



EXPO - FORO 2023: ¡ALERTA!
¿Colapsan Condominios y Edificios?

Perspectiva Actual de las
Estructuras en Puerto Rico

Carlos I. Pesquera, PE PhD
CIPM PSC





EURASIAN
PLATE

NORTH AMERICAN
PLATE



Secuencia del Terremoto en Puerto Rico, 2020

Terremotos detectados entre diciembre 28, 2019 hasta enero 15, 2020. Sujeto a actualizaciones.

>300 M3+

terremotos* registrados desde dic 28, 2019 (dentro de 40km) suficientemente fuerte como para ser sentido

10 M5+

terremotos* registrados desde dic 28, 2019 (incluyendo el de M6.4) suficientemente grande como para causar daño

M5.0

10km S de Indios, Puerto Rico
2019-12-29 01:09:00 (UTC)

496 Respuestas a Lo sentiste?

M5.8

13km SSE de Indios, Puerto Rico
2020-01-06 19:32:18 (UTC)

934 Respuestas a Lo sentiste?

M6.4

8km S de Indios, Puerto Rico
2020-01-07 08:24:26 (UTC)

2,420 Respuestas a Lo sentiste?

M5.9

13km SE de Guanica, Puerto Rico
2020-01-11 12:54:45 (UTC)

1,302 Respuestas a Lo sentiste?

* Data hasta 2020-01-15 19:38:30 (UTC)

CIENCIA EN ACCIÓN



Información sobre el Pronóstico del Terremoto M6.4
www.usgs.gov/pr-2020-es

Un agradecimiento especial a nuestros colaboradores del Sistema Educativo Nacional Avanzado (ANAE), la Red Sísmica de Puerto Rico (RSRP), en la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez.
Suzanne Legrande, el científico Joe Smith, trabajando en el laboratorio de la historia y geología en Puerto Rico, septiembre 2018.
Alumnos del Programa de Bachillerato Puerto de Puerto Rico en los edificios de recuperación del Huracán María.
Mentor Académico José Carlos de la Red Sísmica de Puerto Rico (RSRP), oficina Leida del USGS y Javier Santiago de PRISN realizan un experimento temprano en Sistema Vigilancia de terremotos de Puerto Rico en el rol de ciencia, 2018.
Trabajando y enseñando sobre el Puerto Rico, enero, 2020.

U.S. Department of the Interior
U.S. Geological Survey

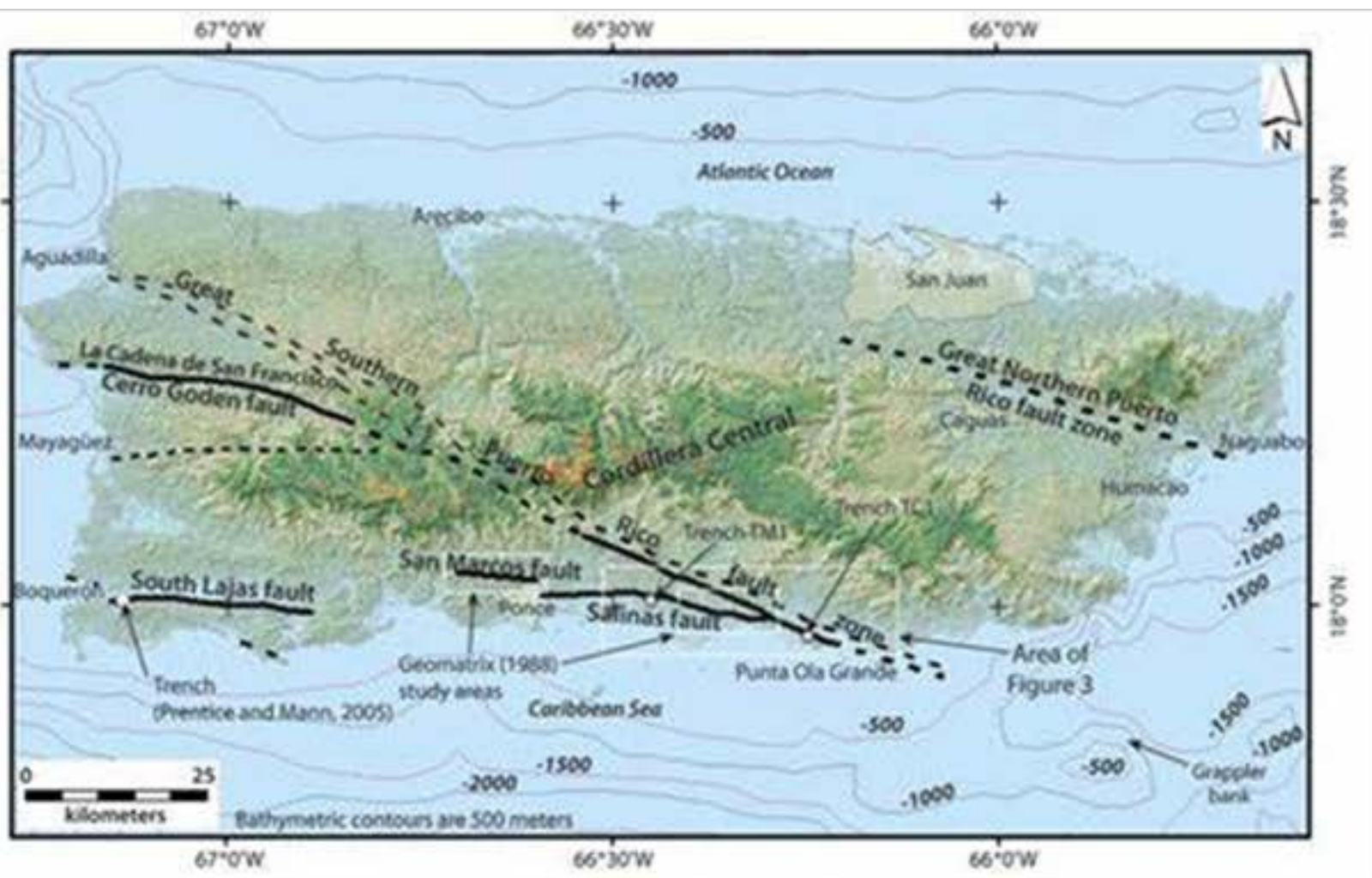
Alrededor 500,000 terremotos al año.

- De estos se sienten alrededor de 100,000
- En promedio 18 terremotos mayores al año (Mag. 7.0-7.9)
- Un terremoto de gran magnitud al año (Mag. 8.0 o mayor)

Terremotos en Puerto Rico

- El terremoto de Mayagüez 1918, Mag. 7.5, Fosa de PR, Olas 20 pies
- El terremoto de Boquerón, 1987, Mag. 4.6 e Intensidad VI
- Los Terremotos del Sur, 2020, Mag. 6.4

ANTARCTIC
PLATE



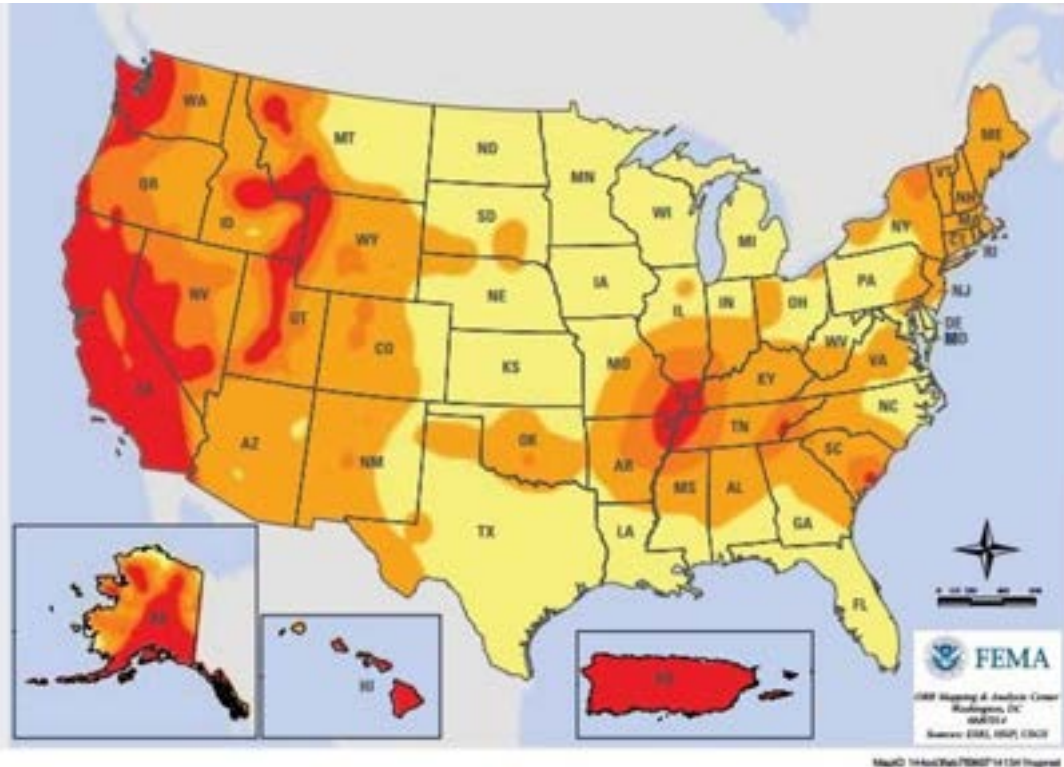


Forecasted Frequency of Earthquake Shaking

This map shows the frequency of the minimal level of shaking where injuries become common as a result of damage.

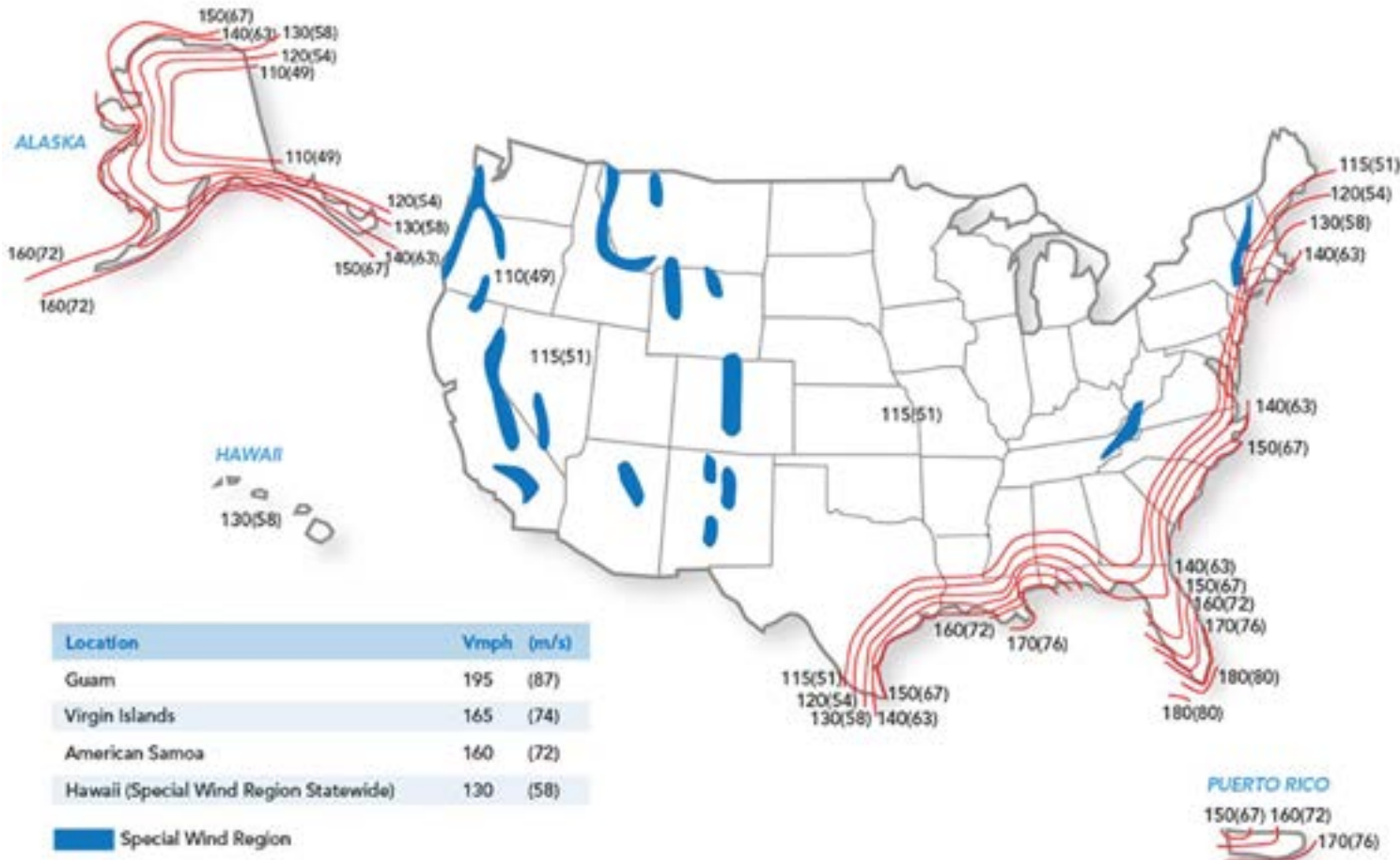
- Very High
- High
- Medium
- Low

This level of shaking is capable of: cracking windows; knocking dishes, glassware, knickknacks, and books off shelves and pictures off walls; moving or overturning furniture; and cracking weak plaster, adobe buildings, and some poorly built masonry buildings.



Puerto Rico se encuentra en una Zona de alta incidencia sísmica relativo a otras jurisdicciones de los EEUU.

Basic Wind Speeds for Occupancy Category II Buildings and Other Structures



Source: ASCE 7-10

Las velocidades máximas de diseño han aumentado 144% desde los años 1980. Esto equivale a dos veces la fuerza lateral.

Comisión Seguridad Contra Terremotos Creada por Orden Ejecutiva el 23 de junio de 1988.



“Terremoto. Palabra que trae temor a la mayoría de nosotros al relacionarla con destrucción y muerte. Muchos quisieran no oírla para evitar preocuparse. Sin embargo, esta no es la actitud correcta. Del mismo modo que hemos aprendido a protegernos de otras fuerzas naturales como los huracanes, también debemos aprender a protegernos de los terremotos. La diferencia básica es que no sabemos cuándo nos tocará vivir esta experiencia. Por esta razón debemos estar preparados siempre.”

Dr. Leandro Rodríguez
Presidente
Comisión Seguridad Contra Terremotos

Incluye cargas pequeñas de terremoto. No incluye detalles de ductilidad.

Reglamento de Edificación #7-1954

Incluye una sola zona para todo PR, basado en fallas fuera de tierra. Incluye detalles de ductilidad.

Reglamento #7 Enmendado 1987

Se adoptó IBC 2009 con cargas basadas en ASCE 7-05. Incluye detalles de ductilidad.

PRBC 2011

Reglamento de Edificación #7-1968

Incluye cargas pequeñas de terremoto. No incluye detalles de ductilidad.

Código de 1999

Luego de huracán Georges FEMA requirió que se adoptara UBC 1997 para PR. Zona sísmica 3, incluye detalles de ductilidad.

PRBC 2018

Adoptado Nov 2018. Cargas tomadas de ASCE 7-16. Cambios menores en cargas sísmicas. Se modificaron cargas de viento incluyendo topografía.

Los códigos y estándares de construcción cada vez son más rigurosos al tomar en consideración nuevos eventos e investigaciones académicas.



1951

1951

2145 ft

Imagery © 2023 Airbus

Google Earth

Imagery Date: 1/13/2023 38°27'30.06" N 66°04'21.06" W elev 0 ft eye alt 9320 ft



1962



1973



1985



Imagery © 2023 Airbus

Google Earth

Imagery Date: 1/13/2023 18°27'30.06" N 66°04'21.06" W elev: 10 ft eye alt: 19320 ft

2023

© 1985





US-75-50

1951



1962



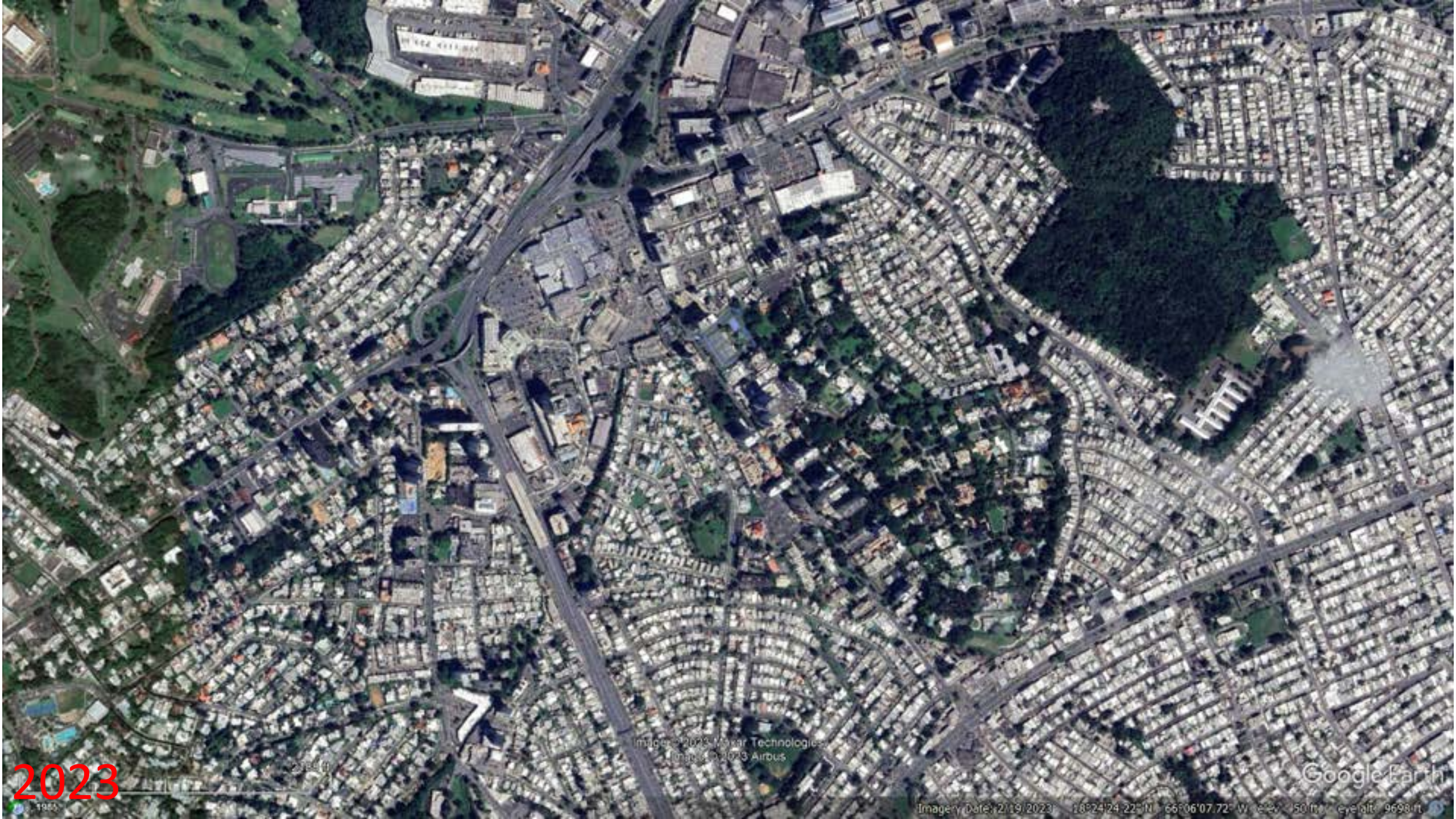
1971



1981



1989

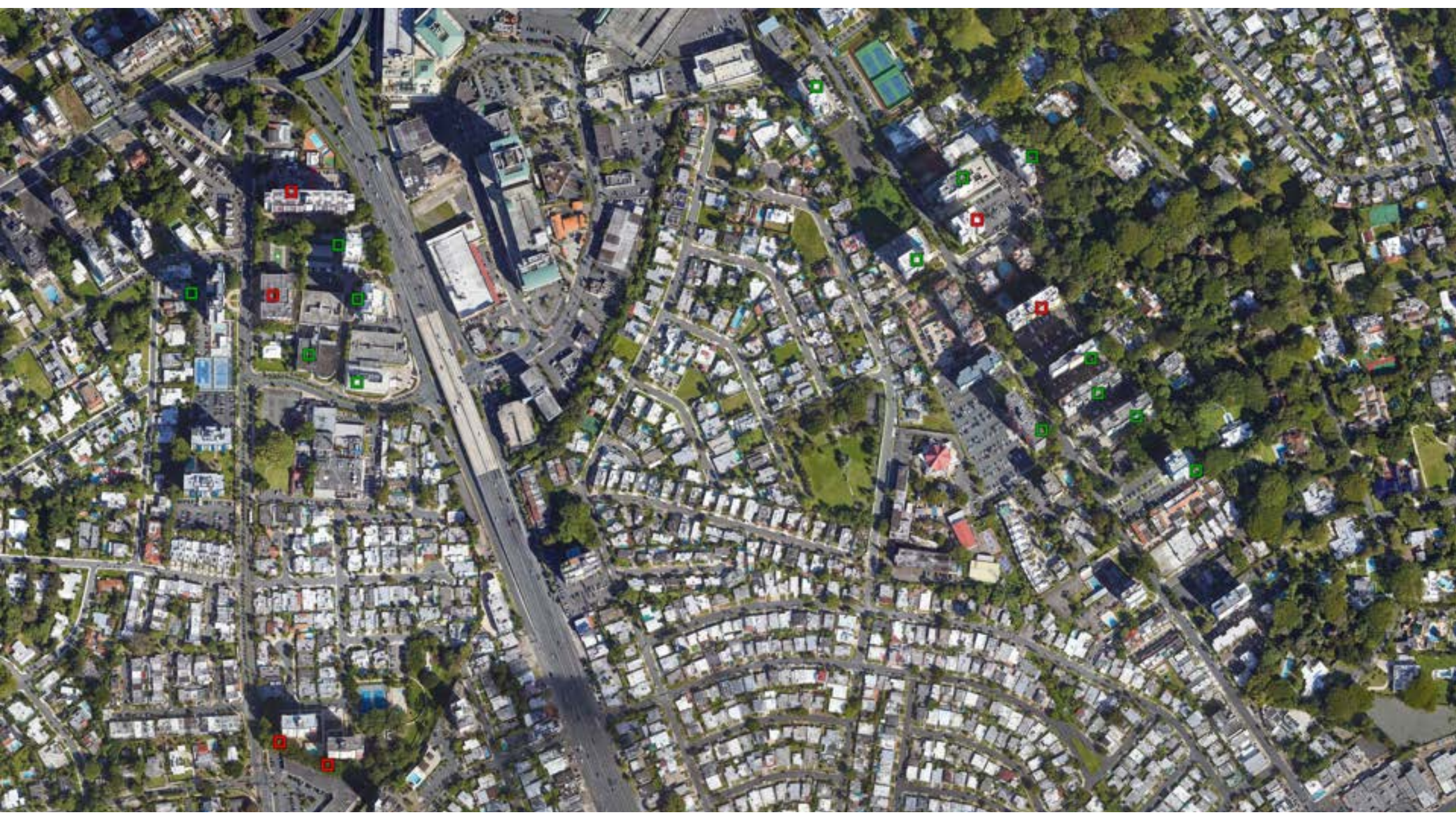


Imagery © 2023 Maxar Technologies
Imagery © 2023 Airbus

2023

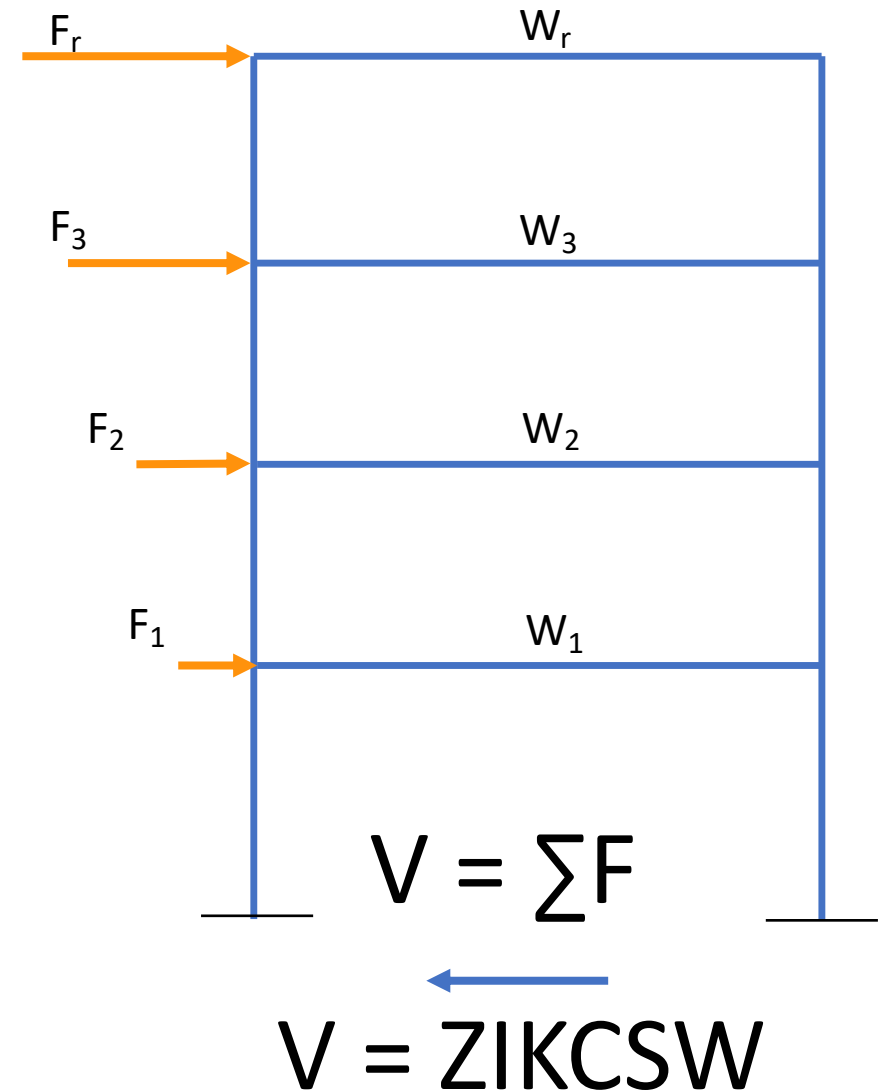
Google Earth

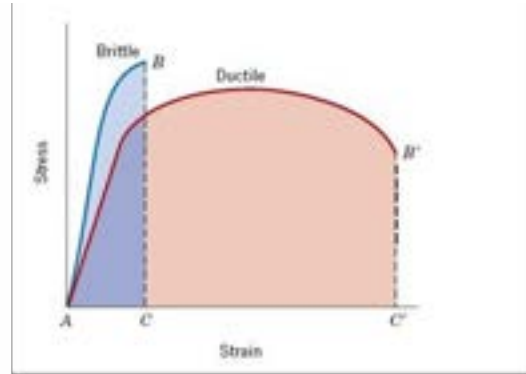
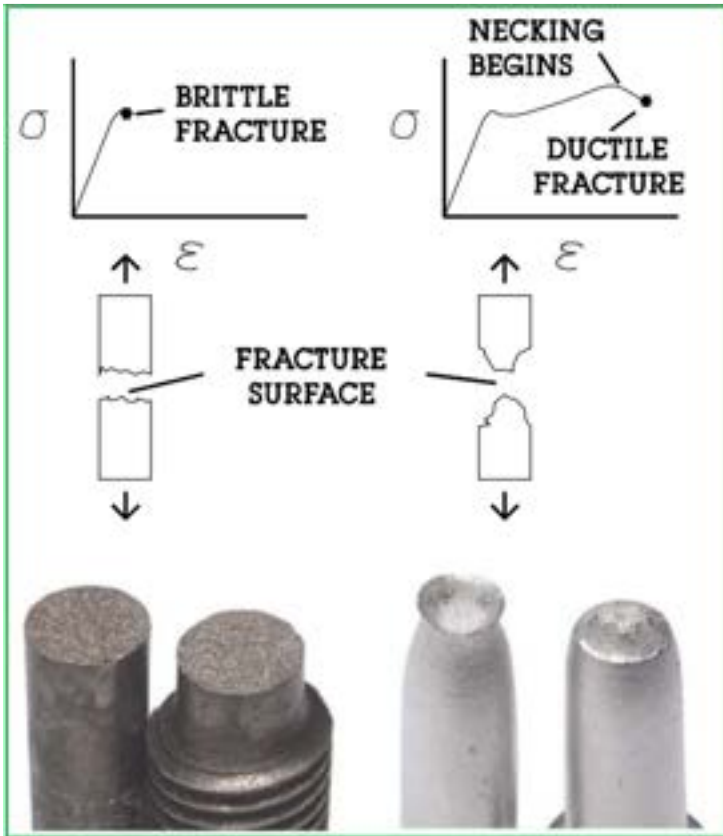
Imagery Date: 2/19/2023 18°24'24.22"N 66°06'07.72"W Elev: 450 ft Eye Alt: 9698 ft



¿Qué factores influyen en las fuerzas inducidas por terremotos?

Parámetro	Efecto
Z	Zona Sísmica
I	Factor de Importancia (Hospitales 1.5)
K	Sistema Estructural (Ductilidad)
C	Función de la rigidez de la estructura y las características del Terremoto de Diseño.
S	Factor de resonancia interacción suelo-estructura
W	Peso de los componentes fijo de la estructura





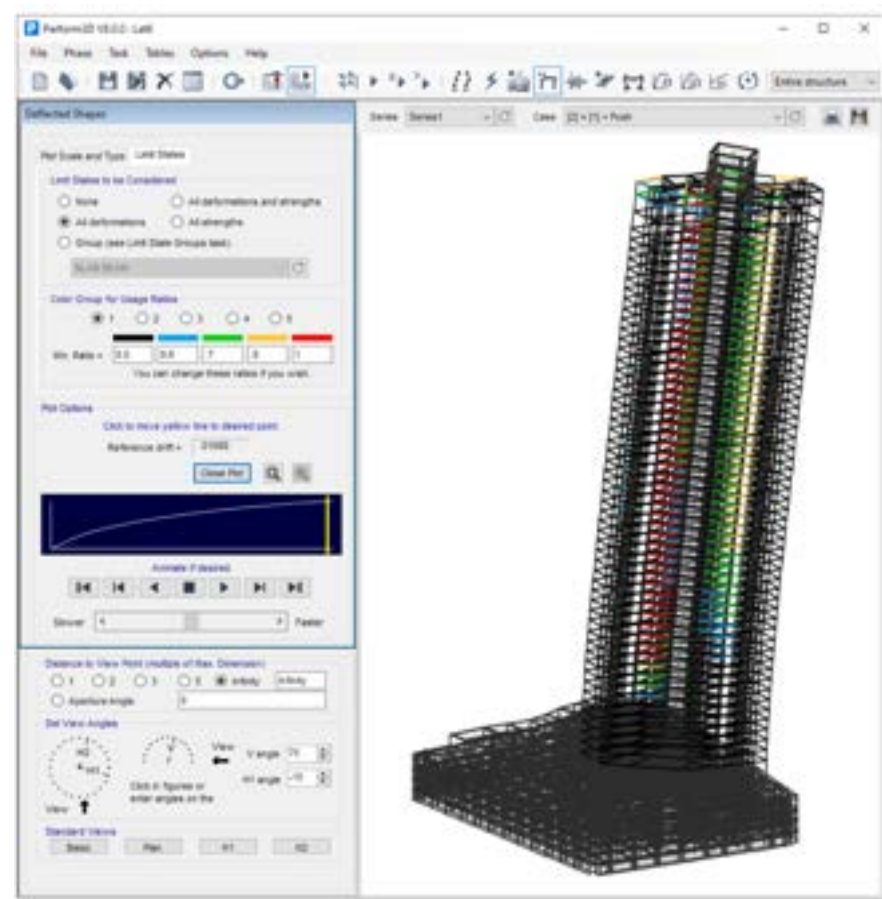
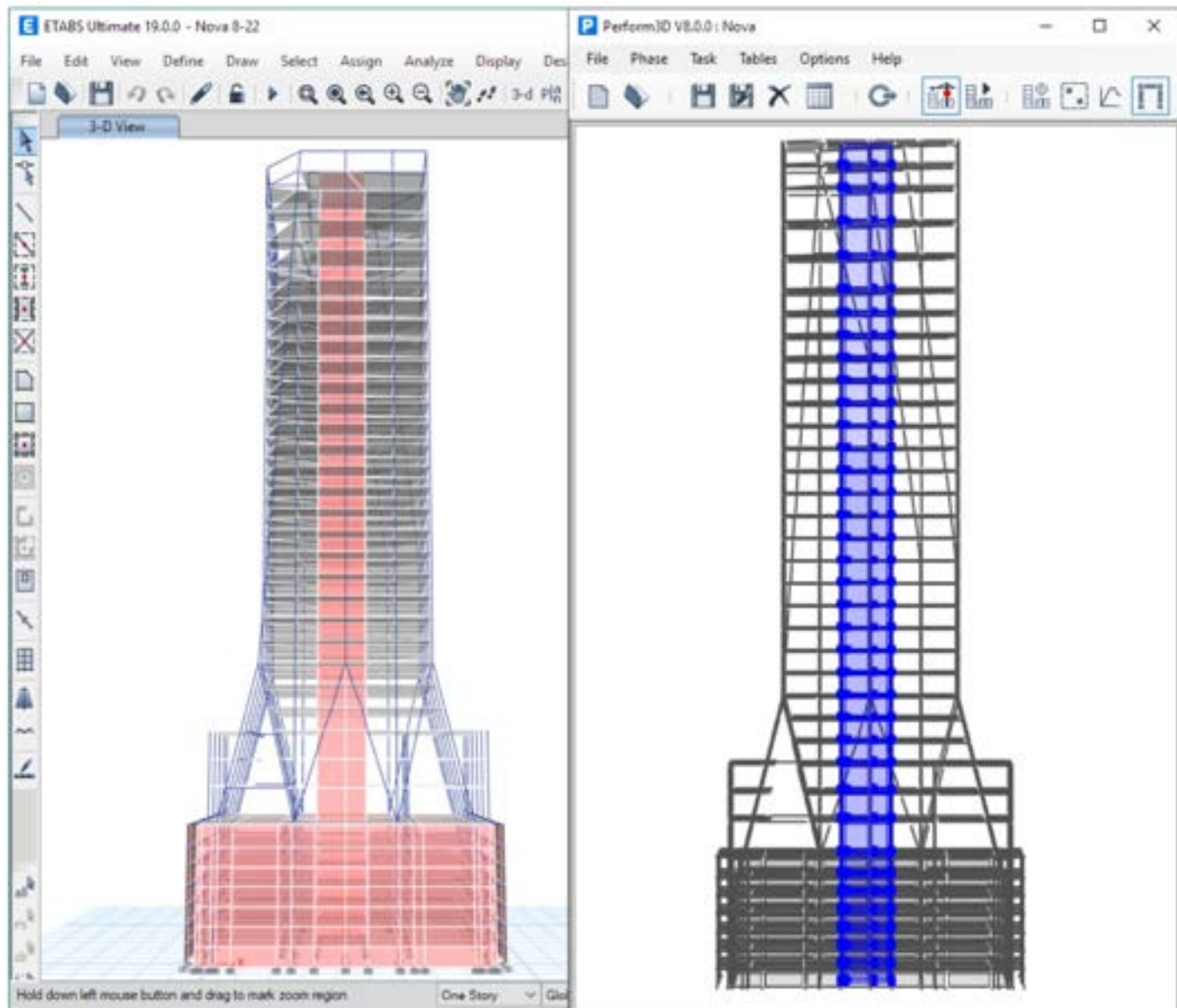
Las propiedades de los materiales de construcción influyen significativamente en las respuestas de los edificios a cargas laterales.

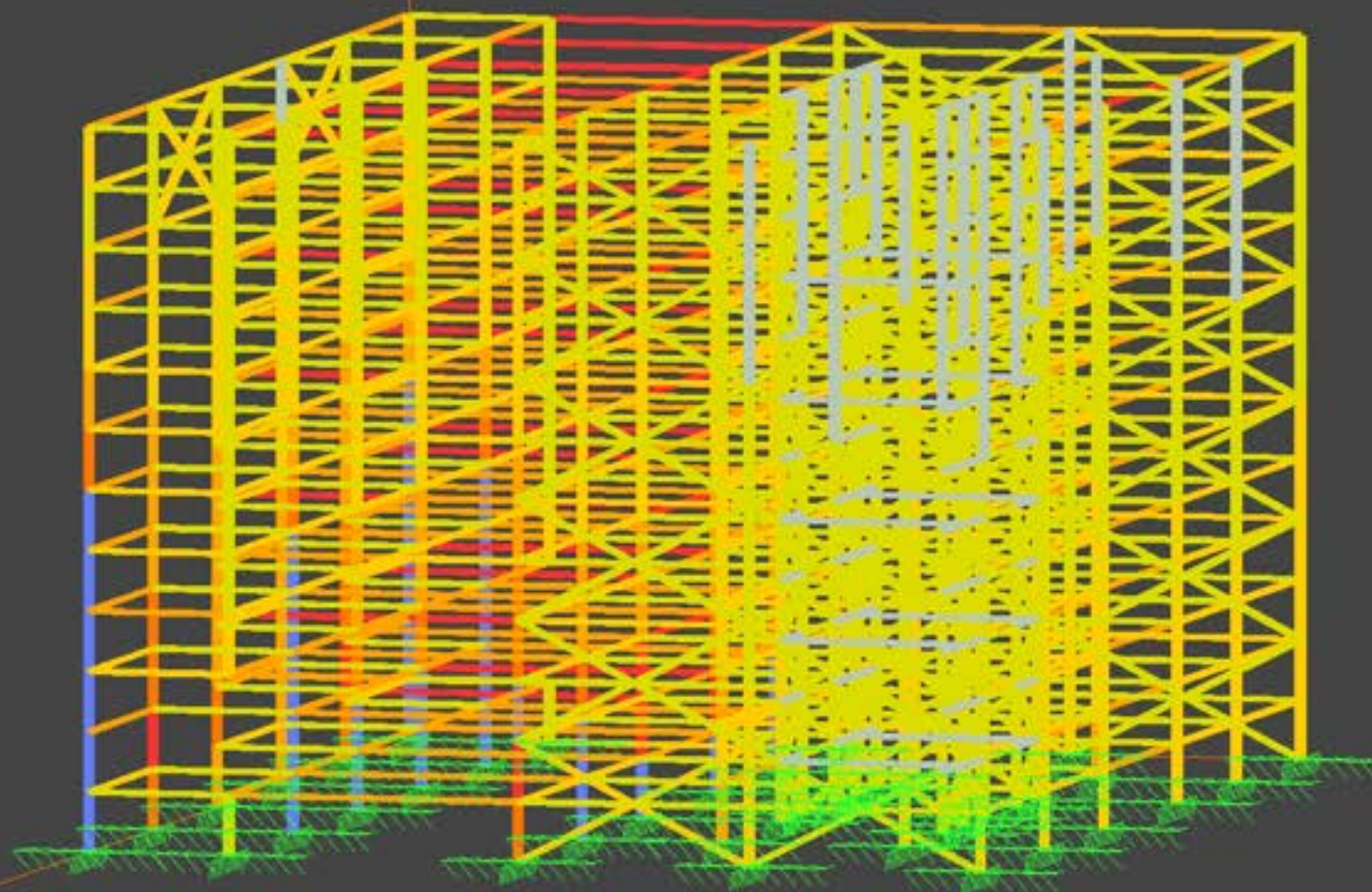
1700 Webster
Oakland



Tipping Structural Engineers

Actualmente existen herramientas sofisticadas para predecir la respuesta de edificios a las cargas inducidas por terremotos tomando en consideración la ductilidad de los componentes estructurales.

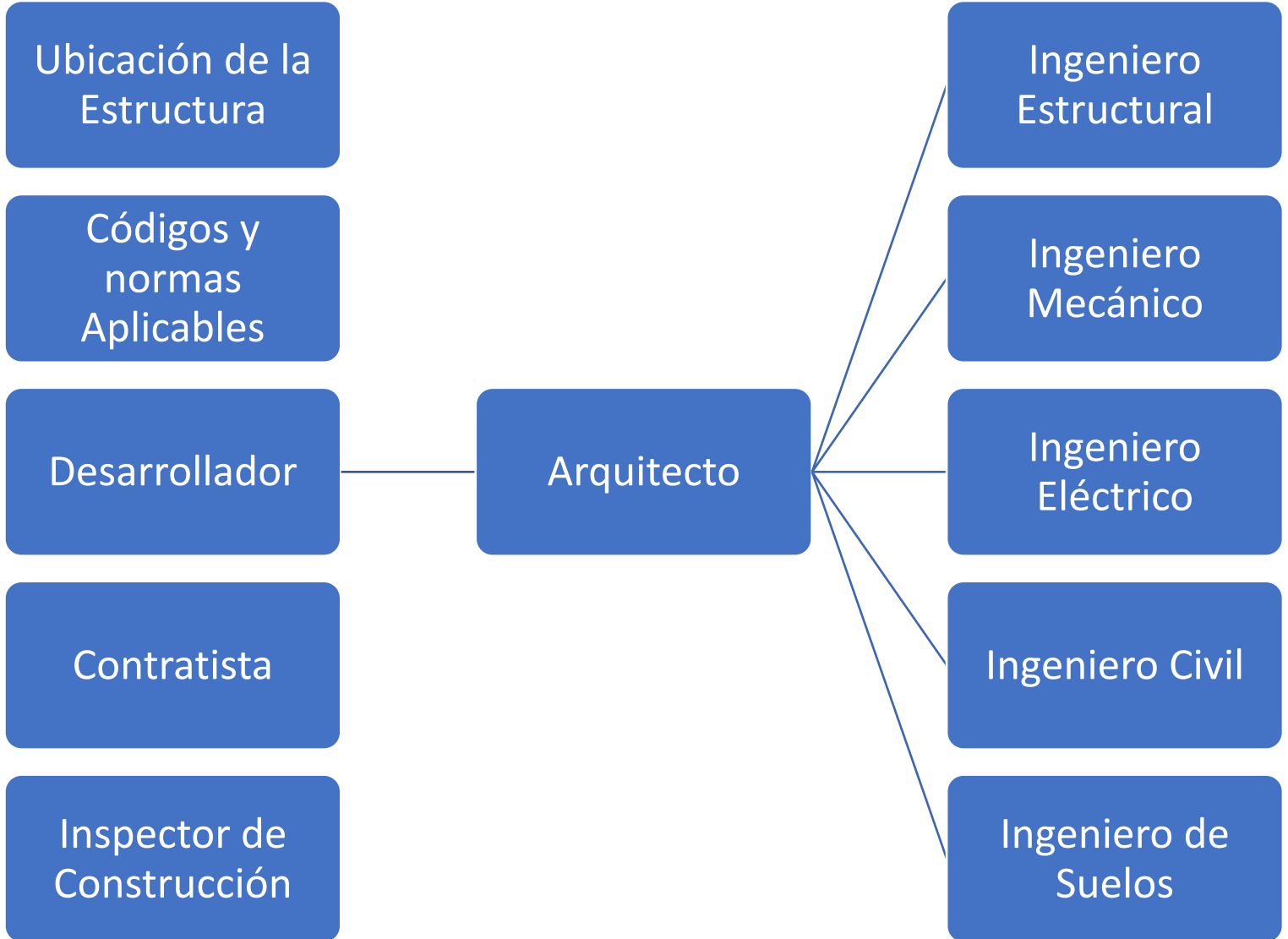




CODE CHECK

HELP	INFO	
SET-UP	ISOLATE	
		ZOOM
		WINDOW
		RESET
		SAVE
		PLOT
CHECK ALL		
CHECK ACTIVE GROUP		
CHECK ACTIVE MEMBER		
CODE CHECK PARAMETERS		
PICK ACTIVE MEMBER/GROUP		
RECOVER LAST CODE CHECK		
RETURN		

Pick a member for detail check, or a color to highlight range



Es importante conocer el historial de una estructura y obtener la mayor información posible de su construcción, mantenimiento y mejoras.

Favorable

Códigos y Estándares

Factores de Seguridad

Redundancia Estructural

Desfavorable

Errores y Omisiones

Cambios de Uso y Nuevos Conocimientos

Corrosión en Acero de Elementos Estructurales

Degradación Gradual de la Capacidad

Acciones Afirmativas

Mantenimiento Adecuado

Inspecciones Periódicas

Evaluación Estructural Formal

Plan de Mejoras Permanentes

¿Cuán Probable es que un Condominio Colapse por Falta de Mantenimiento?

Relativamente improbable, pero no completamente imposible.



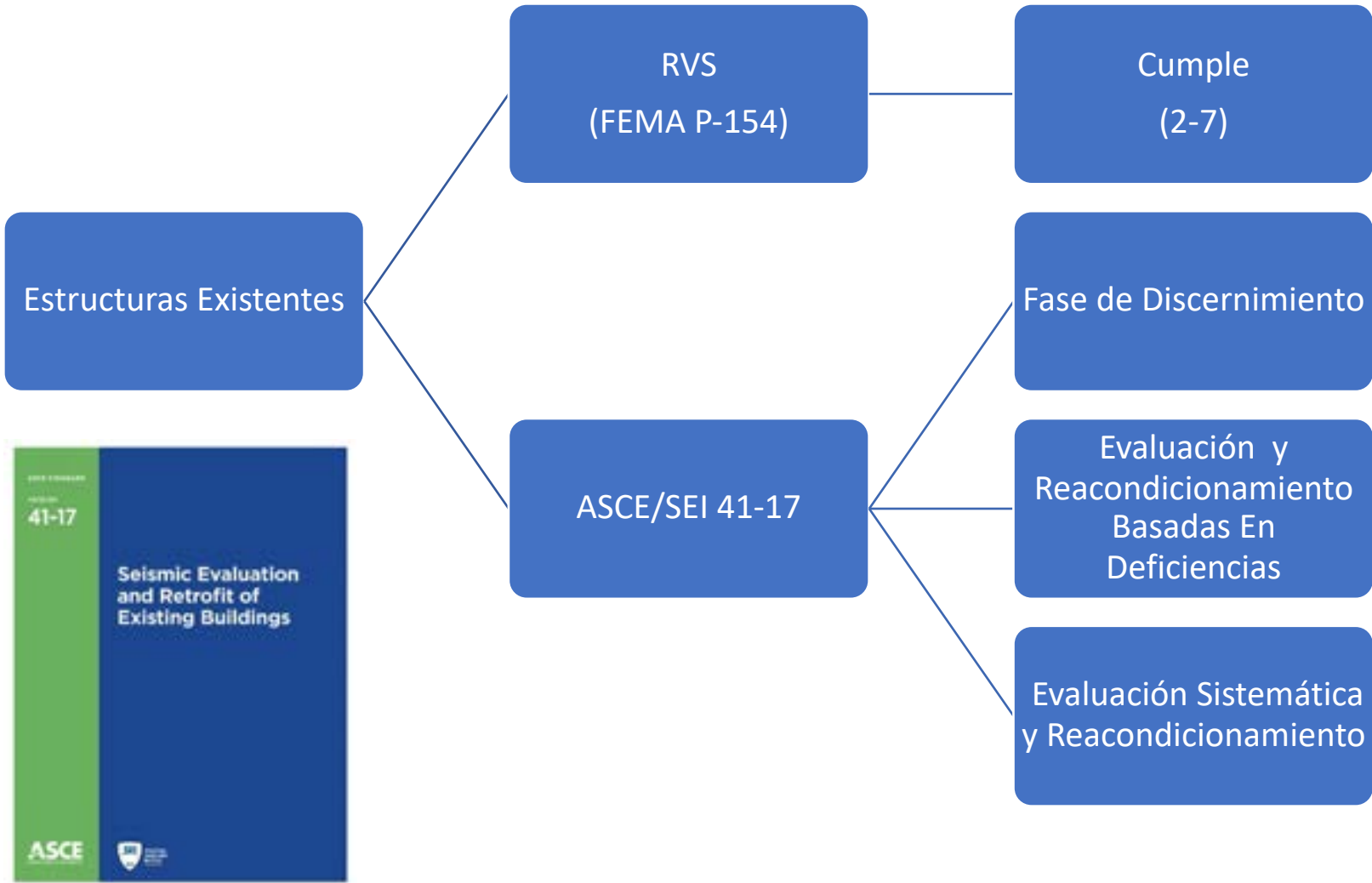
Integridad estructural: El acero se usa en la construcción de edificios para proporcionar resistencia y estabilidad. La corrosión, a menudo causada por la humedad o la exposición a condiciones ambientales adversas, puede degradar gradualmente la resistencia del acero. Esto puede resultar en una integridad estructural comprometida y reducir la capacidad del edificio para resistir las fuerzas sísmicas.

Pérdida de ductilidad: El acero corroído puede sufrir una pérdida de ductilidad, que se refiere a su capacidad para deformar y absorber energía durante un terremoto. Los materiales dúctiles son esenciales para disipar la energía sísmica, mientras que el acero frágil o corroído puede fracturarse más fácilmente, lo que lleva a fallas estructurales repentinas durante un terremoto..

Fallas en las conexiones: La corrosión del acero también puede afectar las conexiones entre los componentes estructurales de un edificio, como vigas, columnas y juntas. Las conexiones debilitadas pueden resultar en una transferencia de carga inadecuada durante un terremoto, lo que lleva a fallas localizadas o al colapso progresivo del edificio..

Mayor vulnerabilidad a peligros secundarios: La corrosión del acero puede aumentar la vulnerabilidad a los peligros secundarios de terremotos. Por ejemplo, las barras de refuerzo de acero corroído dentro de los elementos de concreto pueden expandirse, destruir el concreto y provocar un rápido deterioro o pérdida de la capacidad de carga.

El efecto de la corrosión del acero en la vulnerabilidad estructural de los edificios de condominios a los terremotos es significativo y no debe pasarse por alto.



Existen procedimientos para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificios existentes. FEMA provee un método rápido visual utilizado para identificar edificios con posible vulnerabilidad sísmica. Hay métodos más elaborados y costosos para determinar con más precisión el grado de vulnerabilidad y métodos de reacondicionamiento.



Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook

Third Edition

FEMA P-154 / January 2015



Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA P-154 Data Collection Form

Level 1
MODERATELY HIGH SEISMICITY

Address: 11. Street #: 1234 Main St, City: Los Angeles, CA 90001
 Office Location: City: Los Angeles, CA 90001
 Building Name: Main City Water Office
 Occupancy: Office
 No. Stories: 5
 Total Floor Area (sq. ft.): 10000
 Building Height (ft.): 150
 Building Type: Office
 Construction Year: 2000
 Material: Concrete
 Foundation: Piled Driveway
 Seismic Hazard: 1
 Seismicity: 1
 Inspection Date: 2015-01-01
 Inspector: J. Doe
 Evaluator: J. Doe
 Other Hazards: None
 Action Required: None

BASIC SCORE MODIFIERS AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S₁

Item	Code	Value	Weight	Score	Weighted Score
Class	01	8.0	1.0	8.0	8.0
Height	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Occupancy	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Construction Year	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Material	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Foundation	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Other Hazards	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Action Required	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Final Score				11.0	11.0

EXTENT OF REVIEW
 Exterior: None Minimal Full
 Interior: None Minimal Full
 Foundation: None Minimal Full
 Other Hazards: None Minimal Full
 Action Required: None Minimal Full

OTHER HAZARDS
 Are There Hazards That Trigger a Detailed Structural Evaluation?
 No Yes

ACTION REQUIRED
 Detailed Structural Evaluation Required?
 No Yes

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA P-154 Data Collection Form

Level 2 (Optional)
MODERATELY HIGH SEISMICITY

Address: 11. Street #: 1234 Main St, City: Los Angeles, CA 90001
 Office Location: City: Los Angeles, CA 90001
 Building Name: Main City Water Office
 Occupancy: Office
 No. Stories: 5
 Total Floor Area (sq. ft.): 10000
 Building Height (ft.): 150
 Building Type: Office
 Construction Year: 2000
 Material: Concrete
 Foundation: Piled Driveway
 Seismic Hazard: 1
 Seismicity: 1
 Inspection Date: 2015-01-01
 Inspector: J. Doe
 Evaluator: J. Doe

Item	Code	Value	Weight	Score	Weighted Score
Class	01	8.0	1.0	8.0	8.0
Height	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Occupancy	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Construction Year	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Material	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Foundation	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Other Hazards	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Action Required	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Final Score				11.0	11.0

STRUCTURAL MODIFIERS TO ADD TO ADJUSTED BASELINE SCORE

Item	Code	Value	Weight	Score	Weighted Score
Class	01	8.0	1.0	8.0	8.0
Height	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Occupancy	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Construction Year	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Material	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Foundation	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Other Hazards	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Action Required	01	1.0	1.0	1.0	1.0
Final Score				11.0	11.0

ADDITIONAL PHOTOGRAPHS, IF PROVIDED

1. Exterior view of building facade showing structural details.

2. Interior view of building showing floor slabs and columns.

3. Foundation view showing piles and driveway.

Niveles de Desempeño de un Edificio ante un Terremoto (FEMA 273)

Daño Generalizado

Nivel de Prevención de Colapso

Muy fuerte

Nivel de Seguridad Humana (Life Safety)

Moderado

Nivel de Ocupación Inmediata

Leve

Nivel Operacional

Muy Leve

General

Poca rigidez y resistencia residual, pero las columnas y paredes de carga funcionan. Grandes desplazamientos permanentes. Algunas salidas bloqueadas. Las paredes de bloques y los parapetos no arriostrados fallaron o están en estado de falla incipiente. El edificio está cerca del colapso.

Algo de fuerza residual y rigidez dejada en todos los pisos. Función de elementos portadores de carga por gravedad. No hay fallas fuera del plano de las paredes o vuelcos de los parapetos. Algunos desplazamientos permanentes. Daños en particiones. La construcción puede estar más allá de la reparación económica.

Sin desplazamientos permanente. La estructura conserva sustancialmente la resistencia y rigidez originales. Agrietamiento menor de fachadas, particiones y techos, así como elementos estructurales. Los ascensores se pueden reiniciar. Protección contra incendios operable.

Sin desplazamientos permanente; La estructura conserva sustancialmente la resistencia y rigidez originales. Agrietamiento menor de fachadas, particiones y techos, así como elementos estructurales. Todos los sistemas importantes para el funcionamiento normal son funcionales.

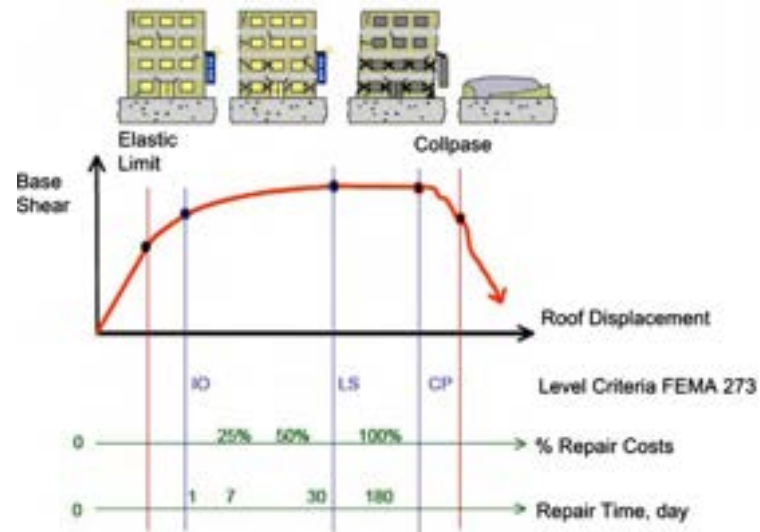
Componentes no estructurales

Daños extensos.

Los riesgos de caída se mitigaron, pero muchos sistemas arquitectónicos, mecánicos y eléctricos están dañados.

El equipo y el contenido son generalmente seguros, pero pueden no funcionar debido a fallas mecánicas o falta de servicios públicos.

Se produce un daño insignificante. La energía y otros servicios públicos están disponibles, posiblemente de fuentes de reserva.



La Ciudad de Los Ángeles Implementó un Requisito para la Certificación de Edificios No-Dúctiles



Definitions

Non-Ductile Concrete Building:

A concrete building having concrete floor and/or roof, either with or without beams, supported by concrete walls and/or concrete columns, and/or concrete frames with or without masonry infills, or any combination thereof, built pursuant to a permit application for a new building that was submitted before January 13, 1977.

Retrofit:

An improvement to a building by altering or adding structural elements to mitigate the deficiencies of these existing buildings.



Financial Help by PACE Program

What is PACE (Property Assessed Clean Energy)?

PACE allows for commercial and residential property owners to obtain financing for seismic retrofit improvements in addition to energy efficiency, water conservation, and renewable energy improvements.

Property owners participating in PACE receive financing through the PACE provider and repay the investment as an assessment added to the property tax bill.

How does PACE work?

To schedule a one-on-one meeting or to speak with someone to learn more about your options, call (877)785-2137 or email info@pacepa.org.

Retrofitting Resources

LADBS Non-Ductile Concrete Retrofit Program:

<http://www.ladbs.org/non-ductile>

Ordinances:

Non-Ductile Concrete Retrofit Ordinance eff. 11/22/15 Ord. 183891:

<http://www.ladbs.org/ordinances/2014/14>

1807-51 Ord. 182913 11-22-15 and

Substantial Structural Damage Ordinance eff. 5/11/18 Ord. 184189:

<http://www.ladbs.org/ordinances/2014/14>

1807 and 180488 5-11-18.pdf

Structural Engineers Association of Southern California (SEAOSC) Find an Engineer:

<http://www.seaosc.org/find-an-engineer>

For additional information, please contact:



Non-Ductile Concrete Retrofit Unit
201 N. Figueroa St., Suite 800
Phone: (213)576-4475
Email: ladbs.nonductileroetrofit@ladbs.org

Office Hours:
7:30 am – 4:30 pm M, T, Th, F
9:00 am – 4:30 pm W
<http://www.ladbs.org/1607-54729>

For Tenant Habitability Plan and Cost Recovery Guide, contact the Housing and Community Investment Department (HCIDLA):



Tenant Habitability Program Unit
(213) 251-5484
hcida.code.w@cityofla.org
<http://www.cityofla.org/tenant-habitability-program>

Cost Recovery Applications & RSO Information
(866) 857-4827 (7986)
hcida.nonductile@cityofla.org
<http://www.ladbs.org>



Los Angeles Non-Ductile Concrete Retrofit Program

Property Owner's Guide



Non-Ductile Concrete Retrofit Program

What is this program about?

The purpose of the program is to reduce the risk of injury or loss of life that may result from the effects of earthquakes on non-ductile concrete buildings. Non-ductile concrete buildings are a major contributor to earthquake losses around the world. In California, those constructed to building code standards earlier than the code improvements in 1976 are at particular risk for collapse and could pose significant life safety hazards. Non-ductile reinforced concrete buildings are brittle and have a limited capacity to absorb the energy of strong ground shaking beyond their limited elastic range, causing the likelihood of collapse and mortality for inhabitants. The program provides a guide for property owners and minimum standards to improve the performance of these buildings.

Why is my building affected?

LADBS has determined that your building meets all the following criteria:

- Building has concrete floor and/or roof, either with or without beams, supported by concrete walls and/or concrete columns, and/or concrete frames with or without masonry infills, or any combination thereof; and,
- Built pursuant to a permit application for a new building that was submitted to the Department before January 13, 1977. Exception: The program does not apply to detached single family dwellings or detached duplexes.

LADBS Services

Please visit the LADBS Non-Ductile Concrete Retrofit website at <http://www.ladbs.org/non-ductile> for the following information:

- Frequently Asked Questions
- LADBS Non-Ductile Concrete Building Checklist
- Plan Requirements

Property Owner's Responsibility

What do I need to do first?

The property owner must hire an engineer licensed by the State of California to:

- Evaluate the building, complete the LADBS "Non-Ductile Concrete Building Checklist", and submit it with the supporting documents required by the checklist to LADBS Non-Ductile Concrete Retrofit Unit within three years from the date of the "Order to Comply" letter.

What do I do next?

Within 30 years from the date of the "Order to Comply" letter, submit proof of previous retrofit in conformance with Chapter 95 or former 95 of the Los Angeles Building Code, a structural analysis (showing compliance with the retrofit ordinance, structural analysis and plans to retrofit, or plans to demolish the subject building(s)) to the LADBS. Plans and calculations will be checked for compliance with the Non-Ductile Concrete Retrofit Ordinance. LADBS will provide guidance for all necessary steps to obtain the retrofit permit, which includes obtaining clearances from pertinent agencies.

The property owner must notify the residential tenants of the building in writing per HCIDLA regulations prior to issuance of the building permit for the building retrofit.

What do I do after a permit is issued?

Begin construction and request inspections at the required phases of construction at: <http://www.ladbs.org>

How do I find ...

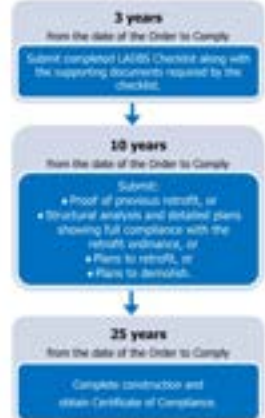
An Engineer? Please visit the State of California's Board for Professional Engineers, Land Surveyors, and Geologists for information regarding licensed engineers: <http://www.cedps.ca.gov>

An Architect? Please visit the California Architects Board for information regarding licensed architects: <http://www.cab.ca.gov>

A Contractor? Please visit the Contractors State License Board for information regarding hiring a contractor and to verify if a contractor is licensed and insured: <http://www.cslb.ca.gov>

Compliance Requirements

How soon do I have to comply?



Submission Package

What should I submit to LADBS?

The documents required for submittal are:

- Structural analysis/calculator package
 - Architectural plans
 - Structural plans and construction details
- For more details, see the LADBS Information Bulletin for Submittal Requirements.

Appeal Process

What should I do if I think my building is exempt from the program?

The owner of the building can appeal within 60 days of the service date of the "Order to Comply" letter by submitting a written request to the Board of Building and Safety Commissioners. The request shall include supporting documents such as building permits for original construction or a building permit and final inspection approval for a prior retrofit that complies with the Non-Ductile Concrete Retrofit Ordinance.

What information do I need to provide to show my building is not subject to the Non-Ductile Concrete Retrofit Ordinance?

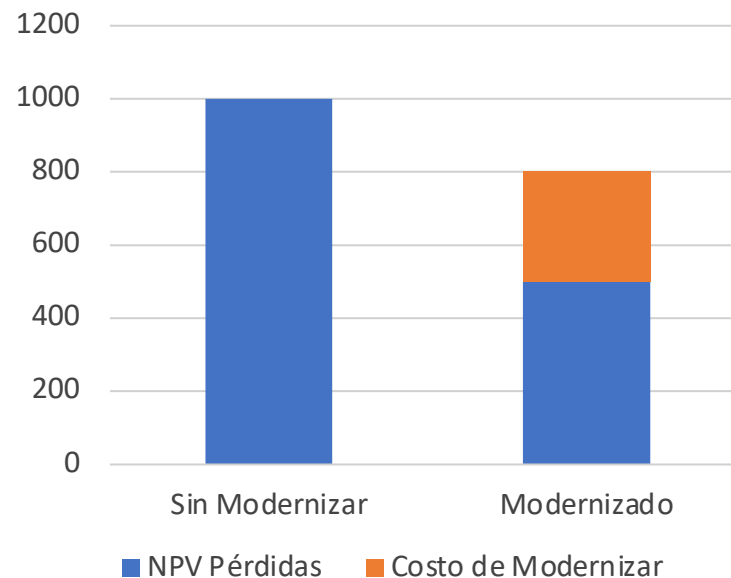
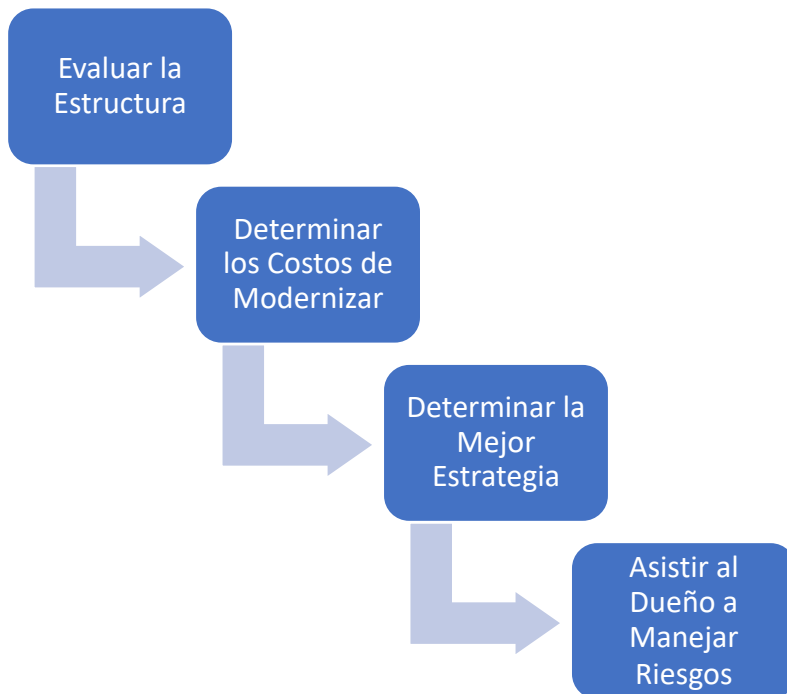
The following documents may be used:

- Provide building permit, the original (not) building showing plans were submitted to LADBS on or after January 13, 1977, or
- Provide proof that the building was previously retrofitted in full conformance with all the provisions in the 2017 LABC Chapter 95 or former Chapter 95 (Ordinance No. 171,260, No. 179,334, No. 172,950, and No. 180,955), or
- Provide a copy of the original building plans showing building construction is not of concrete construction.

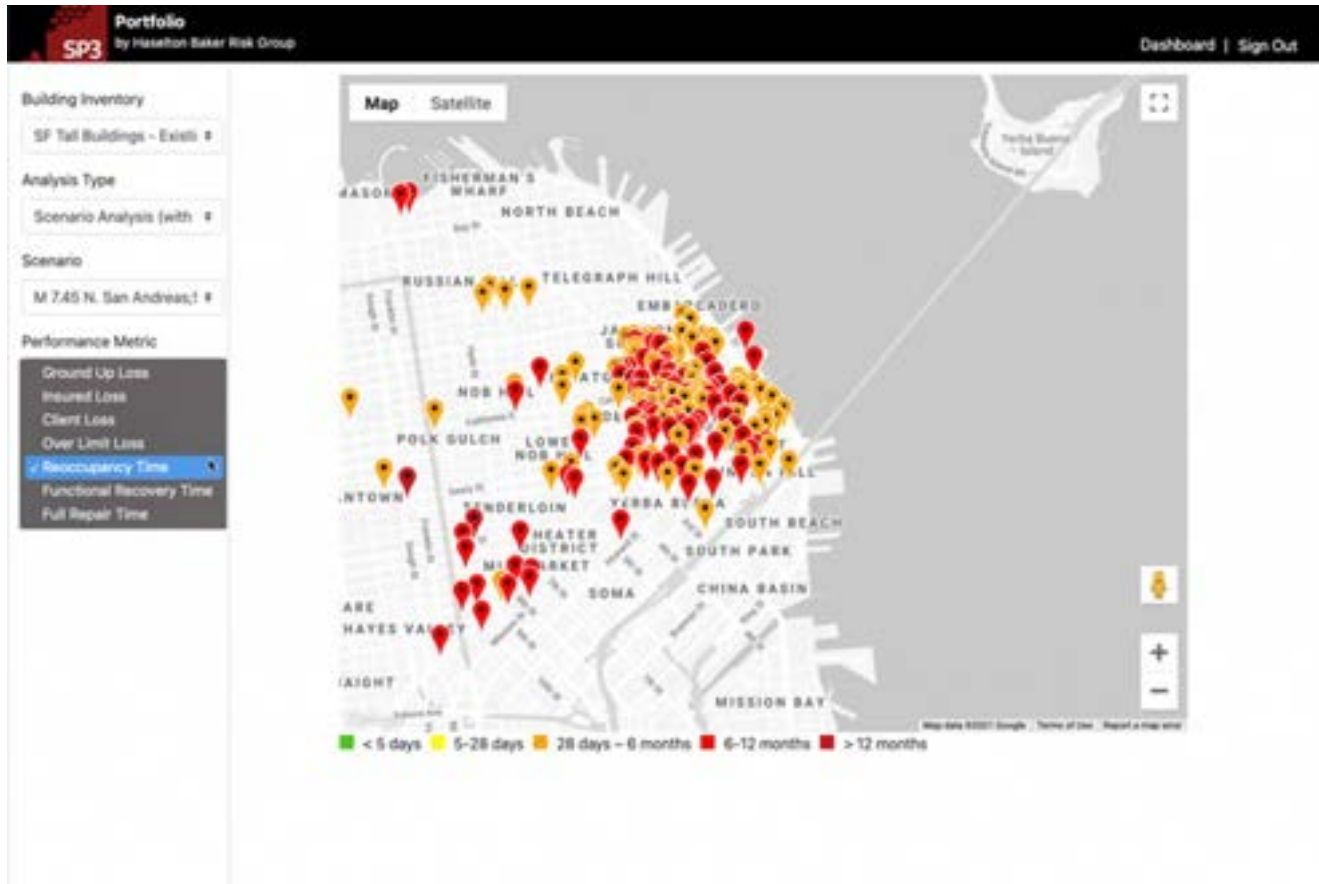
Specific areas of the building construction will need to be verified by non-destructive testing or visual exposure and inspectors made and approved by LADBS to verify the building construction is consistent with the plans.

The provided construction plans, test reports, and other supporting documentation shall be submitted to LADBS and a plan check fee will be required to review the provided documentation.

EXPO - FORO 2023: ¡ALERTA! ¿Colapsan Condominios y Edificios?



Utilizando la función de costo-beneficio se le puede demostrar a los propietarios de edificios los beneficios económicos de modernizar su edificio. Esta información se le puede presentar a las compañías de seguros para obtener una reducción de prima, o a los bancos con el fin de negociar tasas hipotecarias más bajas.



Se recomienda que se evalúe la vulnerabilidad sísmica de los condominios y otros edificios que albergan facilidades críticas (ej. Hospitales) de manera sistemática aprovechando los últimos avances en la ingeniería sísmica, incluyendo las herramientas tecnológicas.

EXPO - FORO 2023: ¡ALERTA! ¿Colapsan Condominios y Edificios?

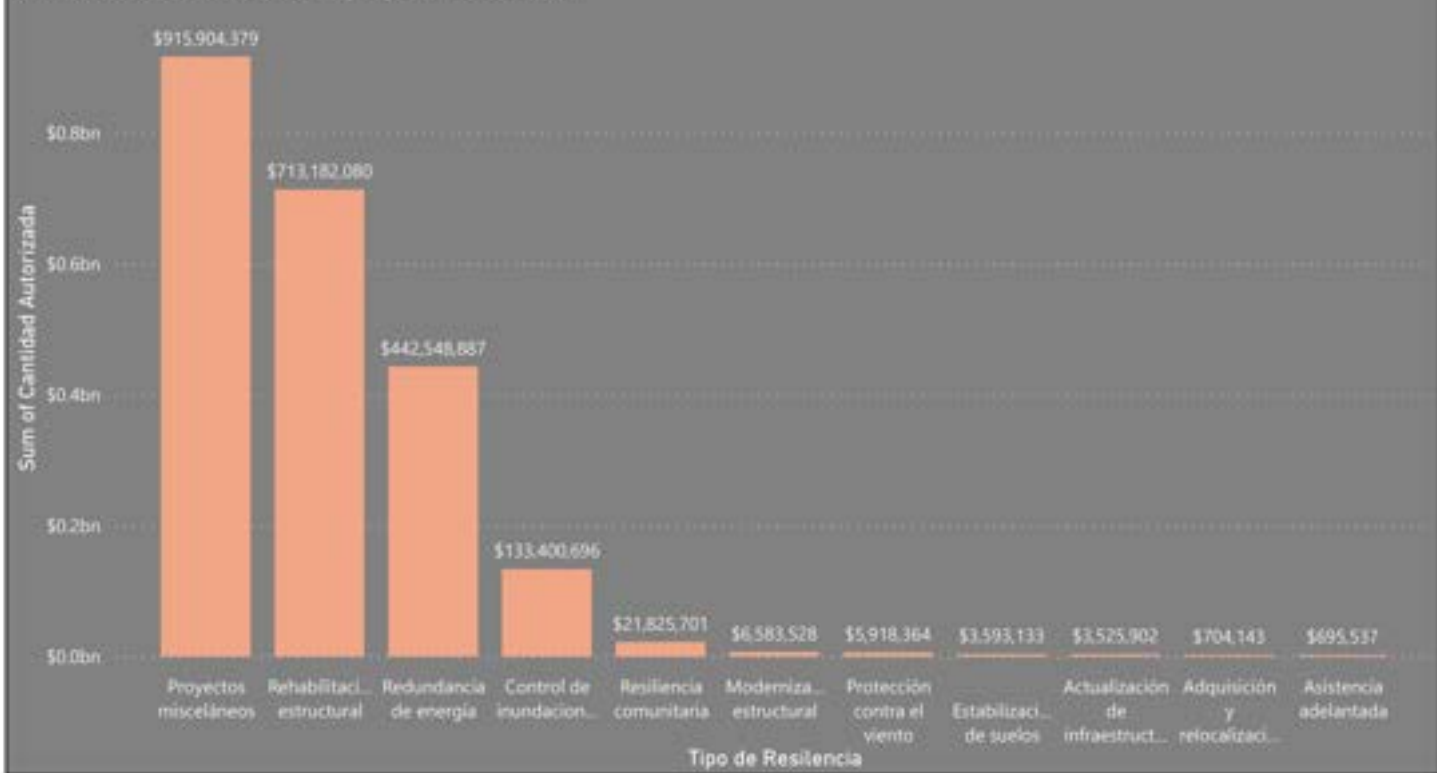
\$2,247,882,350

Cantidad Autorizada

\$328,066,736

Cantidad de Fase Obligada

Sum of Cantidad Autorizada by Tipo de Resiliencia



Del total de \$3,000 millones del Programa 404 de FEMA para mitigación hay dos proyectos importantes de rehabilitación sísmica.

**\$150 millones para 51 Escuelas
\$558 millones para la Represa de Patillas**



EXPO - FORO 2023: ¡ALERTA! ¿Colapsan Condominios y Edificios?

Créditos contributivos por inversión en cumplimiento.

Aumento en el costo base del condominio.

Aumento en valor de tasación por certificación de cumplimiento.

Reducción en la prima de seguros.


Reducir la vulnerabilidad sísmica de los condominios es una responsabilidad compartida entre los dueños y el interés público. El impacto socioeconómico de un evento catastrófico tiene que ser evitado. Se debe incentivar a los dueños para que realicen las mejoras necesarias que garanticen la seguridad de los ocupantes.



Contacto

 **Carlos I. Pesquera**

Presidente
Capital Improvements Program
Management PSC

 **(787) 242-4455**

 **carlos@pesquera.com**

¡Gracias!



1913-2023

camarapr.org



[#camaristaenaccion](https://twitter.com/camaristaenaccion)