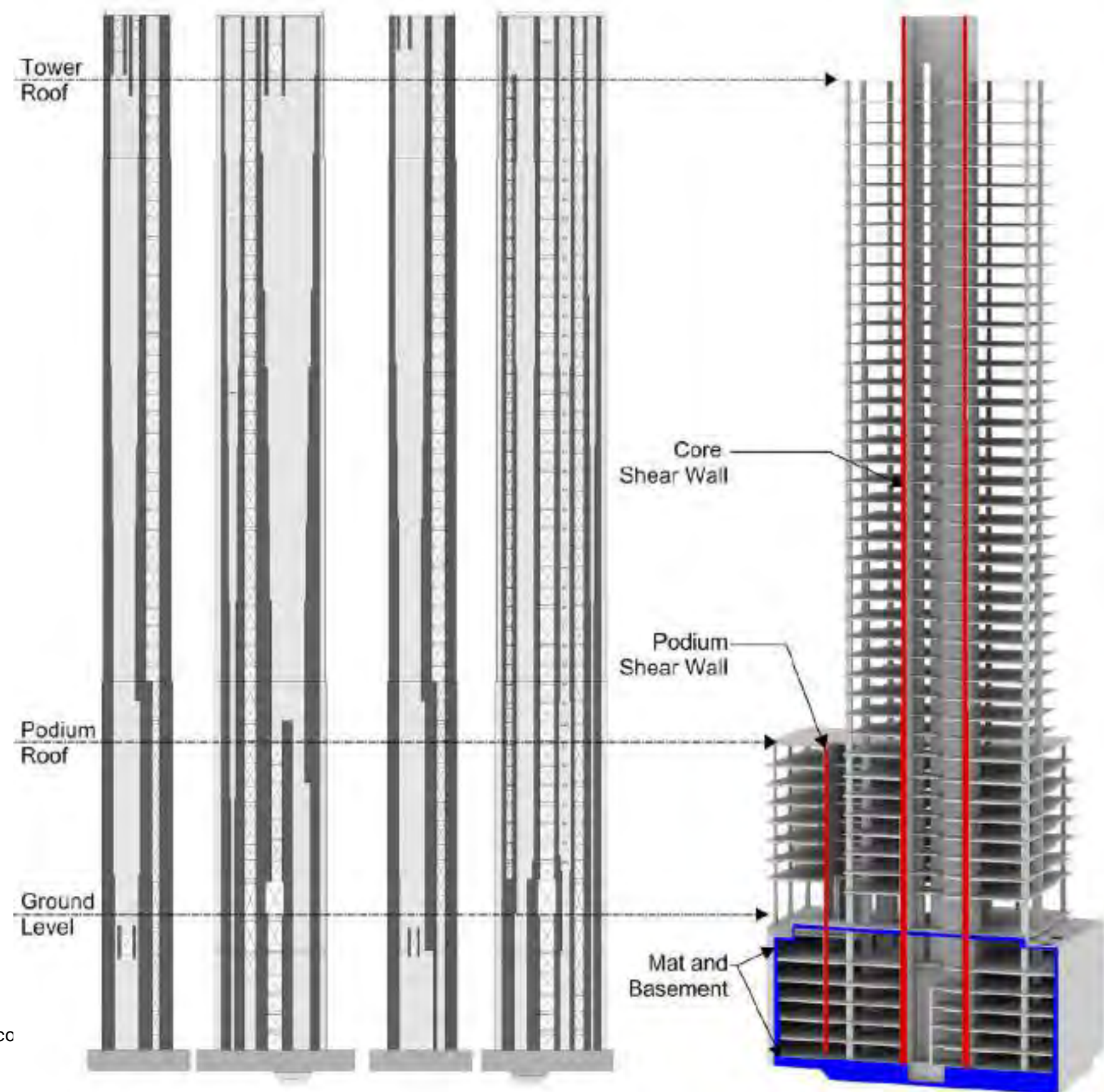
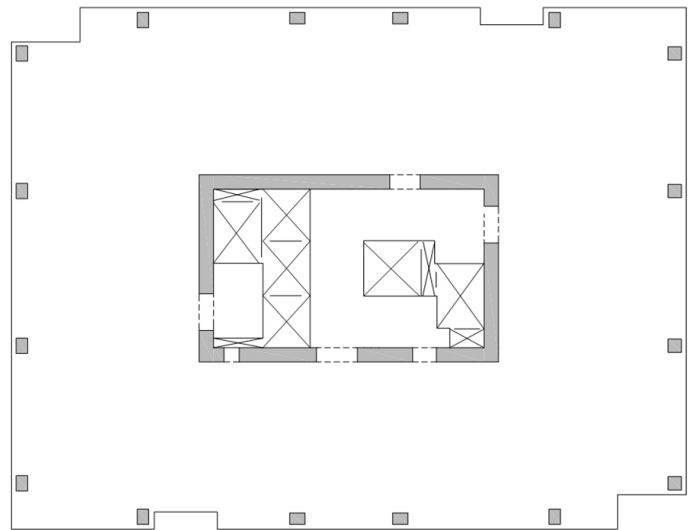
Refuerzo diagonal

Core Aspect Ratio: 12 : 1



NUCLEO DE LA TORRE

ELEVACION



RESUMEN DE DESINO

DISENO PRESCRIPTIVO LINEAL

Sismo Nivel Diseno (DE)

Modelo ETABS con espectro específico de sitio

Chequeos globales de código y drift cumplidos

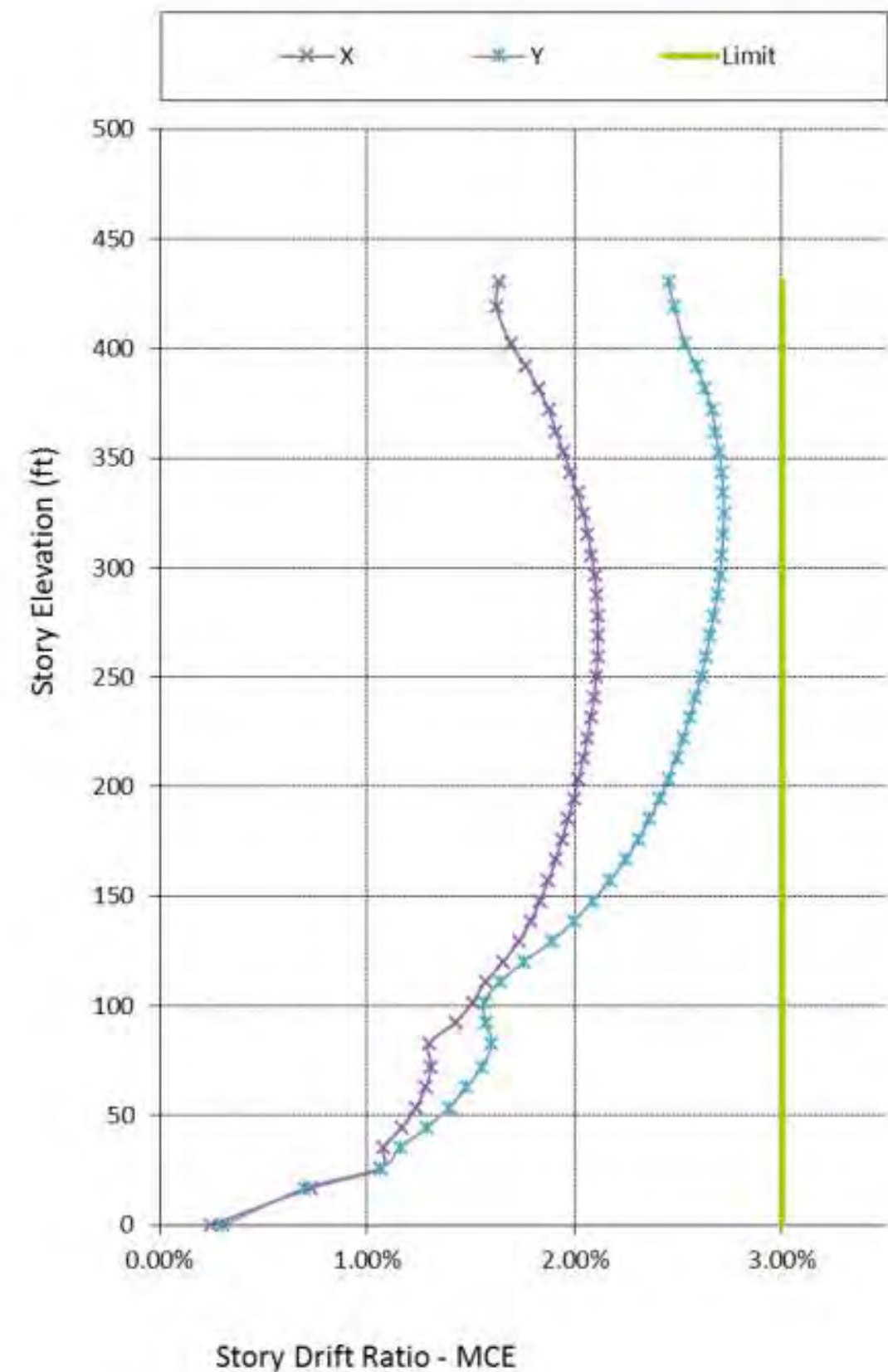
Todos los componentes satisfacen los requerimientos prescriptivos

Sismo de Servicio y Máximo (SLE & MCE_R)

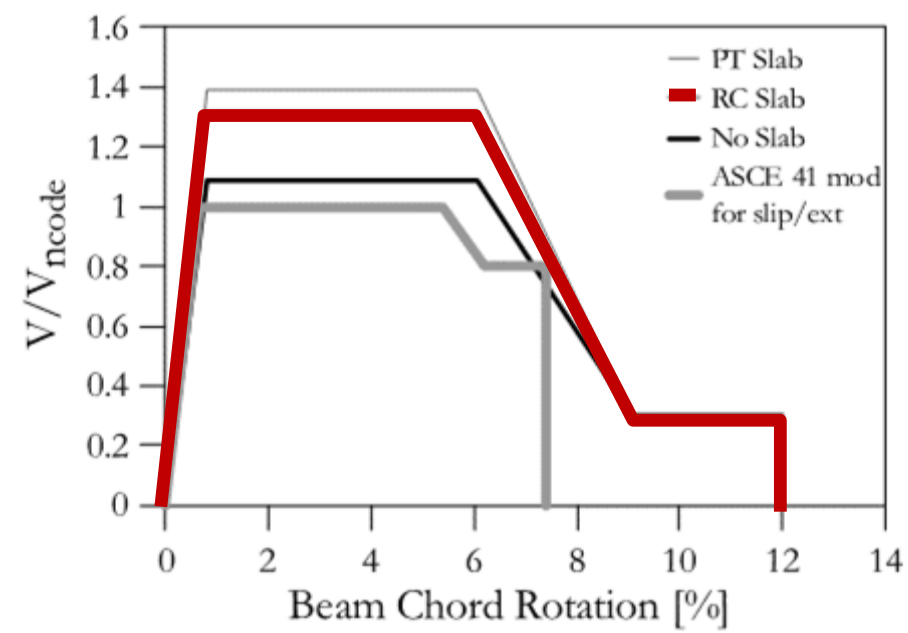
Modelo ETABS con espectro específico de sitio

Chequeos globales de código y drift cumplidos (0.5% & 3%)

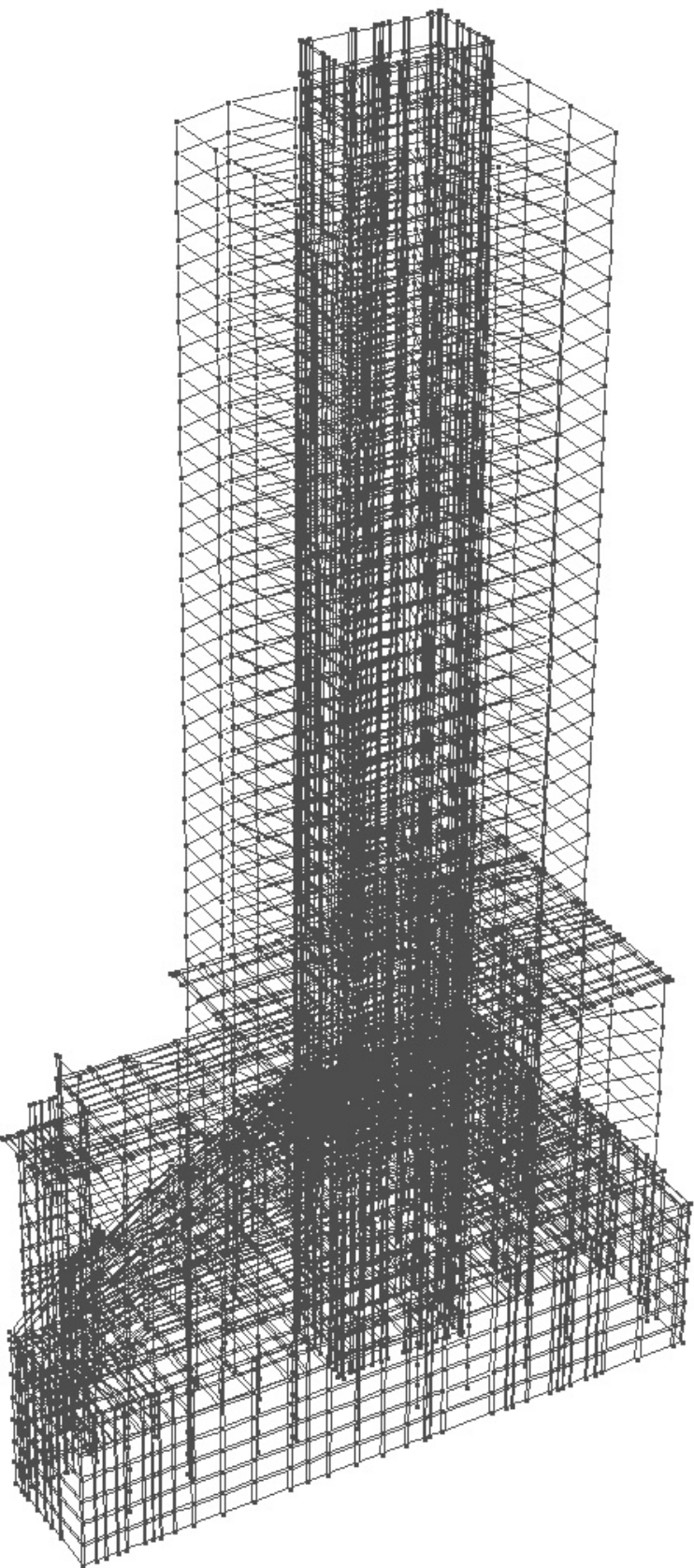
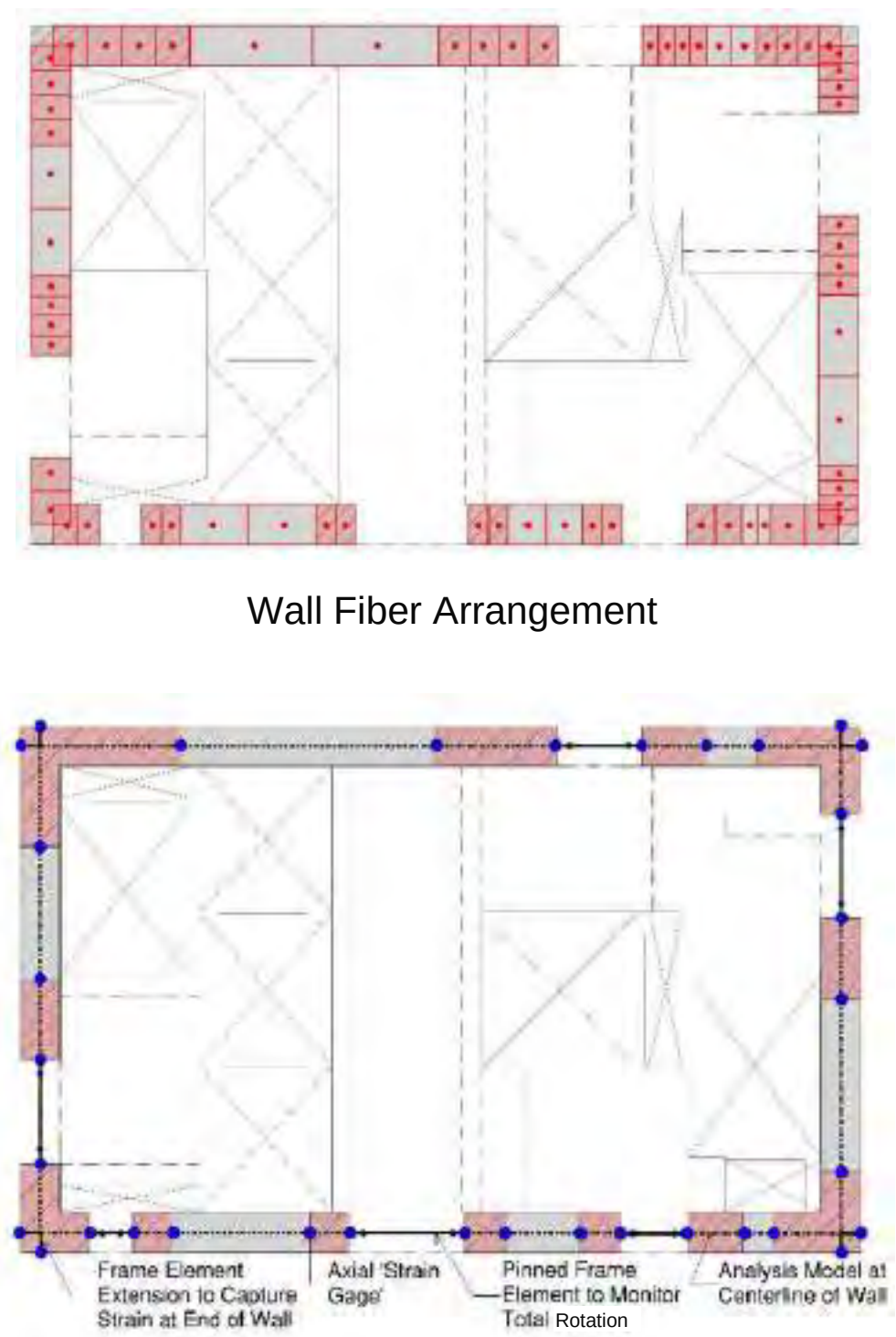
Todos los componentes satisfacen los requerimientos prescriptivos



MODELO NO LINEAL

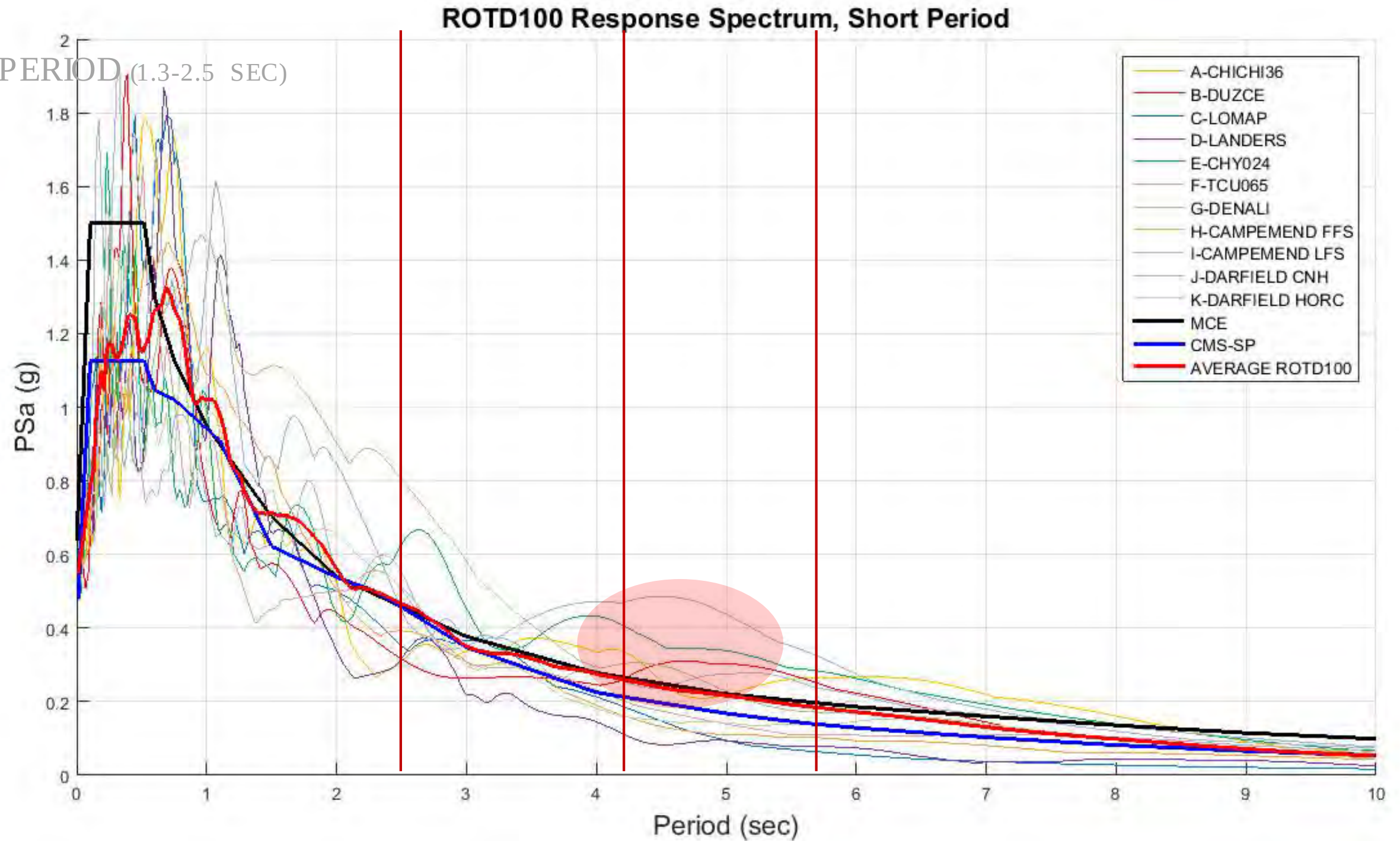


Modelamiento de viga de acople con losa

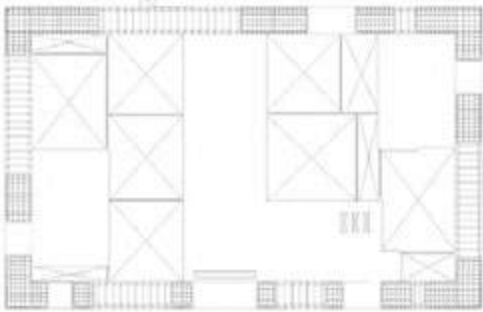


REGISTROS

CMS-SHORT PERIOD (1.3-2.5 SEC)

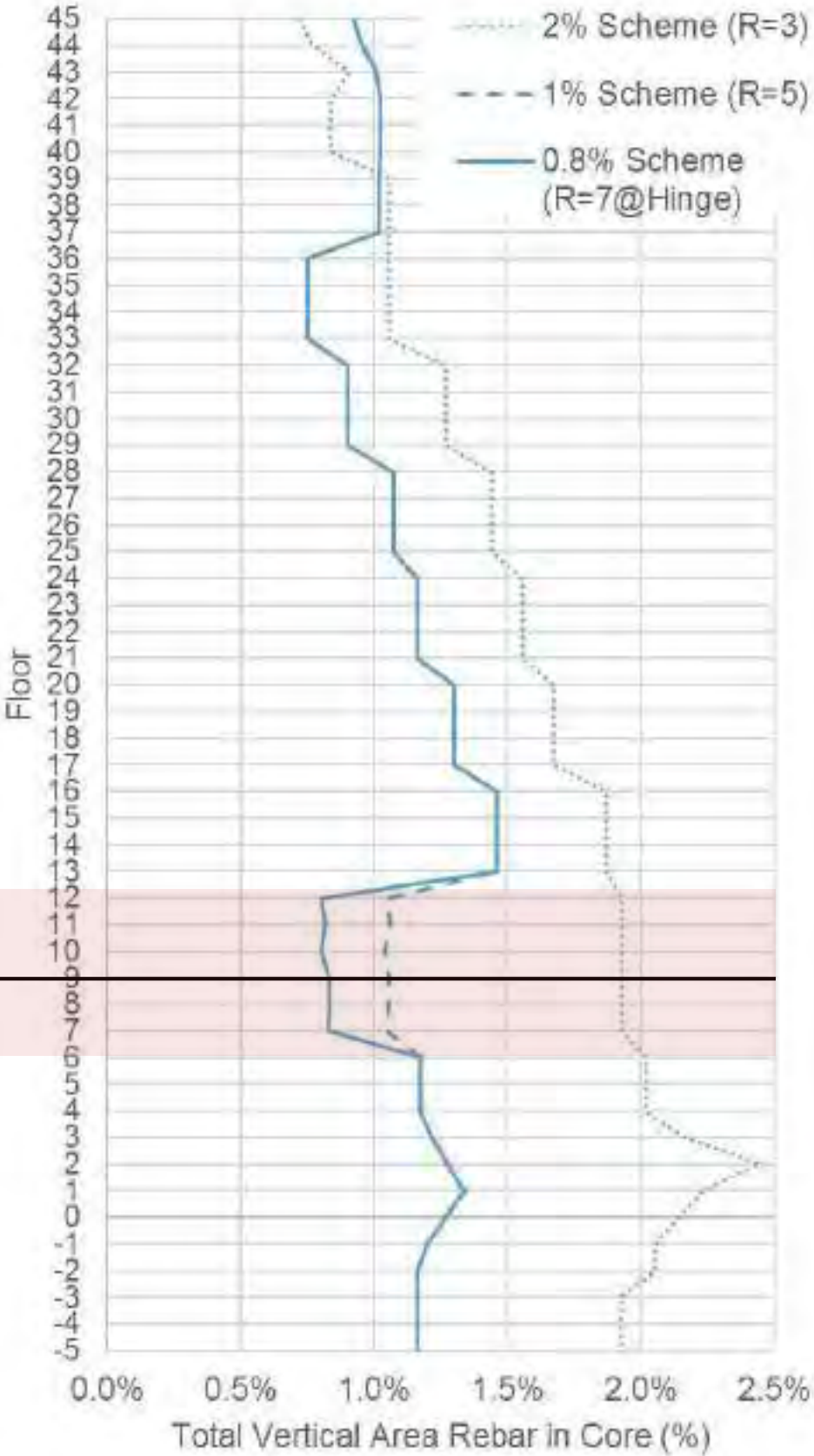
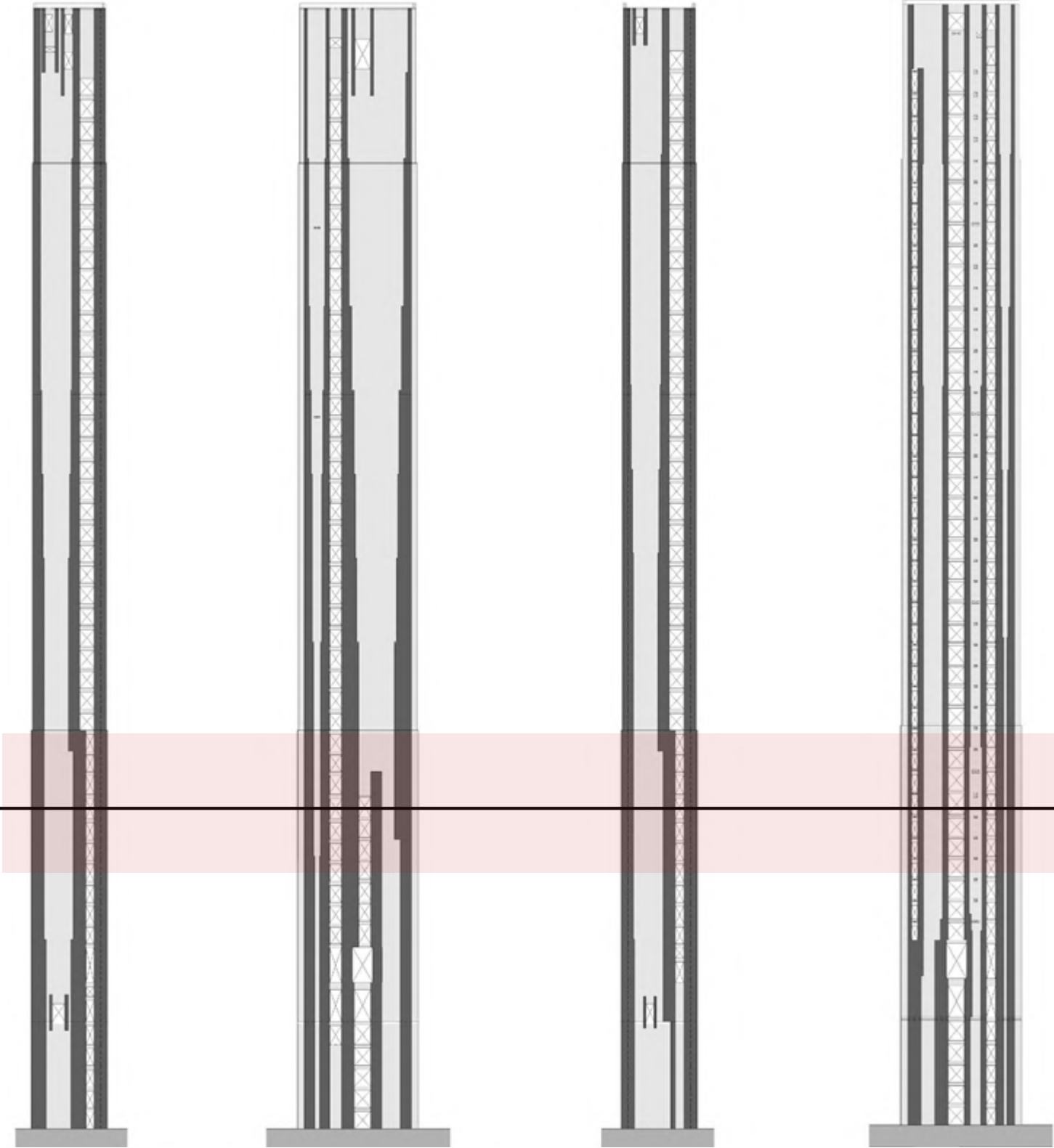


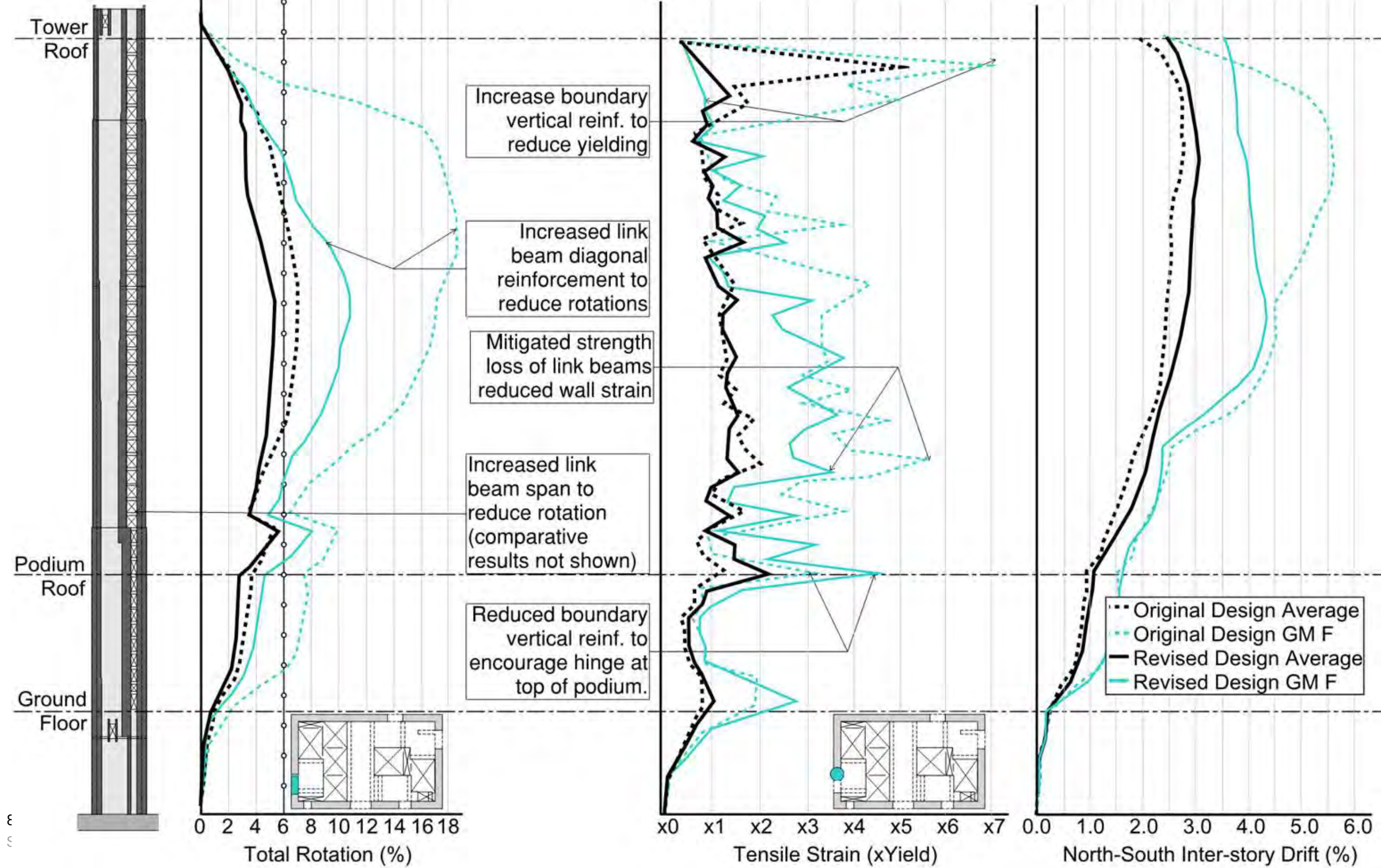
NUCLEO
ROTULA



LEVEL 9

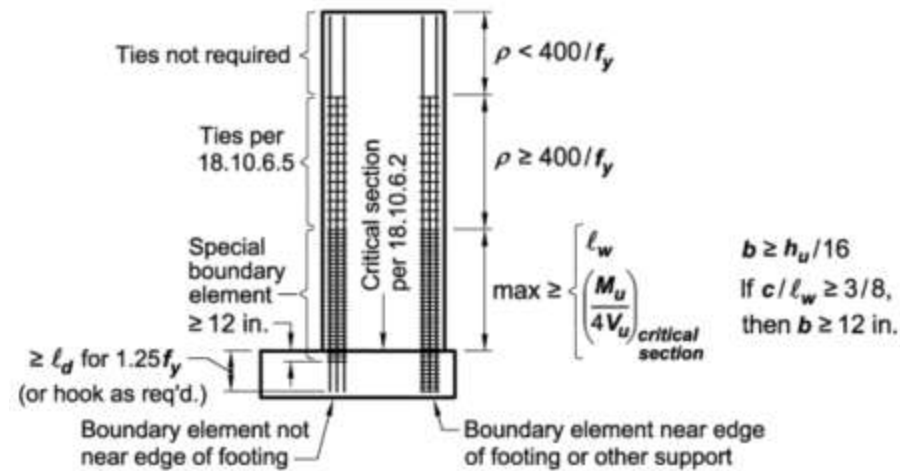
TOP OF PODIUM



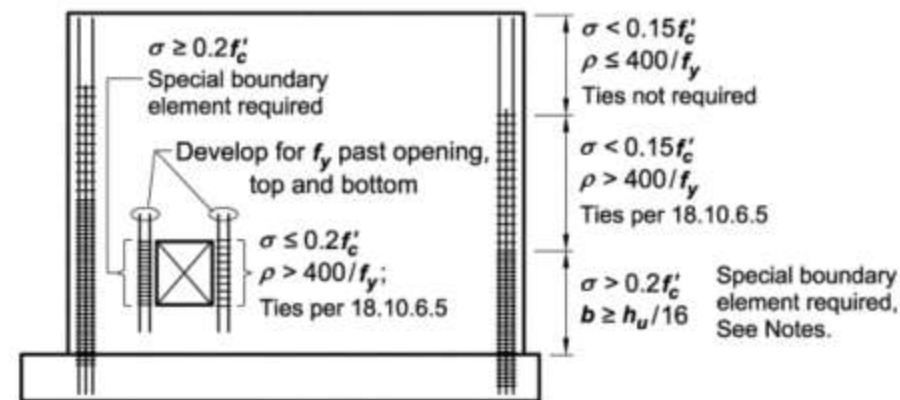


DEMANDAS DE TENSION

DISTRIBUCIÓN DEL CONFINAMIENTO BASADO NLRHA



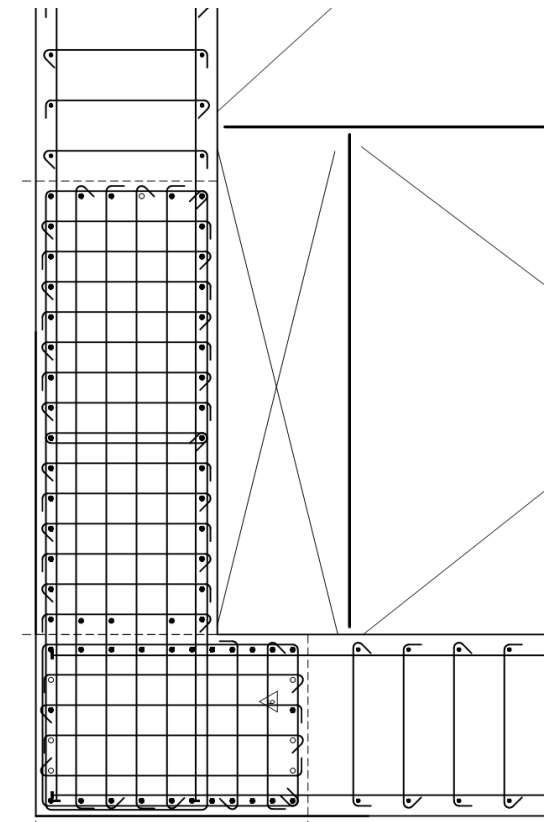
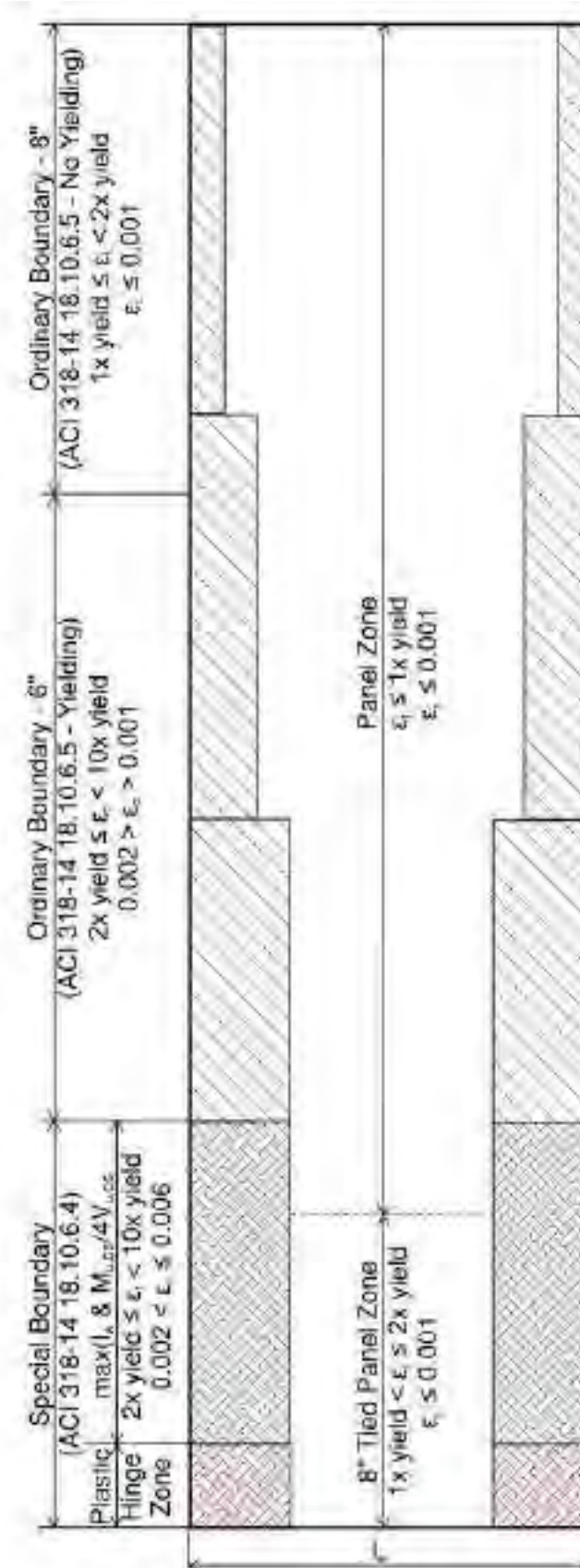
(a) Wall with $h_w/l_w \geq 2.0$ and a single critical section controlled by flexure and axial load designed using 18.10.6.2, 18.10.6.4, and 18.10.6.5



Notes: Requirement for special boundary element is triggered if maximum extreme fiber compressive stress $\sigma \geq 0.2f'_c$. Once triggered, the special boundary element extends until $\sigma < 0.15f'_c$. Since $h_w/l_w \leq 2.0$, 18.10.6.4(c) does not apply.

(b) Wall and wall pier designed using 18.10.6.3, 18.10.6.4, and 18.10.6.5

Fig. R18.10.6.4.2—Summary of boundary element requirements for special walls.

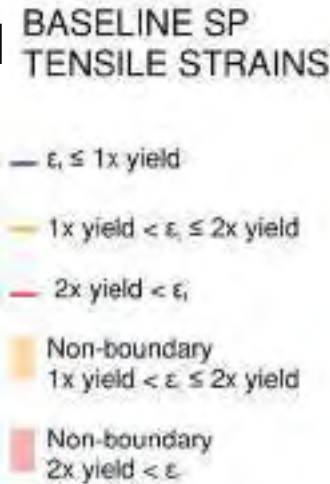


Compressive Strain Limits
Unconfined Limit = $0.003/2^{*}/1.5^{**} = 0.001$
Ordinary Limit = $0.004/2^{*} = 0.002$
Special Limit = $0.013/2^{*} = 0.006$
^{*}Reduction in limit by 2 per Wallace, 2007
^{**}Reduction in limit by 1.5 due to force-controlled action

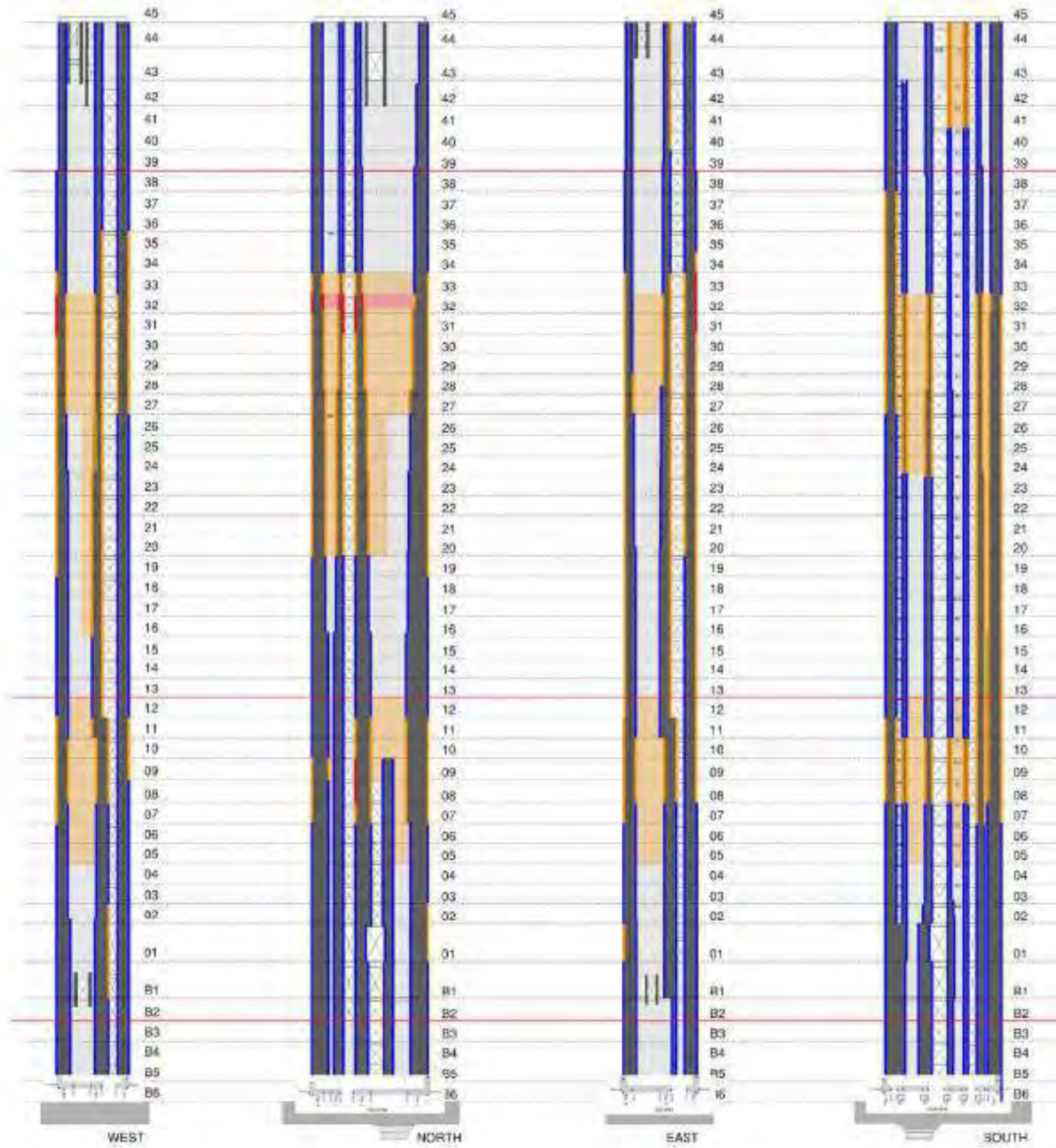
Tensile Strain Limits
Unrestrained bar limit = $1x \text{ yield}$
 $8'' \text{ spacing bar restraint} = 2x \text{ yield}$
 $6'' \text{ spacing bar restraint} = 10x \text{ yield}$

DEMANDAS DE TENSION

APLICADAS AL NUCLEO

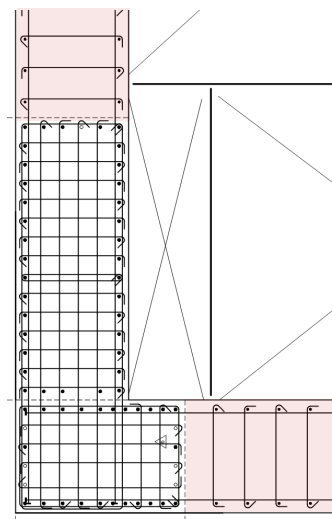


8ª Jornada de la Comisión Permanente del Código Moc
SKIDMORE, OWINGS & MERRILL

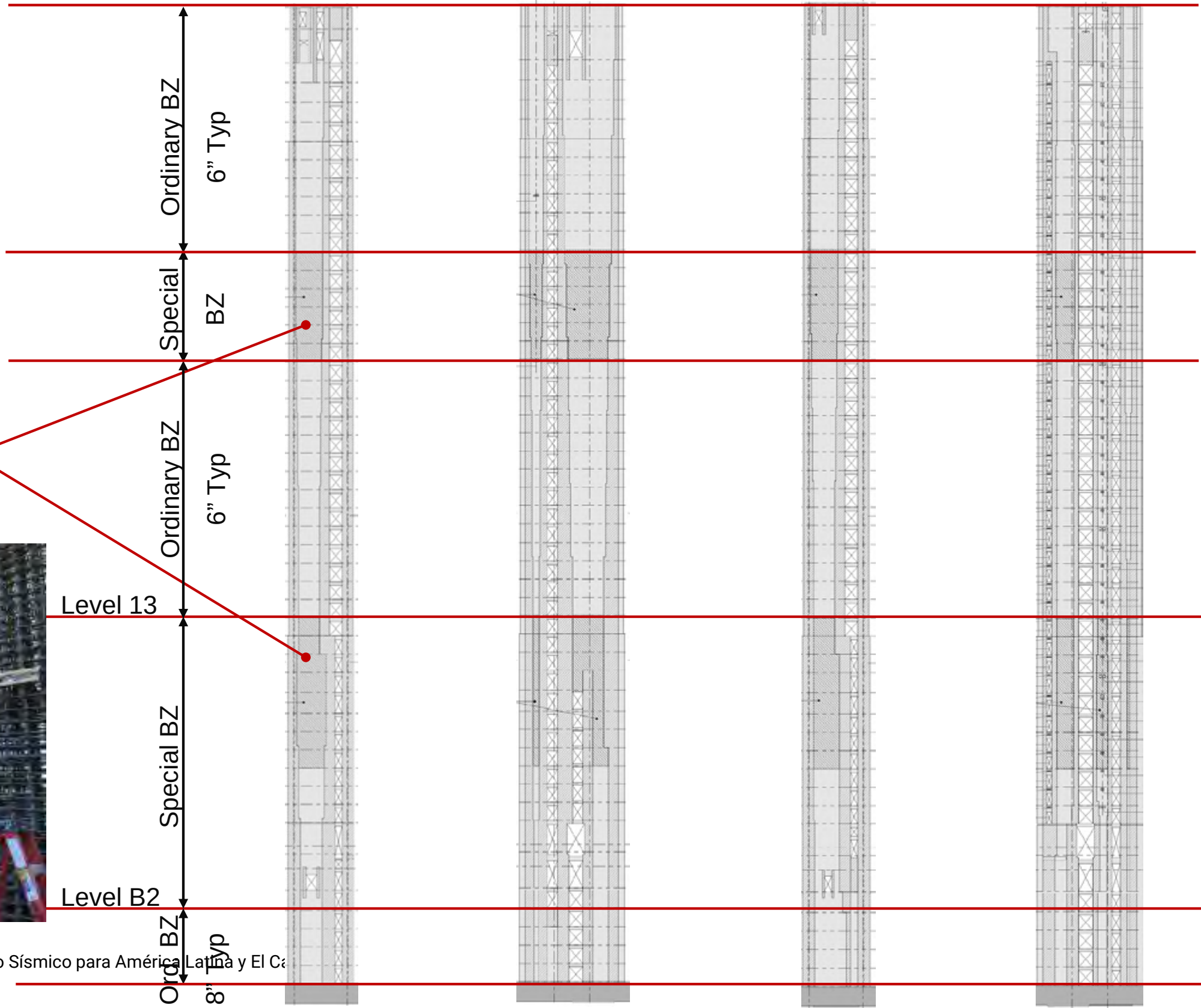


DEMANDAS DE TENSION

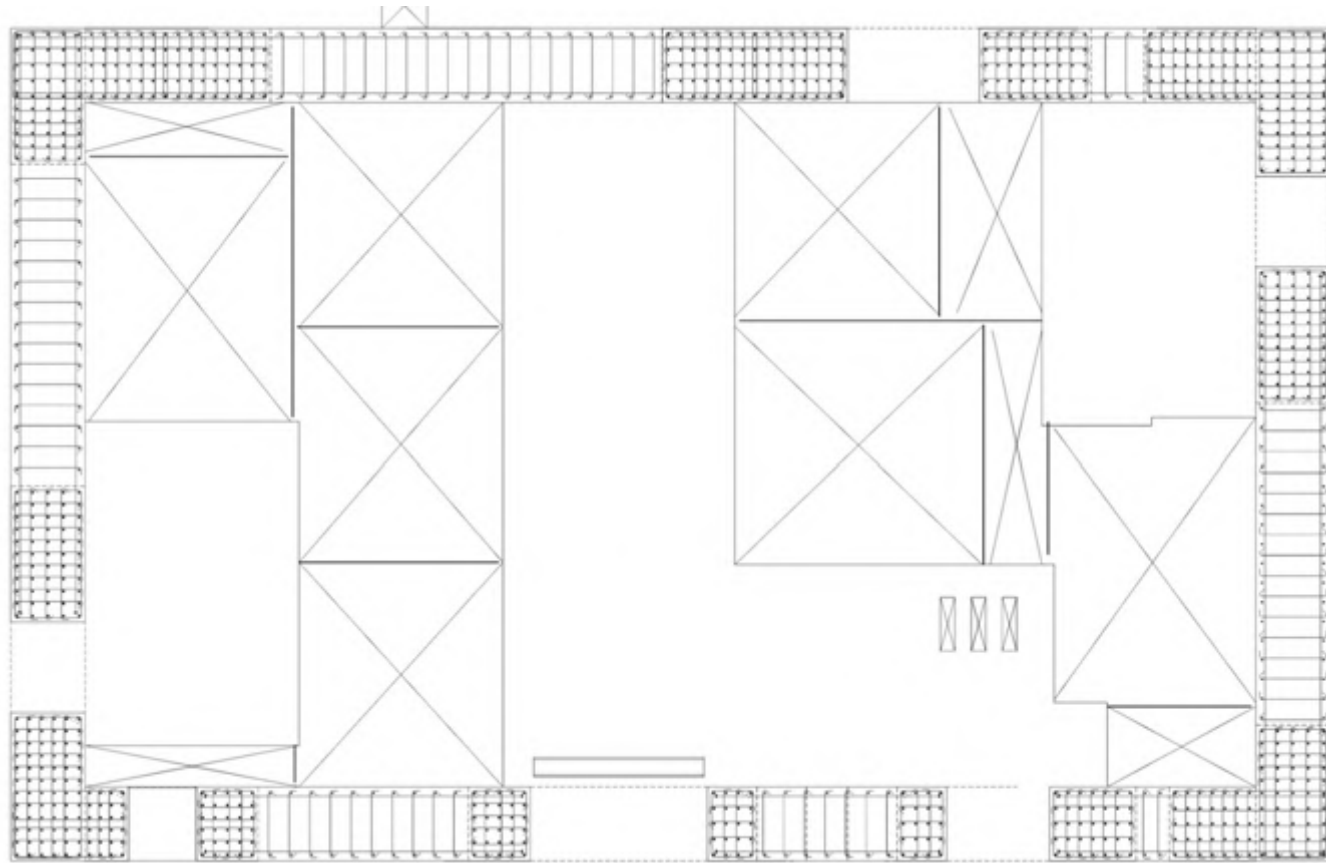
APLICADAS AL NUCLEO



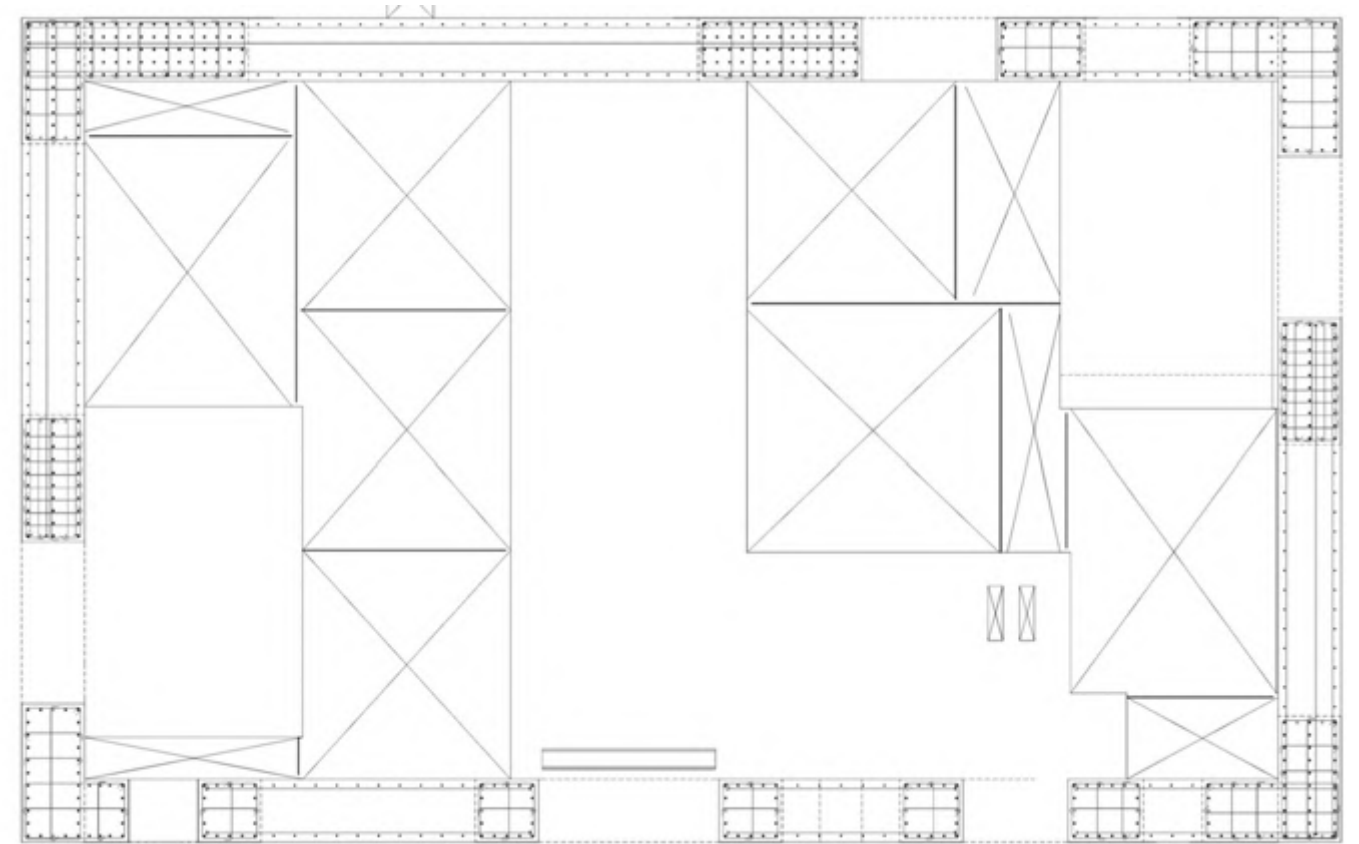
Panel
Ties



COMPARACIÓN DEL REFUERZO



Diseño Original Usando RS



Diseño utilizando los resultados NLRHA

(~ 500'000 \$)

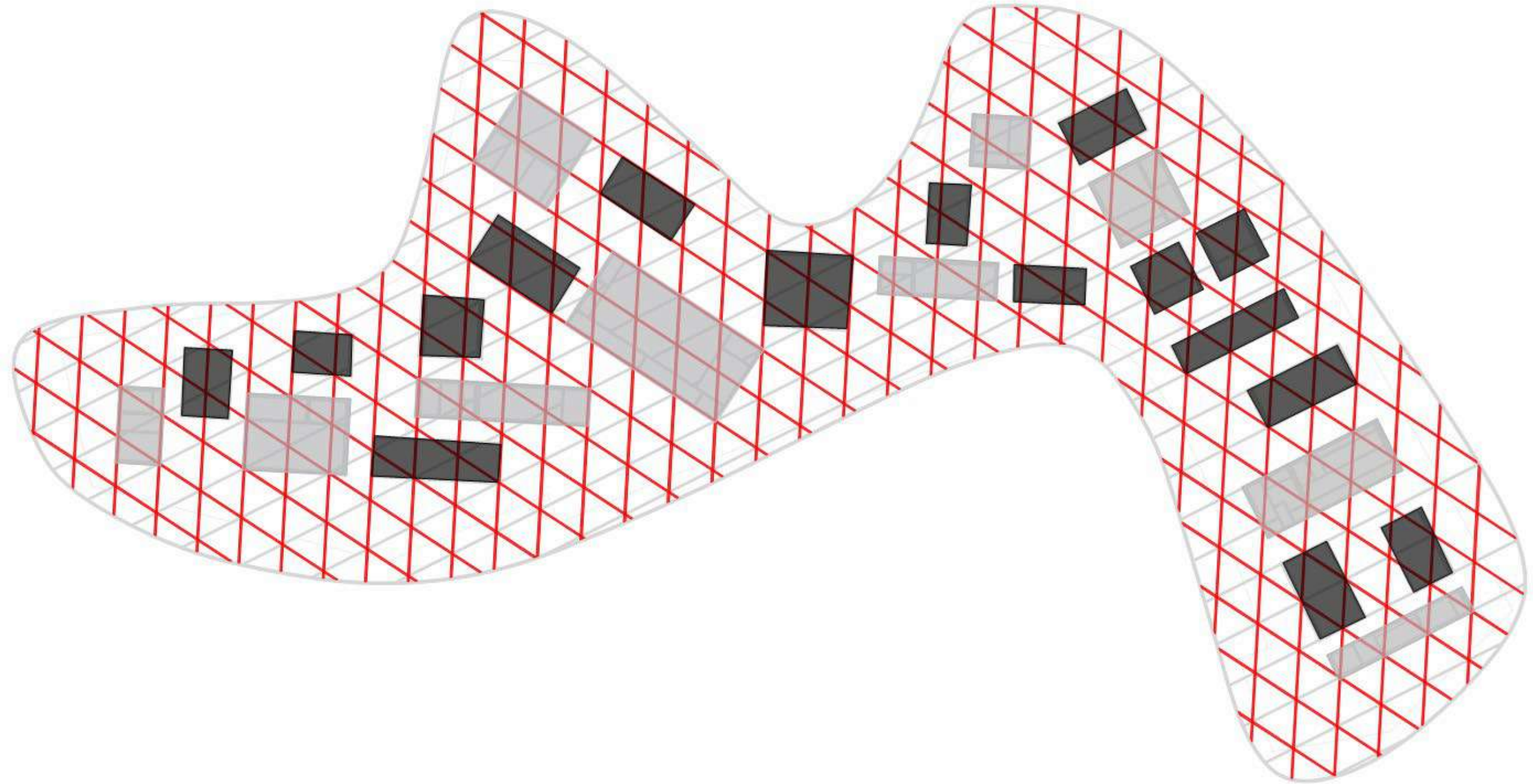


Edificio Con Objetivo de desempeño más alto que la norma

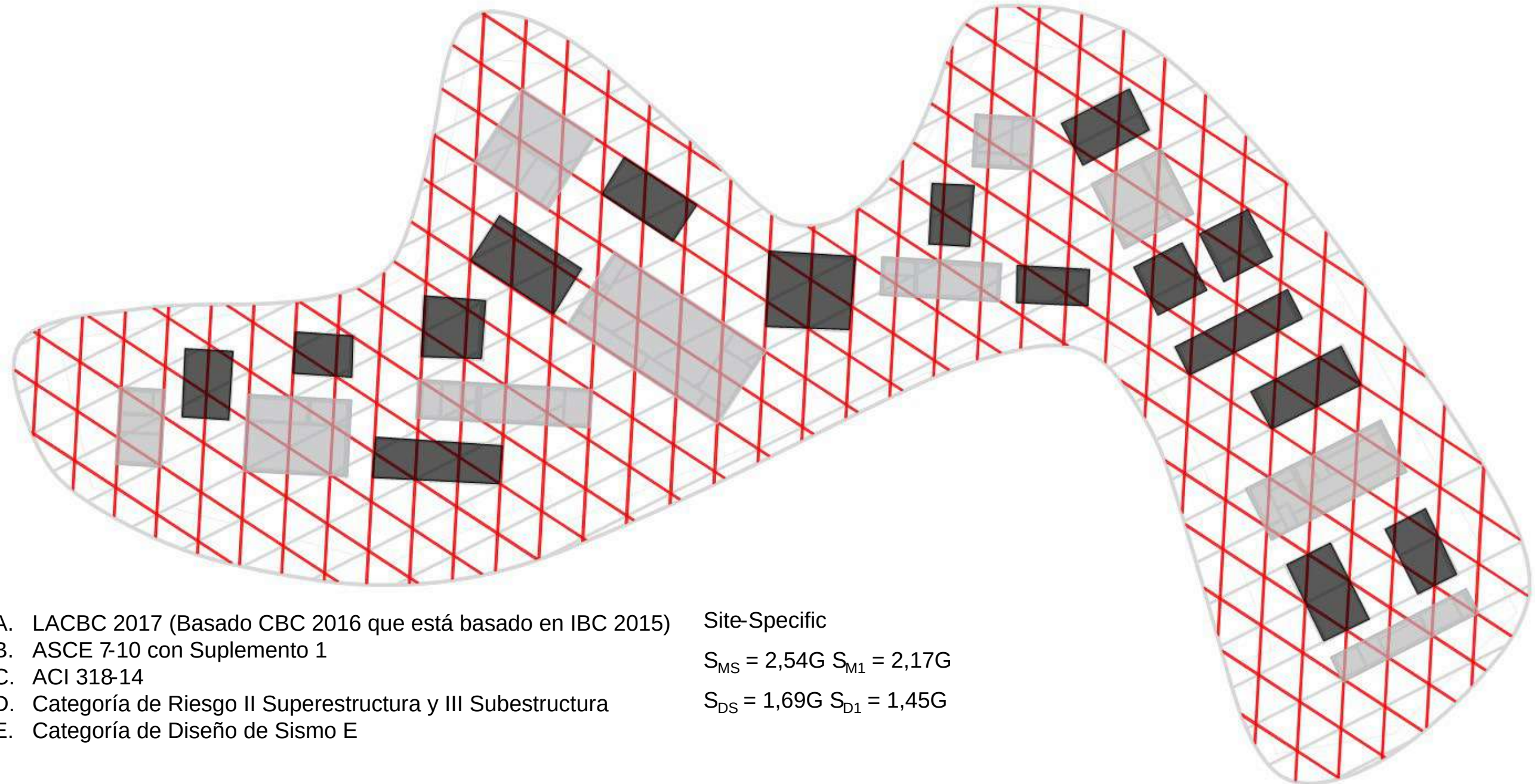




RACIONALIZACIÓN ESTRUCTURAL



RACIONALIZACIÓN ESTRUCTURAL



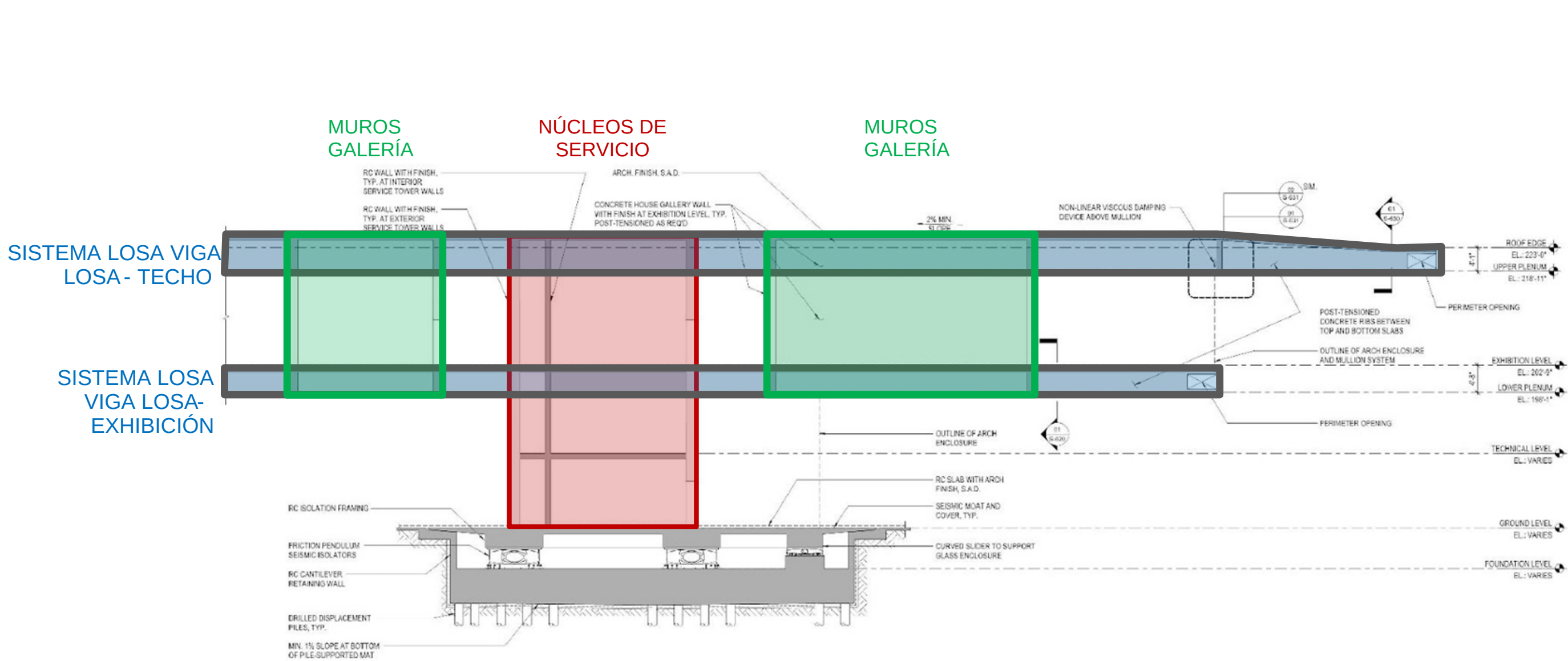
- A. LACBC 2017 (Basado CBC 2016 que está basado en IBC 2015)
- B. ASCE 7-10 con Suplemento 1
- C. ACI 318-14
- D. Categoría de Riesgo II Superestructura y III Subestructura
- E. Categoría de Diseño de Sismo E

Site-Specific

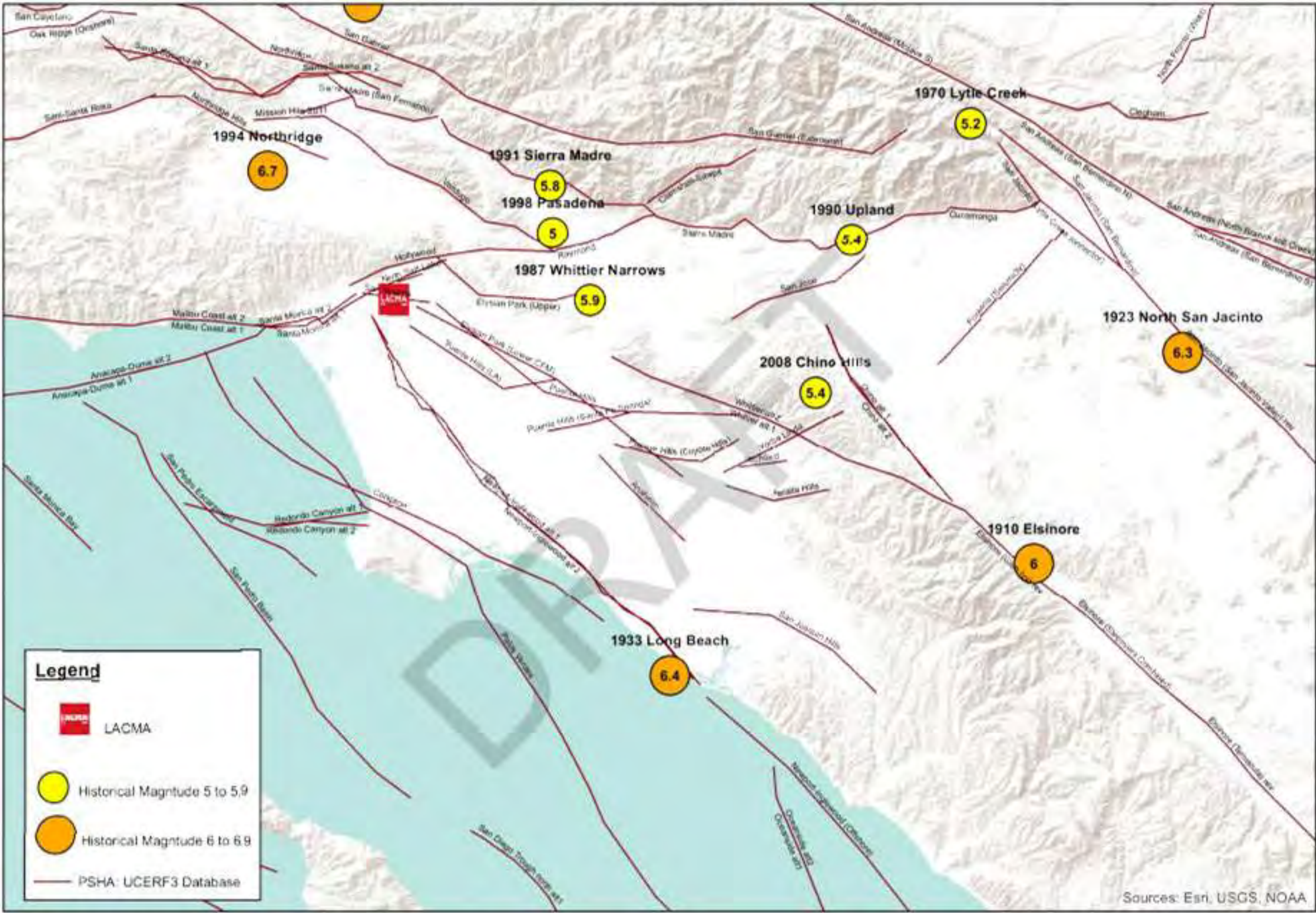
$$S_{MS} = 2,54G \quad S_{M1} = 2,17G$$

$$S_{DS} = 1,69G \quad S_{D1} = 1,45G$$

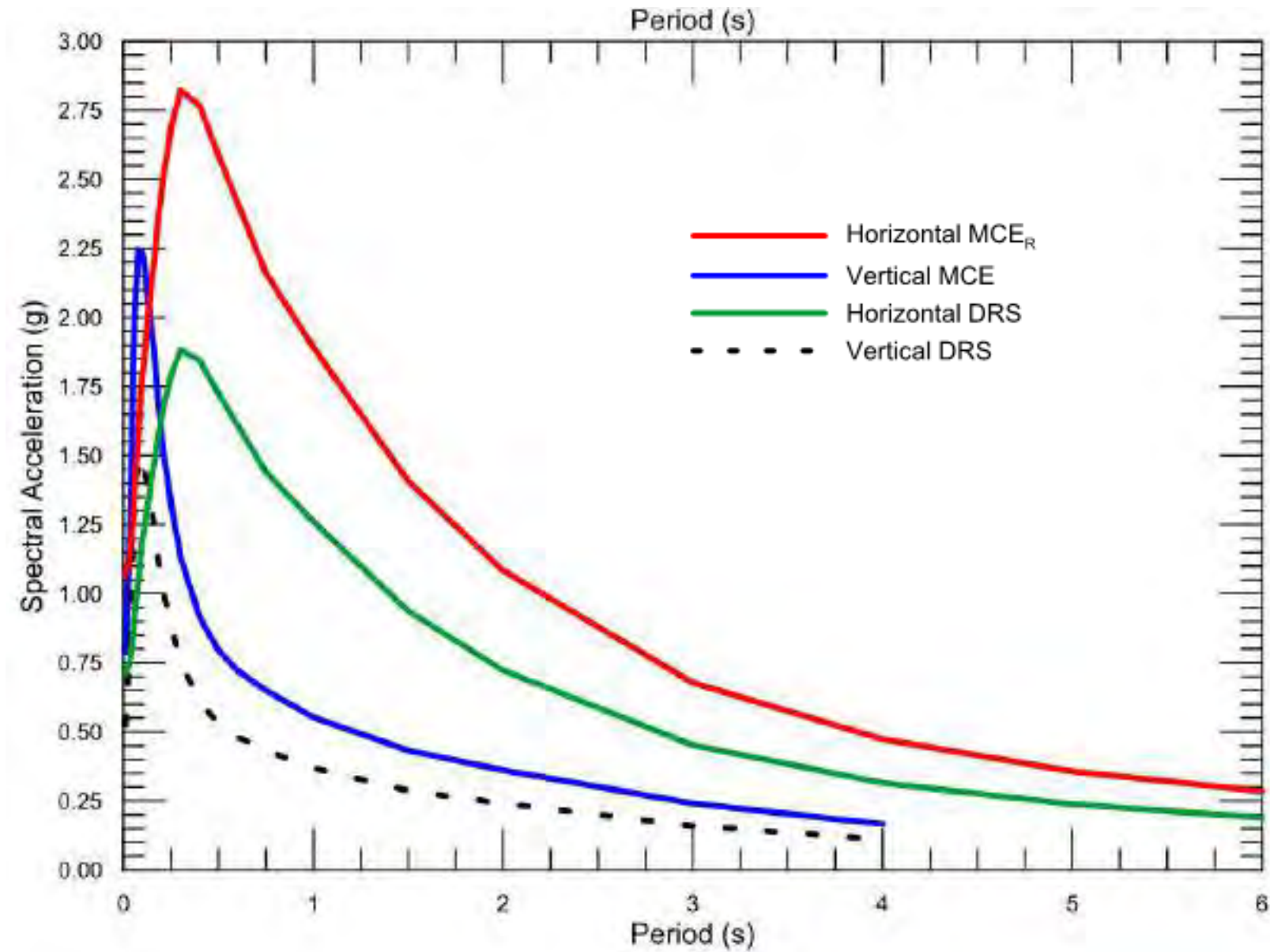
JERARQUÍA ESTRUCTURAL



RIESGO SÍSMICO

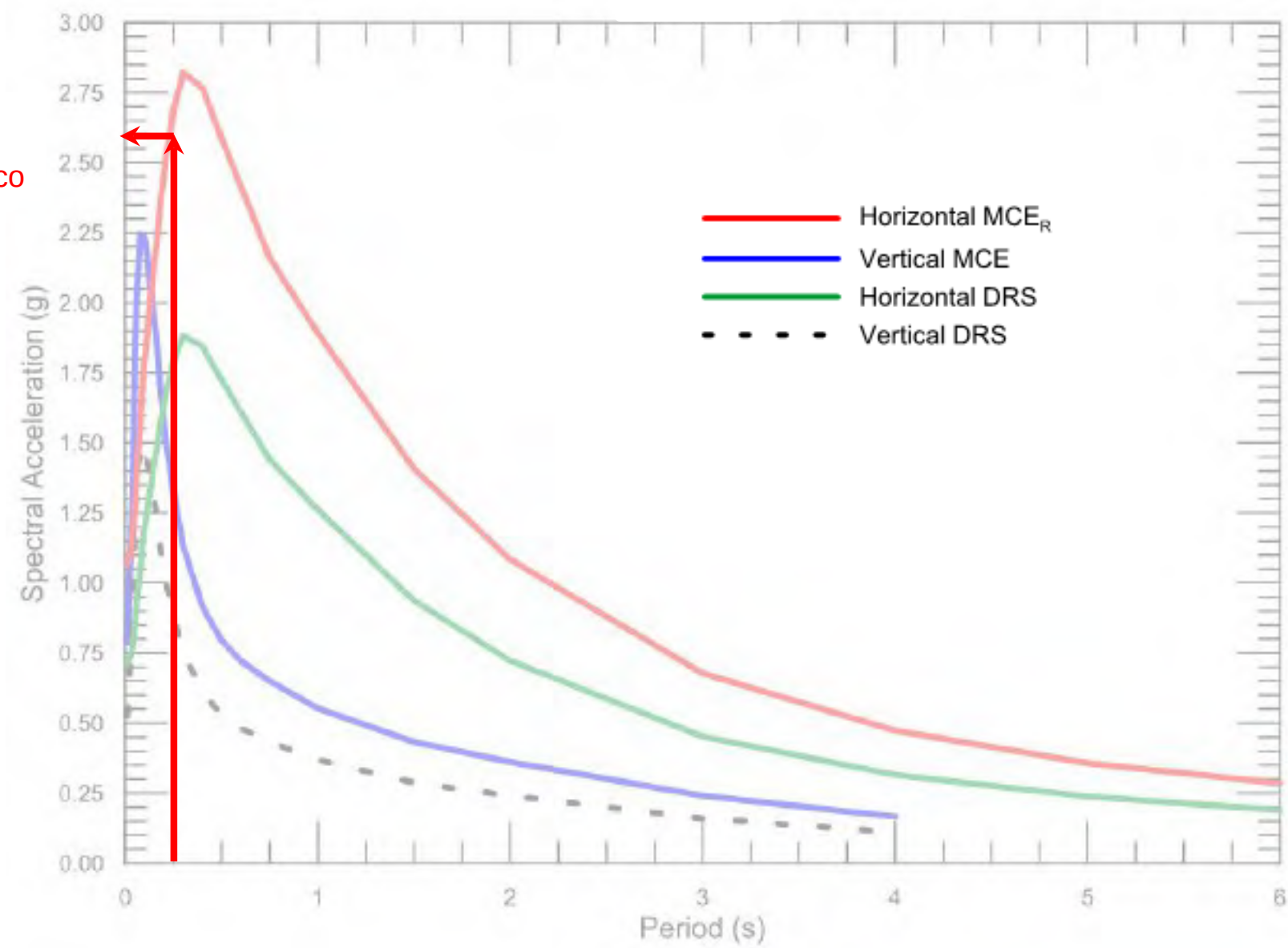


ESPECTROS SÍSMICOS ESPECÍFICOS DE SITIO

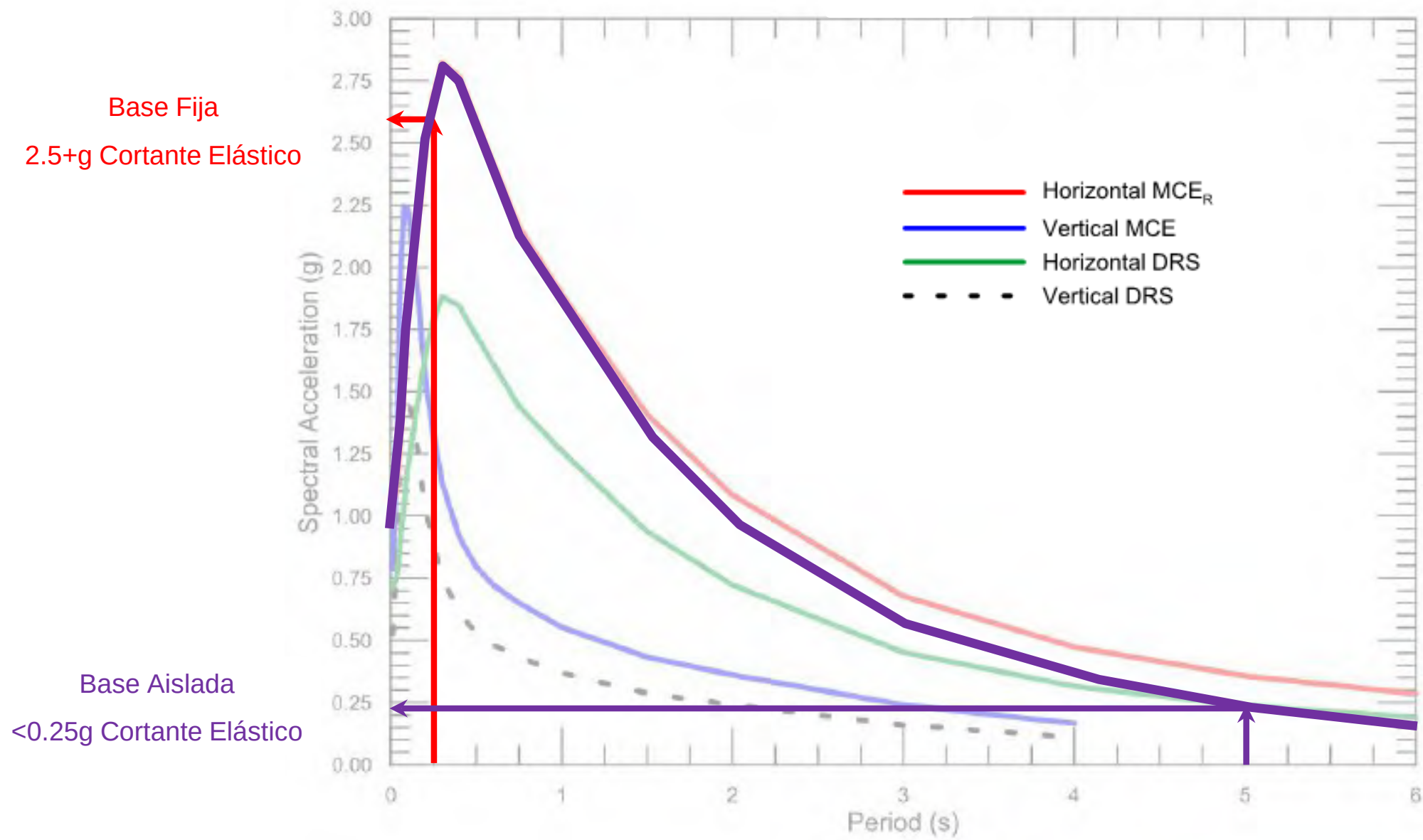


ESPECTROS SÍSMICOS ESPECÍFICOS DE SITIO

Base Fija
2.5+g Cortante Elástico

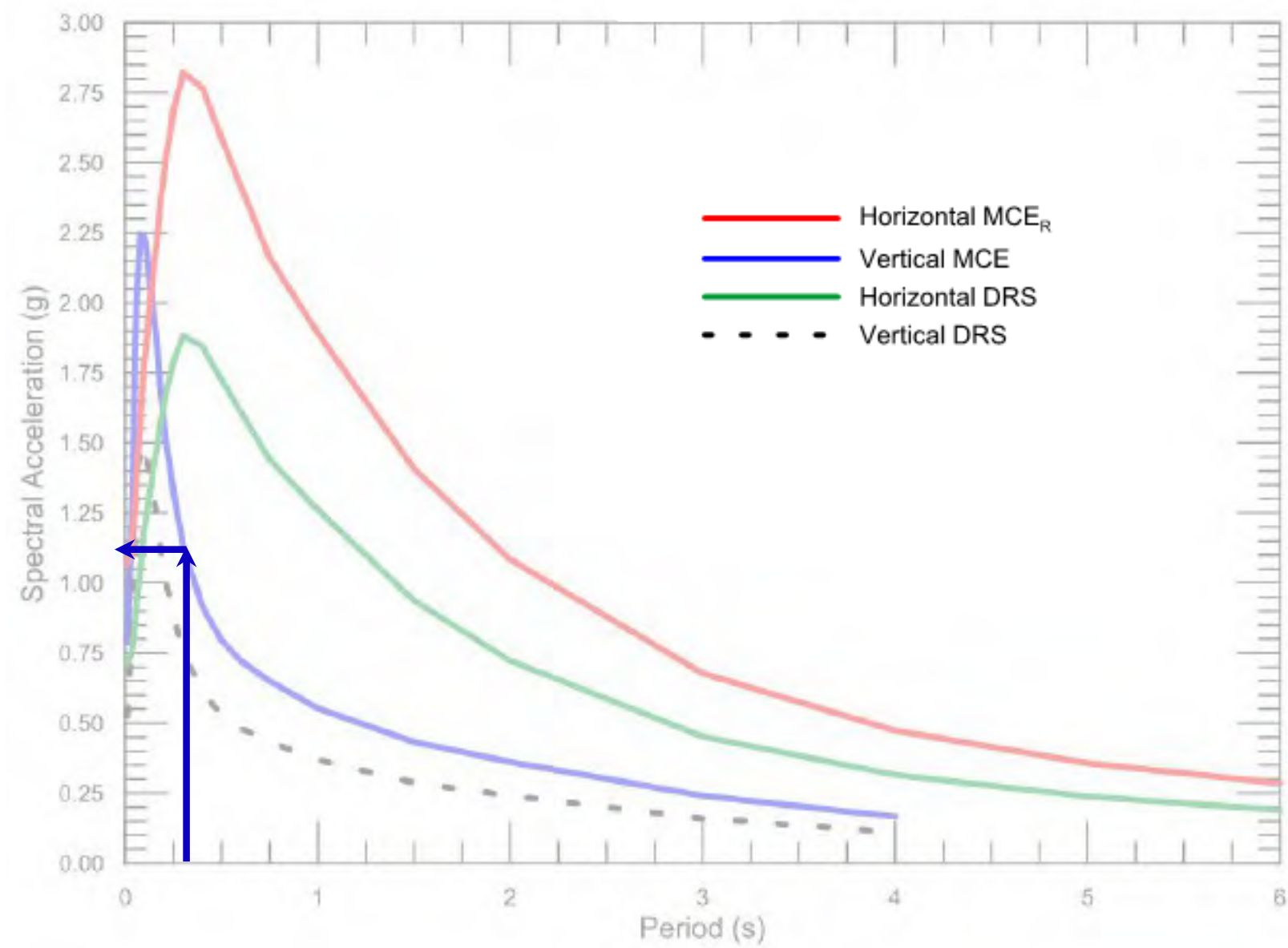


ESPECTROS SÍSMICOS ESPECÍFICOS DE SITIO



ESPECTROS SÍSMICOS ESPECÍFICOS DE SITIO

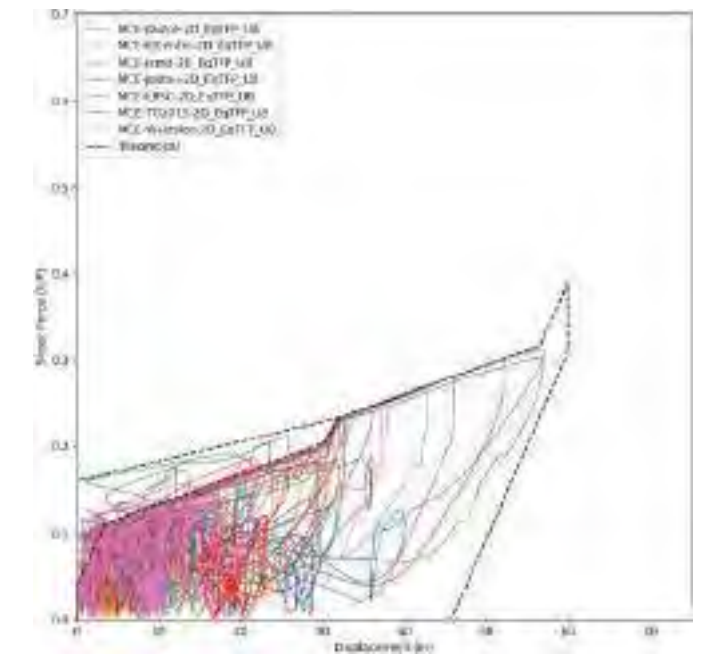
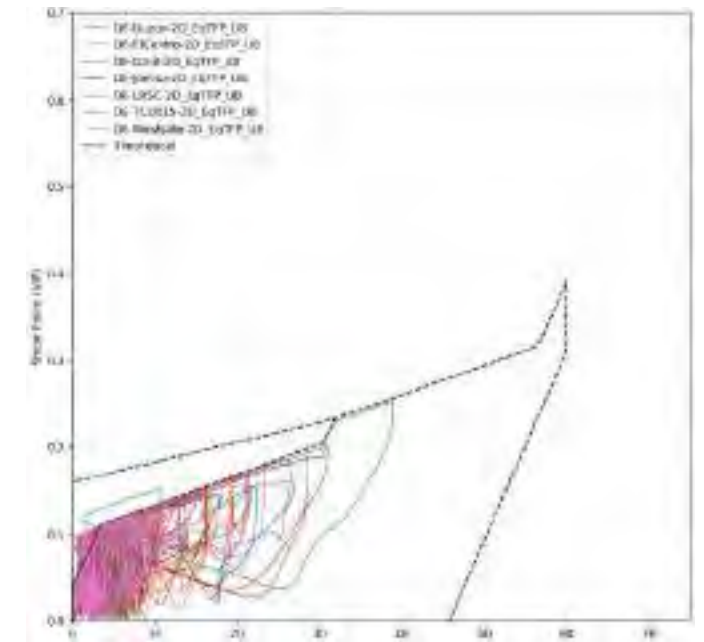
Demanda Vertical
1.0+g



AMORTIGUADORES VERTICALES INTEGRADOS CON LA FACHADA



AISLAMIENTO SÍSMICO HORIZONTAL



APOYO PENDULAR TRIPLE: ENSAYOS DINÁMICOS A ESCALA REAL



AISLAMIENTO PENDULAR TRIPLE: CRITERIOS DE DESEMPEÑO

- Desplazamientos del Aislador:
 - Desplazamiento máximo contenido en el Régimen III
 - 10% de reserva de capacidad en la junta sísmica
- Límites Promedio de Distorsiones Máximas de Entrepiso:
 - 0.5% Sismo de Diseño
 - 1.0% Sismo Máximo Considerado
- Límites de Aceleraciones de Piso en el Nivel de Exhibición:
 - 0.50g promedio de aceleración máxima de piso para Sismo de Diseño
 - 1.00g aceleración espectral de piso en el rango de períodos de 0 a 1 s para Sismo de Diseño



SISMO
FRECUENTE



SISMO DE NIVEL DE
SERVICIO (SLE)



SISMO DE DISEÑO
(DE)



PROMEDIO PARA EL SISMO
MÁXIMO CONSIDERADO
(MCER)



VALOR MÁXIMO PARA EL
SISMO MÁXIMO
CONSIDERADO (MCER)



RESERVA DE
CAPACIDAD

ANÁLISIS SÍSMICO TRIDIRECCIONAL NO LINEAL: ACELERACIONES DE PISO



CONSTRUCCIÓN: FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE LOS AISLADORES



















El Futuro

SOM



MOPT



**Pero cuáles son los caminos al desempeño deseado?
Son todos iguales?**

Lo “aprendido”



Lo “aprendido”





Antakya
Hospital Privado
2008-2023
245 Beds

ÖZEL DEFNE HASTANESİ

Day 5 - Antakya
Private Hospital - Fix-based



Nurdağı
Hospital Estatal - Fix-based
2016
26 Beds



Day 4 - Nurdağı
State Hospital - Fix-based



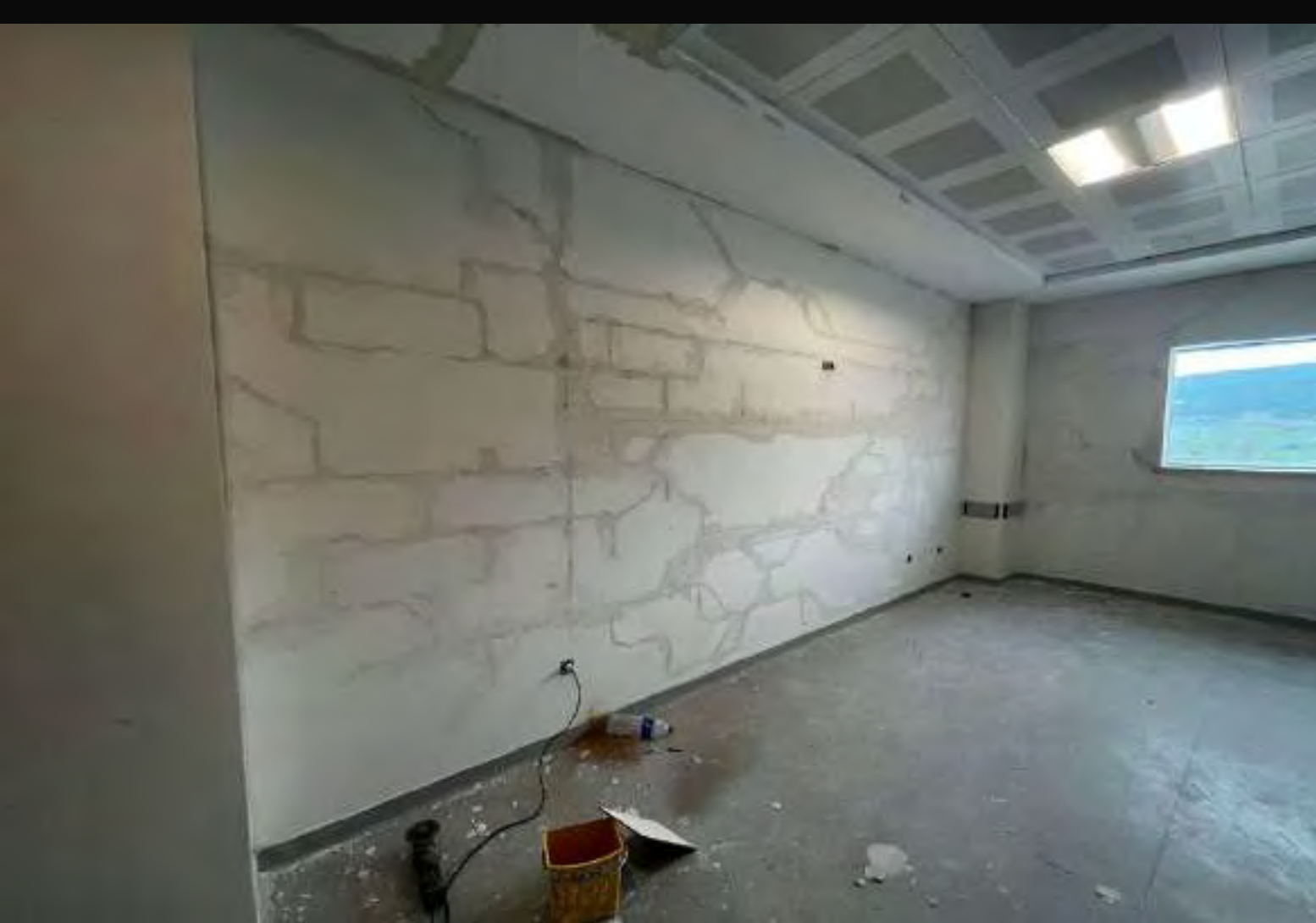
Pazarcik
Hospital Estatal - Fix-based
2020
125 Beds



Day 4 - Pazarcik
State Hospital - Fix-based



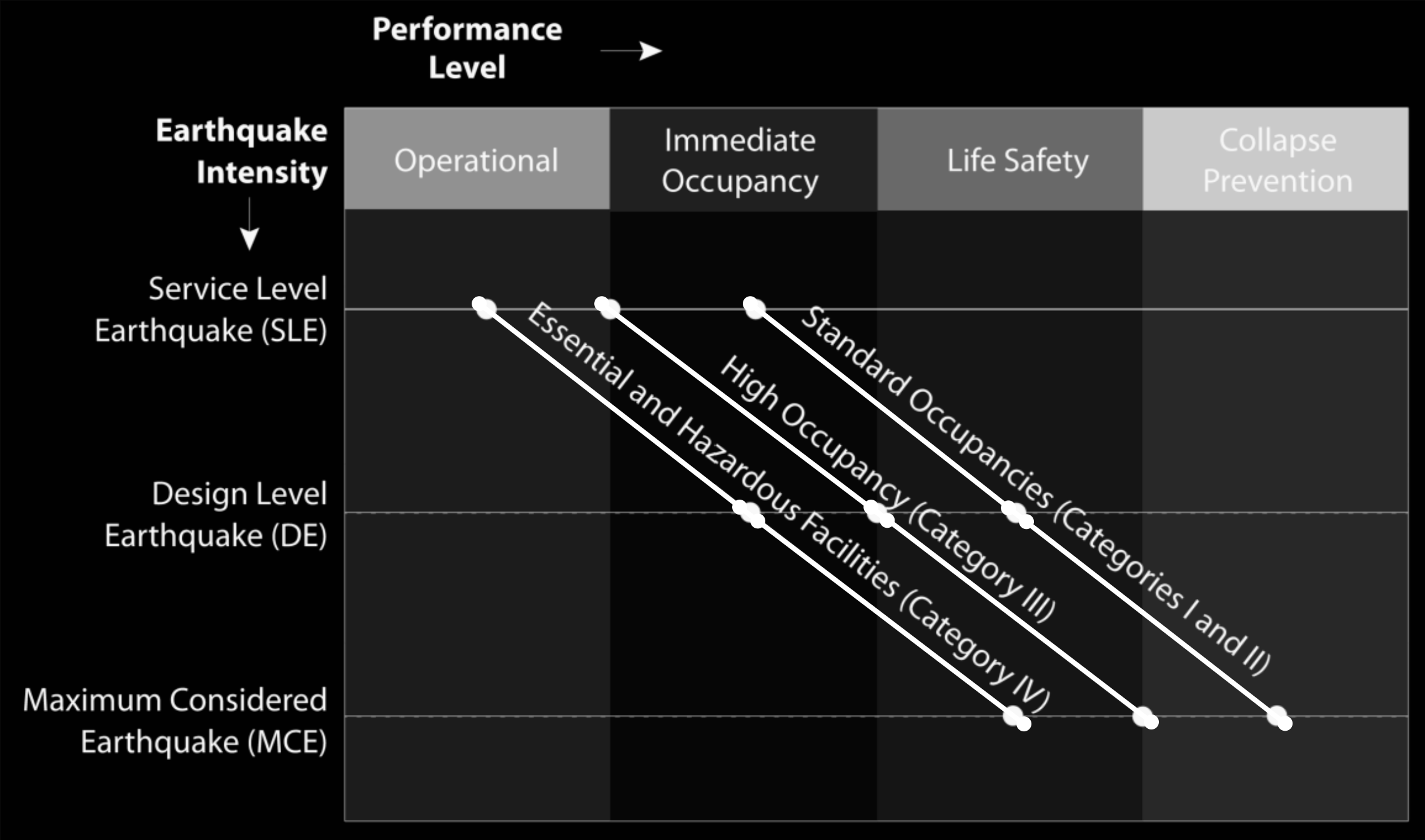
Day 4 - Pazarcik
State Hospital - Fix-based



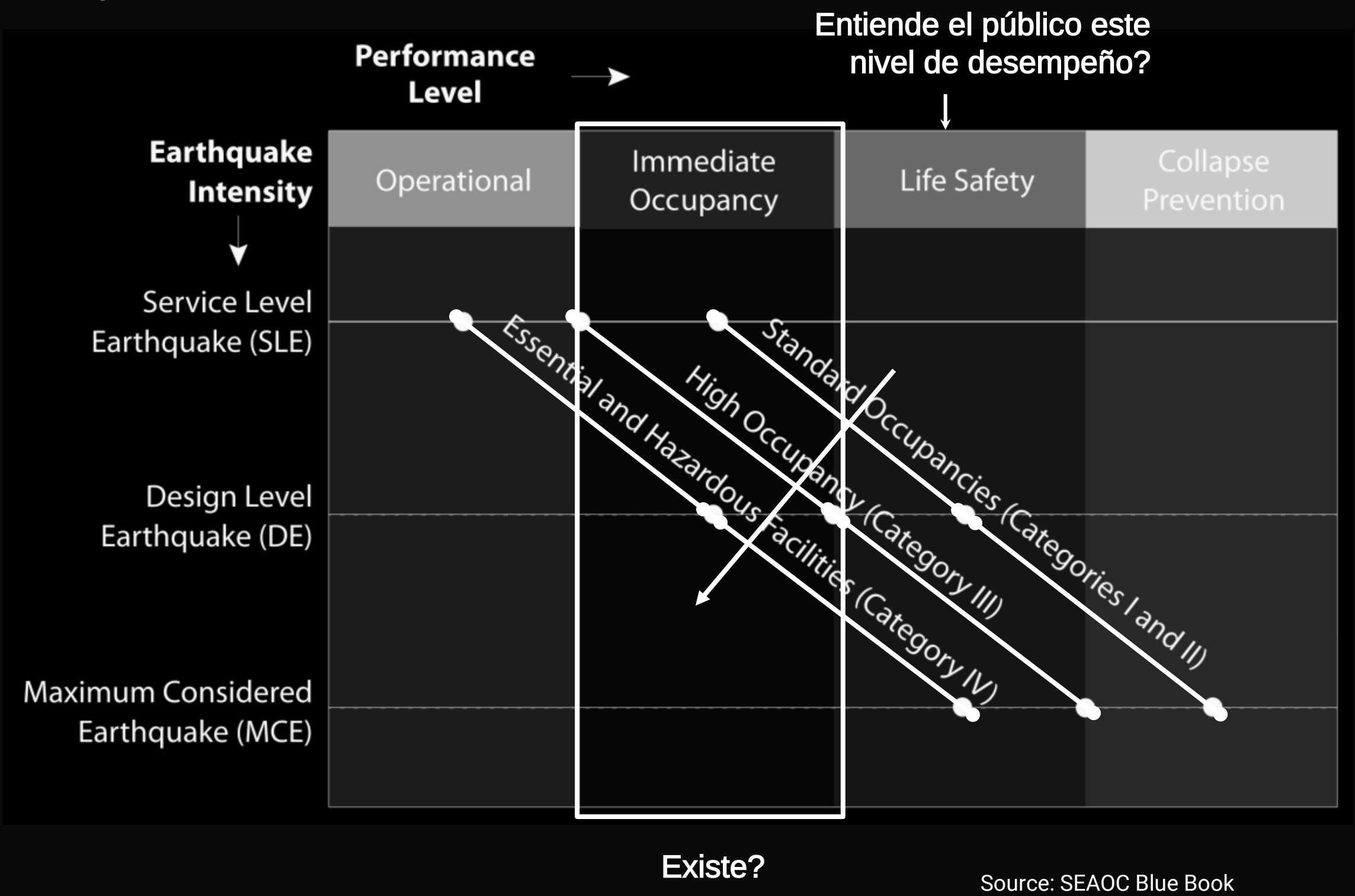
Es esto Recuperación Operacional?



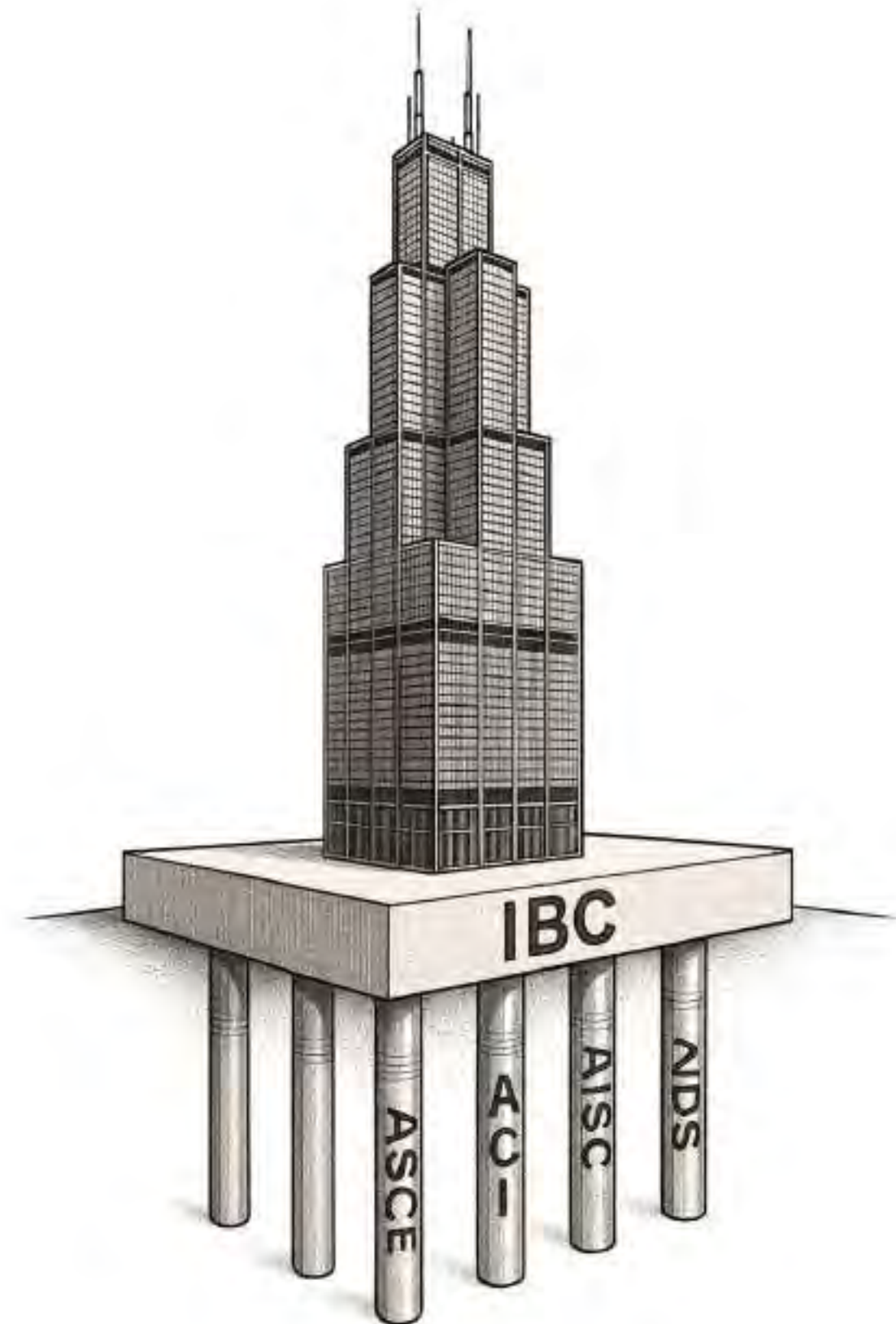
Recuperación Operacional



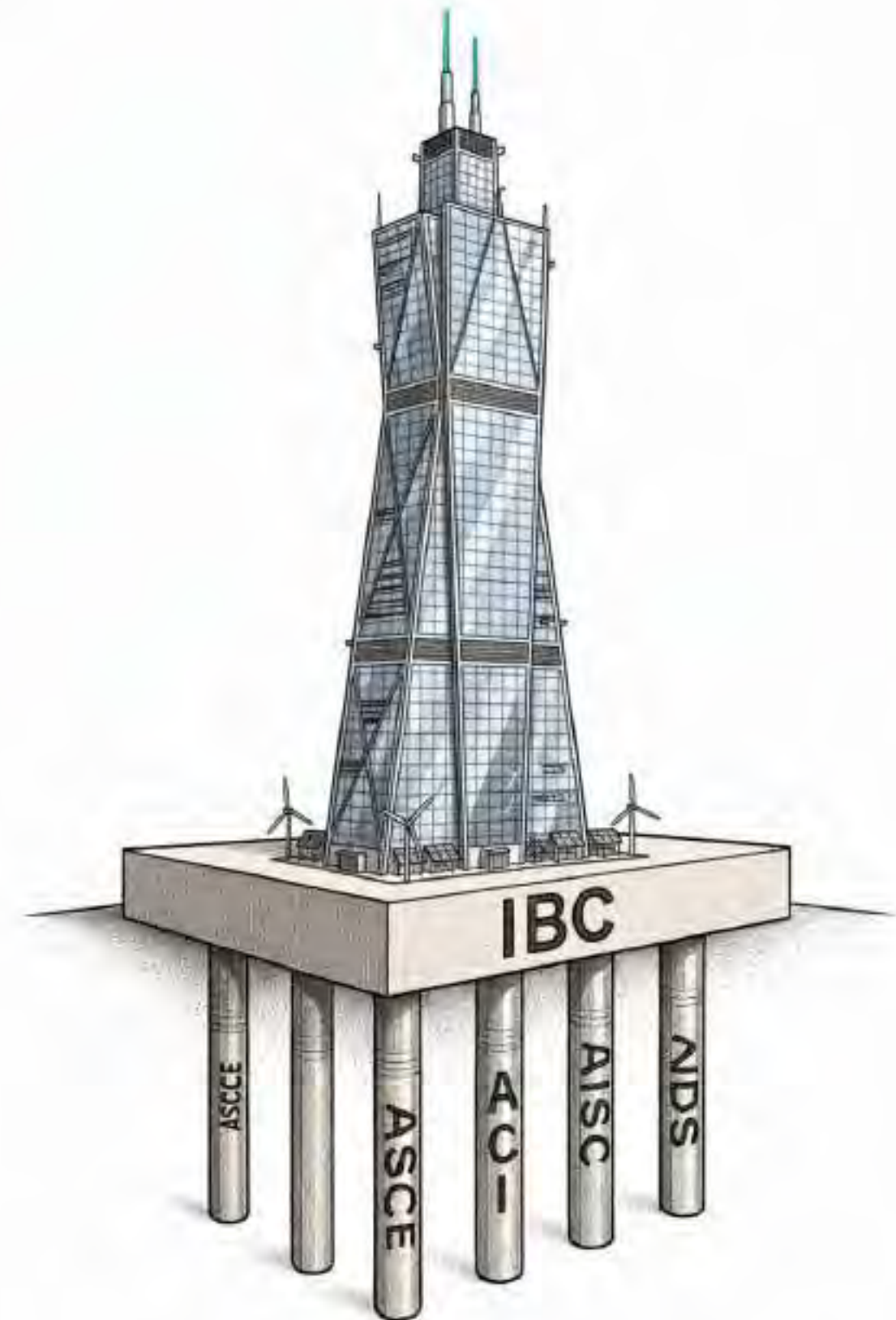
Recuperación Operacional



Bueno los estándares están trabajando en eso



Para el futuro



Gracias por su atención



América Latina y El Caribe

www.codigomodelosismico.org

SOM