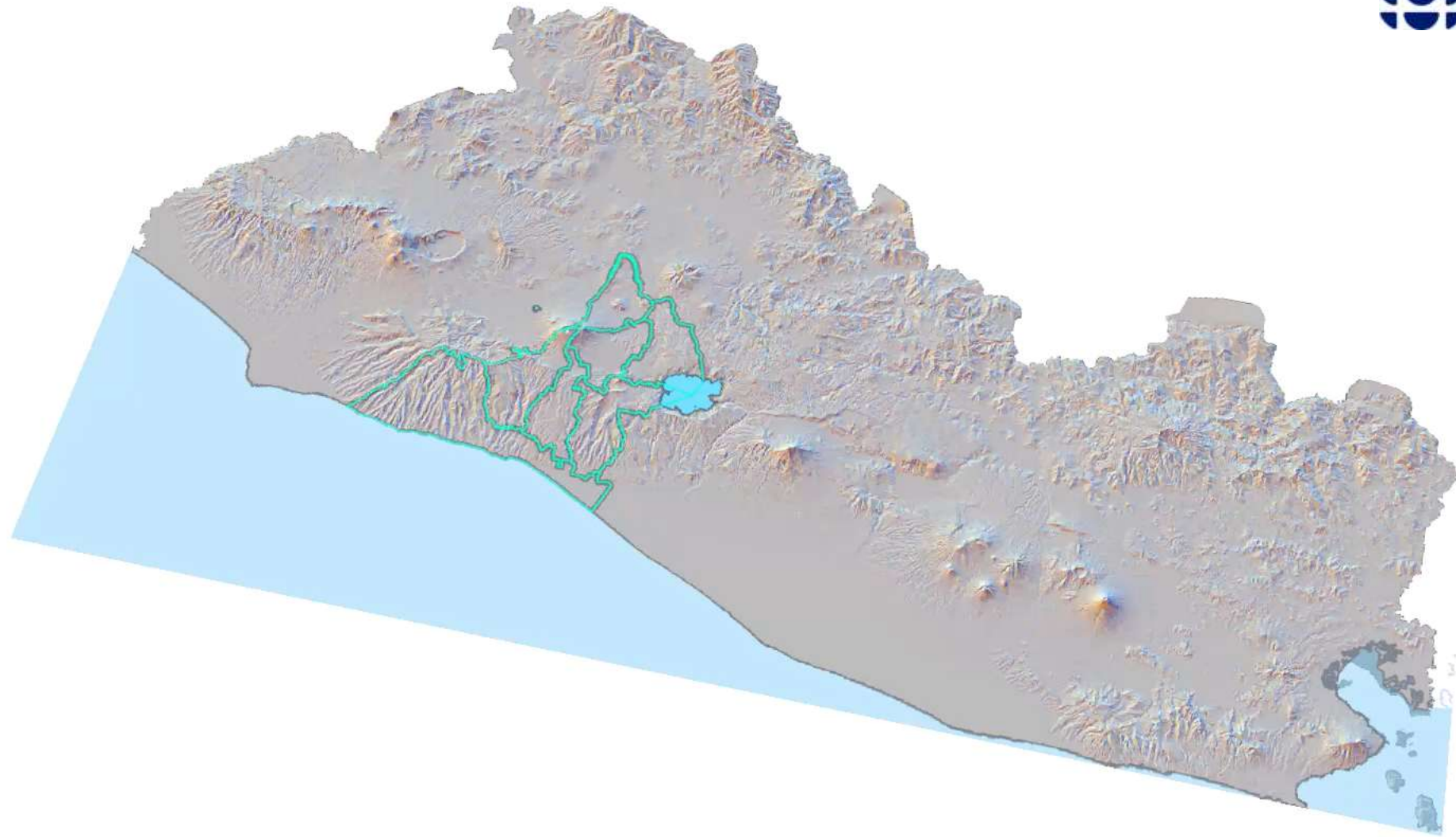
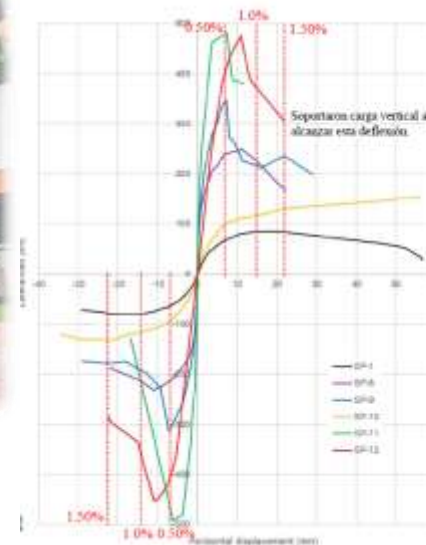




**Fortalecimiento de Capacidades para la
Evaluación y Reforzamiento Sísmico de
Edificaciones en el Áreas Metropolitana de
San Salvador**

**Logros
HOKYO**

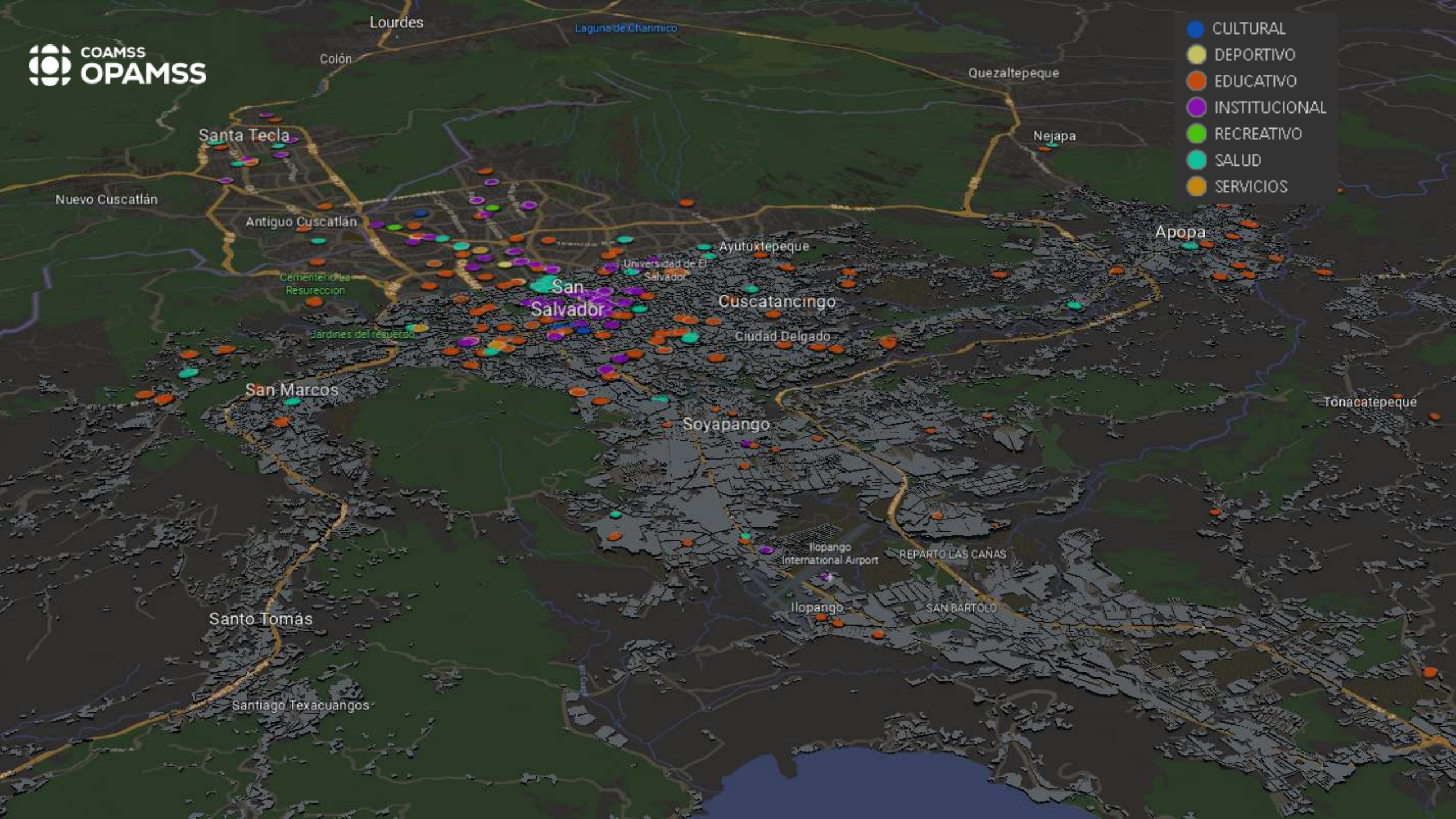




Este componente mejora la capacidad administrativa y técnica para realizar evaluaciones sísmicas precisas en el AMSS, estableciendo una base sólida para la seguridad estructural a través de diagnósticos, pruebas y normativas.



- CULTURAL
- DEPORTIVO
- EDUCATIVO
- INSTITUCIONAL
- RECREATIVO
- SALUD
- SERVICIOS



Lourdes

Laguna de Chanmico

Colón

Quezaltepeque

Santa Tecla

Nejapa

Nuevo Cuscatlán

Antiguo Cuscatlán

Cementerio La Resurreccion

Jardines del recuerdo

San Salvador

Universidad de El Salvador

Ayutuxtepeque

Cuscatancingo

Ciudad Delgado

Apopa

San Marcos

Soyapango

Tonacatepeque

Santo Tomás

Ilopango International Airport

REPARTO LAS CAÑAS

Ilopango

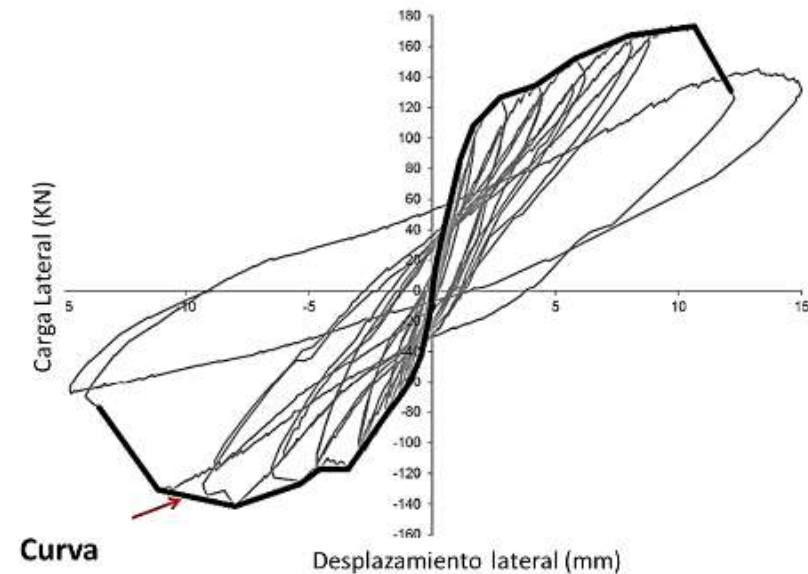
SAN BARTOLO

Santiago Texacuangos



Experimentos en el laboratorio de estructuras grandes de la UCA

- Obtener características importantes del comportamiento estructural de cierto tipo de edificios existentes en El Salvador
- Obtener parametros a ser considerados en los manuales de evaluación y diseño de reforzamiento



Levantamiento de estructura existente de edificios

Objetivo

Recolectar información útil para futuras actividades de evaluación y diseño de reforzamiento.



Medición general de la estructura



Detección de acero de refuerzo





Extracción de núcleos de concreto en columnas.



Extracción de probetas de varillas



Exposición de fundaciones

Normativa y Capacitación Especializada



1 Manual Técnico de Diseño de Reforzamiento

Documento normativo basado en la norma NTDS 94 para estandarizar procesos de ingeniería.

Capacitación en Métodos Avanzados (CSM)

Entrenamiento técnico en el Método de Linearización Equivalente y análisis no lineal en ETABS.



Colaboración Estratégica con el WG1 y WG2

Discusiones técnicas continuas con grupos de trabajo para validar metodologías de diseño sísmico.

Aplicación Práctica y Proyectos Piloto

3 Edificios Públicos con Diseños de Detalle

Incluye planos CAD, memorias de cálculo y presupuestos para escuelas y universidades.



Aprobación de Permisos de Construcción

Gestión exitosa de permisos para el Centro Escolar Santa Lucía ante la plataforma OPAMSS.



Resumen de los productos de diseño generados para los edificios piloto analizados en el Producto 2.



C.E. Santa Lucía

Entregables Principales:
13 planos de reforzamiento y permiso aprobado

Costo Estimado:
Variable según sector



C.E. Tomas Cabrera

Entregables Principales:
Diseño estructural completo y presupuesto (BOQ)

Costo Estimado:
\$165,309.50



Edificio Mecánica UES

Entregables Principales:
21 planos detallados de muros y marcos de acero

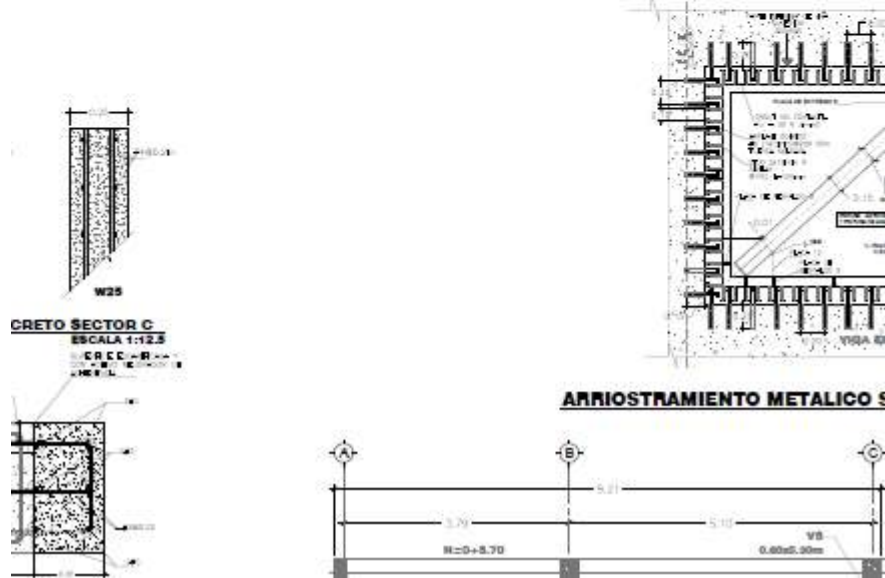
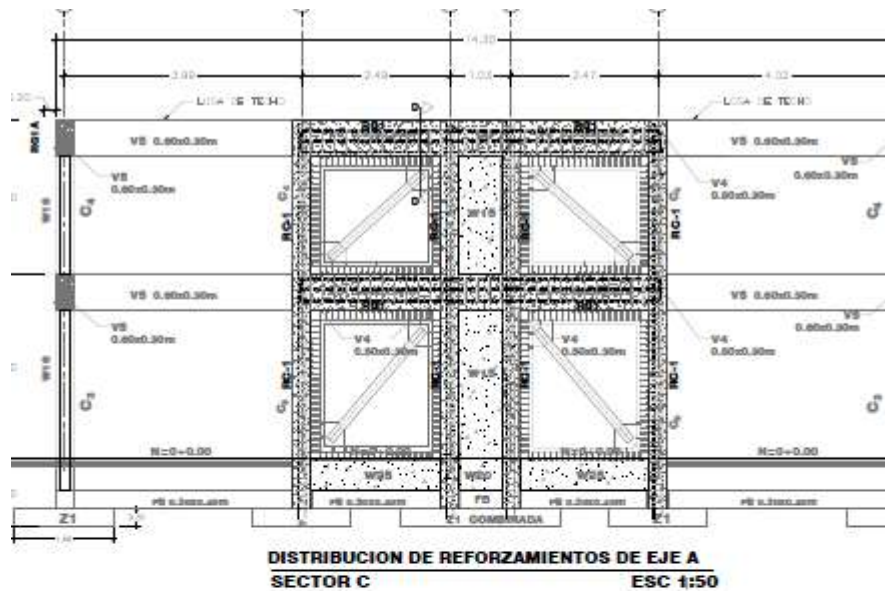
Costo Estimado:
\$104,294.89
(Obra Civil)



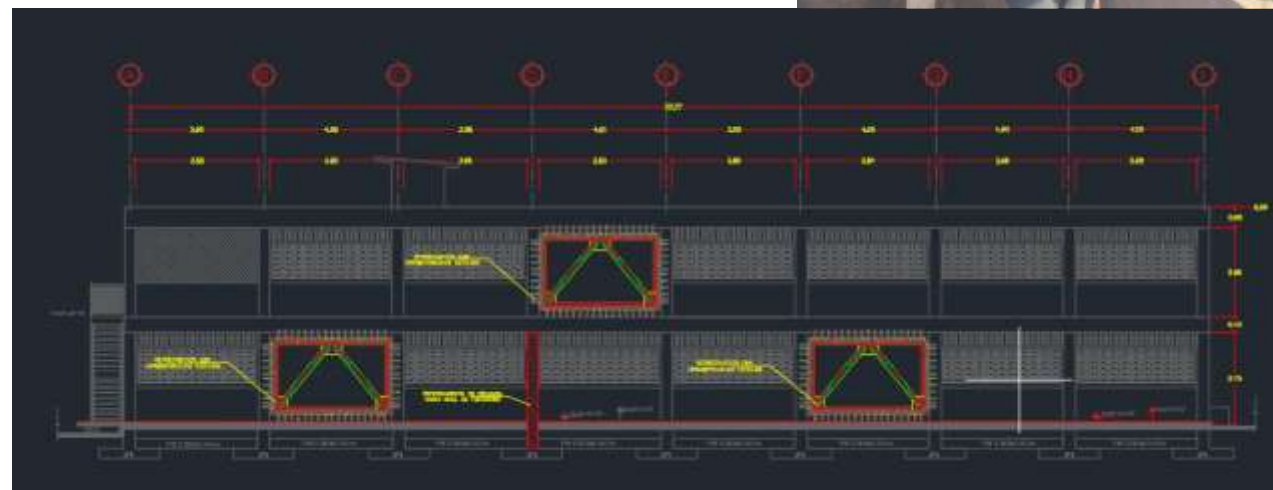
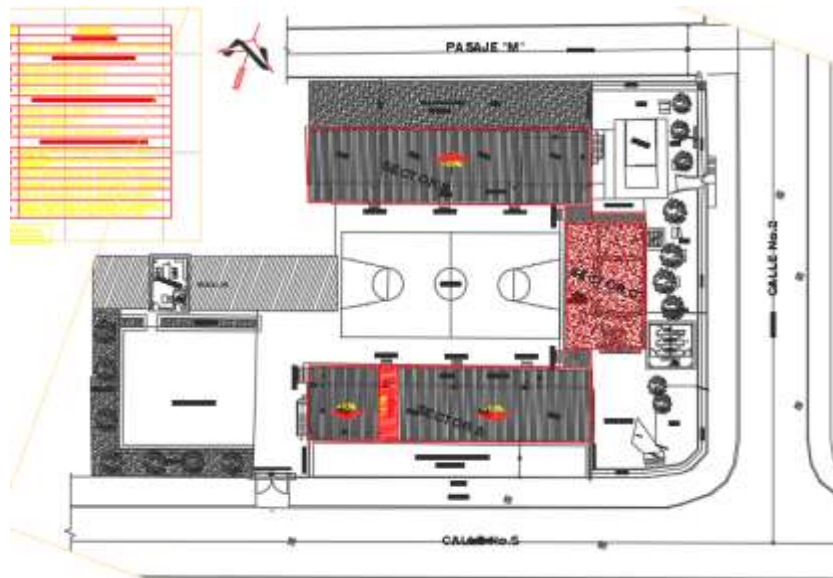
Presupuesto y Cantidades de Obra (BOQ)

Elaboración de presupuestos detallados para la ejecución real de los refuerzos estructurales.

Proyecto Piloto

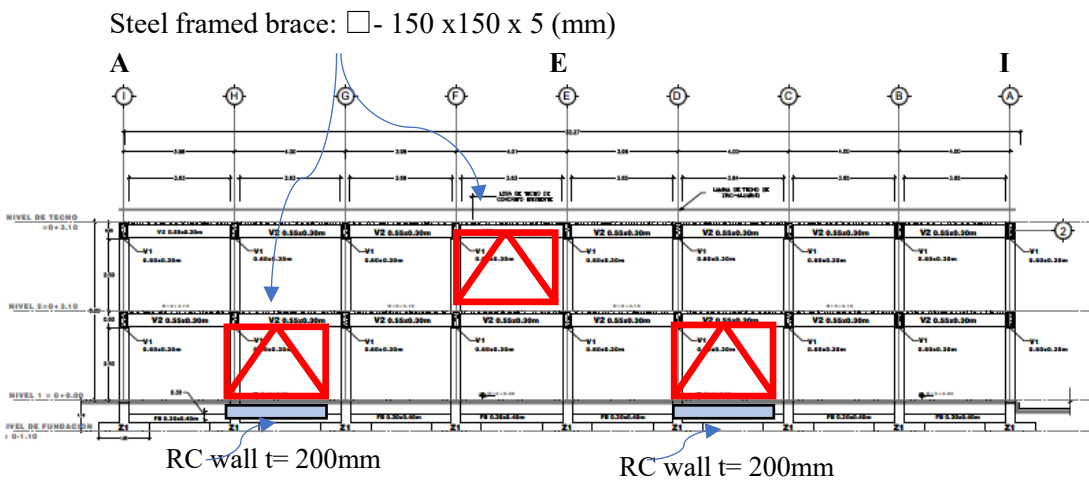
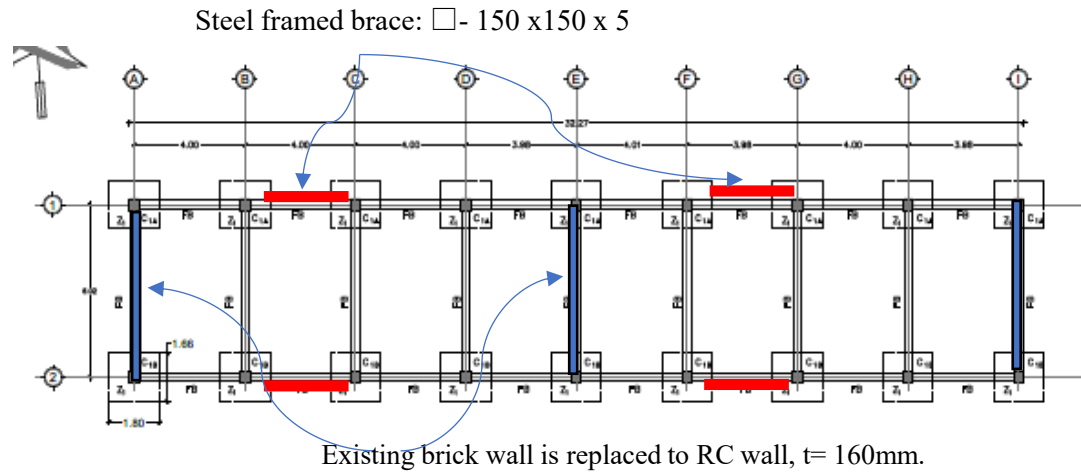


Centro Escolar Santa Lucia
Centro Escolar Tomas Cabrera
Edif. Ing. Mecánica UES



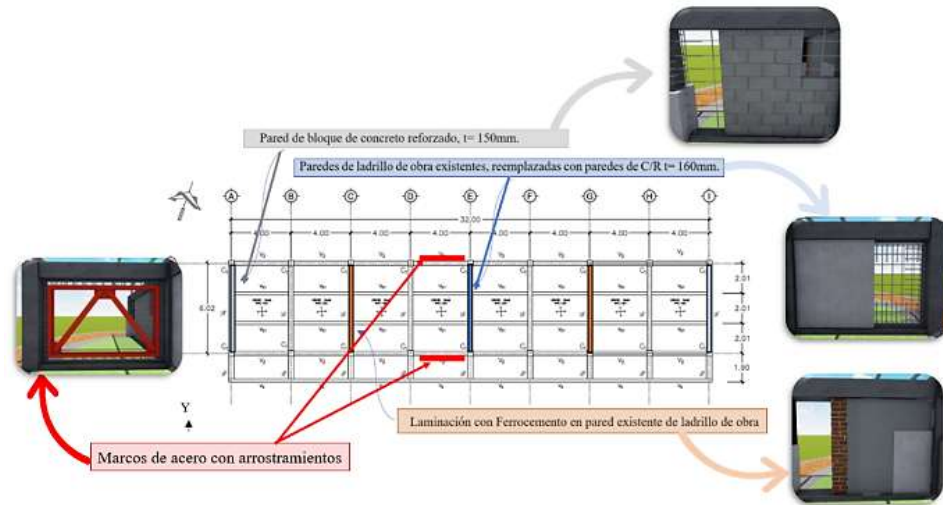
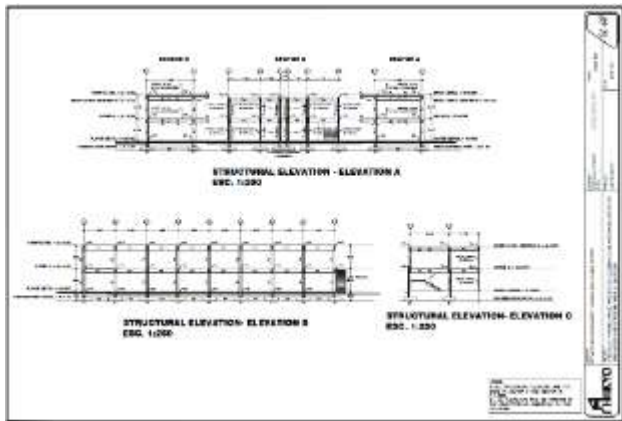
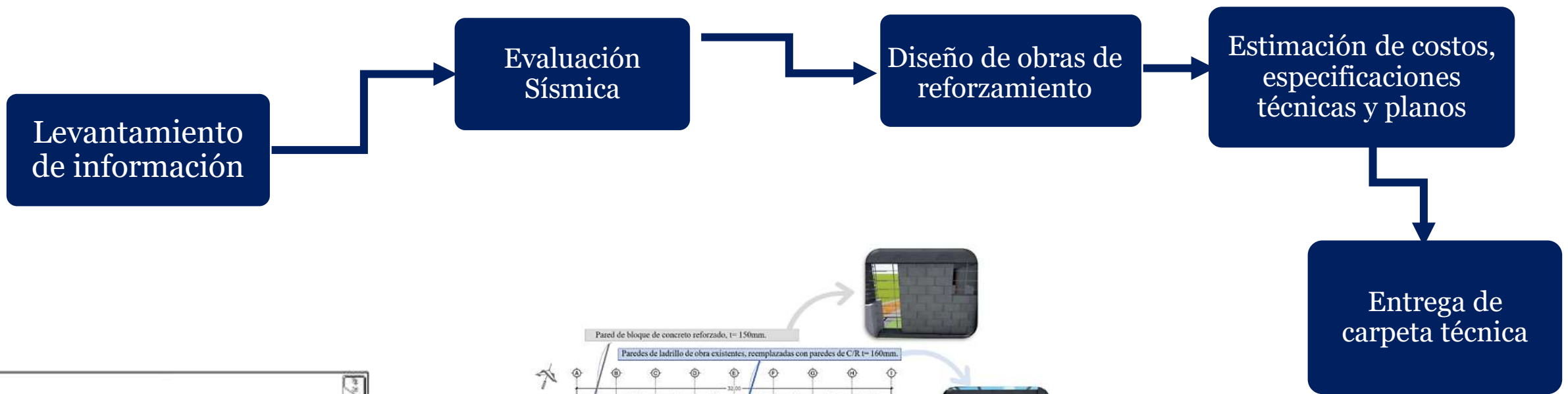
**Proyecto HOKYO apoyará durante
proceso constructivo y supervisión,
siendo insumos para manuales.**

Proyecto Piloto



Nombre		Trabajos de rehabilitación sísmica de la estructura principal	
Edificio	Año de Construcción	1966	
	Área Total (m ²)	525	
	Pisos	2	
	Estructura	Marco de concreto con paredes de Bloque de relleno	
Standard	NTDS 94	Código	
Uso	Escuela Primaria y Secundaria		

Diagrama de actividades



Fortalecimiento de la supervisión técnica: Resultados del producto 3 (Proyecto HOKYO)

El producto 3 del Proyecto HOKYO se centró en garantizar que las obras de refuerzo sísmico en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) se ejecuten con estándares de calidad técnica, a través de pruebas físicas, normativa y validación en proyectos reales.



Innovación y Pruebas Experimentales

Construcción de 6 Elementos de Refuerzo
Implementación de modelos a escala 2/3 en la UES para observar procedimientos constructivos.



Normativa y Validación Técnica

Manual de Supervisión y Guía de Inspección
Creación de herramientas técnicas estandarizadas para asegurar la calidad en cada fase de obra.



100% de Materiales y Costos Documentados

Reporte final detallado con disponibilidad de materiales locales, procedimientos de control de calidad y costos.

Validación en Proyecto Piloto Santa Lucía

Aplicación práctica de las guías de inspección en una obra real para validar su funcionalidad.



Diseminación Digital mediante Códigos QR

Instalación de tableros informativos y videos instructivos accesibles en sitio para consulta técnica inmediata.

4 Formadores Certificados en Supervisión

Capacitación exitosa de personal técnico de OPAMSS para liderar futuras inspecciones de refuerzo sísmico.



Resumen de Productos Técnicos para la Sostenibilidad

Producto	Propósito
Manual de Supervisión	Estandarizar el control de calidad en la ejecución de refuerzos sísmicos.
Guía de Inspección	Facilitar a OPAMSS la verificación del cumplimiento normativo en sitio.
Videos de Construcción	Material educativo visual sobre la instalación de elementos de refuerzo.

Construcción de prototipos de técnicas de reforzamiento en UES.



Construcción de prototipo para 6 tipos de reforzamiento sísmico.

Objetivo

Promover las obras de reforzamiento, a través de la exposición de algunas técnicas, para que estudiantes y profesionales conozcan las fases del proceso constructivo

Se obtuvo información de referencia sobre los diferentes tipos de reforzamiento incluyendo :

- Viabilidad del proceso
- Existencia de materiales en el mercado nacional.
- Mano de obra

Maqueta de métodos de reforzamientos construida en las instalaciones de la Universidad de El Salvador en el marco del "Proyecto para el Desarrollo de Capacidades para la Evaluación y Reforzamiento Sísmico de Edificaciones en el Área Metropolitana de San Salvador, HOKYO", con financiamiento de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

 [Arrostramiento.pdf](#)
Pdf (570kb) [Descargar](#)

 [Encamisado-de-RC.pdf](#)
Pdf (6194kb) [Descargar](#)

 [Ferrocimiento.pdf](#)
Pdf (6820kb) [Descargar](#)

 [Fibra-de-carbono.pdf](#)
Pdf (6709kb) [Descargar](#)

 [Pared-de-cortante.pdf](#)
Pdf (6193kb) [Descargar](#)

 [Pared-de-bloques.pdf](#)
Pdf (6307kb) [Descargar](#)



Reforzamiento mediante laminación con ferrocemento en pared de ladrillo de obra

Con la aplicación de este método de reforzamiento en una pared de ladrillo de obra existente, se aumenta la resistencia a cargas horizontales mediante la laminación con ferrocemento. Para ello, se coloca una malla metálica mediante clavos (con suficiente área superficial) en la pared de ladrillo de obra existente. En el perímetro se colocan piezas angulares de acero con anclajes, o clavos de concreto, como contramedida a movimientos fuera del plano de la pared. Finalmente, se aplica una capa de mortero de acabado.

CONSIDERACIONES

Puede aumentar la resistencia a cargas horizontales con un método convencional de construcción a un costo razonable.

En general, la ductilidad que se provee es limitada. En el caso de paredes de más de un nivel, angos de ductilidad razonables pueden ser obtenidos.

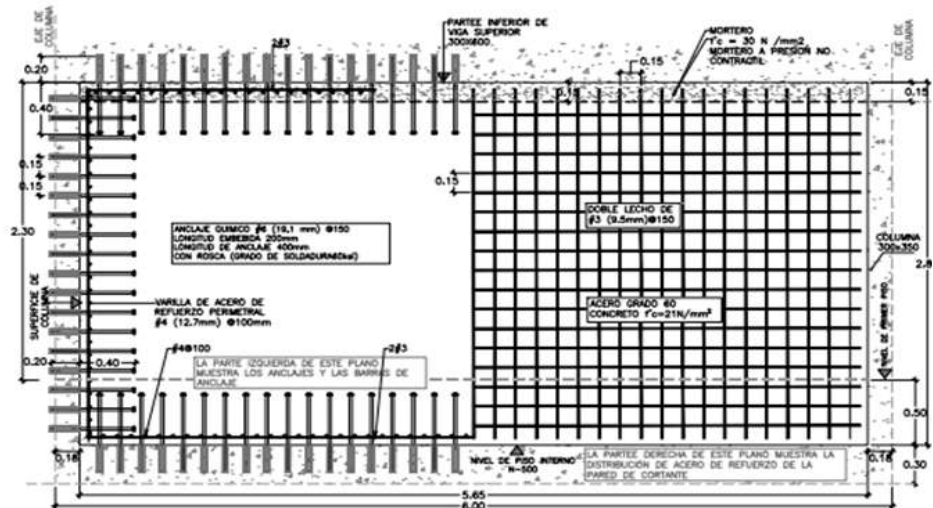
Este tipo de reforzamiento puede ser aplicado en conjunto con paredes de cortante de concreto reforzado, dependiendo de requisitos en cuanto a la ubicación de las mismas:

- Nivel inferior compuesto por pared de cortante de concreto reforzado.
- Nivel superior compuesto por pared de ladrillo de obra con laminación de ferrocemento.



Este resultado se construyó en el marco del "Proyecto para el Fortalecimiento de Capacidades para la Evaluación y Reforzamiento Sísmico de Edificaciones en el Área Metropolitana de San Salvador, HOKYO" en el año 2020 con financiamiento de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

Trabajos—Pared de Corte



Control de calidad -
Ensayo de concreto

ENSIDAD Ton/m ²	CARGA (kg)	ESF. INDIV. (kg/cm ²) ¹	ESFUERZO (kg/cm ²) ²
2.15	42.056	231.8	218
2.09	37.725	205.2	



Diagnóstico y Marco de Cooperación



Identificación de Infraestructura Crítica

Se determinó que la mayoría de edificios clave pertenecen a ministerios y municipalidades.



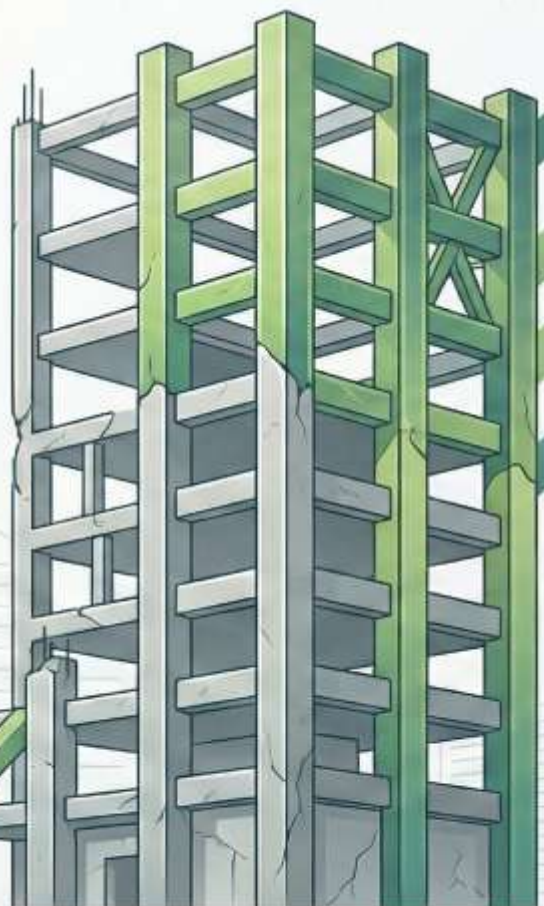
Creación del Grupo de Trabajo Técnico (TWG)

Formalización de una comisión especial para coordinar la gestión del riesgo sísmico nacional.



Alianza Multi-Institucional

Colaboración activa entre gobiernos locales, ministerios, academia y el sector privado.



Resultado Esperado



Difusión de Manuales
Socialización de guías técnicas con sectores públicos y privados.



Monitoreo Digital
Registro y sistematización de edificios reforzados mediante herramientas SIC.



Concientización
Programas educativos para tomadores de decisiones sobre vulnerabilidad sísmica.

Planificación Estratégica y Acción (2026-2030)



Plan de Acción OPAMSS de 5 años

Hoja de ruta aprobada para asegurar la resiliencia urbana a partir de 2026.



Criterios de Priorización de Edificios

Clasificación técnica de edificaciones basada en tipología estructural y niveles de riesgo.



Guía Técnica para Gobiernos

Manual aprobado para la formulación de planes institucionales de reforzamiento sísmico.



ALGUNOS EJEMPLOS



MARCO LEGAL-GOBERNANZA

- Elaborar, aprobar e implementar una **política pública** orientada a incrementar la seguridad sísmica de edificaciones públicas y privadas mediante la **promoción del reforzamiento sísmico**, con especial énfasis en la infraestructura vital, como medio para salvaguardar la vida humana y reducir las pérdidas económicas asociadas con los fenómenos de terremotos.



FINANCIAMIENTO

- Formular **proyectos de inversión pública** orientados a elevar la seguridad estructural de las edificaciones, especialmente aquellas **de carácter vital tales como hospitales y escuelas**.
- Proveer **de incentivos fiscales a propietarios de edificios privados** para fomentar el reforzamiento sísmico de sus edificaciones



ASPECTOS TÉCNICOS

- Recopilar información, documentar adecuadamente y **generar una línea base a partir de los proyectos de reforzamiento sísmico** realizados en el país, en lo **relativo a costos de evaluación, diseño y construcción**.



CONCIENTIZACIÓN

- Realizar **campañas de concientización multinivel y multisectoriales**, empleando diversas estrategias de comunicación y canales para alcanzar, influir e involucrar a los actores claves y población general, sobre la importancia de la gestión del riesgo sísmico, especialmente desde el enfoque preventivo.



INFORMACIÓN

- Implementar el uso de **nuevas tecnologías (BIM, LiDAR, fotogrametría con drones, otros)** para recolectar información de las edificaciones públicas existentes.
- Realizar **alianzas estratégicas con el sector privado y universidades para la recolección de información de edificaciones públicas prioritarias**.

¿Qué es la capacidad sísmica?

La capacidad sísmica de un edificio es su capacidad para absorber energía sísmica. Se determina teniendo en cuenta la forma y la antigüedad del edificio, así como su resistencia y tenacidad.

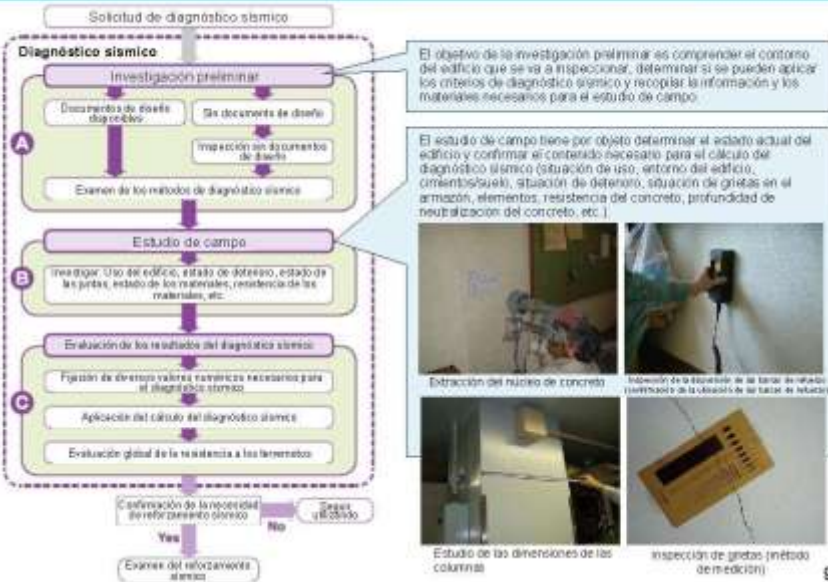


El índice que expresa la capacidad sísmica de un edificio se denomina "Valor Is", que se calcula como resultado del diagnóstico sísmico.

*El valor Is puede variar en función de la región y de las condiciones del suelo.

Valor Is: Índice sísmico de la estructura

Generalidades del diagnóstico sísmico



Entrenamiento en Japón

- SS Centro
- DGPC
- MOPT
- MINEDUCYT
- Ministerio de Salud
- OPAMSS



Método de adaptación sísmica (Estructura que no es de madera)

(1) Reforzamiento sísmico



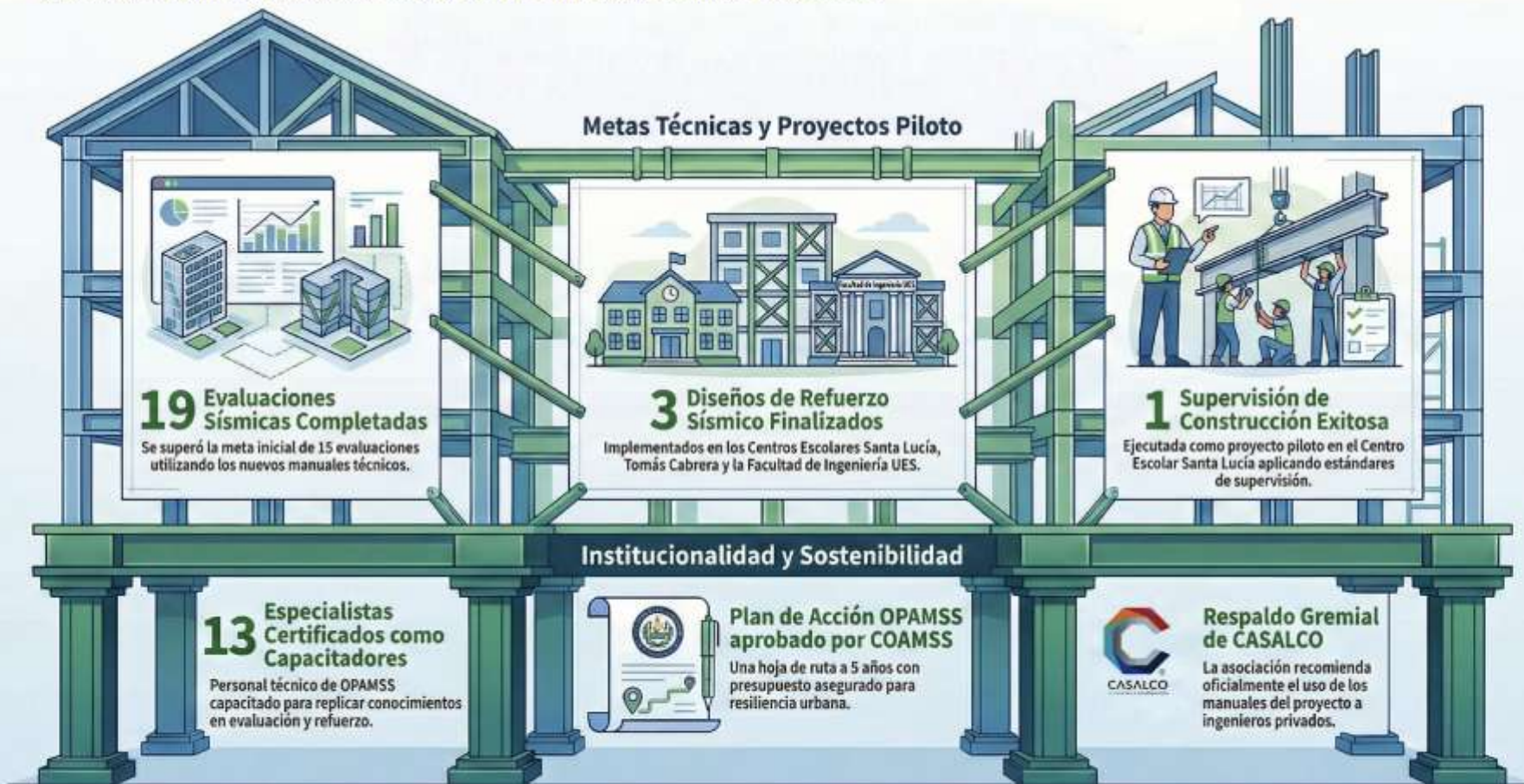
(2) Control sísmico



(3) Aislamiento sísmico



El proyecto HOKYO ha fortalecido las capacidades técnicas de la OPAMSS para garantizar que los edificios públicos del AMSS sean seguros frente a terremotos. A través de manuales técnicos y proyectos piloto, se ha establecido un estándar internacional para la evaluación y el refuerzo estructural.





Guías para la planificación y
evaluación del reforzamiento
sísmico en edificaciones



Manuales para evaluación, diseño
y supervisión del reforzamiento
sísmico en edificaciones





Puntos clave de la Planificación del Reforzamiento EQUIPO 4



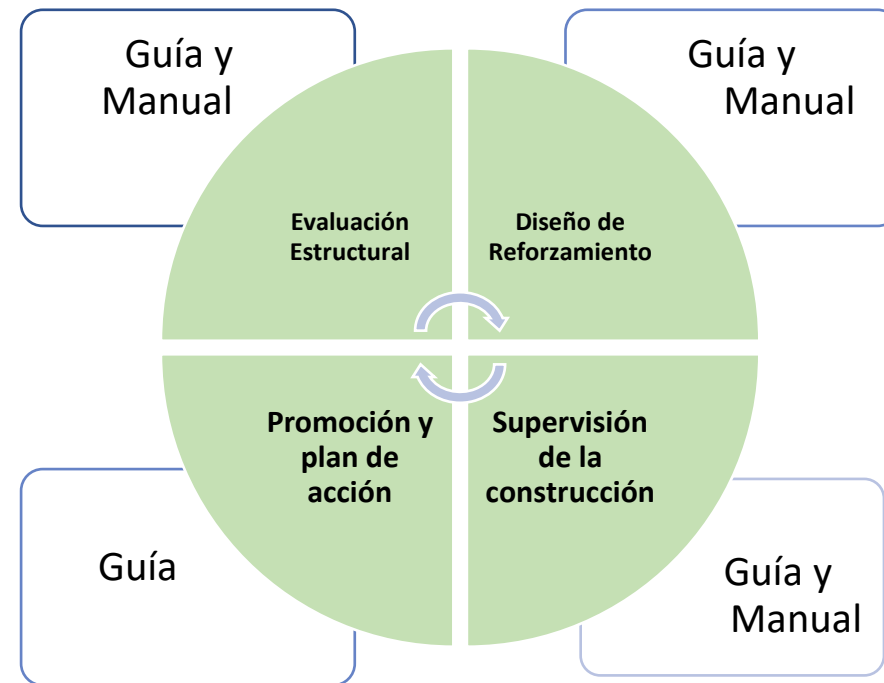
I. INTRODUCCIÓN

En el marco del “Proyecto para el desarrollo de capacidades para la evaluación y reforzamiento sísmico de edificios en el Área Metropolitana de San Salvador” denominado HOKYO, el cual tiene como objetivo promover la evaluación sísmica, el diseño de reforzamiento y la supervisión de los procesos constructivos en las edificaciones del AMSS, mediante la creación de Manuales y Guías.

Objetivo

El proyecto HOKYO contempla la creación de 3 manuales y guías enfocadas a la evaluación, diseño y supervisión de obras de reforzamiento sísmico. Adicional a lo anterior una guía para que los propietarios de edificios públicos puedan generar un plan de acción para el reforzamiento sísmico.

Estas herramientas se están desarrollando con la participación de profesionales nacionales y japoneses, mejorando la resiliencia no solo del Área Metropolitana de San Salvador sino también a nivel nacional.



En el proceso del proyecto HOKYO, se conformó **Grupo Técnico de Trabajo**, conformado por diversos sectores que (academia, gobierno central, gobiernos municipales y sector privado).



MINISTERIO DE VIVIENDA



MINISTERIO DE RECURSOS AMBIENTALES Y RECURSOS NATURALES



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y DE TRANSPORTE



COAMSS
OPAMSS



MINISTERIO DE SALUD



MINISTERIO DE HACIENDA



MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA



ALCALDÍA DE SANTA TECLA



CIUDAD DE ANTIGUA CUSCATLÁN
Departamento de La Libertad, El Salvador, C.A



ALCALDÍA DE SAN SALVADOR



ES/CO
Agencia de El Salvador para la Cooperación Internacional



"La Católica de El Salvador"

asia
Asociación Salvadoreña de Asesoría y Asistencia



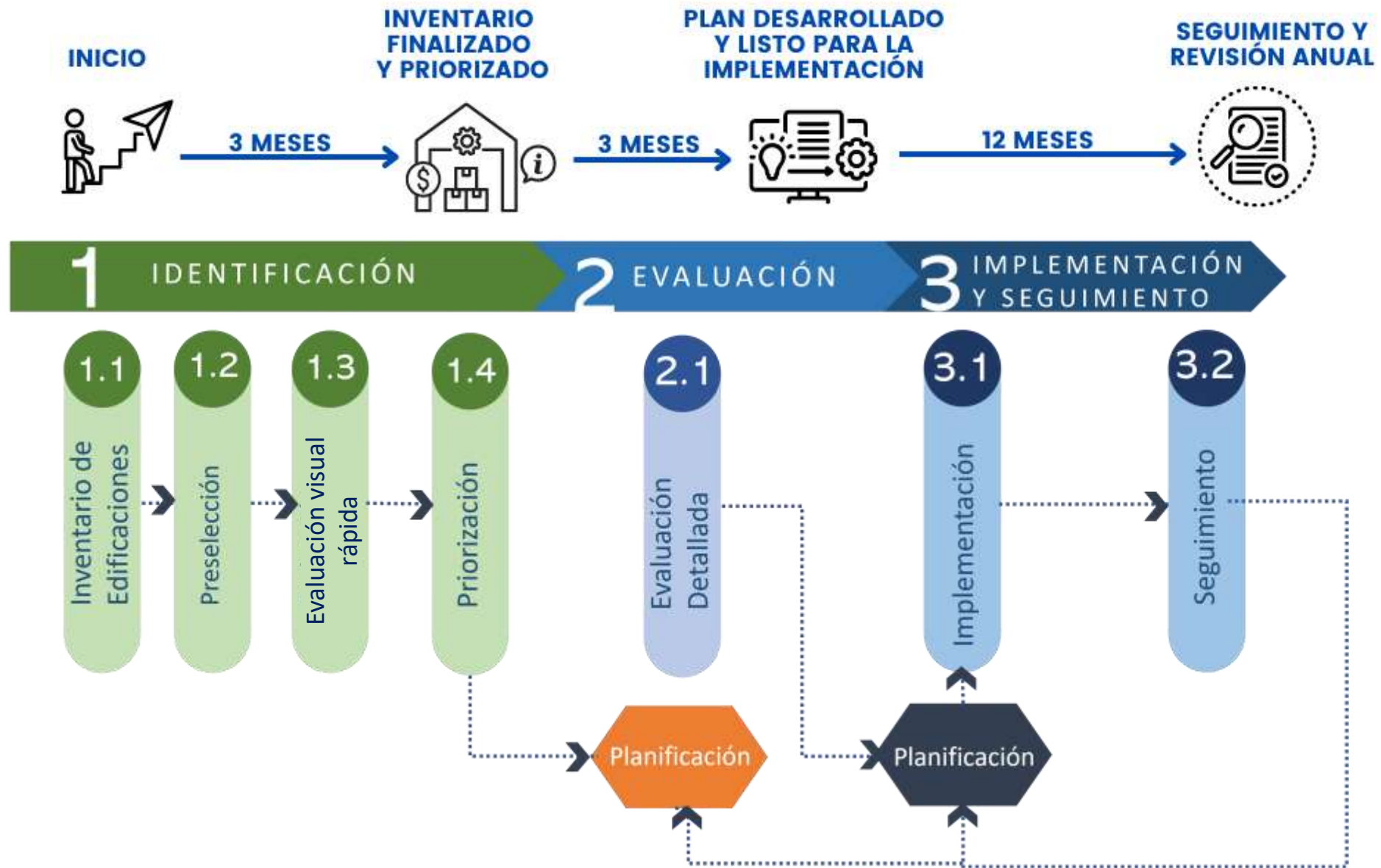
CADES
COMITÉ ASOCIADOS DE EMPRESARIOS



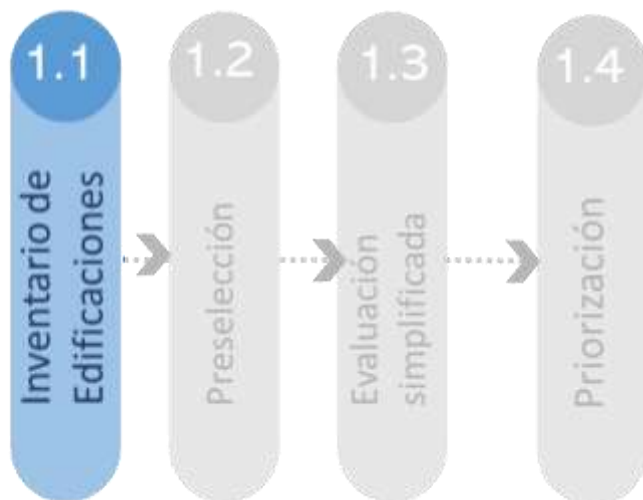
CASALCO

ISC
Instituto Salvadoreño de la Construcción

Proceso de Planificación de Reforzamiento sísmico

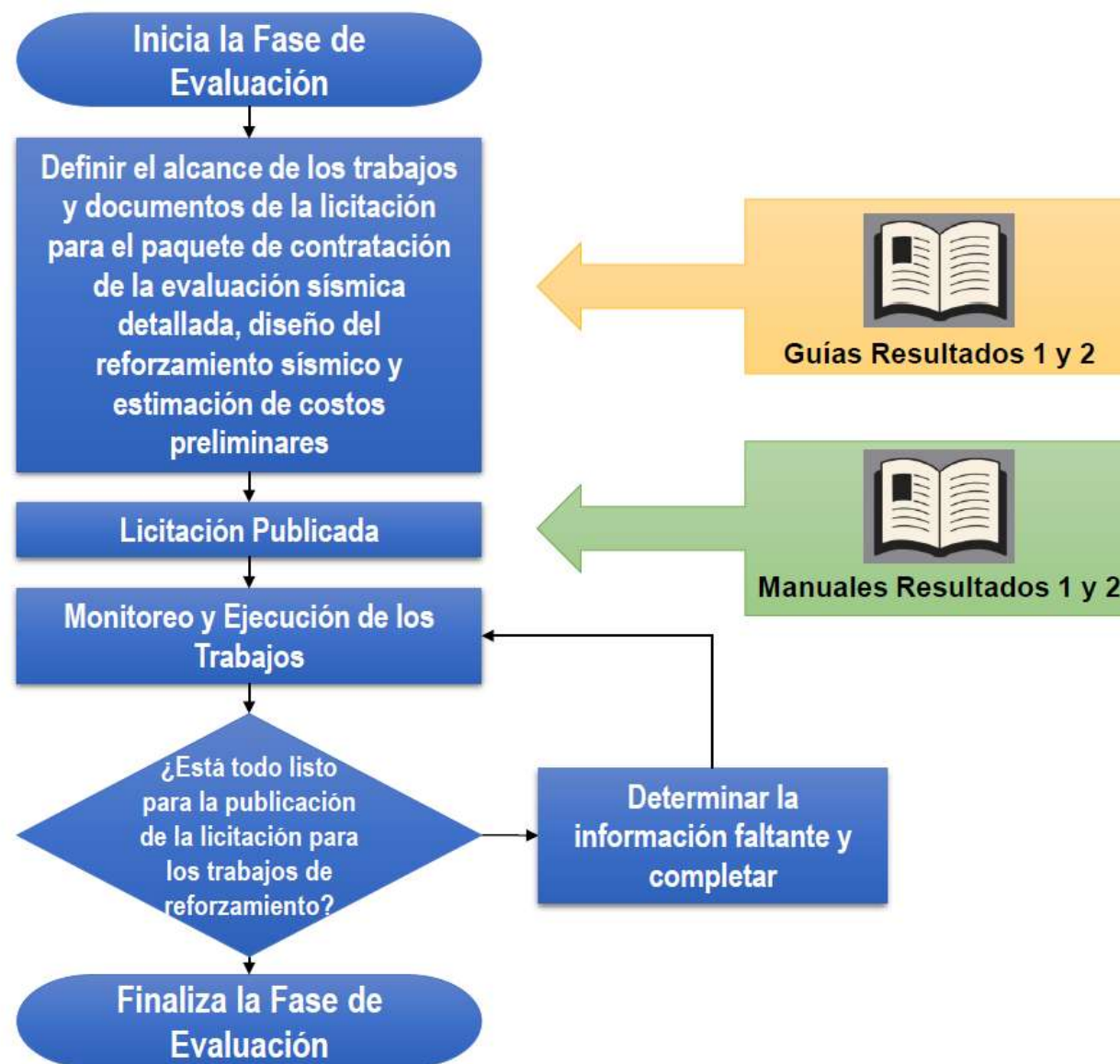
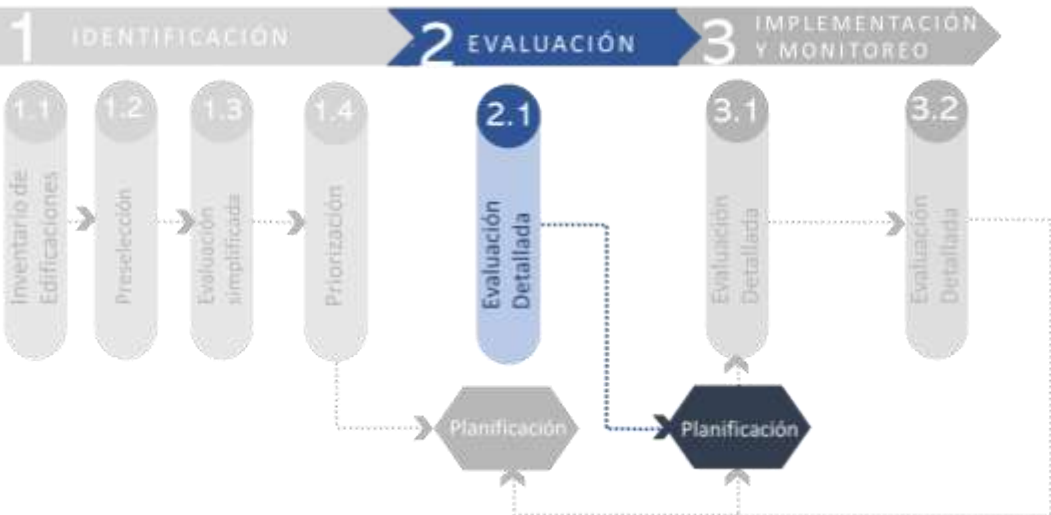


1 IDENTIFICACIÓN

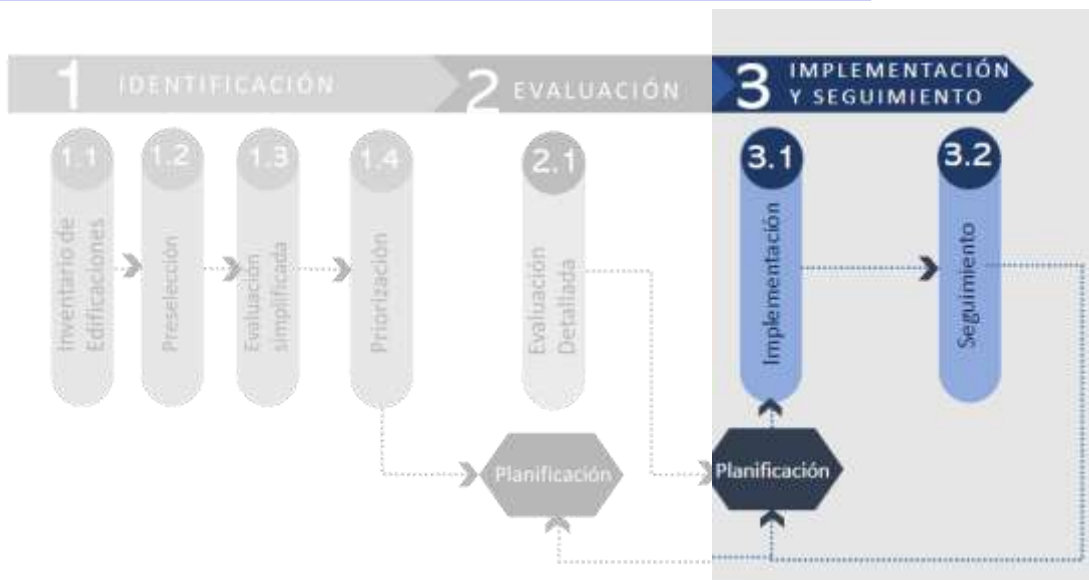


Nombre del edificio	Identificación de la edificación
Municipio	Identificación de la ubicación
Distrito, calle, avenida	Identificación de la ubicación
Tipo de uso del edificio	Será una referencia para identificar la importancia de la edificación.
Características	Descripción específica, por ejemplo, número de estudiantes en el caso de edificios escolares.
Número de piso	También número de sótanos en caso de que existan
Superficie total del suelo (m ²)	Identificación del tamaño de la edificación.
Año de construcción	Será un factor para considerar la vulnerabilidad de la edificación.
Planos de la estructurales	Se consulta si existen planos estructurales de la edificación y si están disponibles o no.
Plano arquitectónicos	Se consulta si existen planos arquitectónicos de la edificación y si están disponibles o no.
Informe de investigación del suelo	Este campo corresponde si la edificación posee un estudio geotécnico que se haya realizado previamente.
Grado del daño del terremoto	Si daños y evaluaciones previas existen
Evaluación Sísmica	Se consulta si se han realizado evaluaciones sísmicas en el pasado o no. Si se ha realizado, cuando, cómo y sus resultados.
Obras de reforzamiento sísmico	Se consulta si se han implementado obras de reforzamiento sísmico previamente. Si se ha realizado, cuándo, cómo, código de referencia, etc.
Otras observaciones	

2 EVALUACIÓN



3 IMPLEMENTACIÓN



La implementación del diseño y trabajos de construcción deben atender las leyes, regulaciones y prácticas de los procesos existentes de contratación pública.

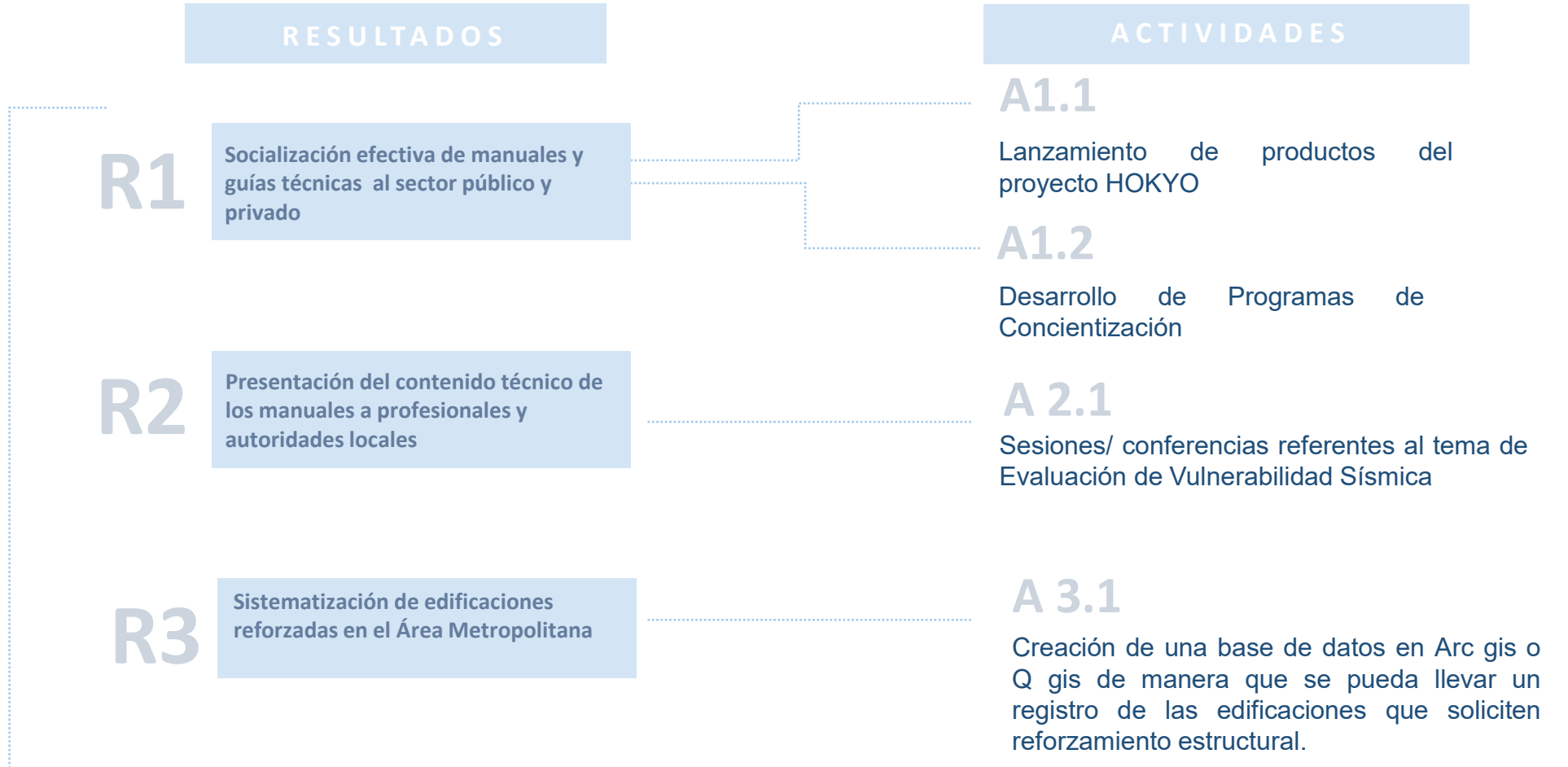
1. CONTRATACIÓN DE TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN
2. PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PERMISOS DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES

SEGUIMIENTO DEL CUMPLIMIENTO DEL PLAN

Es un mecanismo para verificar el progreso del plan, identificar las causas de cualquier retraso y mejorar los métodos de implementación

1. PROGRESO DEL PLAN ANUAL
2. SUPERVICION
3. INDICADORES DE DESEMPEÑO

Promover el reforzamiento estructural de edificaciones existentes, con el fin de minimizar el riesgo sísmico, proteger la vida y los bienes de la población, y garantizar la resiliencia urbana, mediante la implementación de campañas educativas referidas a las guías técnicas, difusión y socialización de manuales técnicos que fomenten la adopción de prácticas de construcción y reforzamiento seguras.



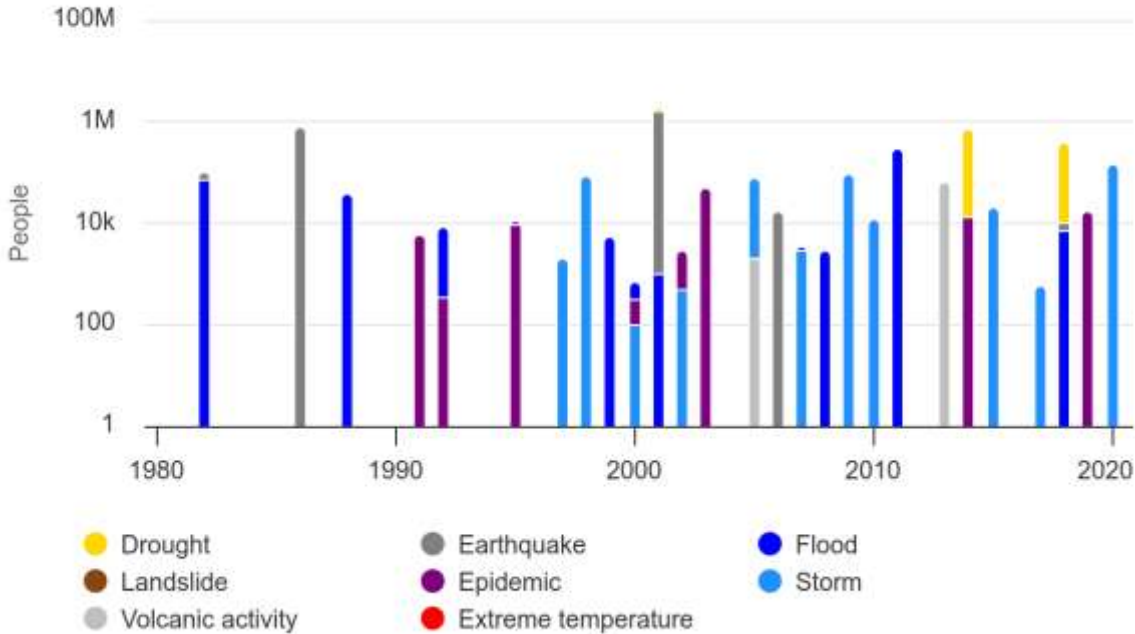


MANUALES DEL PROYECTO HOKYO

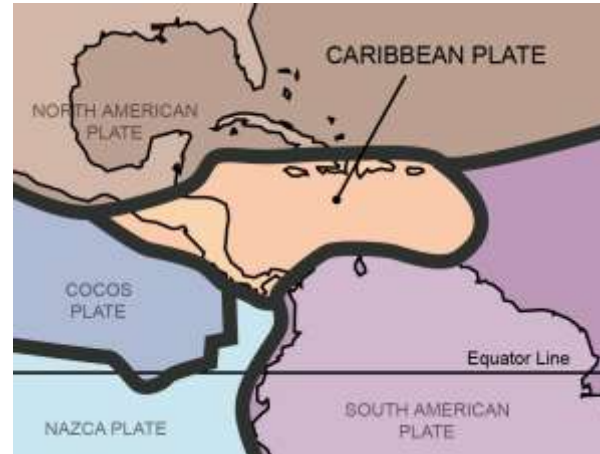


Key Natural Hazard Statistics for 1980-2020

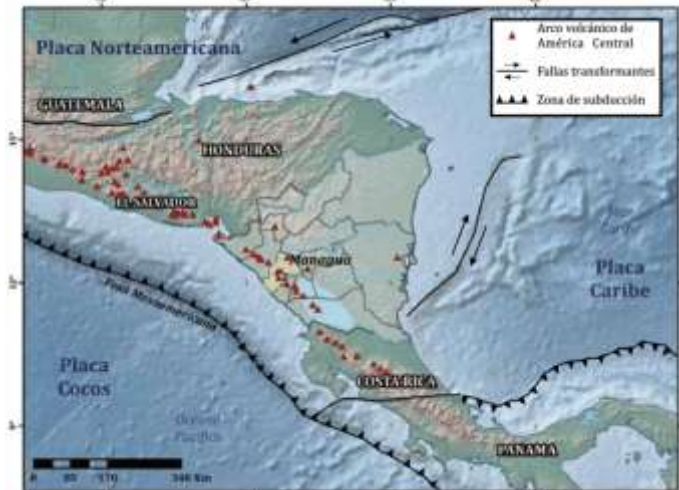
Number of People Affected



Source: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/el-salvador/vulnerability>



Source: Wikipedia-public domain

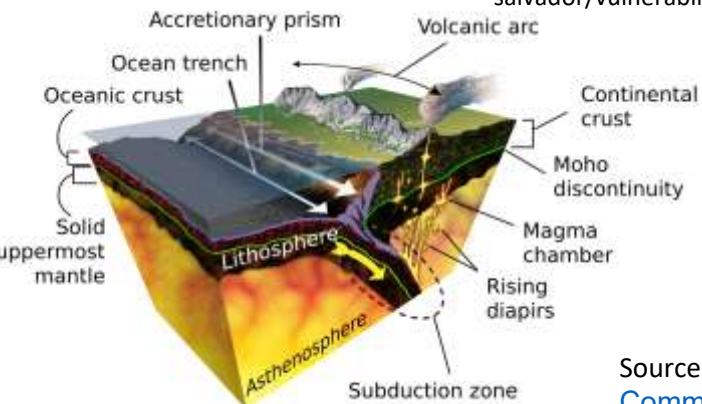


Source: modificado de Frischbutter (2002) y Avellán (2009).



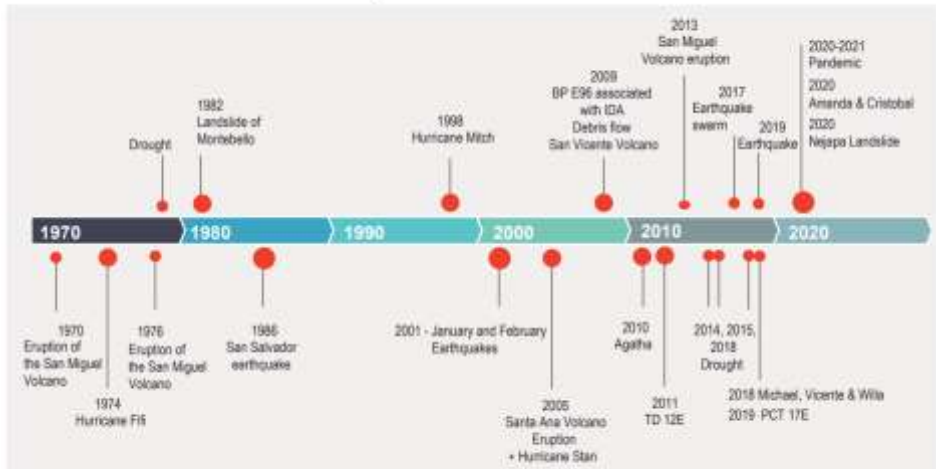
Hurricane Mitch at peak intensity on October 26, 1998 at 19:15 UTC. At the time, it was a Category 5 hurricane.

Source: Satellite data from [NOAA CLASS](https://www.noaa.gov/class)



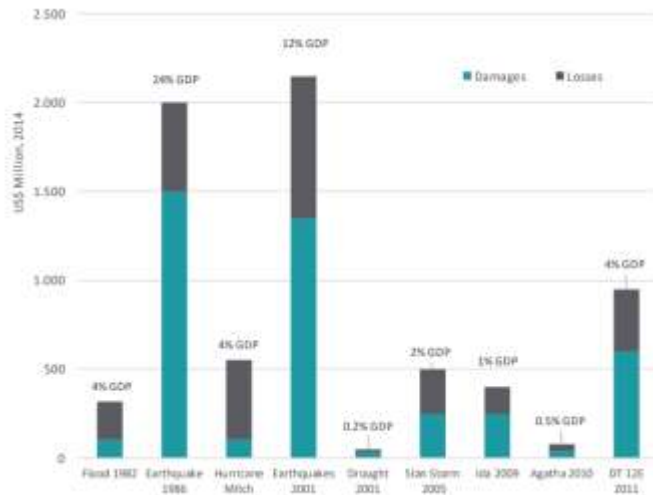
Source: "[Subduction-en.svg](#) from [Wikimedia Commons](#) by K. D. Schroeder, [CC-BY-SA 4.0](#)

History of disasters in El Salvador



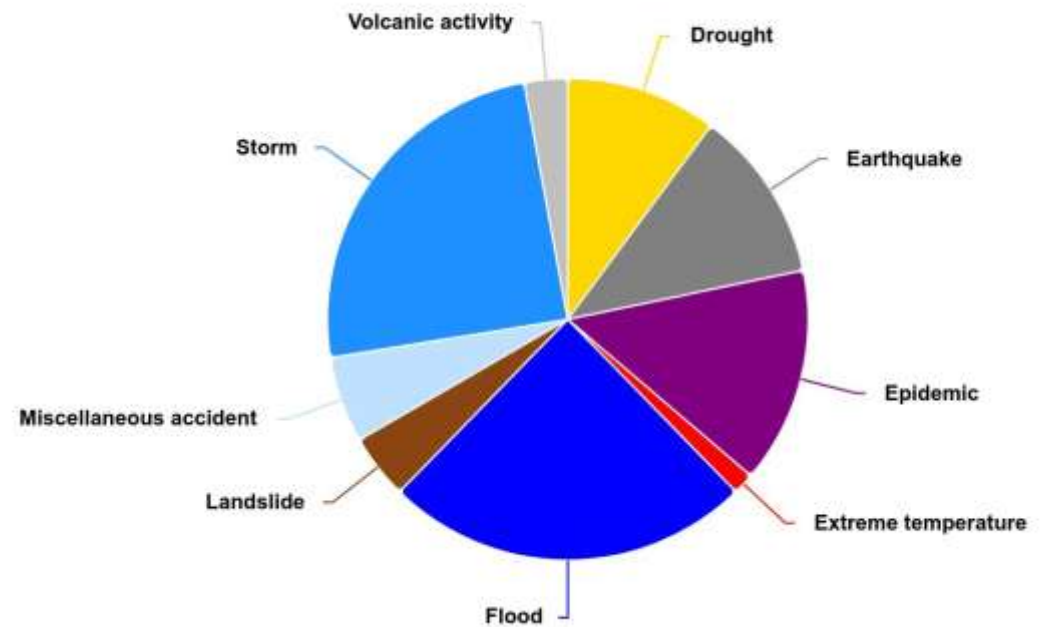
Source: Guide for the formulation of a post-disaster recovery framework in El Salvador (GoES, 2022)

Damages and Losses Caused by Major Severe Events, 1980 - 2014
(US\$ 2014 million, % of GDP in the year before the disaster)



Source: Based on Post Disaster Needs Assessments.

Average Annual Natural Hazard Occurrence for 1980-2020



Source: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/el-salvador/vulnerability>



10 OCTUBRE, 1986
1500 MUERTES
MAS DE 80
EDIFICIOS
DESTRUIDOS

Source: <https://elblog.com/foto-surgien-mas-fotografias-a-33-anos-del-terremoto-de-1986/>



Source: <https://www.skyscrapercity.com/>



GRAN HOTEL SAN SALVADOR.

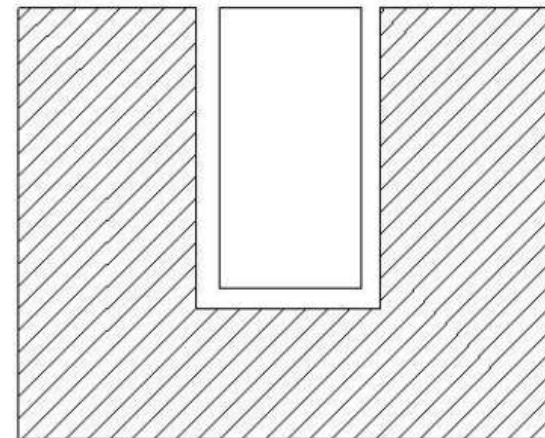


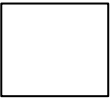

Source: La Prensa Grafica, 1986

Source: Historia de El Salvador



EDIFICIO PACIFICO EN
CONSTRUCCION



-  EDIFICIO
PACIFICO
-  EDIFICIO
RUBEN DARIO

EDIFICIO PACIFICO



Source: <https://elblog.com/foto-surgen-mas-fotografias-a-33-anos-del-terremoto-de-1986/>

EDIFICIO PACIFICO



Source: El Diario de Hoy, 1986

13 ENERO, 2001

- Magnitud de 7.7 Mw.
- Causo entre 1,000 and 1,500 muertes, 10,000 heridos, y dejo 200,000 personas sin hogar.

Source:

<http://landslides.usgs.gov/learning/images/foreign/ElSalvadorslide.jpg>
{{USGS}} [Category:2001](#) [Category:El Salvador](#) [Category:Earthquakes of 2001](#)





Source: By Edward Quintanilla

Source: JCI Activity on ISO Standard for
Seismic Evaluation of Concrete Structures
Masaomi Teshigawara



Source: OPAMSS

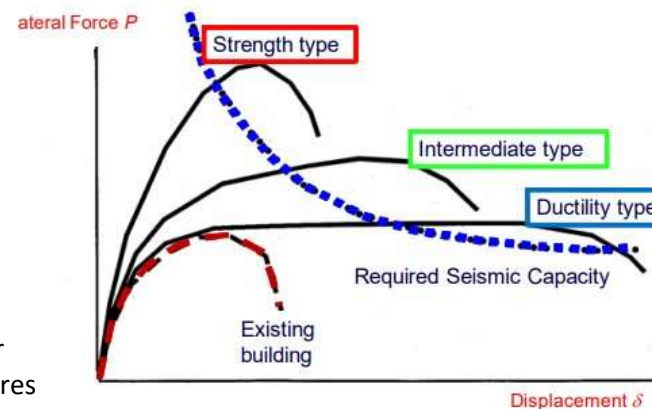


Figure 3. Rehabilitation scheme for RC buildings

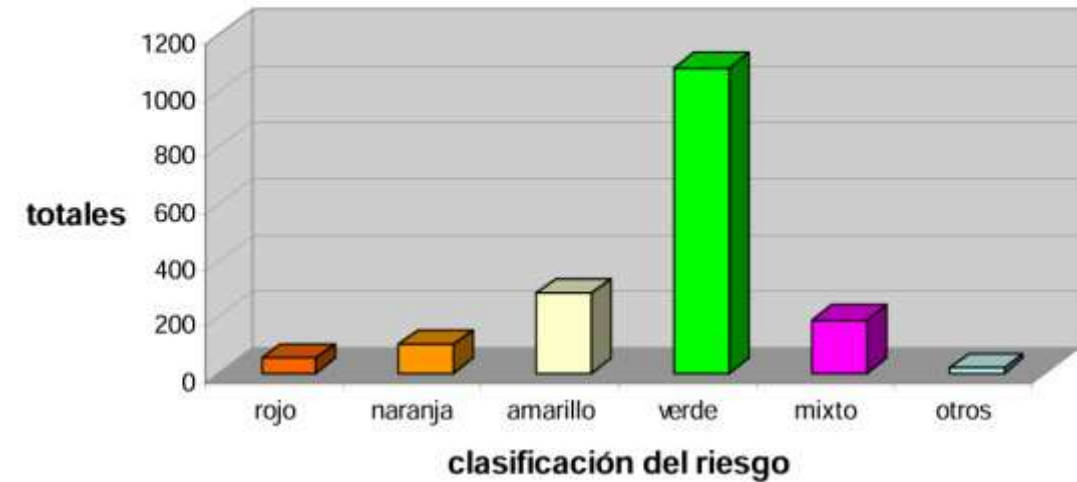


Source: OPAMSS

- Peligro sísmico y vulnerabilidad.
- Edificaciones construidas antes de que entrara en vigor el código sísmico actual (NTDS-94).
- Construcciones informales.
- Falta de comprensión de los métodos de evaluación sísmica y de las técnicas de reforzamiento.

Clasificación del riesgo	Total
Rojo	52
Naranja	101
Amarillo	285
Verde	1081
Mixto	188
Otros	17
TOTAL	1724

Total de edificaciones por su clasificación de riesgo



Municipio	Total edificaciones	rojo	naranja	amarillo	verde	mixto	otros
Antiguo Cuscatlán	116	1	7	13	83	11	1
Apopa	37	1	7	3	22	4	0
Ayutlaxtepeque	21	1	2	5	10	3	0
Cuscatancingo	10	0	2		7	1	0
Ciudad Delgado	27	3	2	4	15	3	0
Ilopango	46	0	3	5	31	7	0
Mejicanos	104	0	5	41	56	2	0
Nejapa	3	0	1	1	1	0	0
San Marcos	10	0	1	0	8	0	1
San Martín	16	0	1	5	9	1	0
San Salvador	1025	35	55	175	634	116	10
Santa Tecla	162	10	13	21	83	30	5
Soyapango	136	0	1	10	116	9	0
Tonacatepeque	11	1	1	2	6	1	0
TOTALES	1724	52	101	264	1081	188	17

Source: “ELABORACIÓN DE MAPA Y BASE DE DATOS GEOREFERENCIADOS DE EDIFICACIONES DAÑADAS POR LOS TERREMOTOS DE 1986 Y 2001 EN EL AMSS.”

(CODIGO SISMICO ADAPTADO DE
ACAPULCO)



1965

1989

1996

2021

SE IMPLEMENTARON
REGULACIONES DE EMERGENCIA
PARA EL DISEÑO SISMICO

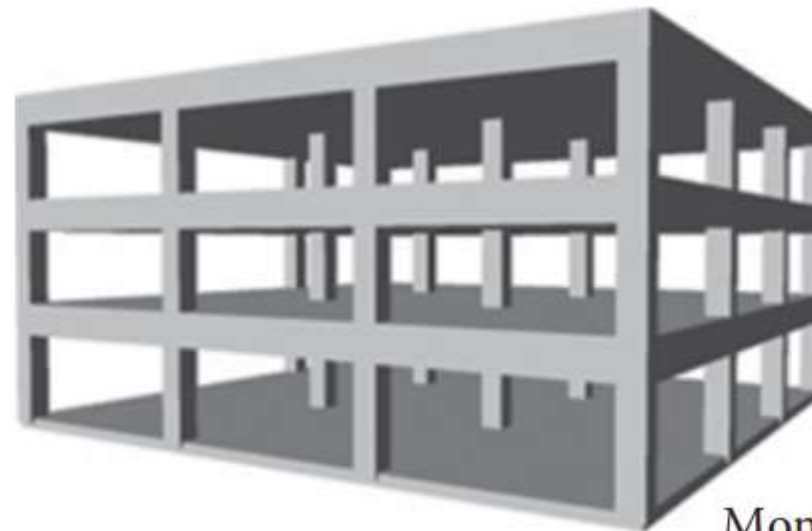
CODIGO SISMICO
ACTUAL

LA ACTUALIZACIÓN DE LAS
REGULACIONES SALVADOREÑAS SE
ENCUENTRA EN DESARROLLO.



Manual de Evaluación Sísmica

EDIFICIOS DE
MARCOS DE CONCRETO
REFORZADO



Moment resisting frame

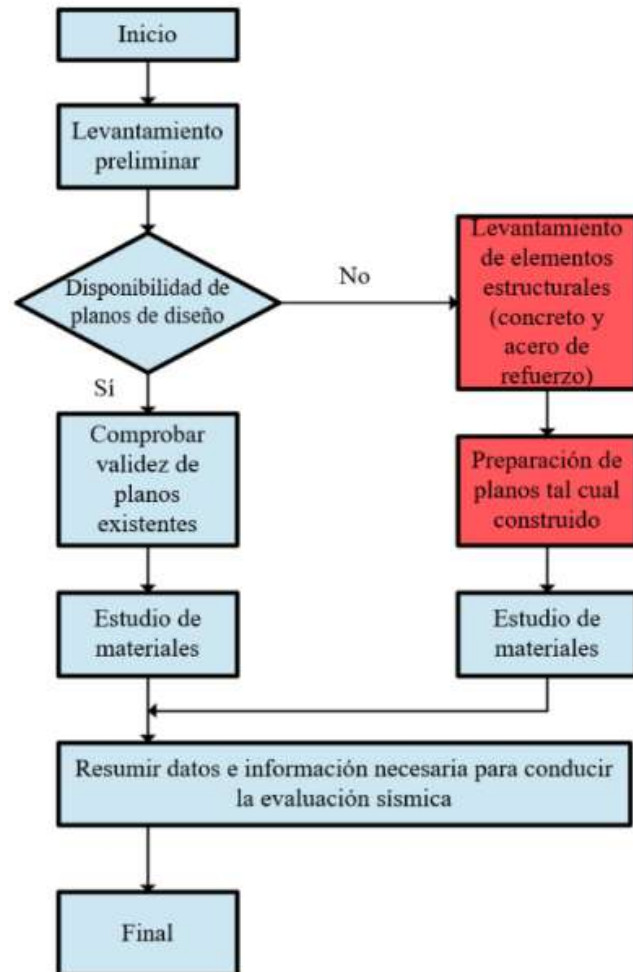
- PAREDES DE
RELLENO DE
MAMPOSTERIA

- PAREDES DE
RELLENO BLOQUE
DE CONCRETO

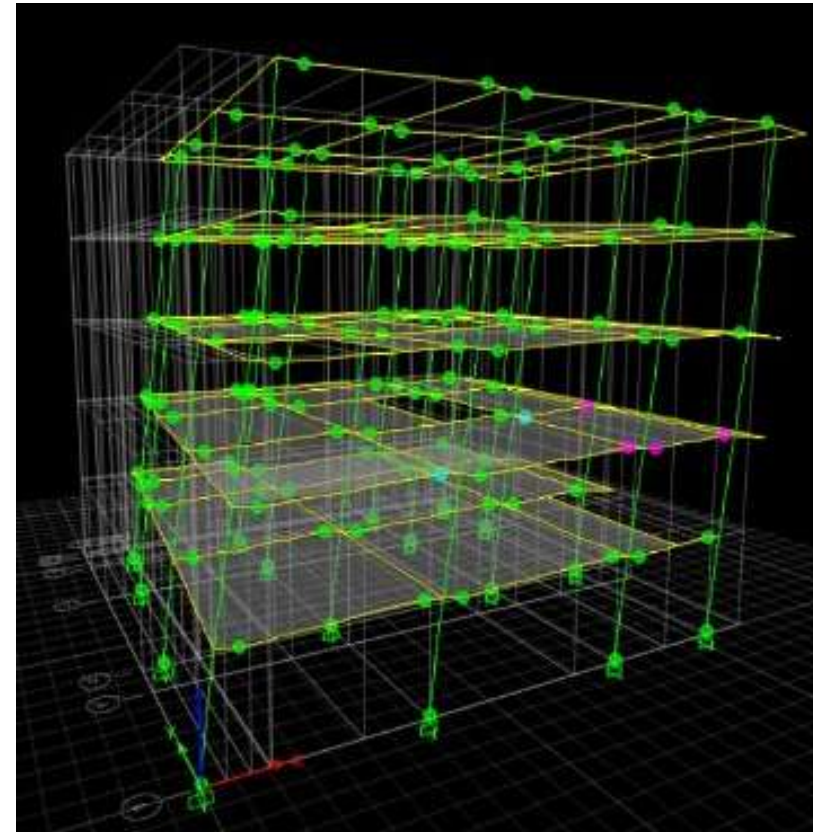


Figure 4.98 Bare and fully infilled building. *Source:* Stelios Antoniou.

LEVANTAMIENTO DE
LA ESTRUCTURA
EXISTENTE



ANALISIS
ESTRUCTURAL
(EVALUACION
SISMICA)





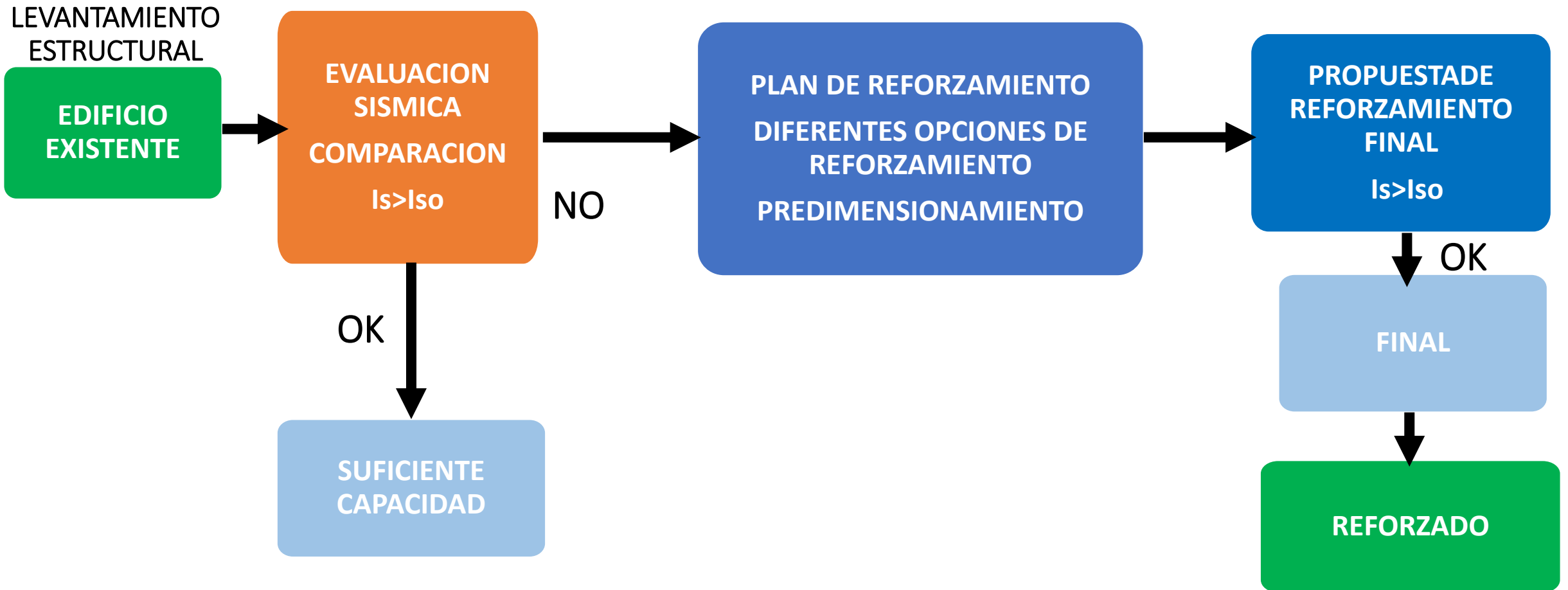
Fuente: Stelios Antoniou

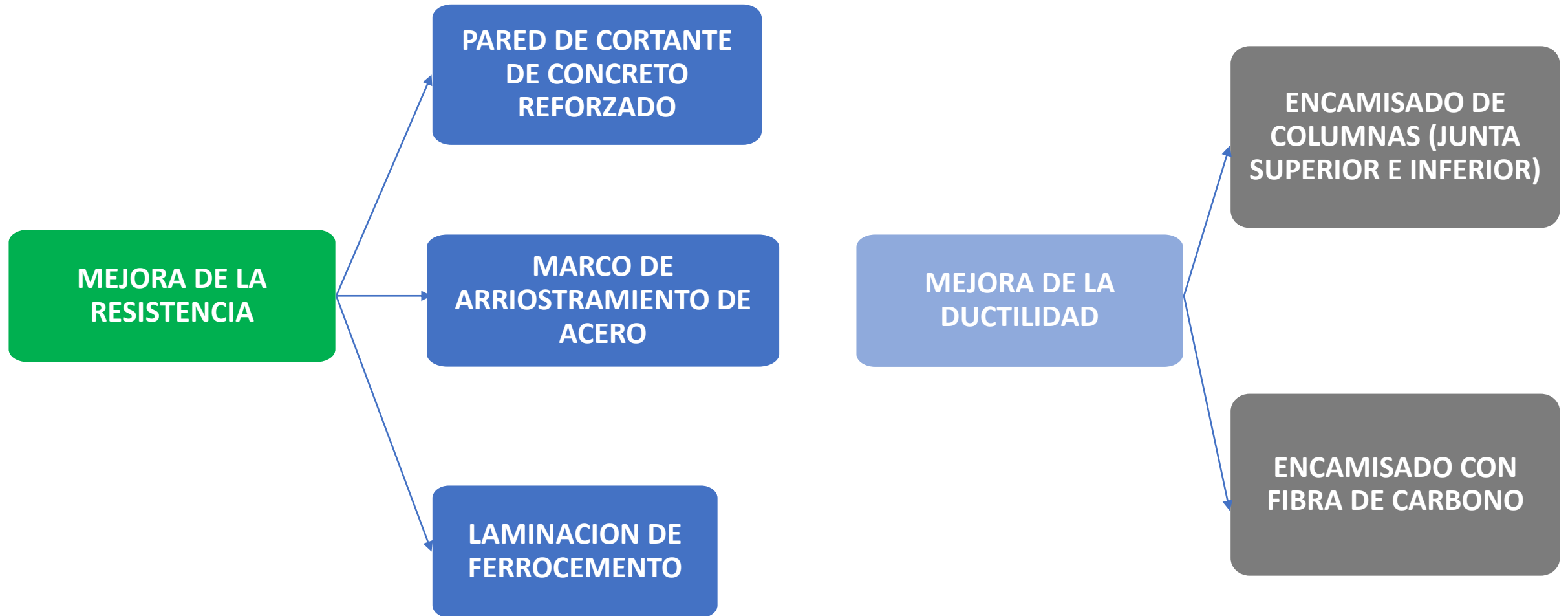


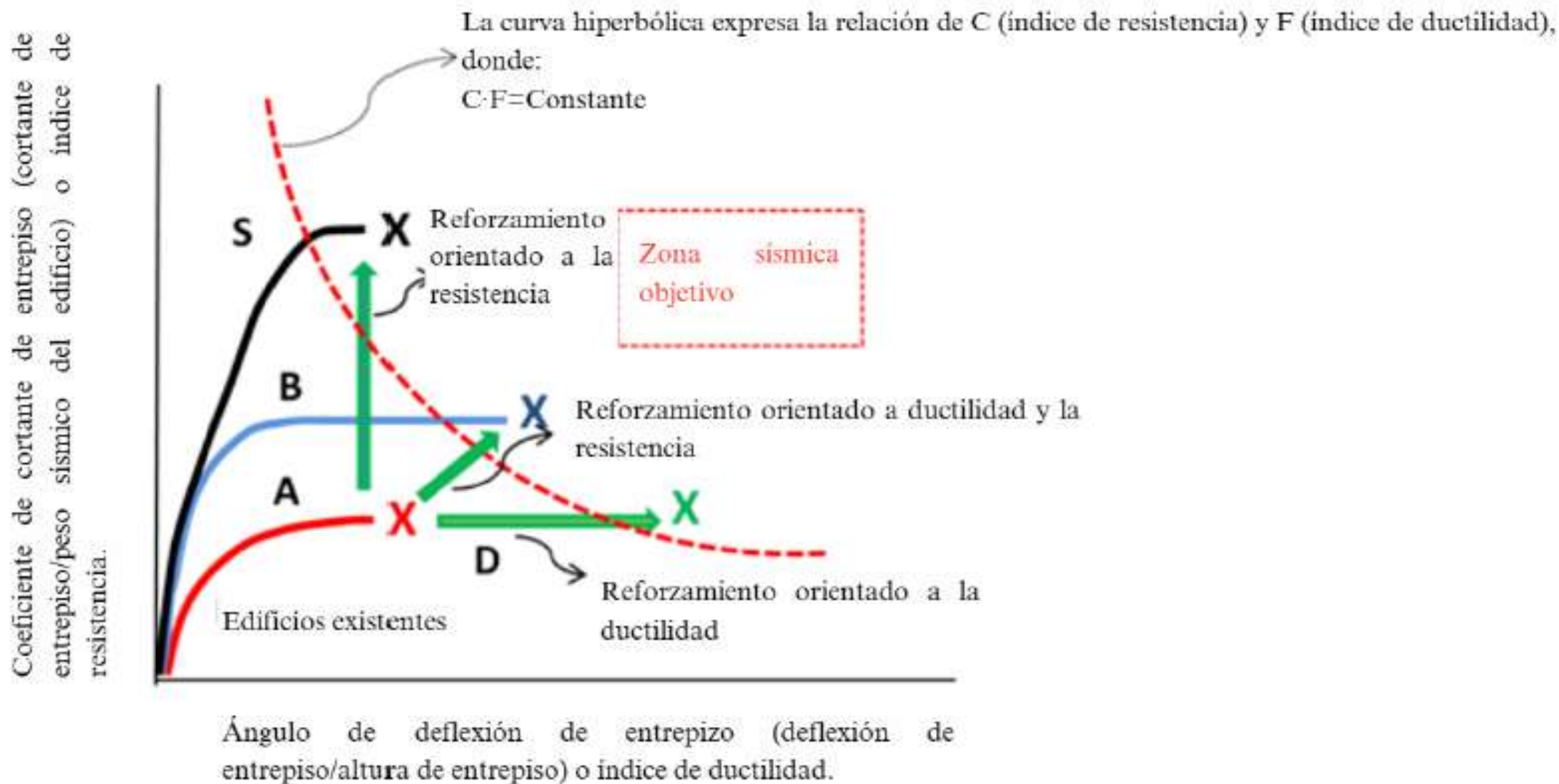
Fuente: www.Hilti.com.mx

TIPO	EVALUACIÓN SIMPLIFICADA		EVALUACIÓN DETALLADA		NORMAS NACIONALES DE REFERENCIA	NORMAS INTERNACIONALES DE REFERENCIA
PROCEDIMIENTOS BASADOS EN EL ÍNDICE SÍSMICO	I	1 ^{er} nivel	2 ^o nivel	3 ^{er} nivel	JBDPA (<i>Japan Building Disaster Prevention Association</i>)	ISO 16711: 2021 [E]
	II	Evaluación Sísmica Simplificada (SE por sus siglas en inglés)	Evaluación Sísmica Avanzada Simplificada (ASE por sus siglas en inglés)	Evaluación Sísmica Detallada (DSE por sus siglas en inglés)	JBDPA + ASCE 41	ISO 16711: 2021 [E]
PROCEDIMIENTOS BASADOS EN EL DESEMPEÑO SÍSMICO	Categoría 1		Categoría 2	Categoría 3	ASCE41 (<i>American Society of Civil Engineers</i>), FEMA 440	ISO 16711: 2021 [E]
	Checklist para evaluar de manera general el desempeño estructural		Revisión de la capacidad y la deficiencia de cada elemento Acciones controladas por fuerzas Acciones controladas	1. Estático lineal 2. Dinámico lineal 3. Estático no lineal 4. Dinámico no lineal		

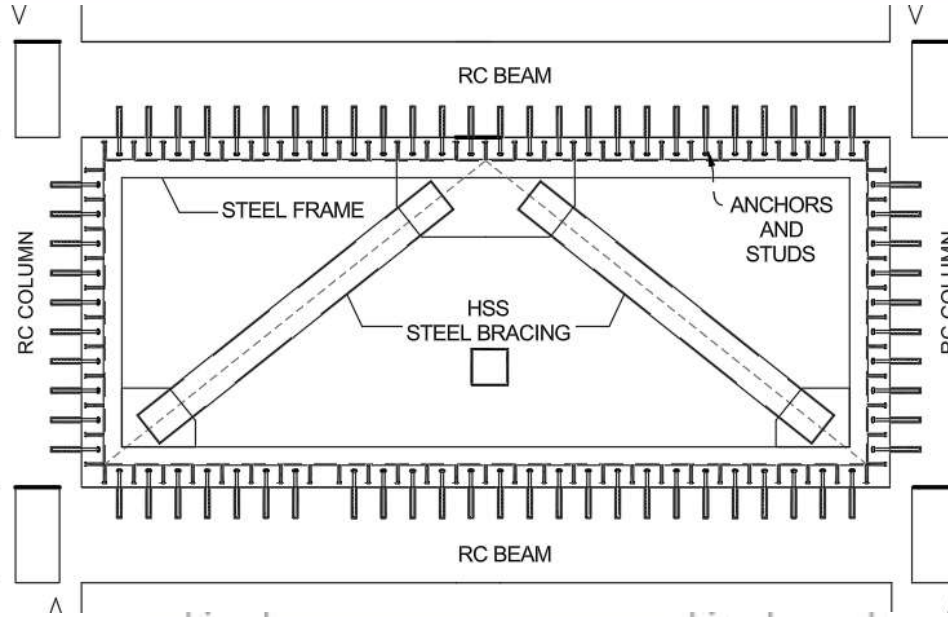
Fuente: Manual de evaluación sísmica de edificios existentes de concreto reforzado







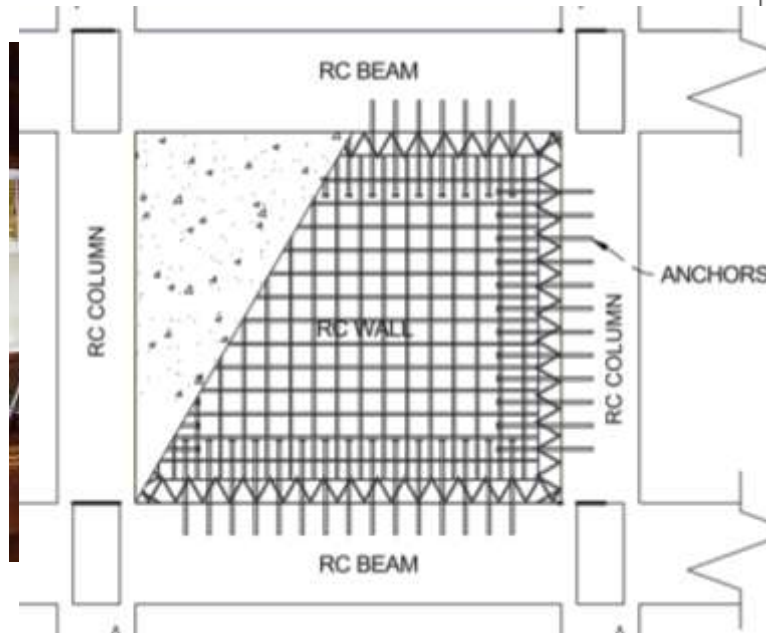
Plan de Reforzamiento



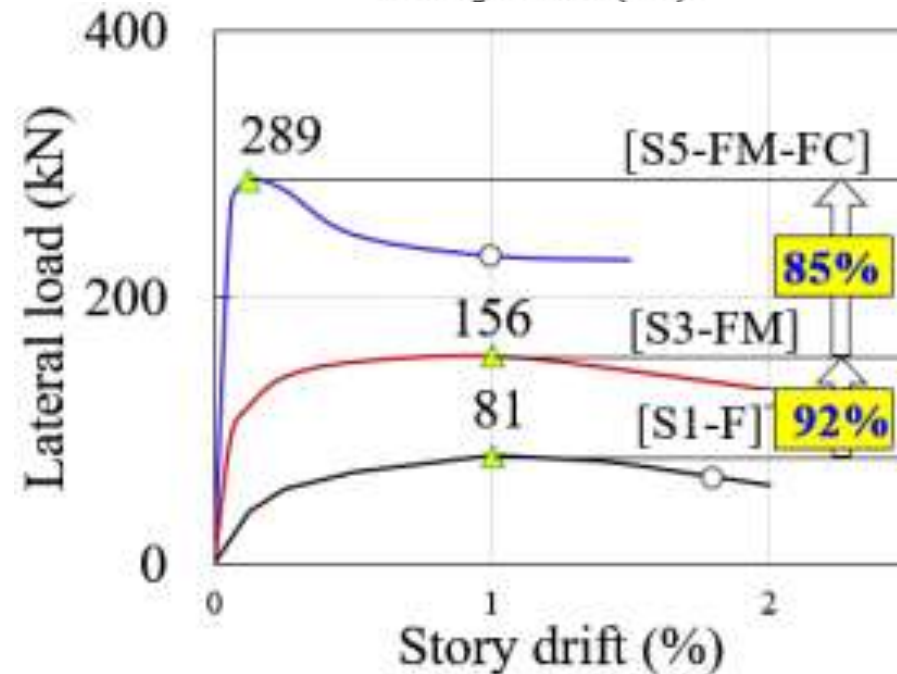
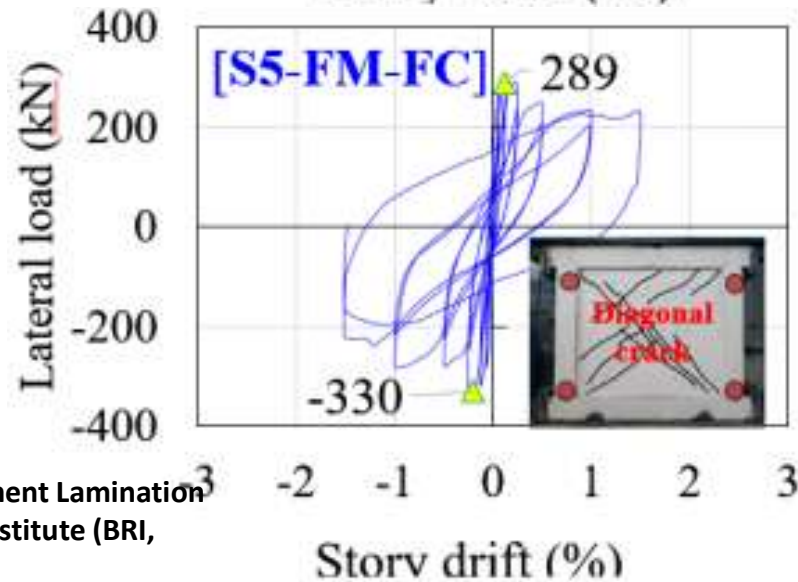
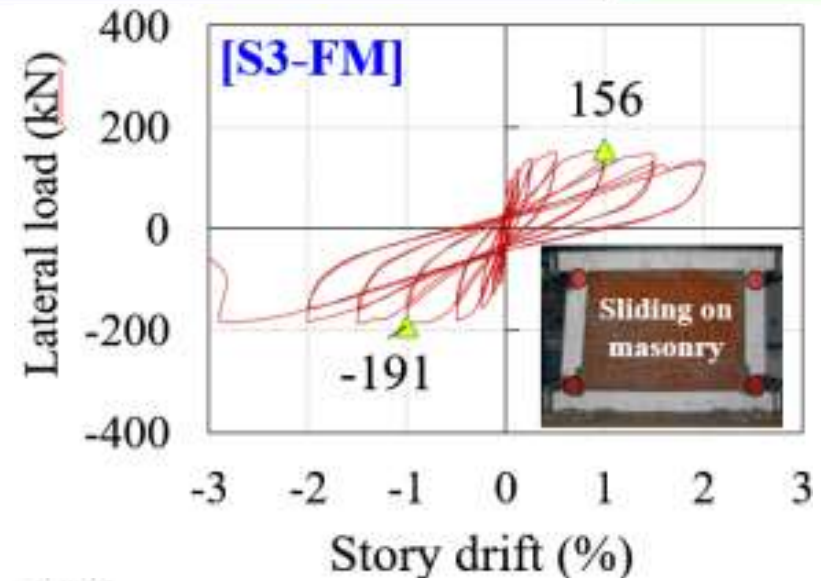
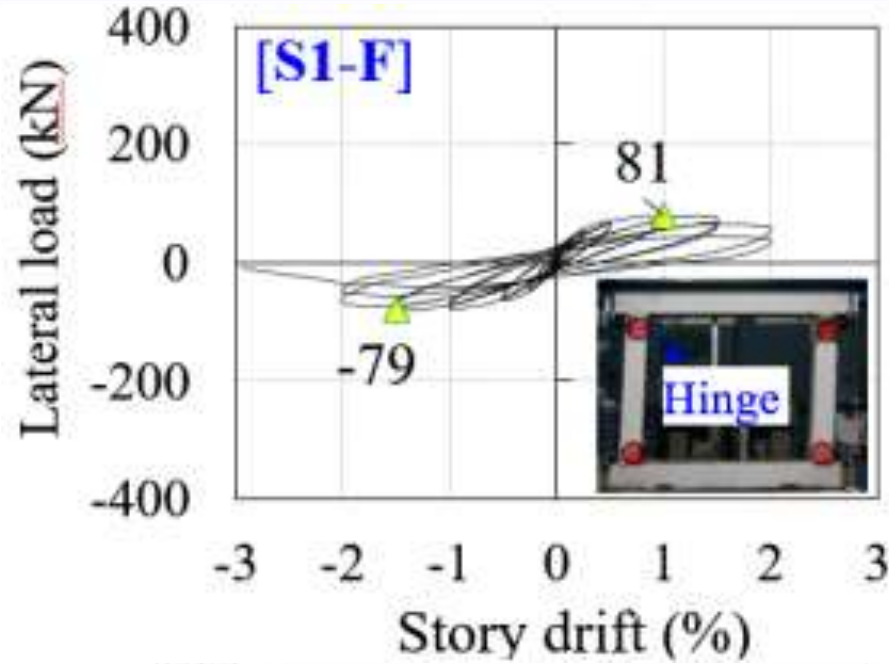
Source: <https://www.design-fit.jp>,

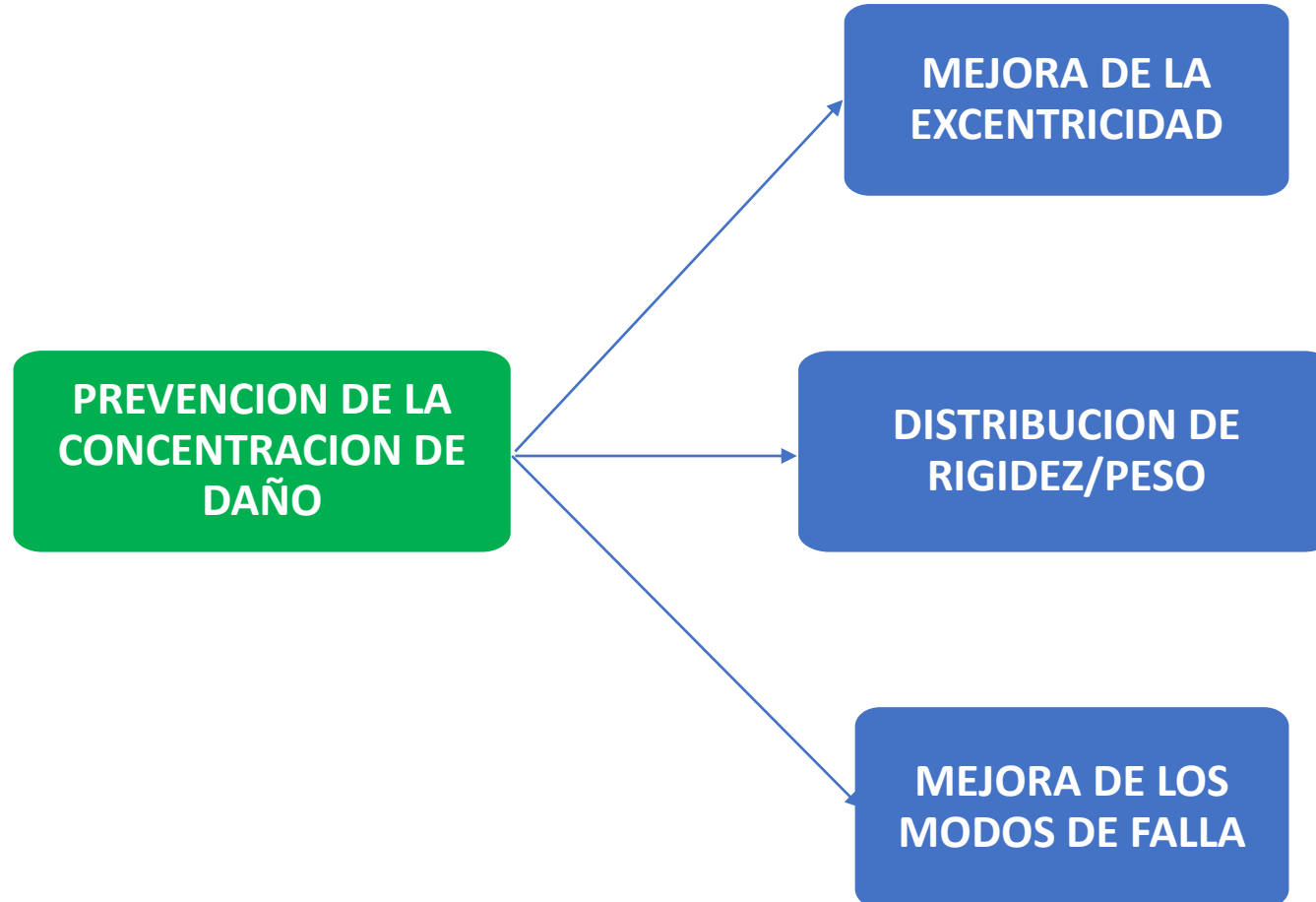


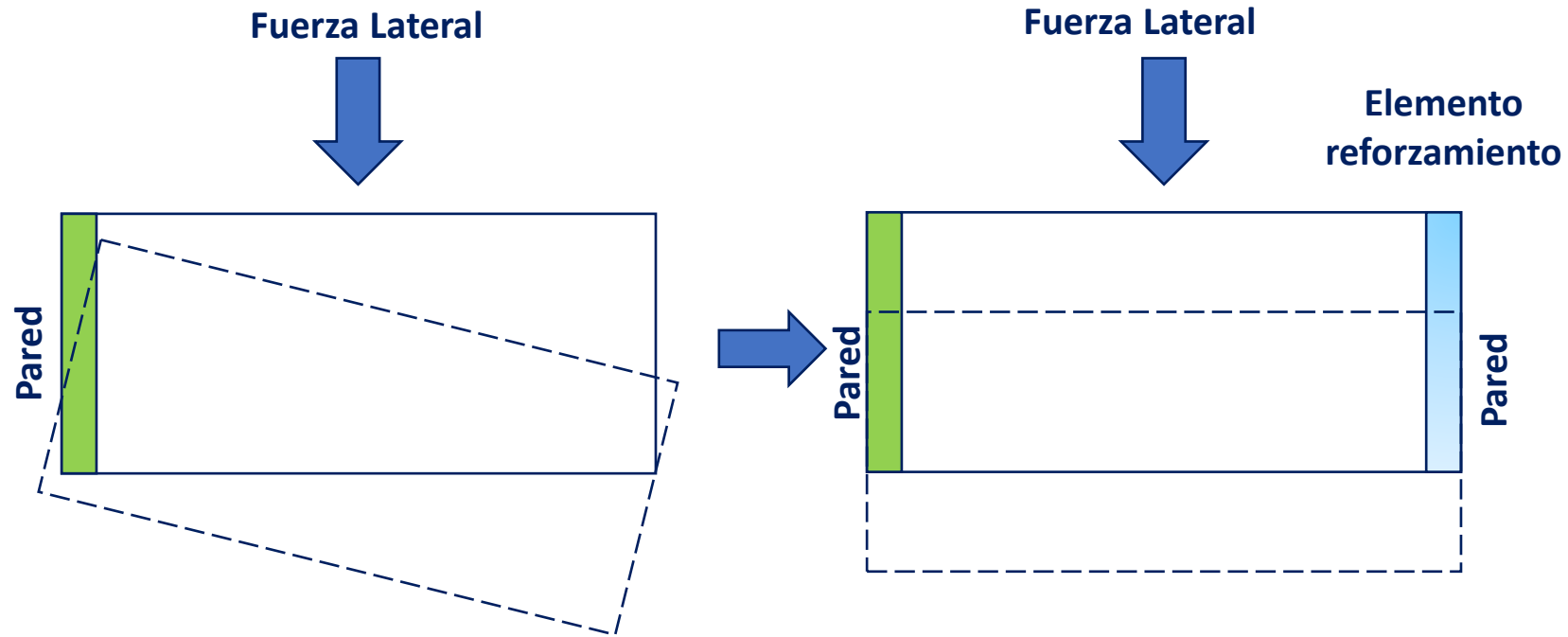
Source: Seismic Evaluation and Seismic Rehabilitation by M. Sakashita

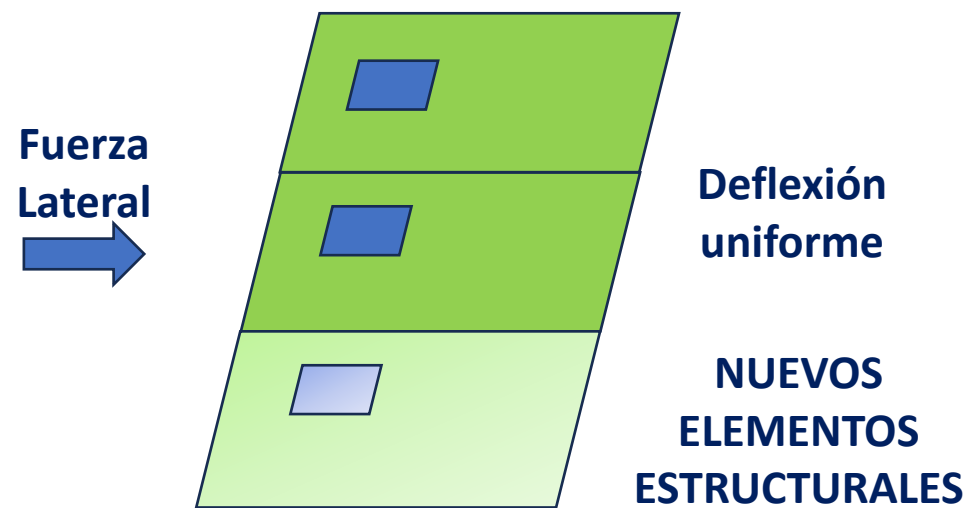
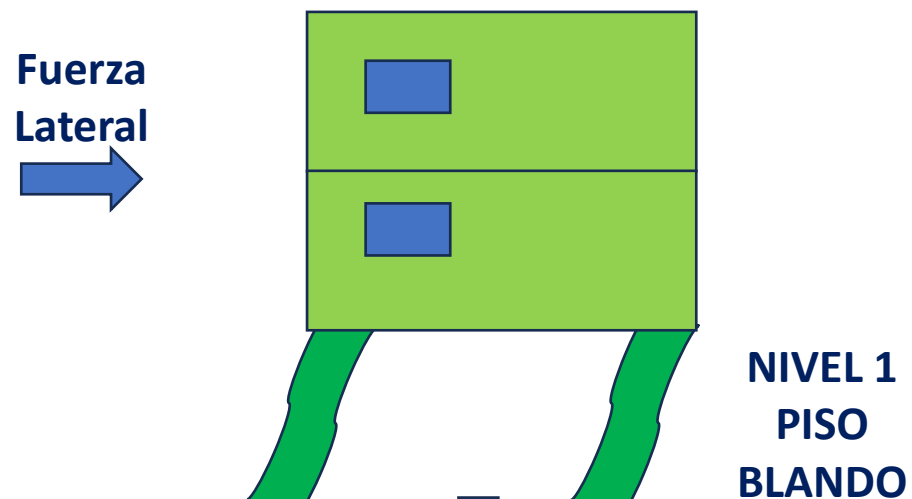




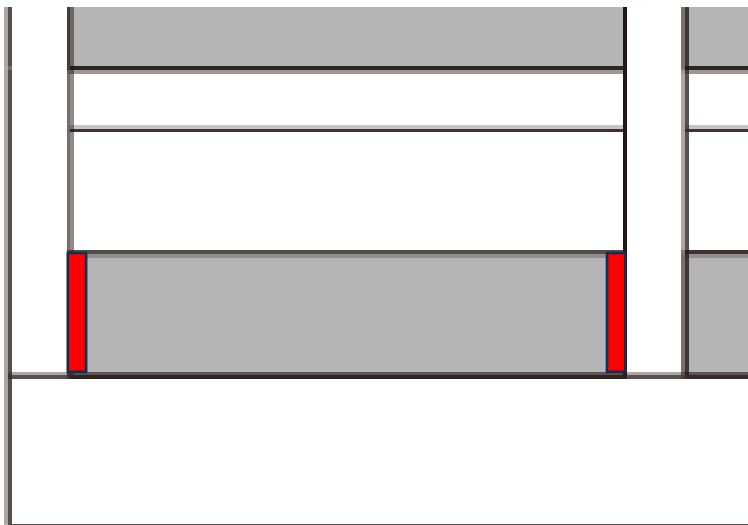








Source: Seismic Evaluation and Seismic Rehabilitation by M. Sakashita



Columna Corta



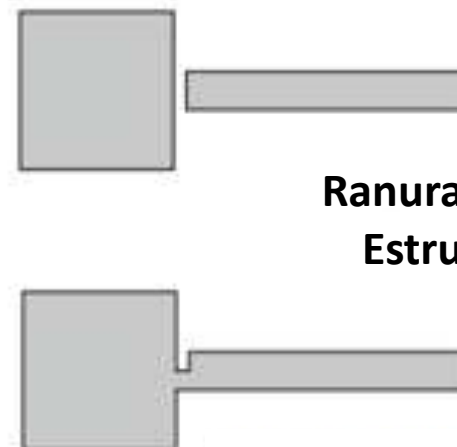
Columna exterior



Columna interior



Source: Seismic Evaluation and Seismic Rehabilitation by M. Sakashita

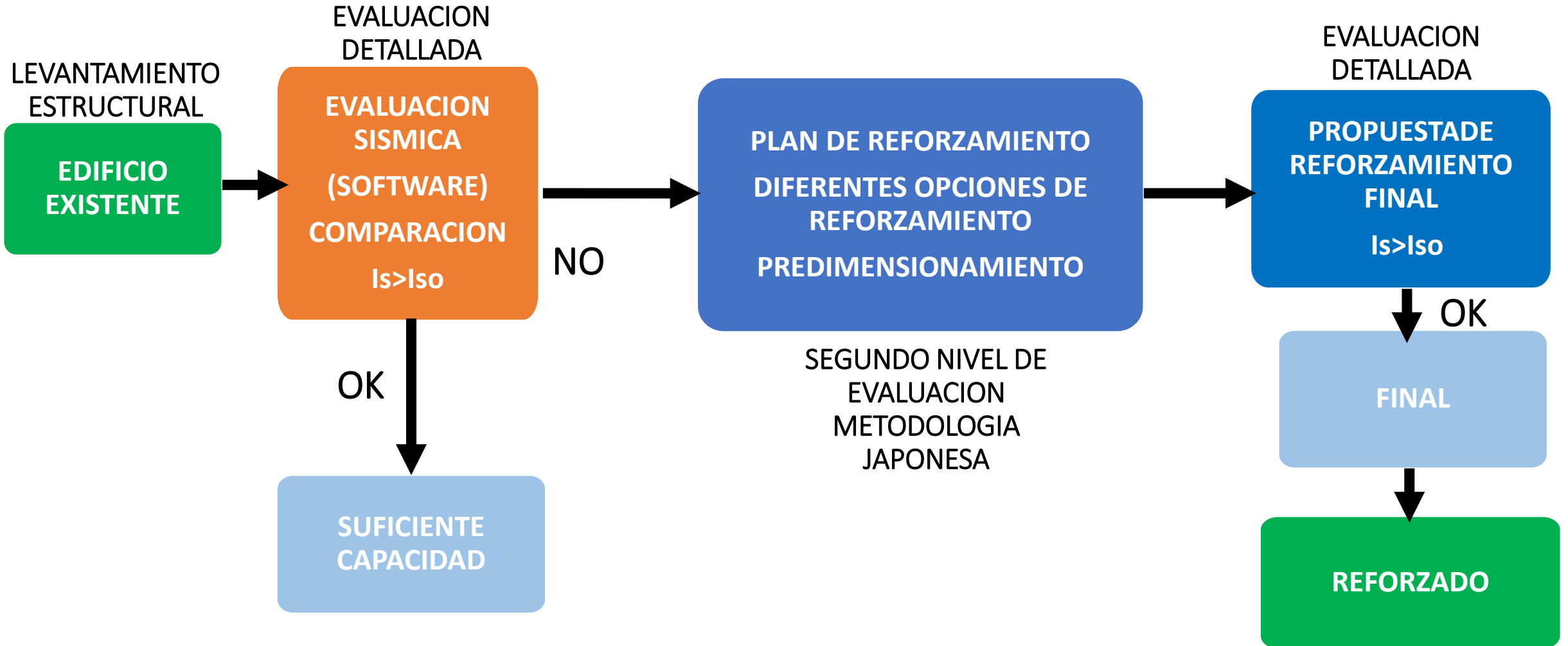


Ranura o Junta
Estructural

**INDICE SISMICO
TIPO 1
(SEGUNDO NIVEL
DE EVALUACION)**

**INDICE SISMICO
TIPO 2
(EVALUACION
SISMICA
DETALLADA)**

**BASADO EN EL
DESEMPEÑO SISMICO
(ESPECTRO DE
CAPACIDAD Y METODO
DE LOS COEFICIENTES)**



$$I_S \geq I_{SO}$$

$$I_S = E_o \times S_D \times T$$

I_S = INDICE SISMICO DE LA ESTRUCTURA

E_o = INDICE SISMICO BASE DE LA ESTRUCTURA

I_{SO} = INDICE SISMICO OBJETIVO (DEMANDA SISMICA OBJETIVO)

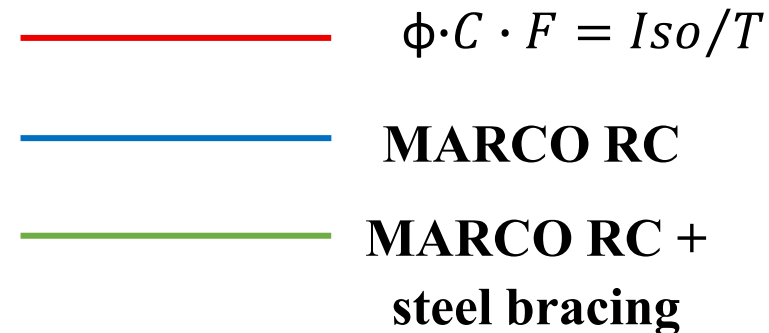
S_D = INDICE DE IRREGULARIDAD

T = INDICE DE TIEMPO

DESPUES REFORZAMIENTO

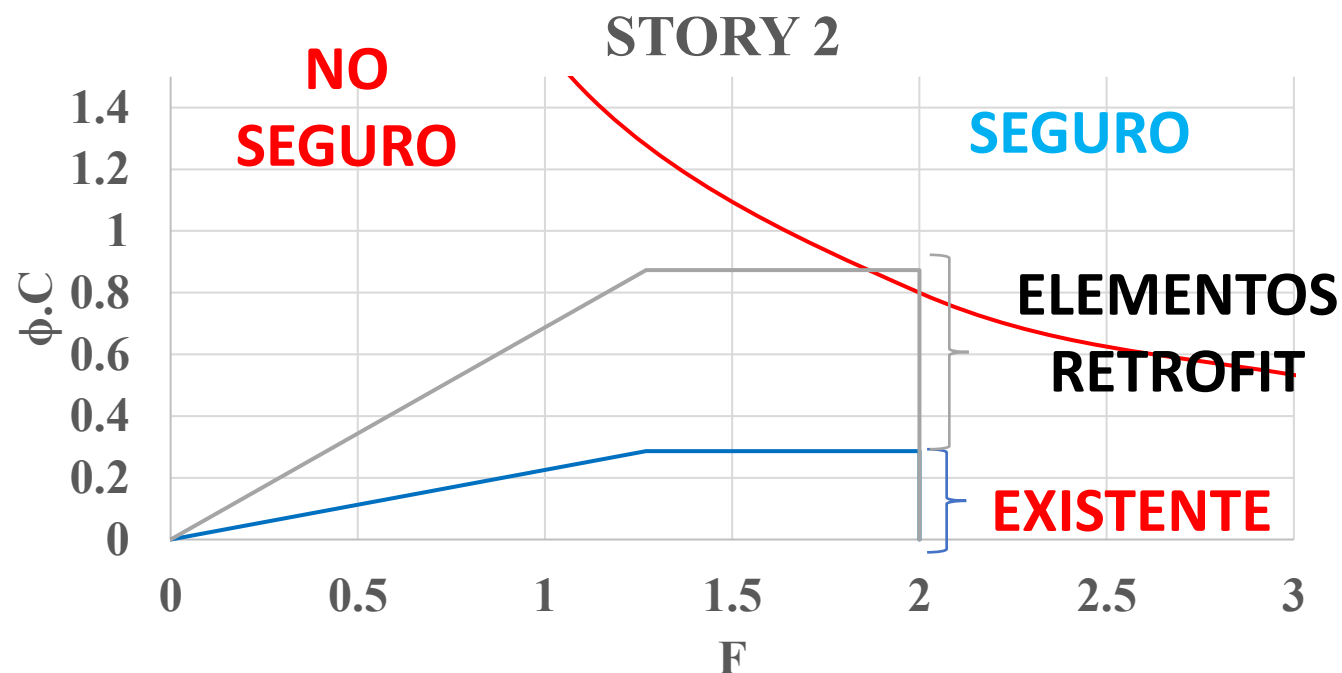
ANTES REFORZAMIENTO

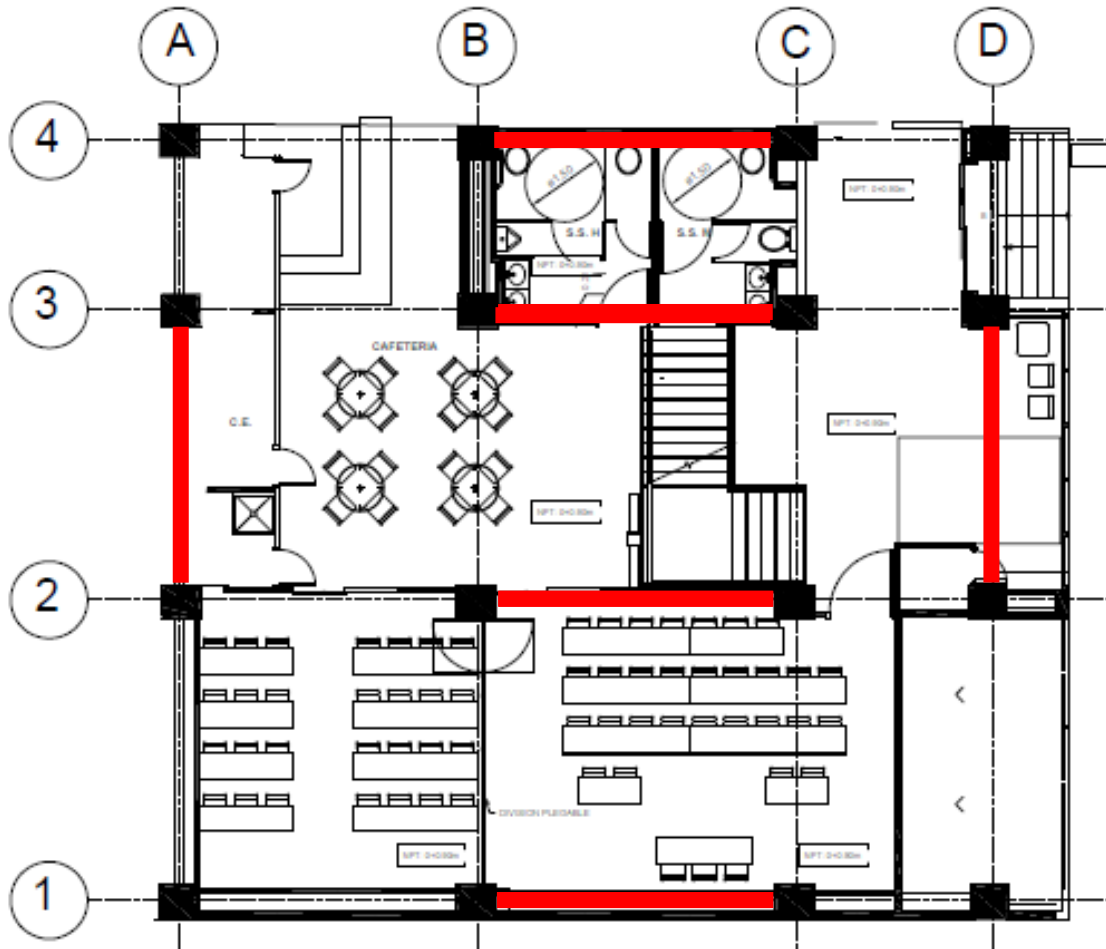
$$\Delta Q_i = \left(\frac{n + i}{n + 1} \right) \times \frac{1}{F} \left(\frac{R I_S}{S_D' \cdot T'} - \frac{I_S}{S_D \cdot T} \right) \times \sum W_i$$



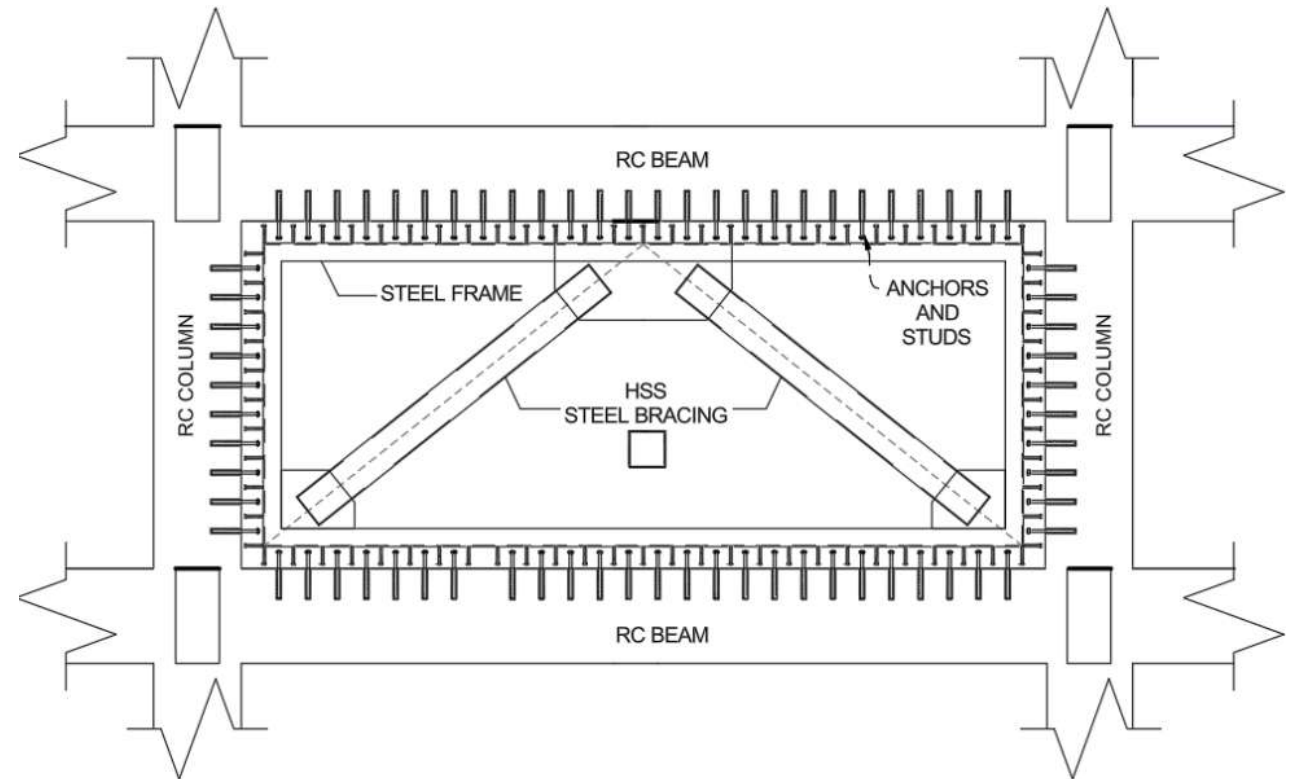
ΔQ_i = FUERZA CORTANTE REQUERIDA EN EL PISO i DEL EDIFICIO EXISTENTE PARA ALCANZAR LA DEMANDA SISMICA

$R I_S = I_{so}$ = INDICE SISMICO OBJETIVO



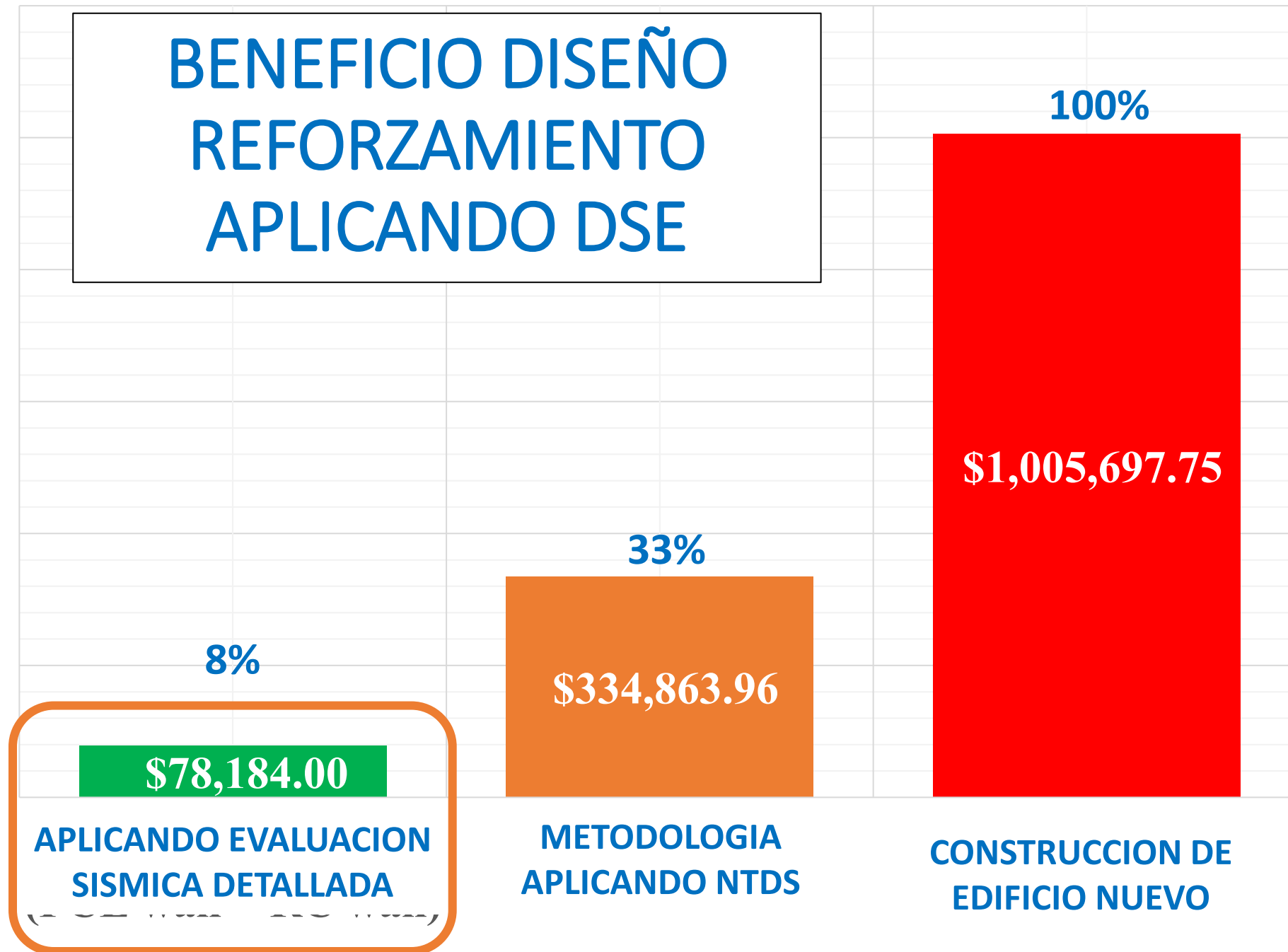


SISTEMA DE STEEL BRACING	Qsb (kN)	ΔQ_i (kN)	$\Delta Q_i/Q_{sb}$	#	RETROFIT
HSS 6X6X1/4	1631.29	5348.48	3.28	4	2 HSS 10x10x1/4
HSS 8X8X1/4	2185.41		2.45	3	
HSS 10X10X1/4	2770.48		1.93	2	



COST (US\$)

\$1,200,000.00
\$1,000,000.00
\$800,000.00
\$600,000.00
\$400,000.00
\$200,000.00
\$-





“MANUAL PARA LA CONSTRUCCION Y SUPERVISION DE REFORZAMIENTOS Y GUIA DE CONTROL DE CALIDAD”



- I. Introducción.
- II. Procesos generales utilizados en los proyectos de reforzamiento sísmico.
- III. Procesos Constructivos de los métodos de reforzamiento
 - a) Reforzamiento con encamisado de concreto en vigas y columnas.
 - b) Reforzamiento con paredes de cortante de concreto reforzado.
 - c) Reforzamiento con marcos de arriostramiento de acero.
 - d) Reforzamiento con envoltura de fibra de carbono.
 - e) Reforzamiento por medio de laminado de ferrocemento.
- IV. Materiales para trabajos de reforzamiento.
- V. Supervisión, Verificación, Control e Inspección en la construcción.





“MANUAL PARA LA CONSTRUCCION Y SUPERVISION DE REFORZAMIENTOS EN EDIFICACIONES DE CONCRETO REFORZADO”.

El Manual contiene las recomendaciones específicas para los trabajos de control de calidad y supervisión de los procesos constructivos de los refuerzos estructurales en las edificaciones, considerando desde las evaluaciones y preparación del sitio de trabajo, seguimiento de las especificaciones técnicas de cada método de refuerzo estructural, condiciones de seguridad, limpieza y habilitación de la edificación.

Plan de Construcción: aspectos de horarios, limpieza, control de ruido y polvo, delimitación del área de trabajo, seguridad industrial interna y para las colindancias, **este plan debe ser integrado como parte de los documentos contractuales.**



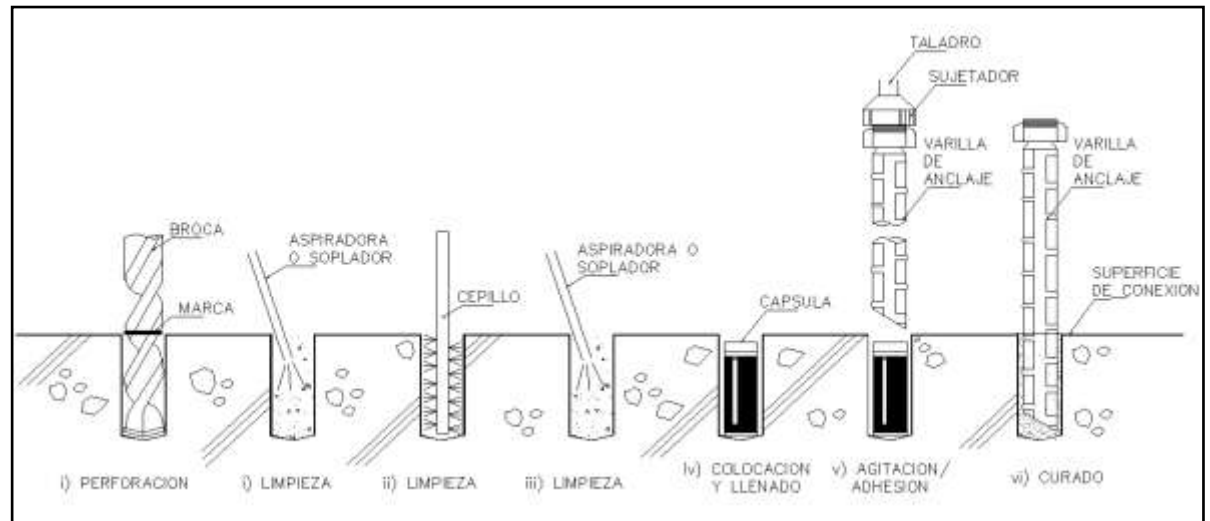
PROCESOS GENERALES UTILIZADOS EN LOS PROYECTOS DE REFORZAMIENTO SÍSMICO



PROCESOS TÍPICOS Y COMUNES UTILIZADOS EN LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO

-Preparación para las obras de reforzamiento: desmontaje y remoción.

-Obras de anclajes post-instalados



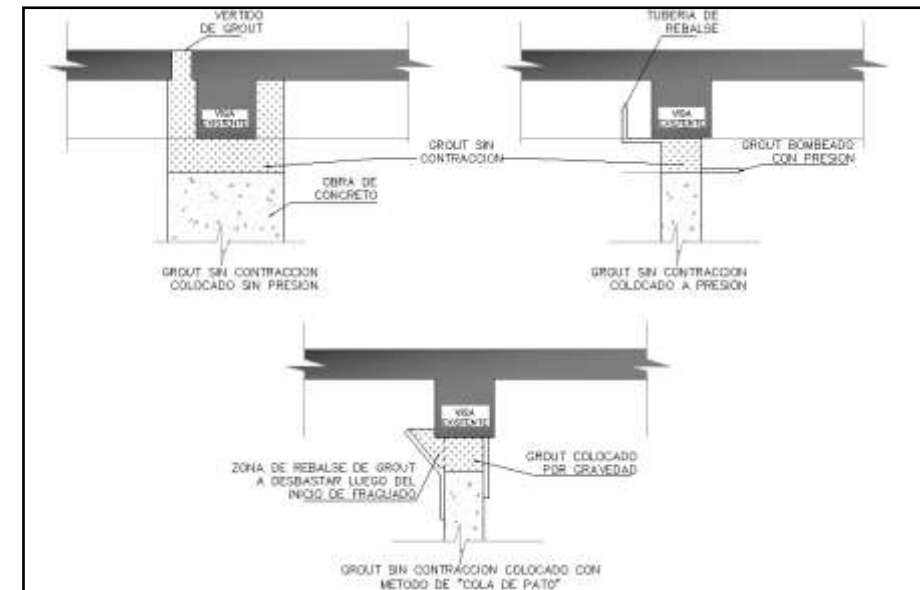
-Obras de concreto

Debido a que el reforzamiento se pudiera realizar en varias partes de un edificio y se utilizaran pequeñas cantidades de concreto en cada reforzamiento, se debe de utilizar una maquina mezcladora con una capacidad y especificaciones acorde a las obras a realizar, el concreto debe de ser mezclado de acuerdo a las normativas correspondientes (según las especificaciones del diseñador) y colocado cuidadosamente para asegurar la calidad requerida en cada colado.



-Obras con grout sin contracción

En las obras de reforzamiento el concreto primero debe de colocarse hasta unos 20 cm por debajo de la viga, luego la porción restante debe de realizarse con grout sin contracción colocado con presión para no dejar espacios sin llenar y/o aberturas entre el concreto nuevo y el viejo. Se sugiere utilizar grout sin contracción premezclado según normativa ASTM C1107 de acuerdo a las instrucciones del fabricante; solamente cierta cantidad de agua se requiere para preparar el grout. En nuestro país actualmente existen algunos proveedores que ofrecen grout sin contracción premezclado



-Obras en acero estructural para arriostramiento de marco de acero

- Típicamente la construcción del reforzamiento con arriostramiento de marcos son realizados con secciones laminadas en caliente como perfiles H, I, Chanel o tubo según diseño del Ingeniero Estructuralista.
- En caso de no existir la disponibilidad de secciones laminadas en caliente, se podrá utilizar secciones fabricadas (secciones hechas con placas de acero soldadas/dobladas a una forma deseada) esta opción debe de ser avalada por el ingeniero estructuralista e ingeniero a cargo del proyecto. En cualquiera de los casos, el arriostramiento del marco debe de ser fabricado en un taller de fabricación adecuado. Situaciones importantes que requieren atención del ingeniero a cargo del proyecto

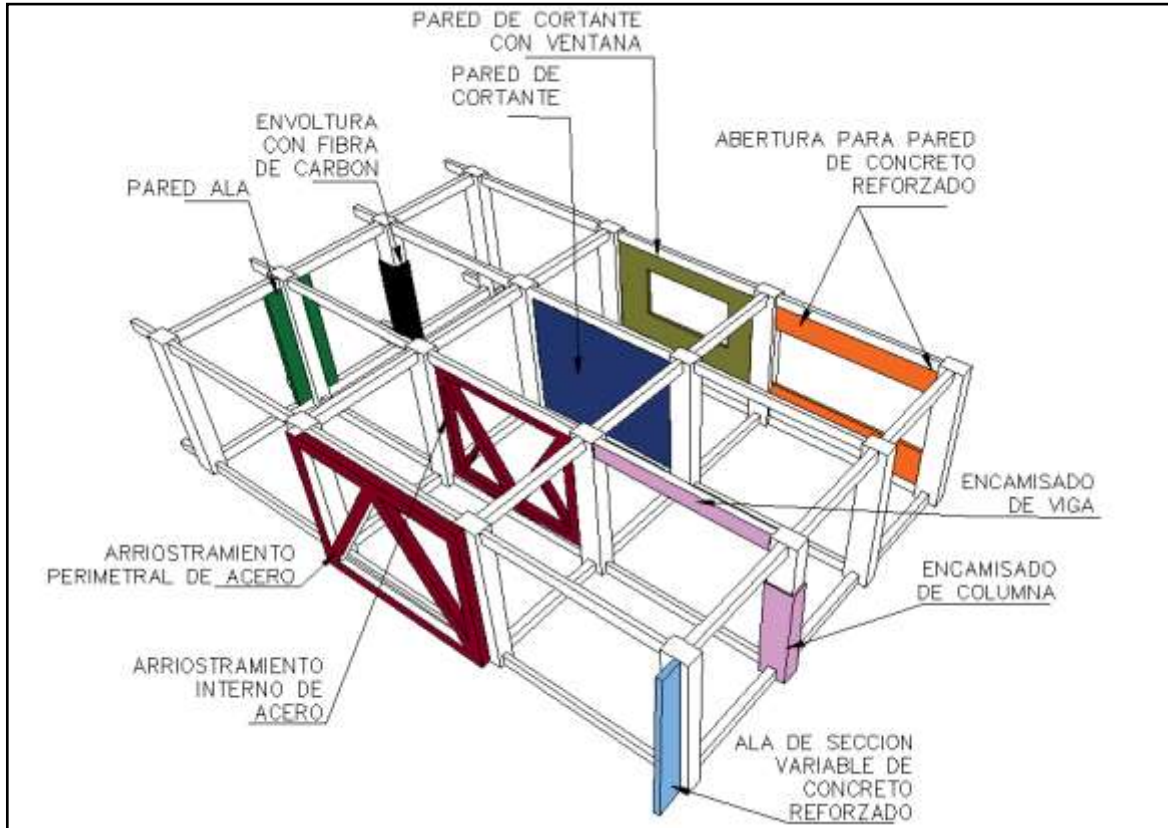




PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LOS MÉTODOS DE REFORZAMIENTO



PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LOS METODOS DE REFORZAMIENTO.



Tipos de Métodos de Reforzamiento				
	Descripción de los Métodos de Reforzamiento	Mejora de la resistencia	Mejora de la ductilidad	Mejora del balance estructural
1	Encamisado de concreto reforzado en columna	✓	✓	
2	Instalación de pared de corte de concreto reforzado	✓		
3	Construcción de pared lateral de concreto reforzado	✓		✓
4	Arriostramiento de marco de acero	✓	✓	
5	Envoltura de fibra de carbono		✓	
6	Corte estructural		✓	✓
7	Encamisado de concreto reforzado en viga		✓	
8	Laminación en ladrillo de obra con ferrocemento	✓		
9	Encamisado de placa de acero		✓	
10	Construcción de contrafuertes externos	✓		
11	Aislamiento de base*			
12	Arriostramiento con elementos de concreto reforzado	✓		

Encamisado de concreto en vigas y columnas.

Este método se utiliza para mejorar la resistencia a la flexión y la resistencia axial, así como la ductilidad

Utiliza materiales básicos de construcción como el concreto y el acero de refuerzo y materiales de construcción para fines especiales, como: mortero sin contracción, anclajes post instalados, agentes adhesivos epóxicos, según diseño y especificación técnicas aprobadas.

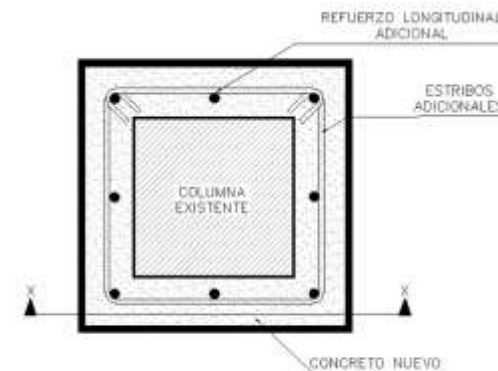


Proceso Constructivo

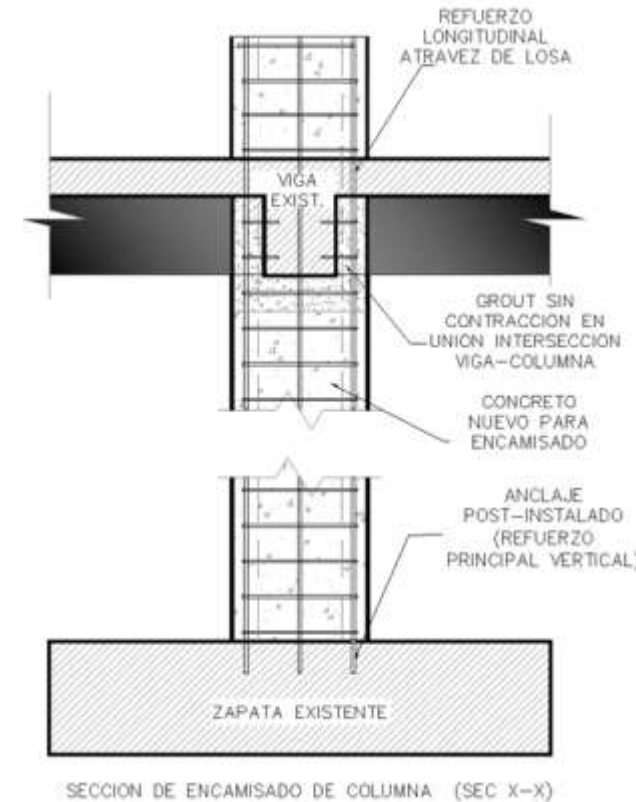
- Detección del acero de refuerzo existente con detector de refuerzo marcando la posición y el diámetro de acero.
- Si se descubre que los esfuerzos existentes están corroídos, deben limpiarse con un cepillo de alambre o un compresor de arena.
- Posteriormente se recubrirá con un epóxico que prevenga la corrosión si es necesario.
- Se sugiere complementar con un ensayo de corrosión al acero ASTM262.
- Se instalarán en todas las caras de la columna, pines para anclajes usando un aditivo apropiado de acuerdo con las especificaciones técnicas del diseño.



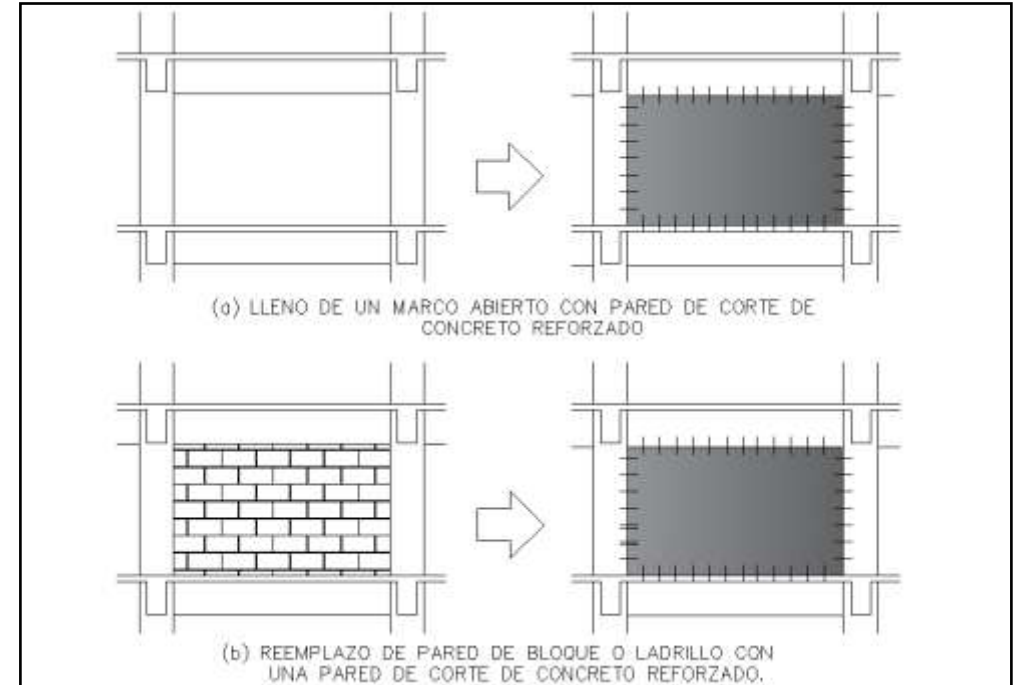
- Recubrimiento de la columna con material aditivo apropiado que unirá el concreto viejo con el nuevo.
- Verter el concreto de la camisa antes que se seque el aditivo.
- El concreto utilizado debe ser de baja retracción y estar compuesto por pequeños agregados que la eviten (arena, cemento, materiales adicionales).
- El concreto se vaciará primero unos 10 cm por debajo de la viga.
- El resto en la unión viga columna se realizará mediante mortero sin contracción. (Se recomienda utilizar una máquina de mortero sin contracción).
- El espesor del concreto reforzado no será inferior a los 10 cm y 6 cm para mortero.
- El curado se realizará utilizándose un aditivo de acuerdo con las especificaciones del diseño.



SECCION DE COLUMNA A UNA
ALTURA MEDIA DEL ELEMENTO



Reforzamiento con pared de concreto reforzado.



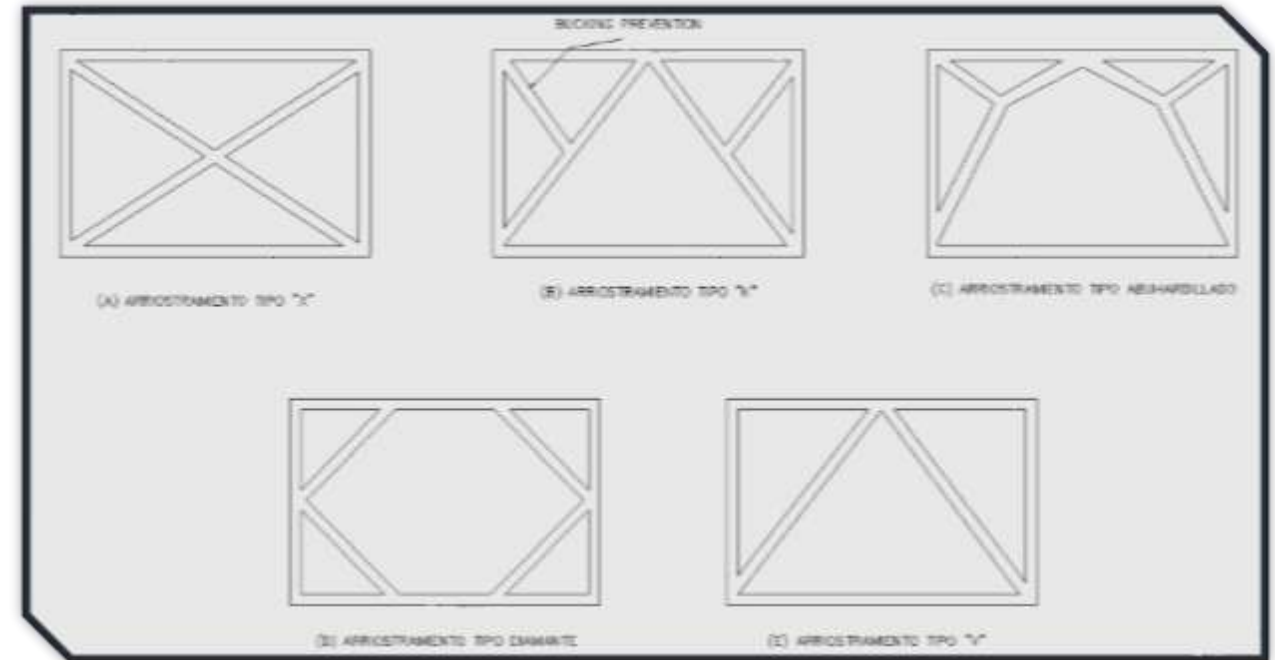
- El reforzamiento con pared de corte de concreto reforzada mejora la resistencia al corte y el equilibrio estructural. Con este método, cualquier pared de ladrillos existente puede ser reemplazada por una pared de corte de concreto reforzado
- La instalación de Muros de Corte es un método de reforzamiento que es adecuado para aumentar la resistencia del edificio existente, rellenando nuevas paredes de corte en el marco abierto de un edificio existente o reemplazando el muro de ladrillo relleno existente por paredes de corte de concreto reforzado



Reforzamiento con arriostramiento de marco de acero.

Este método se utiliza para mejorar la resistencia, así como la ductilidad

Utiliza materiales como perfiles de acero tubulares o Chanel, varillar de acero para anclajes al marco de concreto, perno prefabricados tipo nelson stud, aditivos químicos para anclajes, placas de acero, electrodos, etc.



Proceso Constructivo

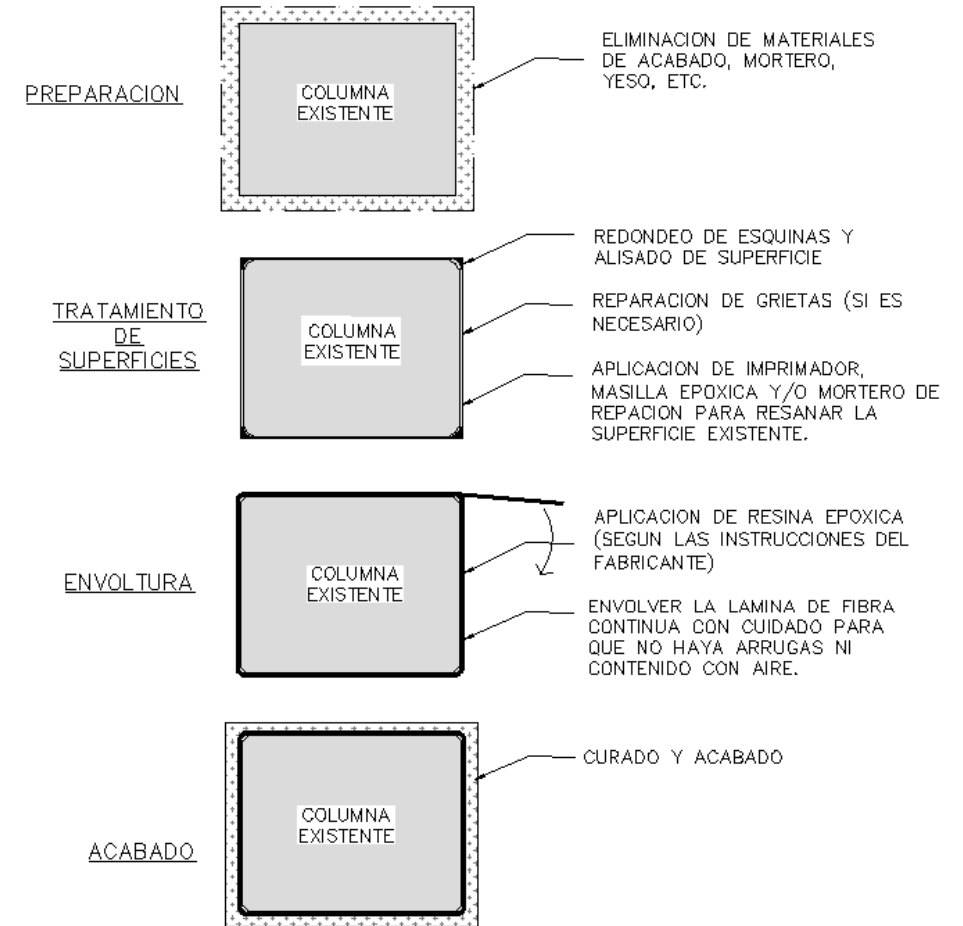
- Detección del acero de refuerzo existente con detector de refuerzo marcando la posición y el diámetro de acero.
- Trazo y corte.
- Soldadura de banco.
- Trazo y nivelación.
- Instalación de anclajes.
- Instalación de arriostramiento.
- Encofrado de perímetro
- Lleno de grout sin contracción.
- Retoques de pintura



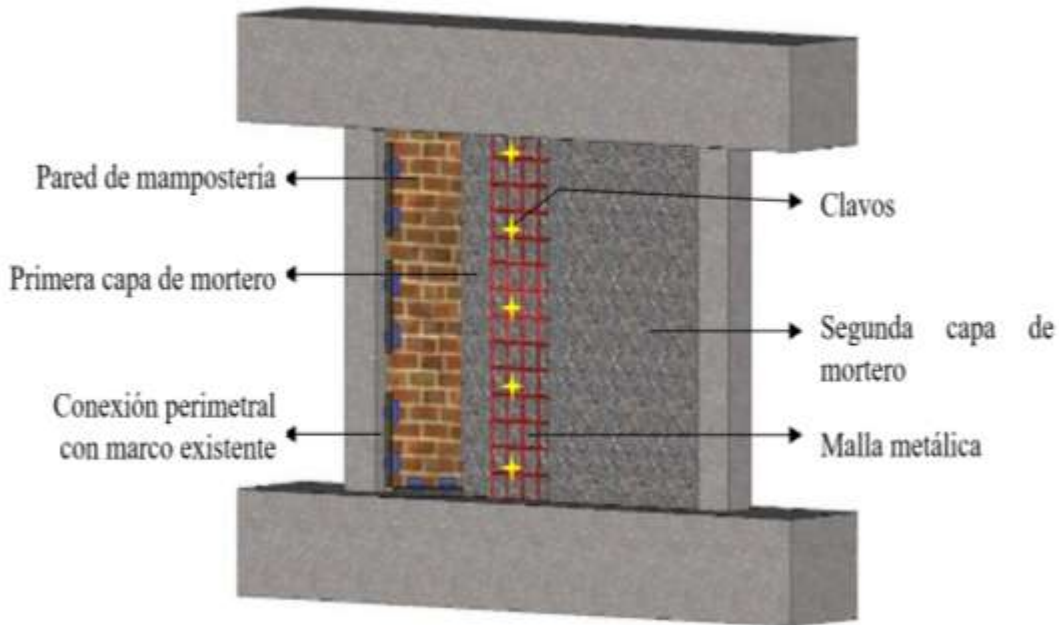
Reforzamiento con envoltura de fibra de carbono



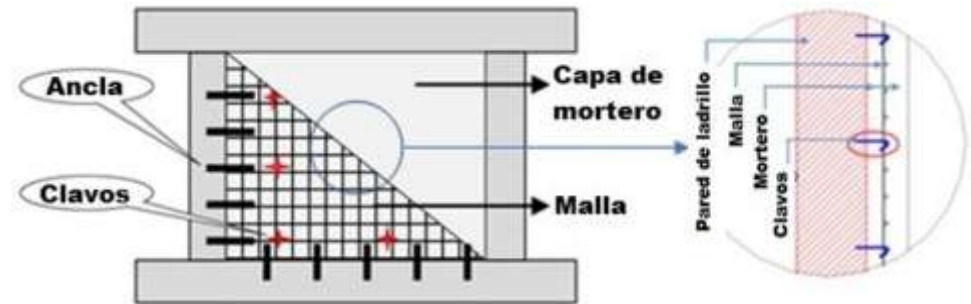
La envoltura de fibra de carbono es un nuevo tipo de tecnología de reforzamiento estructural. Se refiere al uso de adhesivos de resina de alto rendimiento para pegar tela de fibra de carbono en la superficie de un componente estructural de un edificio para que ambos trabajen juntos con el fin de mejorar la capacidad de carga de ese componente estructural (flexión, cortante) para lograr el propósito de fortalecer el edificio.



Reforzamiento por medio de laminado de ferrocemento

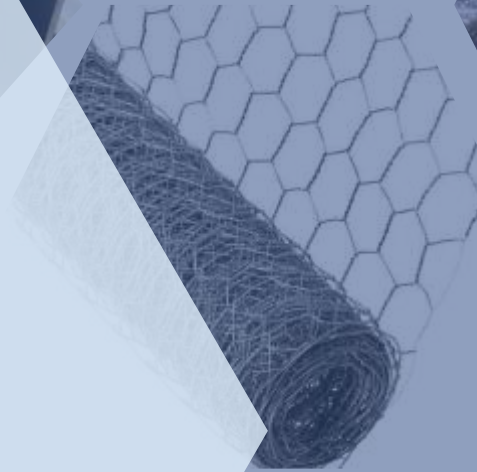


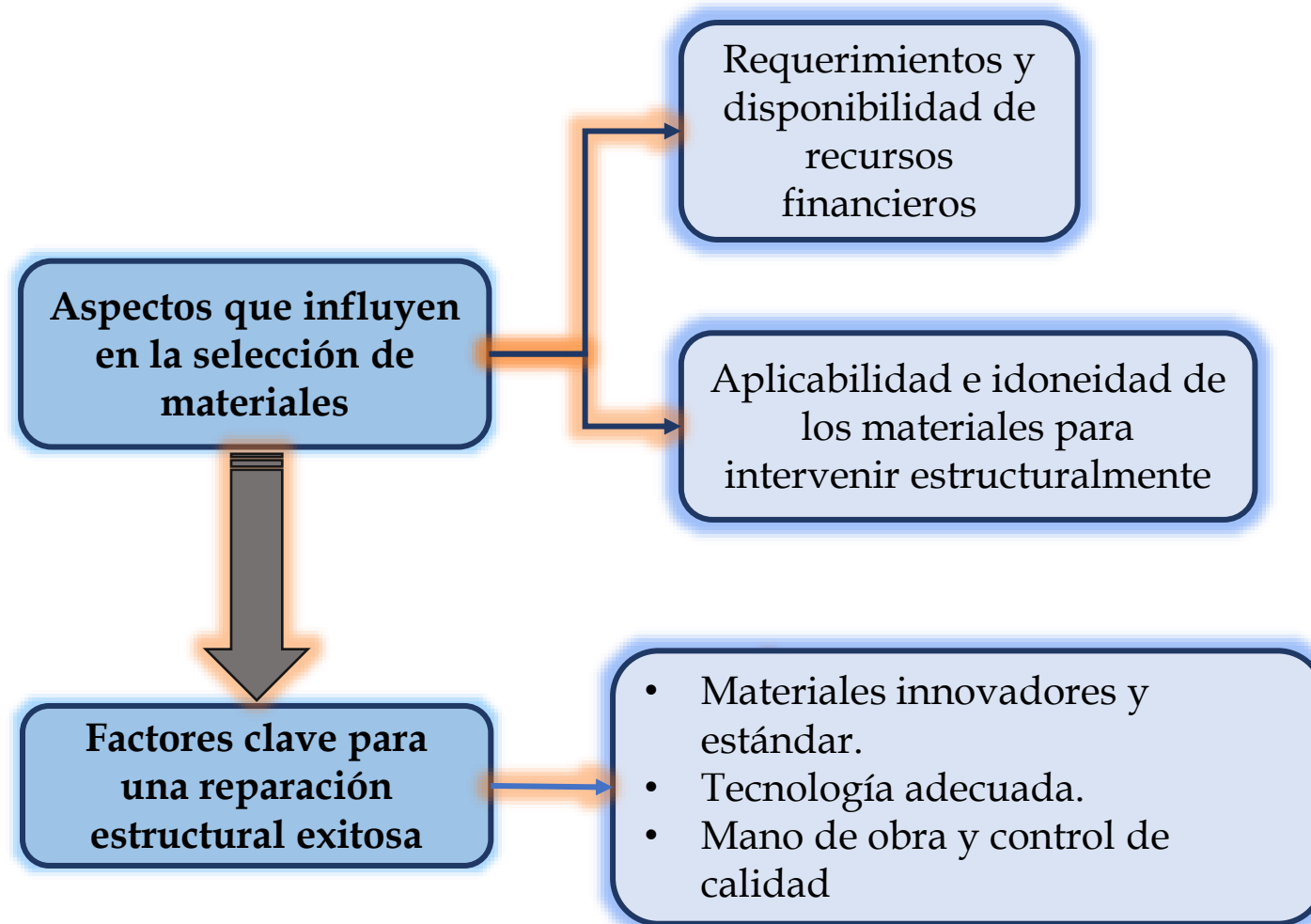
La laminación con ferrocemento (ferro-cemento) es un sistema constructivo que utiliza mortero o repello (cemento, arena y agua) armado aplicado en ambos lados de una capa de refuerzo delgada y bien distribuida (una o varias capas de malla metálica). El mortero típicamente es una mezcla de cemento y arena en una proporción 1:2 a 1:3. Al no utilizar agregado grueso en la mezcla esta no se reconoce como concreto. El acero comúnmente utilizado para la malla es galvanizado con un diámetro entre 0.5 a 1mm.





MATERIALES DE CONSTRUCCION PARA REFORZAMIENTOS





Materiales

Concreto

Varillas para Acero de Refuerzo

Pernos de Conexión

Placas de Acero (ASTM 36 o ASTM A572)



Adhesivo de anclaje para anclajes post-instalados:

Son adhesivos epóxicos de acuerdo a las ASTM C881 Tipo I, II, IV y , clase B y C.

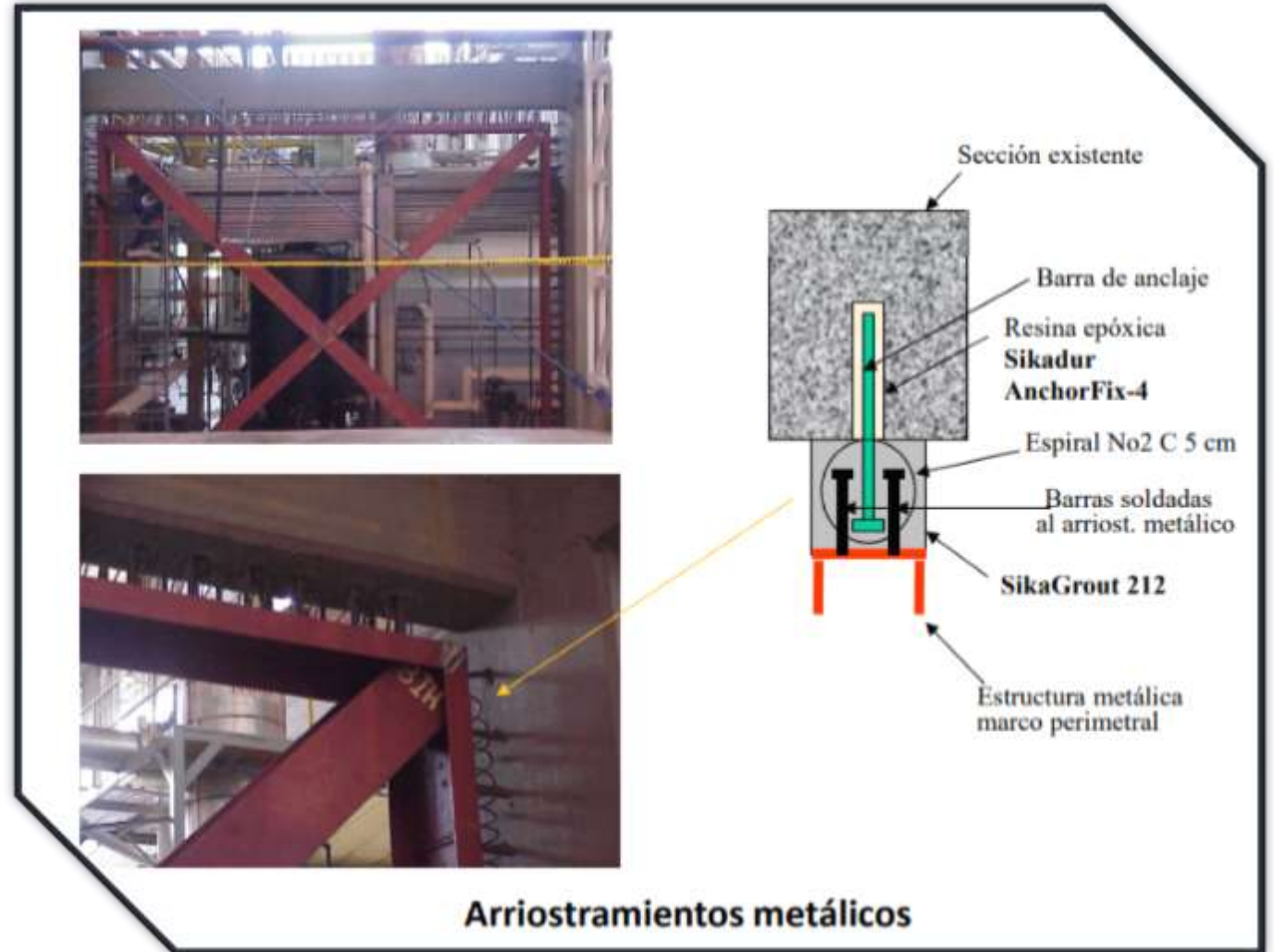
Son cartuchos de dos componentes a base de epóxido dosificado y mezclado por medio de una boquilla mezcladora.



GROUT sin contracción:

- Mortero de alta resistencia.
- No se contrae en estado plástico.
- Es estable dimensionalmente cuando endurece.
- Permanente adherencia a una placa limpia y al sustrato de concreto.

ASTM C1107 (soporte de cargas pesadas), ASTM 827 (contracción a los 28 días, sin contracción antes de endurecer y sin contracción después de endurecer).



Fibra de Carbono (CFRP):

Los materiales comúnmente usados: fibra de carbono, fibra de aramida y fibra de vidrio estos como fibras continuas de refuerzo y resina epóxica como adhesivo para impregnación.

Se usa comúnmente en vigas y columnas.



- **ASTM D7565**, Método de Ensayo Estándar para Determinar las propiedades de tracción de los Compuestos de matriz de Polímeros Reforzados con Fibra usados para reforzar estructuras de obra civil.
- **ASTM D3039**, Ensayo de tracción para Compuestos de Matriz de Polímeros Reforzados con Fibra.
- **ASTM D7522**, Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la tracción para FRP adherido a sustrato de concreto.
- **ASTM D4541**, Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la tracción de Recubrimientos usando probadores de adherencia portátiles.

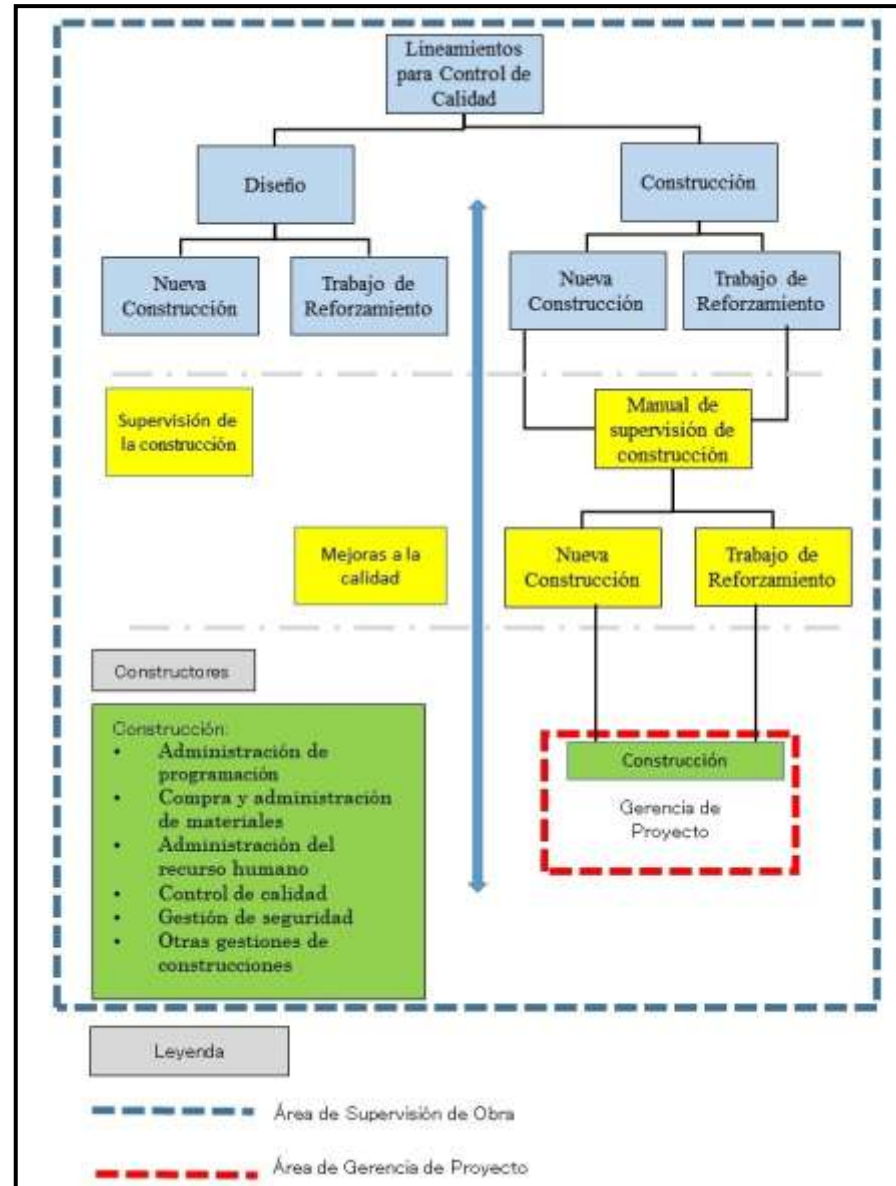


SUPERVISIÓN, VERIFICACIÓN, CONTROL E INSPECCIÓN EN LA CONSTRUCCION



Responsabilidad del supervisor

- Responsable del control de calidad
- Debe garantizar que los materiales, procesos y obras a ejecutar estén de acuerdo a los planos y las especificaciones





Para ejecutar eficientemente las obras de construcción planificadas y minimizar errores, es fundamental **verificar las especificaciones técnicas aplicables y analizar detalladamente los documentos y planes de trabajo.**

PUNTOS A CONFIRMAR

Antes de la Construcción

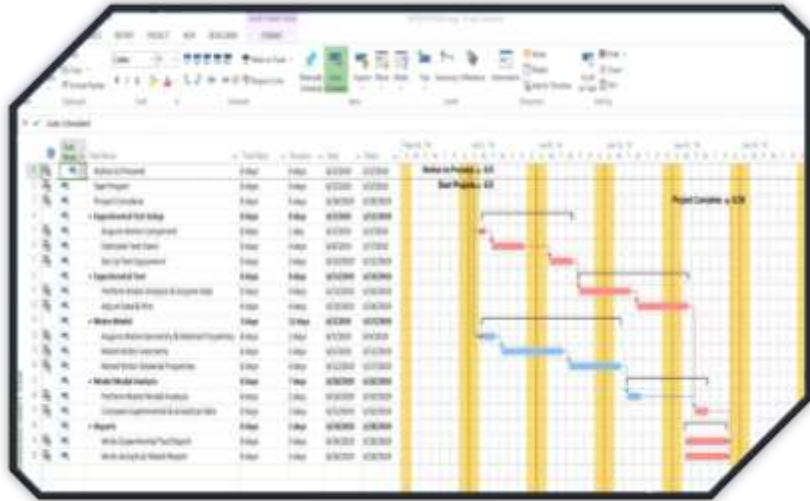
- Planificación de la construcción
- Pendientes de resolver de la etapa de diseño
- Planificación de la programación
- Organización del proyecto
- Método de construcción
- Planificación de las instalaciones provisionales
- Programación del control de calidad y administración del avance de obra
- Fotografías para la elaboración de reportes
- Planificación de las adquisiciones
- Planificación de la seguridad y vigilancia

Durante la Construcción

- Informe Mensual
- Control del avance de la obra según programación
- Cambios de diseño e imprevistos
- Comunicación de situaciones y correspondencia de documentos
- Control de seguridad y vigilancia

PUNTOS A CONFIRMAR

Planificación de la construcción



Para llevar a cabo eficientemente las obras de construcción planeados y sin cometer algún error, es importante verificar las especificaciones técnicas aplicables y además estudiar debidamente los documentos y planos del trabajo

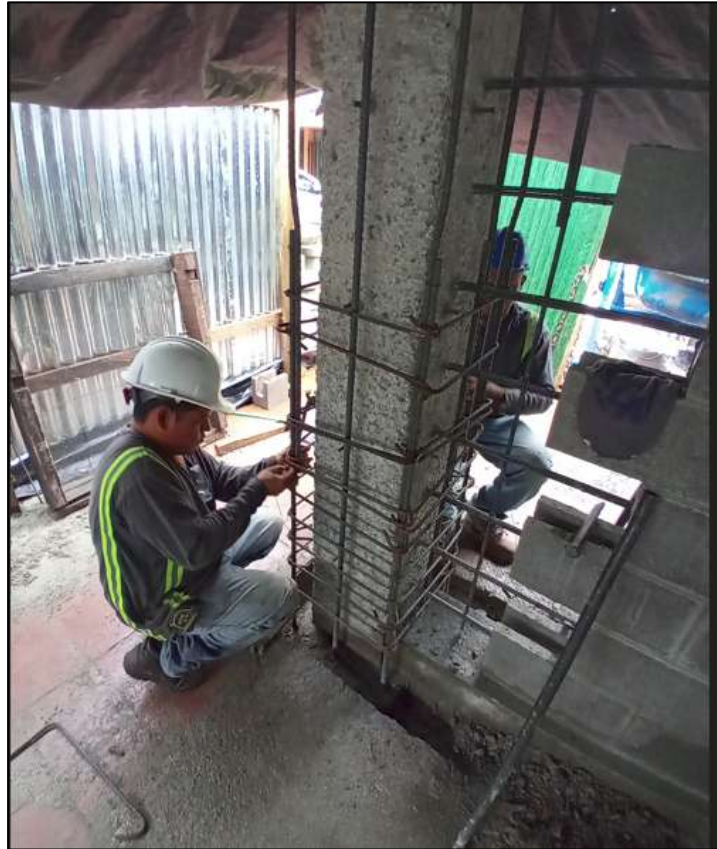
Organización del proyecto

Puntos clave a confirmar:



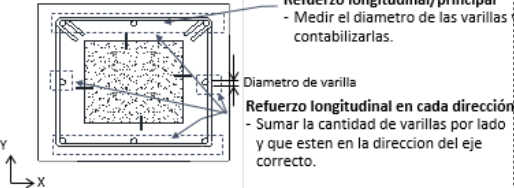
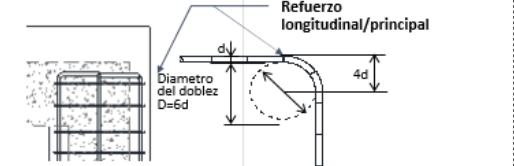
- Confirmar la estructura de gestión de proyecto, representada gráficamente, incluyendo al cliente, consultores, contratistas principales y subcontratistas.
- El organigrama del proyecto debe ir acompañado de un documento que especifique las funciones asignadas a cada persona, incluyendo sus respectivos nombres.
- Además, el supervisor debe coordinar con los contratistas los siguientes aspectos administrativos antes del inicio de las obras:
 - Confirmar las líneas de reporte (quién reporta a quién) y su frecuencia.
 - Verificar los formatos que se utilizarán para los reportes, informes y bitácora.
 - Familiarizarse con las reuniones y conferencias relacionadas, considerando la agenda, las obligaciones derivadas de los acuerdos y resoluciones, los participantes, la frecuencia, el lugar y la documentación o grabación de las reuniones

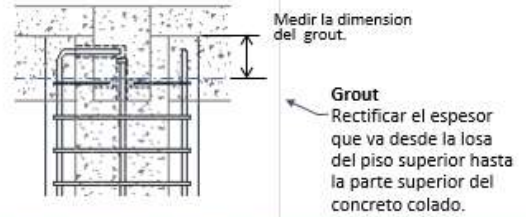


Métodos de construcción



- Obras de excavación y relleno.
- Fundaciones
- Obras de reforzamiento.
- Obras de anclajes post-instalados.
- Obras metálicas.
- Obras con ladrillo y bloque.
- Obras con mortero.
- Obras de envoltura con fibra.
- Obras de impermeabilización.
- Obras de repellos.
- Obras de pintura

			
Encamisado de columna de Concreto Reforzado			
Planta de ubicación			
Detalle/esquema	Descripción	Comentarios	
 <p>Ubicación - Identificar las columnas a encamisar utilizando el plano de reforzamiento aprobado. - Verificar dirección de ejes.</p> <p>Y-Dir X-Dir Ubicación de encamisados.</p>	<p>Plano</p> <p>- Ubicación de elementos</p>		
Reforzo (nuevo)			
Detalle/esquema	Descripción	Comentarios	
 <p>Reforzo longitudinal/principal - Medir el diametro de las varillas y contabilizarlas.</p> <p>Diametro de varilla</p> <p>Reforzo longitudinal en cada dirección - Sumar la cantidad de varillas por lado y que esten en la direccion del eje correcto.</p>	<p>Reforzo longitudinal/principal</p> <p>- Diametro</p> <p>- Cantidad de varillas</p>	<p>Si existe una diferencia en la cantidad de varillas en direccion X o direccion Y, se debe de confirmar la ubicación de la columna y su ejes.</p>	
 <p>Reforzo longitudinal/principal</p> <p>Diametro del dobléz $D=6d$</p>	<p>Reforzo longitudinal/principal</p> <p>- Diametro del dobléz</p>		

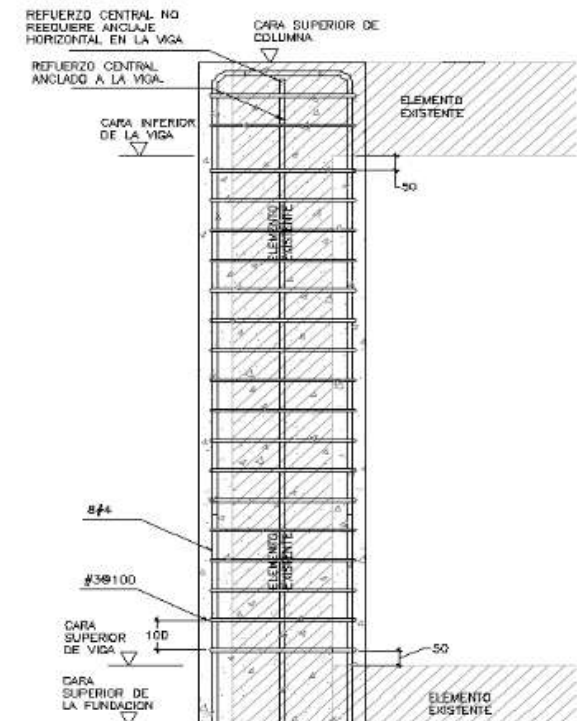


Grout


- Ubicación.
- Espesores.

Los materiales nocivos en las varillas como tierra, grasa lechada u otros pueden afectar la adherencia, estos deben ser removidos antes de la colocación del concreto y grout.

Detalles tipicos del reforzamiento

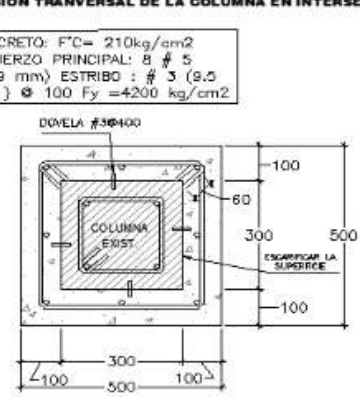


ARMADO DE ESTRIBO PARA ENCAMISADO DE COLUMNA



SECCION TRANSVERSAL DE LA COLUMNA EN INTERSECCION CON VIGA

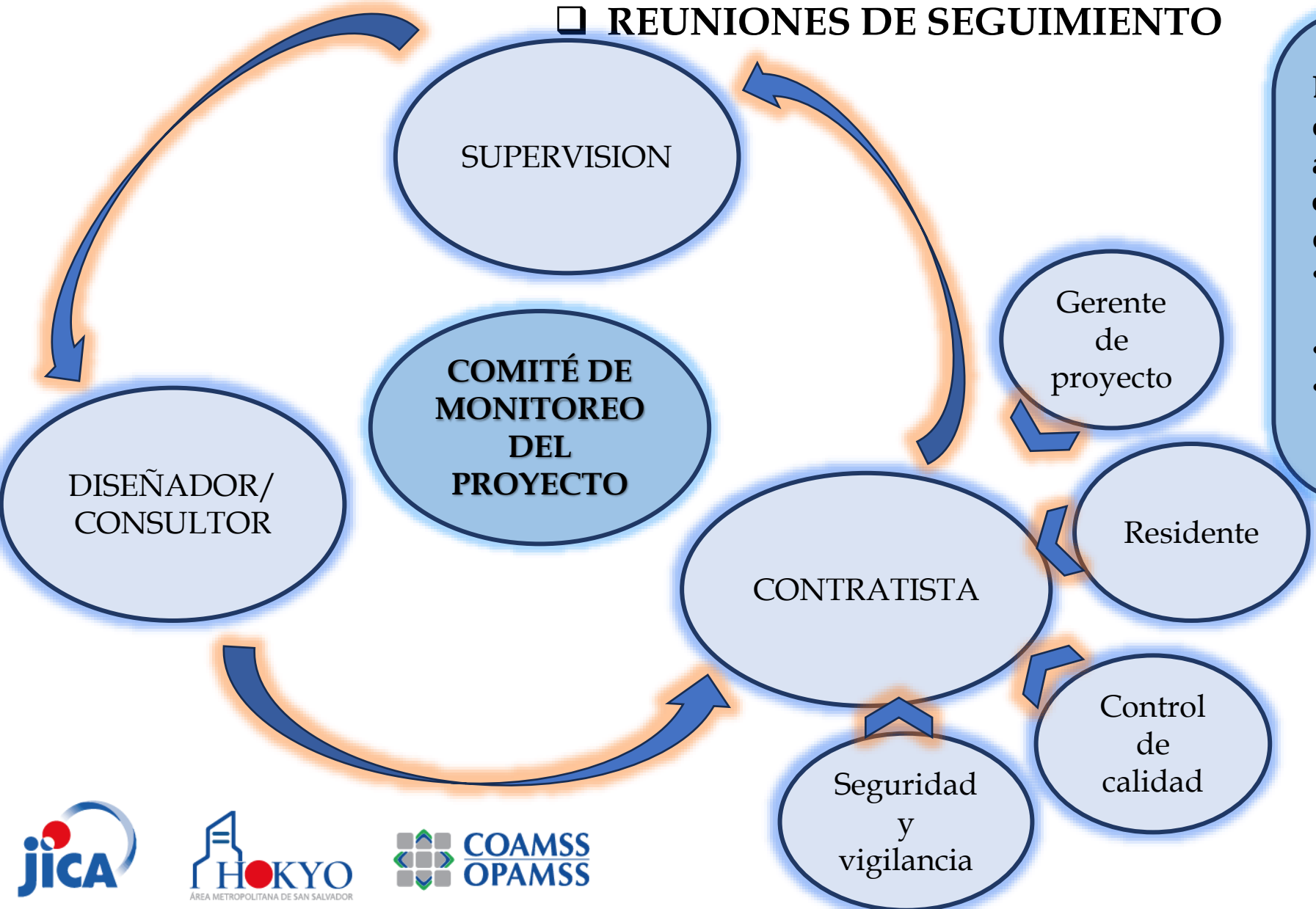
CONCRETO: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 REFORZO PRINCIPAL: 8 # 5 (15.8 mm) ESTRIBO: # 3 (9.5 mm) @ 100 $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$



- Informe Mensual.
- Control del avance de la obra según programación.
- Cambios de diseño [orden de cambio] e imprevistos.
- Comunicación de situaciones y correspondencia de documentos.
- Control de Seguridad y vigilancia.



REUNIONES DE SEGUIMIENTO



El supervisor debe asegurarse que el contratista registre, archive, conserve y entregue copia a supervisión los documentos de las reuniones:

- Reunión con el Comité de Monitoreo del Proyecto (CMP)
- Reuniones Semanales.
- Reuniones sobre seguridad y salud ocupacional en la obra.





Guías para la planificación y
evaluación del reforzamiento
sísmico en edificaciones



Manuales para evaluación, diseño
y supervisión del reforzamiento
sísmico en edificaciones



