

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

TRABAJO DE GRADO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE SISTEMAS DE REFORZAMIENTO
ESTRUCTURAL PARA AMPLIACIÓN VERTICAL DE VIVIENDAS DE
MAMPOSTERÍA EN CALI**

PRESENTADO POR:

WILDER DAVID BARONA GONZÁLEZ

DIRECTOR

JOSE JAVIER MARTINEZ

SANTIAGO DE CALI

2026

CARTA DE APROBACION

Evaluación comparativa de sistemas de reforzamiento estructural para ampliación vertical de viviendas de mampostería en Cali

Wilder David Barona González

La Pontificia Universidad Javeriana, no es responsable por los conceptos emitidos por los autores-investigadores del presente trabajo, por lo cual son responsabilidad absoluta de sus autores y no comprometen la idoneidad de la institución ni de sus valores

Tabla de contenido

1.	Introducción	9
2.	Objetivos	11
2.1.	Objetivo General	11
2.2.	Objetivos Específicos.....	11
3.	Planteamiento del Problema	12
3.1.	Pregunta de investigación	13
3.2.	Hipótesis	13
3.2.1.	Hipótesis general	13
3.2.2.	Hipótesis específicas	13
4.	Justificación y antecedentes	13
4.1.	Justificación.....	13
4.2.	Antecedentes	14
4.2.1.	Estudios sobre Vulnerabilidad Sísmica en Colombia:	14
4.2.2.	Análisis de la Norma NSR-10:.....	15
4.2.3.	Técnicas de Reforzamiento Estructural:.....	15
4.2.4.	Modelación y Análisis Estructural:	16
5.	Metodología	18
5.1.	Diseño de investigación	18
5.2.	Revisión bibliográfica y normativa	18
5.3.	Selección y caracterización de la vivienda.....	19
5.3.1.	Vivienda original	19
5.3.2.	Planos y documentación.....	19
5.4.	Evaluación preliminar del comportamiento estructural.....	19
5.5.	Ampliación arquitectónica propuesta.....	20
5.6.	Alcance y limitaciones	20
6.	Modelación y análisis.....	20
6.1.	Definición de cargas gravitacionales.....	20
6.2.	Definición de parámetros sísmicos	21
6.2.1.	Espectro de diseño.....	22
6.3.	Definición de la acción del viento	23
6.4.	Combinaciones de Carga	25
6.5.	Definición de modelos estructurales	27

6.5.1.	Modelo 1: Pórticos de concreto reforzado	28
6.5.2.	Modelo 2: Pórticos metálicos.....	30
6.5.3.	Modelo 3: Pórticos en concreto con muros estructurales	32
7.	Análisis y resultados	34
7.1.	Resultados sísmicos generales de los modelos	34
7.2.	Comparación del peso sísmico.....	35
7.3.	Comparación de periodos de vibración	36
7.4.	Comparación del cortante basal.....	37
7.5.	Comparación participación modal.....	38
7.6.	Comparación corrección por cortante basal mínimo.....	38
7.7.	Efecto de la regularidad estructural	39
7.8.	Comparación de derivas de entrepiso.....	40
7.9.	Síntesis del desempeño sísmico de los modelos	43
7.10.	Comparación de esfuerzos en cimentación.....	44
7.11.	Evaluación técnico-constructiva.....	46
7.12.	Evaluación económica preliminar.....	48
7.13.	Selección de la alternativa más favorable.....	49
8.	Conclusiones y recomendaciones	50
8.1.	Conclusiones.....	50
8.2.	Recomendaciones.....	52
	Anexos	54
	Referencias bibliográficas	55

Tabla 1 Cargas	21
Tabla 2 Parámetros sísmicos.....	22
Tabla 3 Carga de viento	24
Tabla 4 Símbolos hipótesis de carga.....	25
Tabla 5 Combinaciones de carga.....	26
Tabla 6 Parámetros modelo pórticos en concreto reforzado	28
Tabla 7 Parámetros modelo pórticos en pórticos metálicos.....	30
Tabla 8 Parámetros modelo pórticos en concreto con muros estructurales.....	32
Tabla 9 Tabla comparativa de resultados sísmicos.....	34
Tabla 10 Comparación peso sísmico	36
Tabla 11 Comparación de periodos de vibración.....	37
Tabla 12 Comparación del cortante basal	38
Tabla 13 Comparación participación modal	38
Tabla 14 Comparación corrección por cortante basal mínimo	39
Tabla 15 Efecto de la regularidad estructural.....	40
Tabla 16 Derivas máximas por planta — pórticos en concreto reforzado	40
Tabla 17 Derivas máximas por planta — pórticos metálicos.....	41
Tabla 18 Derivas máximas por planta — sistema combinado	41
Tabla 19 Resumen de derivas máximas	42
Tabla 20 Resumen comportamiento más favorable observado para cada criterio evaluado	43
Tabla 21 Comparación de esfuerzos máximos en arranques.....	44
Tabla 22 Evaluación técnico-constructiva	46
Tabla 23 Evaluación económica.....	48
Ilustración 1 Espectro de diseño (NSR-10)	23
Ilustración 2 Modelo estructural con pórticos de concreto reforzado en CYPECAD.	29
Ilustración 3 Modelo estructural con pórticos metálicos en CYPECAD.	31
Ilustración 4 Modelo estructural combinado con muros estructurales en CYPECAD	33

RESUMEN

En Colombia la ampliación vertical de viviendas existentes en mampostería es una práctica frecuente en contextos urbanos, donde la necesidad de aprovechar el suelo disponible lleva a transformar edificaciones originalmente concebidas para dos (2) niveles en construcciones de hasta cuatro (4) pisos. Sin embargo, muchas de estas viviendas no fueron diseñadas ni construidas con criterios sismo-resistentes, lo que puede incrementar su vulnerabilidad cuando se adicionan nuevas cargas gravitacionales y sísmicas.

En este proyecto se propone evaluar comparativamente tres alternativas de reforzamiento estructural para permitir la ampliación segura de una vivienda de mampostería existente, originalmente de dos (2) niveles y proyectada a cuatro (4) niveles. Las alternativas consideradas son: pórticos en concreto reforzado, pórticos metálicos y un sistema combinado de pórticos en concreto reforzado con muros estructurales.

El estudio se desarrolla mediante modelación estructural en CYPECAD, análisis dinámico espectral conforme a la NSR-10 y comparación de parámetros como peso sísmico, cortante basal, periodos, derivas y esfuerzos en cimentación. Con ello se busca establecer cuál alternativa presenta mejor desempeño sísmico y mayor viabilidad técnica, económica y constructiva para viviendas con características similares.

Palabras clave

Ampliación vertical de viviendas, vivienda de mampostería, reforzamiento estructural, pórticos de concreto reforzado, pórticos metálicos, muros estructurales, diseño sísmico, seguridad estructural

ABSTRACT

In Colombia, the vertical expansion of existing masonry homes is a common practice in urban areas, where the need to make the most of available land leads to the conversion of buildings originally designed for two (2) stories into structures with up to four (4) stories. However, many of these homes were not designed or built to be earthquake-resistant, which can increase their vulnerability when new gravitational and seismic loads are added.

This study proposes a comparative evaluation of three structural reinforcement alternatives to enable the safe expansion of an existing masonry dwelling, originally two (2) stories high and planned for four (4) stories. The alternatives considered are: reinforced concrete frames, steel frames, and a combined system of reinforced concrete frames with structural walls.

The study is conducted through structural modeling in CYPECAD, dynamic spectral analysis according to NSR-10, and comparison of seismic performance parameters such as seismic weight, base shear, periods, drifts, and foundation forces. The aim is to determine which alternative offers the best seismic performance and the greatest technical, economic, and constructional feasibility for dwellings with similar characteristics.

Key Words

Vertical extension of buildings, masonry housing, structural reinforcement, reinforced concrete frames, steel frames, structural walls, seismic design, structural safety

1. Introducción

En las ciudades latinoamericanas, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas como Cali, la ampliación vertical de viviendas existentes se ha convertido en una práctica cada vez más común. Esta situación responde a la necesidad de aumentar el espacio habitable y aprovechar de manera más eficiente el suelo disponible. Sin embargo, la adición de nuevos niveles puede generar problemas estructurales cuando la edificación original no fue diseñada para soportar las cargas adicionales producidas por la ampliación.

En el caso de las viviendas de mampostería, esta situación adquiere mayor importancia, debido a que muchas de ellas fueron construidas sin criterios sismo-resistentes adecuados. Por esta razón, la incorporación de nuevos pisos puede aumentar la vulnerabilidad estructural de la edificación y representar un riesgo para sus ocupantes, especialmente en zonas de amenaza sísmica como la ciudad de Cali (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

La literatura especializada señala que, antes de realizar una ampliación vertical, es necesario evaluar la capacidad estructural de la edificación existente. En edificaciones de concreto reforzado, diferentes investigaciones han analizado la adición de nuevos niveles como una alternativa para aumentar el área útil construida, evitando procesos de demolición y reconstrucción completa (Shala & Bleiziffer, 2024). Asimismo, la densificación vertical y la reutilización del entorno construido se han considerado estrategias asociadas con una planificación urbana más sostenible (Kumbhar & Radke, 2024).

Desde el punto de vista estructural, la ampliación vertical modifica las condiciones originales de carga de la edificación. Al adicionar nuevos pisos, aumentan las cargas gravitacionales, se modifican las demandas sísmicas y pueden cambiar la distribución de esfuerzos internos, los desplazamientos laterales y las derivas. Estudios aplicados a edificaciones existentes de concreto reforzado han mostrado que la incorporación de nuevos niveles puede alterar de forma significativa la respuesta estructural frente a cargas permanentes y sísmicas, por lo que se requiere una evaluación detallada para verificar si la estructura puede cumplir con los requisitos actuales de seguridad (Gunes et al., 2019).

En este contexto, los sistemas de reforzamiento estructural cumplen un papel fundamental para mejorar la capacidad resistente y la estabilidad global de edificaciones existentes. La literatura ha señalado que, además de los aspectos económicos y constructivos, la evaluación de la estabilidad estructural desde la cimentación hasta los nuevos niveles es esencial para garantizar que los elementos resistentes puedan transmitir adecuadamente las cargas verticales y laterales generadas por la ampliación (Al-Nu'man, 2016).

La ampliación vertical también tiene implicaciones urbanas, sociales y ambientales. En ciudades con escasez de suelo urbano, aumentar la altura de edificaciones existentes puede ser una alternativa para optimizar el espacio construido y reducir la necesidad de expansión horizontal. Estudios recientes sobre extensiones verticales destacan que esta práctica puede contribuir a la sostenibilidad urbana, siempre que se realice con criterios técnicos adecuados y garantizando la seguridad estructural de la edificación intervenida (Sanei et al., 2025).

En Colombia, y particularmente en Cali, esta problemática adquiere mayor relevancia debido a las condiciones de amenaza sísmica y a las características geotécnicas locales, las cuales pueden influir en la respuesta de las edificaciones ante eventos sísmicos (Ingeominas, 2005). Por lo tanto, toda intervención estructural que implique la construcción de nuevos niveles debe evaluarse conforme a criterios técnicos y normativos, considerando las exigencias establecidas por la NSR-10 para cargas gravitacionales, cargas laterales, derivas y seguridad estructural (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

En este trabajo se analiza una vivienda típica de mampostería localizada en la ciudad de Cali, originalmente construida con dos niveles y proyectada para ampliarse a cuatro. Para ello, se evalúan tres alternativas de reforzamiento estructural: pórticos de concreto reforzado, pórticos metálicos y un sistema combinado de pórticos de concreto reforzado con muros estructurales. La comparación se realiza mediante modelación estructural en CYPECAD y análisis dinámico espectral conforme a la NSR-10.

El propósito de la investigación es comparar el desempeño sísmico y la viabilidad técnica, económica y constructiva de cada alternativa, considerando parámetros como peso sísmico, cortante basal, periodos de vibración, participación modal, derivas de entrepiso y esfuerzos transmitidos a la cimentación. Con ello, se busca establecer cuál sistema de reforzamiento presenta

un comportamiento más favorable para el caso de estudio y aportar criterios técnicos que puedan servir como referencia para intervenciones similares en viviendas de mampostería existentes.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Evaluar el desempeño sísmico y la viabilidad técnica y económica de tres alternativas de reforzamiento estructural: pórticos en concreto reforzado, pórticos metálicos y pórticos en concreto reforzado con muros estructurales, para permitir la ampliación segura de una vivienda existente de dos a cuatro niveles en la ciudad de Cali, conforme a la NSR-10.

2.2. Objetivos Específicos

El objetivo general se pretende alcanzar cuando se desarrollen los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar estructuralmente la vivienda existente en mampostería mediante levantamiento técnico, revisión de información disponible e identificación de su configuración estructural.
- Caracterizar el estado actual de la vivienda y establecer las condiciones de vulnerabilidad asociadas a la ampliación vertical proyectada, a partir de la información arquitectónica disponible y los supuestos estructurales adoptados.
- Modelar y evaluar una alternativa de reforzamiento estructural mediante pórticos en concreto reforzado.
- Modelar y evaluar una alternativa de reforzamiento estructural mediante pórticos metálicos.
- Modelar y evaluar una alternativa de reforzamiento estructural mediante un sistema combinado de pórticos en concreto reforzado con muros estructurales.
- Analizar el comportamiento estructural de las tres alternativas mediante análisis dinámico espectral conforme a la NSR-10.
- Comparar los parámetros de desempeño sísmico y cumplimiento normativo de cada alternativa, incluyendo fuerzas internas, rigidez y periodos estructurales.

- Evaluar la viabilidad técnica, económica y constructiva de cada alternativa de reforzamiento.
- Determinar cuál sistema de reforzamiento resulta más eficiente y recomendable para el caso de estudio.

3. Planteamiento del Problema

En la Ciudad de Cali es frecuente que viviendas construidas originalmente en mampostería de dos niveles sean ampliadas hasta cuatro pisos sin estudios estructurales adecuados. Estas edificaciones, en muchos casos, no cumplen con los requisitos sismo-resistentes establecidos en la NSR-10, situación que incrementa significativamente su vulnerabilidad ante posibles eventos sísmicos (Vélez, 2020).

La ampliación vertical produce un aumento considerable de cargas gravitacionales y sísmicas, lo cual puede comprometer la estabilidad global de la edificación y la seguridad de sus ocupantes. Aunque existen diversas técnicas de reforzamiento estructural, no se cuenta con suficiente información comparativa aplicada a este tipo de viviendas que permita identificar cual alternativa ofrece mejor desempeño sísmico y mayor viabilidad técnica, económica y constructiva (Vélez, 2020).

La falta de conocimiento profundo sobre el desempeño sísmico de edificaciones con muros delgados de concreto reforzado, especialmente en zonas de amenaza sísmica como lo es en gran parte del territorio, plantea una brecha importante para la seguridad estructural y la protección de vidas y bienes. Por ello, se requiere generar y sistematizar evidencia técnica que permita evaluar, mediante alternativas, como responden estos sistemas frente a demandas sísmicas reales y si las practicas constructivas actuales y los lineamientos normativos garantizan un comportamiento adecuado (Molina & Santander, 2020; Agudelo Varela & Rodríguez Miranda, 2014).

Aunque existen investigaciones sobre reforzamiento estructural y ampliaciones verticales, existe poca evidencia comparativa aplicada a viviendas típicas de mampostería en Cali que evalúe simultáneamente desempeño sísmico, viabilidad constructiva y costo de intervención bajo criterios NSR-10.

3.1. Pregunta de investigación

¿Cuál sistema estructural —pórticos en concreto reforzado, pórticos metálicos o sistema combinado de pórticos en concreto reforzado con muros estructurales— presenta mejor desempeño sísmico y mayor viabilidad técnica y económica para la ampliación de una vivienda existente de dos a cuatro pisos en mampostería, conforme a la NSR-10?

3.2. Hipótesis

3.2.1. Hipótesis general

El sistema combinado de pórticos en concreto reforzado con muros estructurales presentará un mejor desempeño sísmico global y mayor control de derivas para la ampliación vertical de una vivienda de mampostería de dos a cuatro niveles en la ciudad de Cali, conforme a los requisitos de la NSR-10.

3.2.2. Hipótesis específicas

- Los pórticos metálicos reducirán el peso sísmico total de la estructura en comparación con los sistemas de concreto reforzado.
- Los pórticos en concreto reforzado incrementarán significativamente la rigidez lateral de la vivienda frente al estado original.
- El sistema combinado de pórticos y muros estructurales presentará menores desplazamientos laterales y mejor distribución de esfuerzos internos.
- Existen diferencias técnicas y económicas significativas entre las tres alternativas de reforzamiento estructural evaluadas.

4. Justificación y antecedentes

4.1. Justificación

La ampliación vertical de viviendas en mampostería en la ciudad de Cali constituye una práctica frecuente debido a la escasez de suelo y la necesidad de maximizar el espacio habitable. No obstante, muchas de estas edificaciones fueron construidas sin estudios estructurales adecuados y sin cumplir los requisitos de la NSR-10, lo que aumenta su vulnerabilidad ante eventos sísmicos (Vélez, 2020; Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010). La adición de pisos genera un incremento de cargas gravitacionales y sísmicas, afectando la estabilidad global de la estructura y la seguridad de sus ocupantes (Gunes et al., 2019).

En este contexto, se requiere un análisis comparativo de alternativas de reforzamiento estructural que permita determinar cuál de ellas ofrece mejor desempeño sísmico y mayor viabilidad técnica, económica y constructiva. La evaluación de estas alternativas proporciona criterios técnicos claros para intervenciones futuras, garantizando la seguridad de las viviendas ampliadas y optimizando los recursos constructivos y económicos (Al-Nu'man, 2016; Shala & Bleiziffer, 2024).

Desde la perspectiva de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, este estudio contribuye al ODS 9 mediante el fortalecimiento de infraestructura resiliente; al ODS 11 por la promoción de ciudades y comunidades seguras; al ODS 3 al reducir riesgos para la vida y la integridad de los ocupantes; al ODS 10 al ofrecer criterios técnicos aplicables a viviendas de estratos bajos; y al ODS 12 al fomentar la rehabilitación de edificaciones existentes y el uso responsable de recursos frente a la demolición y reconstrucción innecesaria (Molina & Santander, 2020; Agudelo Varela & Rodríguez Miranda, 2014).

4.2. Antecedentes

El estudio del reforzamiento estructural de viviendas de mampostería ha sido ampliamente documentado a nivel nacional e internacional. En Colombia, se ha evidenciado que muchas viviendas de uno o dos pisos fueron construidas de manera informal, sin control técnico o sin cumplir los mínimos normativos sismo-resistentes, situación que se agrava cuando se proyectan ampliaciones verticales (Ingeominas, 2005; Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

La evaluación de riesgo sísmico desarrollada para Santiago de Cali indica que las viviendas de baja altura constituyen una parte significativa del parque construido y su vulnerabilidad es un factor crítico para la planificación urbana y la reducción de riesgos (FOPAE, 2011; López, Quiroga & Torres, 2019).

4.2.1. Estudios sobre Vulnerabilidad Sísmica en Colombia:

La vulnerabilidad de las edificaciones de mampostería depende de factores geométricos, constructivos y estructurales, como la irregularidad en planta, la disposición de muros, la calidad de morteros y el tipo de entrepiso (Vélez, 2020; Zúñiga & Terán, 2008). Estudios previos en Cali

han mostrado que las viviendas de uno o dos pisos presentan limitaciones importantes para resistir cargas sísmicas incrementales generadas por la adición de pisos.

4.2.2. Análisis de la Norma NSR-10:

La NSR-10 define pautas para garantizar seguridad sismo-resistente en edificaciones nuevas y existentes, incluyendo criterios para rehabilitación y reforzamiento. Su implementación en construcciones existentes, especialmente en ampliaciones verticales, requiere adaptar las técnicas de intervención y los cálculos a los parámetros de carga, rigidez y resistencia prescritos (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010; Ingeominas, 2005).

4.2.3. Técnicas de Reforzamiento Estructural:

Se identifican tres estrategias principales de reforzamiento, cada una con antecedentes y estudios específicos:

4.2.3.1. Pórticos Metálicos:

Los pórticos metálicos ofrecen ventajas frente al concreto, como menor peso propio y rapidez en la construcción, lo que los hace adecuados para edificaciones con cimentaciones de capacidad limitada (Acosta, 2014; Shala & Bleiziffer, 2024). Estos sistemas aumentan la ductilidad, permiten absorber deformaciones durante sismos y proporcionan resistencia suficiente para soportar pisos adicionales, garantizando la estabilidad estructural.

4.2.3.2. Pórticos de concreto reforzado:

Los pórticos de concreto reforzado son ampliamente utilizados para reforzar estructuras existentes antes de añadir niveles. Este sistema mejora la rigidez y resistencia lateral, redistribuye cargas verticales y permite un desempeño más uniforme de los elementos estructurales (Marinilli, 2009; Razo & García, 2020). Estudios recientes sobre edificios de concreto muestran que los pórticos reforzados incrementan la capacidad de carga y reducen las deformaciones horizontales bajo cargas sísmicas, siendo una alternativa confiable para la ampliación vertical (Gunes et al., 2019).

4.2.3.3. Sistemas combinados con muros estructurales:

Los pórticos combinados con muros estructurales integran la rigidez de los marcos con la resistencia adicional de muros portantes o muros pantalla. Esta alternativa proporciona un desempeño equilibrado frente a cargas verticales y sísmicas, siendo particularmente útil en

viviendas de mampostería donde se busca un reforzamiento integral y compatible con la estructura existente (Tudela, 2022; Al-Nu'man, 2016).

4.2.3.4. Estudios comparativos y evidencia técnica:

Diversos estudios muestran que la selección de la alternativa de reforzamiento depende de la geometría de la vivienda, la calidad de los materiales, la capacidad de la cimentación y los criterios económicos (Sanei et al., 2025; Kumbhar & Radke, 2024). La evidencia disponible sugiere que

- Los pórticos de concreto son robustos y confiables, pero más costosos y pesados.
- Los pórticos metálicos son ligeros y rápidos de instalar, adecuados para estructuras con limitaciones de carga.
- Los sistemas combinados ofrecen equilibrio entre rigidez y resistencia, ideales para viviendas con muros portantes existentes.
- El encamisado es un refuerzo complementario útil para elementos críticos.

4.2.4. Modelación y Análisis Estructural:

La modelación estructural es un elemento fundamental para evaluar la respuesta de edificaciones existentes frente a cargas gravitacionales y sísmicas, especialmente en contextos de ampliación vertical. En este trabajo, se utilizó el software CYPECAD, que permite simular de manera precisa la interacción entre muros, columnas y pórticos, facilitando la estimación de fuerzas internas, desplazamientos laterales y rigidez global de la estructura.

El uso de CYPECAD permitió construir un modelo para el análisis modal espectral de la vivienda, incorporando:

- La geometría del reforzamiento y la adición de nuevos niveles
- Propiedades de materiales y secciones estructurales
- Distribución de cargas permanentes, variables y sísmicas según la NSR-10
- Elementos de reforzamiento: pórticos de concreto, pórticos metálicos y muros estructurales.

Este enfoque de análisis modal espectral permite comparar alternativas de reforzamiento, evaluar la capacidad estructural de cada sistema y determinar cuál ofrece mayor seguridad y eficiencia técnica, cumpliendo con los requerimientos normativos (Shala & Bleiziffer, 2024; Gunes et al., 2019; Al-Nu'man, 2016). De esta manera, CYPECAD constituye una herramienta confiable para el diseño y verificación de ampliaciones verticales, asegurando que las prácticas

constructivas actuales y los lineamientos normativos garanticen un comportamiento estructural adecuado.

5. Metodología

El estudio se desarrolla bajo un enfoque aplicado, cuantitativo y comparativo, con el objetivo de evaluar el desempeño estructural y la viabilidad de diferentes alternativas de reforzamiento de una vivienda existente de mampostería de dos niveles proyectada para ampliación a cuatro. La investigación combina modelación estructural (análisis modal espectral) y análisis técnico-económico para determinar cuál alternativa ofrece mayor seguridad y eficiencia constructiva.

El enfoque se basa en modelación computacional lineal, siguiendo las recomendaciones de la NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010) y evidencia académica sobre ampliaciones verticales y reforzamiento estructural (Gunes et al., 2019; Shala & Bleiziffer, 2024; Al-Nu'man, 2016)

5.1. Diseño de investigación

Se adopta un estudio de caso, seleccionando una vivienda representativa de Cali que refleja las condiciones constructivas típicas de la ciudad:

- Dos niveles originales, proyectados para ampliación a cuatro
- Construcción en mampostería con losas tipo farol, vigas, viguetas y columnas
- Lote: 6 m × 12.5 m; altura entrepiso 2.80 m
- Estado estructural estable, con pequeñas irregularidades en altura y distribución de muros

Esta vivienda permite evaluar los efectos de la adición de pisos y la eficacia de los sistemas de reforzamiento seleccionados.

5.2. Revisión bibliográfica y normativa

Se recopila información sobre:

- Comportamiento sísmico de viviendas de mampostería y muros delgados de concreto reforzado (Vélez, 2020; Zúñiga & Terán, 2008)
- Técnicas de reforzamiento estructural mediante pórticos de concreto, pórticos metálicos y sistemas combinados (Acosta, 2014; Tudela, 2022; Shala & Bleiziffer, 2024)
- Normativa vigente: NSR-10, incluyendo criterios de diseño, cargas, combinaciones y verificación de elementos existentes (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

- Estudios de ampliaciones verticales y densificación urbana (Sanei et al., 2025; Kumbhar & Radke, 2024; Gunes et al., 2019)

Esta revisión garantiza que las decisiones de diseño y evaluación estén respaldadas por evidencia científica y normativa.

5.3. Selección y caracterización de la vivienda

5.3.1. Vivienda original

- Distribución: Planta baja con área social, cocina, baños y tres alcobas; segundo nivel con una alcoba y cubierta estructural
- Materiales: ladrillo, mortero, concreto reforzado en columnas y losas
- Estado estructural: estable, sin asentamientos visibles
- Irregularidades: altillo de 30% de la planta baja y altura irregular

5.3.2. Planos y documentación

Se utilizan planos arquitectónicos del levantamiento (Anexo A) y planos de ampliación proyectada (Anexo B) para construir los modelos en CYPECAD.

5.4. Evaluación preliminar del comportamiento estructural

Dado que la vivienda no posee información estructural ni de cimentación, y los planos arquitectónicos son el único recurso disponible, se establecieron supuestos estructurales para modelar la edificación:

- Se considera que los muros existentes son portantes de mampostería confinada con rigidez y resistencia típicas de la construcción local (Vélez, 2020).
- La cimentación se asume como apoyo simple para modelación, dado que no se dispone de información real.

Esta aproximación permite construir modelos lineales de referencia para cada alternativa de reforzamiento, sin desarrollar un modelo independiente del estado original, debido a la ausencia de información estructural y geotécnica detallada. El alcance del trabajo se centra en la comparación de alternativas de reforzamiento para la condición ampliada.

5.5. Ampliación arquitectónica propuesta

La ampliación arquitectónica propuesta tiene como objetivo aumentar la capacidad habitacional de la vivienda existente, pasando de dos a cuatro niveles. La vivienda original, construida en mampostería y sin criterios de diseño sismo-resistentes, se plantea como objeto de una intervención que permita su ampliación vertical, cumpliendo con los requisitos funcionales y estéticos adecuados para una vivienda de mayor altura.

En cuanto al diseño arquitectónico de la ampliación, se contempla lo siguiente: Se planteó la adición de dos niveles adicionales, con una disposición funcional que incluye un apartamento por nivel, dos alcobas, estudio, área social, cocina y baños. El diseño arquitectónico busca aprovechar el espacio existente, mejorando la distribución sin comprometer la estabilidad de la vivienda original.

Si bien en esta fase se presenta el diseño arquitectónico de la ampliación, la viabilidad estructural se evaluó posteriormente mediante el análisis de las tres alternativas de reforzamiento, con el fin de garantizar la estabilidad y seguridad de la vivienda tras la ampliación.

5.6. Alcance y limitaciones

El alcance de este trabajo corresponde a una evaluación comparativa de alternativas de reforzamiento mediante modelación estructural lineal y análisis dinámico espectral. No se pretende desarrollar un diseño estructural definitivo ni una evaluación patológica completa de la vivienda existente, debido a la ausencia de información geotécnica, ensayos de materiales y planos estructurales originales. Los resultados obtenidos permiten comparar el comportamiento relativo de las alternativas propuestas y establecer criterios técnicos para orientar una posible intervención posterior.

6. Modelación y análisis

6.1. Definición de cargas gravitacionales

En los modelos estructurales se consideraron las cargas gravitacionales correspondientes al uso residencial de la edificación. Estas cargas fueron aplicadas de manera uniforme en las tres alternativas, de forma que la diferencia en los resultados dependa del sistema estructural propuesto y no de variaciones en las condiciones de carga.

Las cargas gravitacionales a considerar fueron las siguientes:

Tabla 1 Cargas

CARGA MUERTA (Tabla B.3.4.3-1)			
Ocupación (Residencial)	Fachada y particiones	Afinado de piso y cubierta	Total
Fachada y particiones de mampostería	3.0 kN/m ²	1.6 kN/m ²	4.6 kN/m ²

CARGA VIVA (Tabla B.4.2.1-1)	
Área del proyecto	Carga viva a aplicar
Alcobas	1.8 kN/m ²
Sala/comedor	1.8 kN/m ²
Cocina	1.8 kN/m ²
Baños	1.8 kN/m ²
Pasillos interiores	1.8 kN/m ²
Escaleras	3.0 kN/m ²
Balcones o terrazas tipo balcón	5.0 kN/m ²

CARGA EN CUBIERTA (Tabla B.4.2.1-2)	
Tipo de cubierta	Carga viva
Cubierta inclinada de 15° o menos, metálica o madera, sin posibilidad física de mayor carga	0.50 kN/m ²

6.2. Definición de parámetros sísmicos

Antes de realizar la comparación entre las alternativas de reforzamiento estructural, se definieron parámetros sísmicos comunes para todos los modelos analizados. Esto permite garantizar que las diferencias obtenidas en los resultados se deban principalmente al sistema estructural propuesto y no a variaciones en la amenaza sísmica, el tipo de suelo, la importancia de la edificación o el método de análisis empleado.

Los tres modelos fueron evaluados conforme al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, mediante análisis dinámico espectral. Para la localización del proyecto en la ciudad de Cali, se adoptaron los valores de aceleración horizontal pico efectiva y velocidad horizontal pico efectiva correspondientes a la zona de amenaza sísmica considerada. Asimismo,

se utilizó un perfil de suelo tipo D, asociado a condiciones de suelo intermedio a blando, y un coeficiente de importancia igual a 1.00, correspondiente a una edificación del grupo de uso I.

La definición de estos parámetros permitió construir el espectro de diseño sísmico aplicado en cada alternativa de reforzamiento. De esta manera, los modelos de pórticos en concreto reforzado, pórticos metálicos y sistema combinado fueron sometidos a una misma demanda sísmica, permitiendo una comparación homogénea de su respuesta estructural en términos de periodos, cortante basal, desplazamientos, derivas y participación modal:

Tabla 2 Parámetros sísmicos

Parámetro	Valor
Norma	NSR-10
Método	Análisis dinámico espectral
Aa	0.25 g
Av	0.25 g
Suelo	Tipo D
Fa	1.30
Fv	1.90
I	1.00
Altura	11.20 m
Tc	0.70 s
Tl	4.56 s

Estos parámetros se mantuvieron constantes en todos los modelos, con el fin de establecer una base común de comparación y evaluar de manera objetiva la influencia del sistema estructural sobre la respuesta sísmica de la vivienda ampliada.

6.2.1. Espectro de diseño

A continuación, se presenta el espectro de diseño para los 3 modelos estructurales:

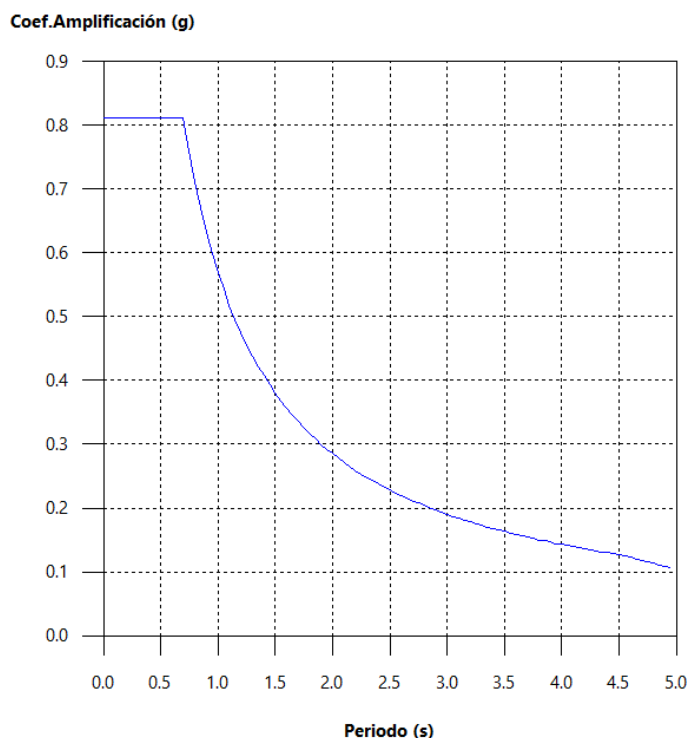


Ilustración 1 Espectro de diseño (NSR-10)

6.3. Definición de la acción del viento

Aunque el presente estudio se enfoca principalmente en la evaluación del desempeño sísmico de las alternativas de reforzamiento estructural, se considera pertinente revisar de manera preliminar la acción del viento, de acuerdo con los criterios establecidos por la NSR-10 para cargas laterales.

Dado que la edificación analizada corresponde a una vivienda de baja altura, con una altura total aproximada de 11.20 m, la demanda sísmica se considera como la condición lateral predominante frente a la acción del viento. No obstante, la carga de viento se consideró como una acción de verificación, con el fin de confirmar que no gobierne el diseño global de los sistemas estructurales evaluados.

En caso de que las fuerzas generadas por viento resulten inferiores a las demandas sísmicas obtenidas mediante el análisis dinámico espectral, estas no se emplean como criterio principal de comparación entre alternativas. Por lo tanto, la evaluación comparativa se centra en la respuesta

sísmica de los modelos, considerando parámetros como cortante basal, periodos de vibración, desplazamientos laterales, derivas de entrepiso y participación modal.

Tabla 3 Carga de viento

Parámetro	Valor adoptado
Norma utilizada	NSR-10, Capítulo B.6
Método de cálculo	Procedimiento analítico
Velocidad básica del viento, V	35.0 m/s
Categoría de uso	Categoría I
Factor de importancia, I	0.87
Categoría del terreno	D
Orografía del terreno	Llano
Factor de direccionalidad, Kd	0.85
Factor topográfico, Kzt	1.00
Altura media de cubierta, h	11.20 m
Ancho expuesto en dirección X	12.25 m
Ancho expuesto en dirección Y	6.00 m
Coeficiente de presión a barlovento, $C_{p,w}$	0.80
Coeficiente de presión a sotavento en X, $C_{p,l}$	-0.50
Coeficiente de presión a sotavento en Y, $C_{p,l}$	-0.30
Factor de efecto de ráfaga en X	0.89
Factor de efecto de ráfaga en Y	0.90

De acuerdo con los resultados obtenidos, las cargas laterales generadas por viento presentan magnitudes inferiores a las demandas sísmicas consideradas en el análisis dinámico espectral. Por lo tanto, para efectos de la comparación entre alternativas de reforzamiento, la acción sísmica se adopta como la condición lateral principal, mientras que el viento se considera como una acción secundaria de verificación.

6.4. Combinaciones de Carga

Para el análisis estructural de las alternativas de reforzamiento se emplearon las combinaciones de carga generadas por el software CYPECAD, conforme a los criterios establecidos en la NSR-10 para estados límite últimos, desplazamientos y derivas. Las combinaciones incluyen la acción de las cargas gravitacionales, la acción del viento y la acción sísmica en las direcciones principales de análisis.

Las hipótesis de carga consideradas por el programa fueron: peso propio, cargas muertas, carga viva, sismo en dirección X, sismo en dirección Y y viento en las direcciones $\pm X$ y $\pm Y$, incorporando además las excentricidades accidentales correspondientes para la acción del viento.

Para las combinaciones sísmicas, CYPECAD considera la acción principal en una dirección y el 30 % de la acción sísmica en la dirección ortogonal, con el fin de representar los efectos combinados del sismo en ambas direcciones principales. Esta condición fue aplicada tanto para los estados límite últimos como para la revisión de desplazamientos y derivas.

Las mismas hipótesis y combinaciones de carga fueron utilizadas en los modelos de pórticos en concreto reforzado, pórticos metálicos y sistema combinado, con el fin de garantizar una comparación homogénea entre alternativas. De esta manera, las diferencias obtenidas en la respuesta estructural se atribuyen principalmente al sistema resistente propuesto y no a variaciones en las condiciones de carga.

Tabla 4 Símbolos hipótesis de carga

Símbolo	Hipótesis considerada
PP	Peso propio
CM	Cargas muertas
Qa	Carga viva
SX	Sismo X
SY	Sismo Y
V(+X exc.+)	Viento +X con excentricidad positiva
V(+X exc.-)	Viento +X con excentricidad negativa
V(-X exc.+)	Viento -X con excentricidad positiva

Comb.	PP	CM	Qa	V(+X exc.+)	V(+X exc.-)	V(-X exc.+)	V(-X exc.-)	V(+Y exc.+)	V(+Y exc.-)	V(-Y exc.+)	V(-Y exc.-)	SX	SY
39	0.900	0.900											-1.000
40	0.900	0.900											1.000

Las combinaciones de carga fueron generadas automáticamente por CYPECAD y aplicadas de forma equivalente a todos los modelos estructurales analizados. Por esta razón, los resultados obtenidos permiten comparar de manera objetiva el comportamiento de cada alternativa de reforzamiento frente a las mismas condiciones de carga gravitacional, sísmica y de viento

6.5. Definición de modelos estructurales

Para evaluar comparativamente las alternativas de reforzamiento estructural, se desarrollaron tres modelos computacionales en el software CYPECAD. Cada modelo conserva la misma geometría general de la vivienda, la misma altura de entrepiso, las mismas condiciones de carga gravitacional y los mismos parámetros sísmicos, con el fin de garantizar que las diferencias obtenidas en los resultados correspondan principalmente al sistema estructural adoptado.

Los modelos fueron definidos considerando una edificación proyectada a cuatro niveles, con altura total de 11.20 m y uso residencial. Las alternativas evaluadas corresponden a: pórticos en concreto reforzado, pórticos metálicos y un sistema combinado de pórticos en concreto reforzado con muros estructurales. En todos los casos, el análisis se realizó mediante análisis modal espectral conforme a la NSR-10.

Para cada alternativa de reforzamiento se definieron los elementos estructurales principales, los materiales, las secciones adoptadas y el coeficiente de disipación de energía empleado en el análisis sísmico. Esta información permite identificar las características básicas de cada modelo y garantiza trazabilidad entre la modelación computacional y los resultados obtenidos.

Las secciones de vigas, columnas, elementos metálicos y muros estructurales fueron definidas en CYPECAD con base en criterios preliminares de rigidez, resistencia y compatibilidad con la geometría arquitectónica de la vivienda. El objetivo de esta etapa no es presentar el diseño

detallado de cada elemento, sino establecer modelos comparables que permitan evaluar el comportamiento global de las alternativas frente a las acciones gravitacionales y sísmicas.

Los reportes completos generados por CYPECAD para cada alternativa estructural se presentan en los anexos correspondientes. En el cuerpo del documento se muestran únicamente los resultados resumidos y comparativos necesarios para el análisis, mientras que los listados completos de parámetros, acción sísmica, distorsiones y esfuerzos en arranques se incluyen como soporte técnico del proceso de modelación.

6.5.1. Modelo 1: Pórticos de concreto reforzado

El primer modelo corresponde a una alternativa de reforzamiento mediante pórticos de concreto reforzado. Este sistema está conformado por columnas y vigas de concreto armado, dispuestas de manera que permitan resistir las cargas gravitacionales de los nuevos niveles y aportar rigidez lateral frente a la acción sísmica.

La modelación se realizó considerando una estructura aporticada con elementos verticales continuos desde la cimentación hasta la cubierta. Las columnas y vigas fueron definidas en concreto reforzado, manteniendo una distribución regular en planta con el propósito de mejorar la transmisión de cargas hacia la cimentación y reducir concentraciones de esfuerzos.

Esta alternativa busca proporcionar mayor rigidez lateral a la vivienda ampliada, mejorar la estabilidad global de la edificación y permitir una redistribución adecuada de las cargas verticales y sísmicas. No obstante, debido al mayor peso propio del concreto, se espera que este modelo presente una mayor masa sísmica y, en consecuencia, mayores demandas de cortante basal en comparación con la alternativa metálica.

Tabla 6 Parámetros modelo pórticos en concreto reforzado

Parámetro	Descripción
Sistema estructural	Pórticos de concreto reforzado
Coefficiente de disipación usado, R	6.30
Material principal	Concreto reforzado
Resistencia del concreto	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo	Grado 60, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Columnas	35 x 35 cm
Vigas principales	30 x 35 cm
Sistema de entrepiso	Losa de viguetas in situ
Altura entrepiso	2.80 m

Altura total	11.20 m
Método de análisis	Análisis dinámico modal espectral
Norma	NSR-10

Fuente: elaboración propia.

Los reportes completos del modelo con pórticos en concreto reforzado se presentan en el **Anexo C**.

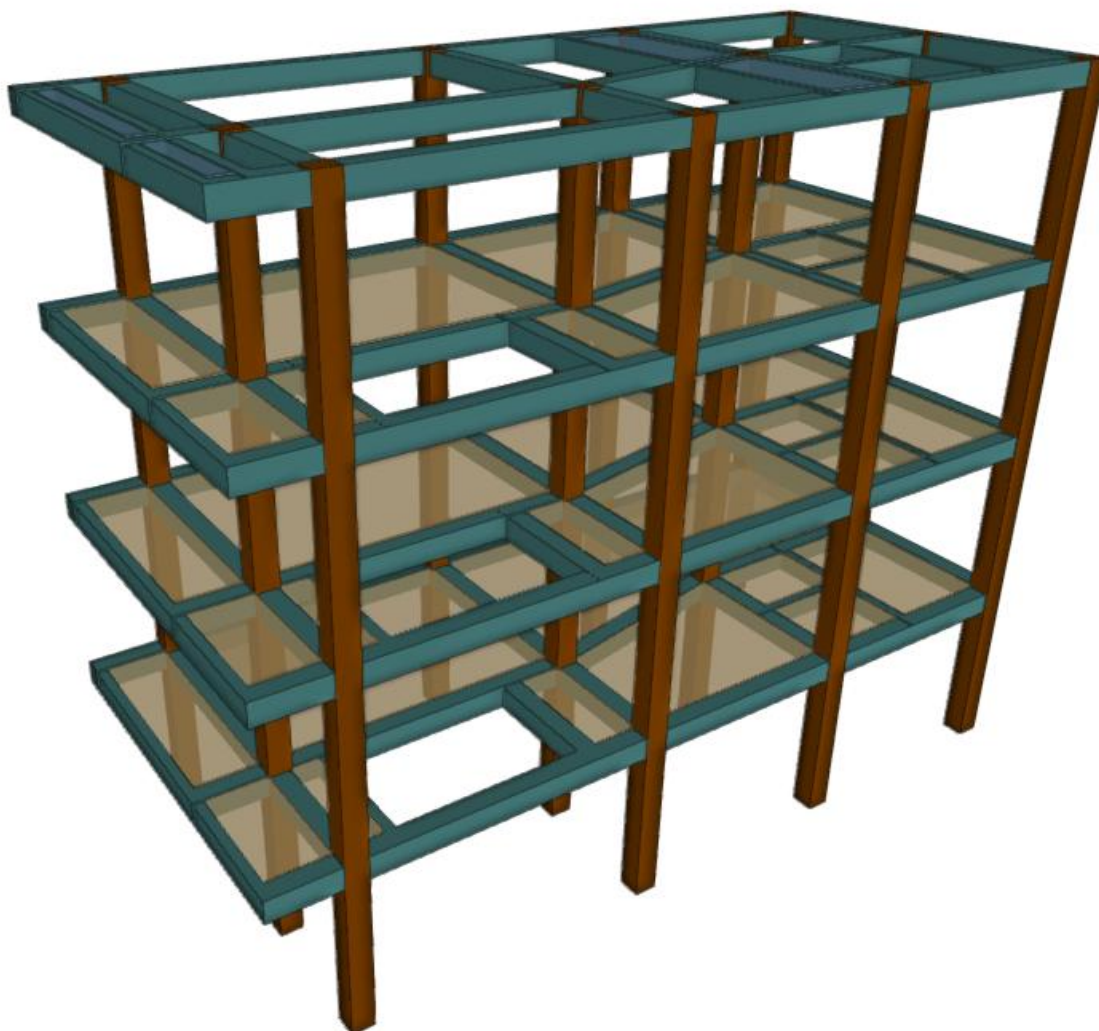


Ilustración 2 Modelo estructural con pórticos de concreto reforzado en CYPECAD.

Fuente: elaboración propia en CYPECAD

6.5.2. Modelo 2: Pórticos metálicos

El segundo modelo corresponde a una alternativa de reforzamiento mediante pórticos metálicos. Este sistema utiliza elementos de acero estructural para conformar la estructura resistente de la ampliación vertical, permitiendo reducir el peso propio en comparación con el sistema de concreto reforzado.

La modelación del sistema metálico se desarrolló con elementos tipo barra, representando columnas, vigas y elementos de arriostramiento. La presencia de diagonales permite aumentar la rigidez lateral de la estructura y mejorar la respuesta frente a cargas horizontales, especialmente en la dirección donde se disponen dichos elementos.

Esta alternativa se considera relevante para edificaciones existentes debido a que el menor peso propio del acero puede disminuir la masa sísmica total y reducir las cargas transmitidas a la cimentación. Sin embargo, su desempeño debe verificarse mediante el control de desplazamientos laterales, derivas de entrepiso y estabilidad global.

Tabla 7 Parámetros modelo pórticos en pórticos metálicos

Parámetro	Descripción
Sistema estructural	Pórticos metálicos
Coefficiente de disipación usado, R	6.30
Material principal	Acero estructural
Tipo de acero	ASTM A36/A-36
Límite elástico	$f_y = 2548 \text{ kg/cm}^2$
Columnas metálicas	HEB 300
Vigas metálicas	IPE 240
Arriostramientos	IPE 100
Sistema de entrepiso	Losa sobre estructura metálica
Altura entrepiso	2.80 m
Altura total	11.20 m
Método de análisis	Análisis dinámico modal espectral
Norma	NSR-10/AISC según CYPECAD

Fuente: elaboración propia.

Los reportes completos del modelo con pórticos metálicos se presentan en el **Anexo D**.

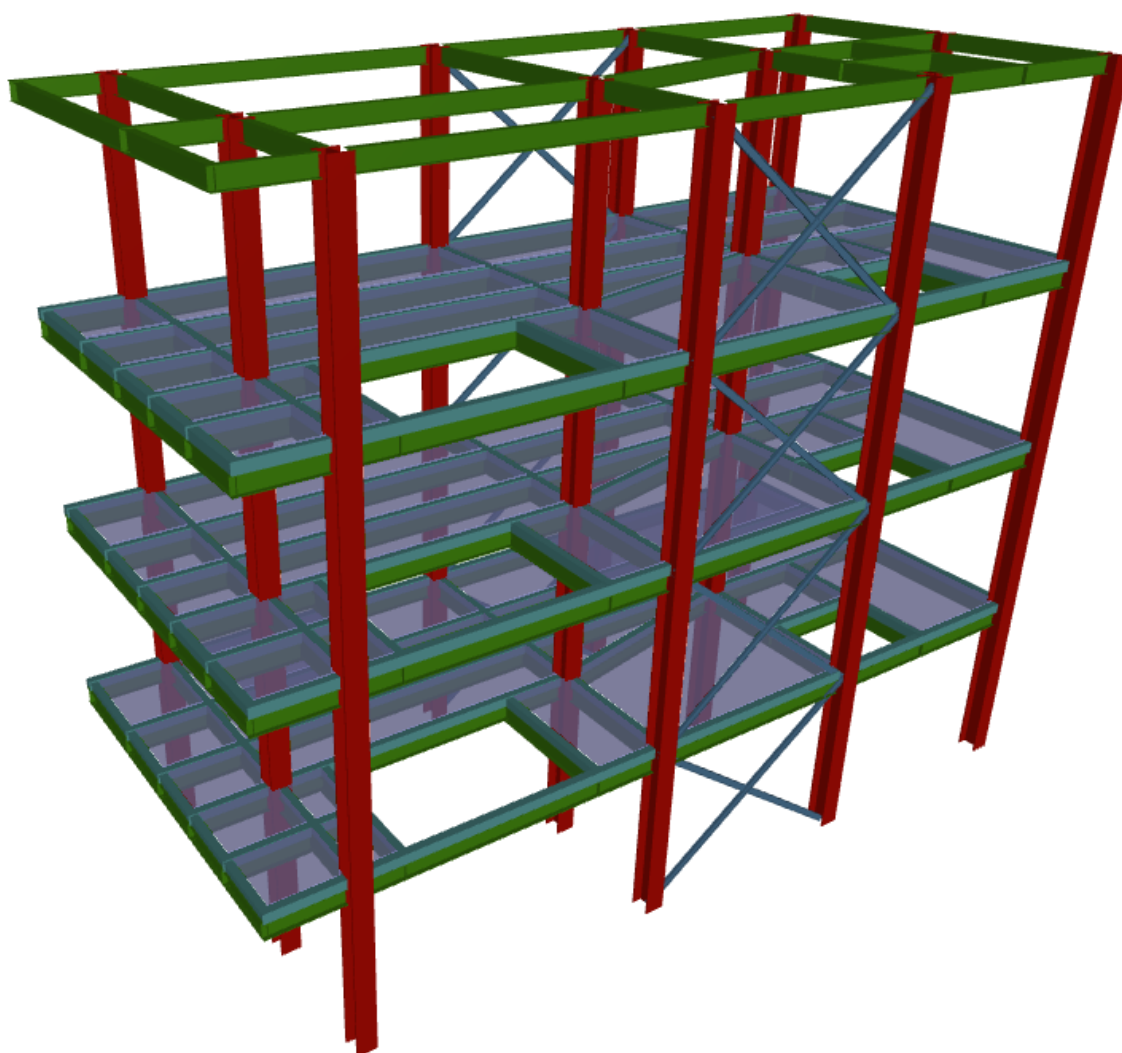


Ilustración 3 Modelo estructural con pórticos metálicos en CYPECAD.

Fuente: elaboración propia en CYPECAD

6.5.3. Modelo 3: Pórticos en concreto con muros estructurales

El tercer modelo corresponde a un sistema combinado de pórticos en concreto reforzado con muros estructurales. Esta alternativa integra la capacidad resistente de los pórticos con la rigidez lateral aportada por muros estructurales, buscando mejorar el control de desplazamientos y derivas frente a la acción sísmica.

Los muros estructurales se incorporaron en zonas estratégicas de la edificación, procurando no alterar significativamente la distribución arquitectónica y evitando generar efectos torsionales excesivos. Su ubicación busco favorecer la simetría estructural y la adecuada transmisión de cargas hacia la cimentación.

Esta alternativa se plantea como una solución de mayor rigidez lateral respecto a los sistemas aporticados convencionales, por lo que se espera que presente menores desplazamientos laterales y mejor control de derivas. No obstante, también puede implicar mayor complejidad constructiva, mayor peso propio y mayores exigencias sobre la cimentación existente.

Tabla 8 Parámetros modelo pórticos en concreto con muros estructurales

Parámetro	Descripción
Sistema estructural	Pórticos de concreto reforzado con muros estructurales
Coeficiente de disipación usado, R	7.00
Material principal	Concreto reforzado
Resistencia del concreto	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo	Grado 60, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Columnas	35x35 cm
Vigas principales	20x35 cm
Muros estructurales	20cm ubicados en los ejes longitudinales, con una longitud de 50cm
Sistema de entrepiso	Losa de viguetas in situ
Altura entrepiso	2.80 m
Altura total	11.20 m
Método de análisis	Análisis dinámico modal espectral
Norma	NSR-10

Fuente: elaboración propia.

Los reportes completos del sistema combinado se presentan en el **Anexo E**.

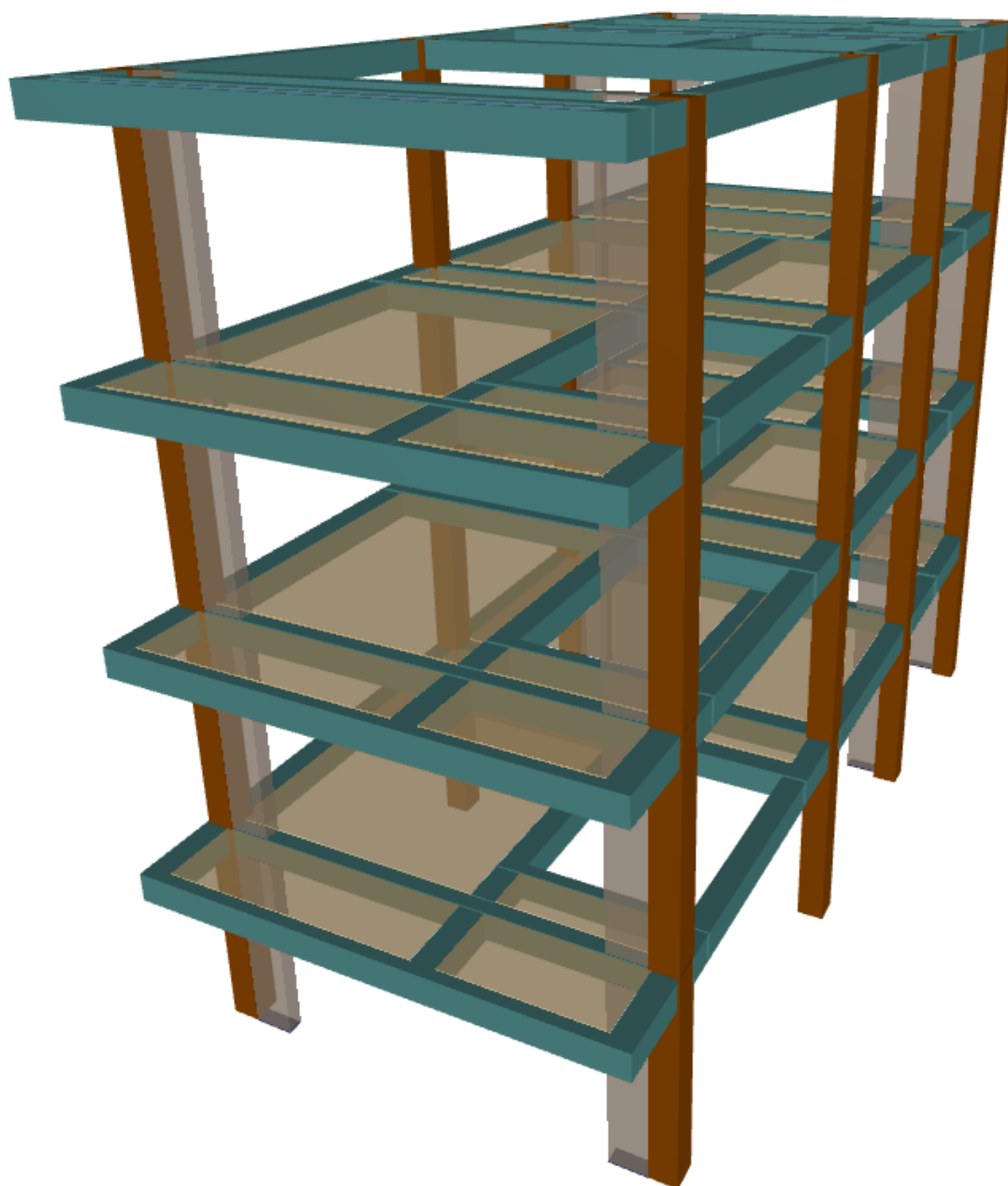


Ilustración 4 Modelo estructural combinado con muros estructurales en CYPECAD

Fuente: elaboración propia en CYPECAD

7. Análisis y resultados

7.1. Resultados sísmicos generales de los modelos

En esta sección se presentan los resultados sísmicos generales obtenidos para las tres alternativas estructurales evaluadas: pórticos en concreto reforzado, pórticos metálicos y sistema combinado de pórticos en concreto reforzado con muros estructurales. Los resultados fueron obtenidos a partir del análisis dinámico espectral realizado en CYPECAD, considerando los mismos parámetros de amenaza sísmica, cargas gravitacionales y combinaciones de carga para todos los modelos.

La **Tabla 9** resume los principales resultados globales de cada modelo, incluyendo peso sísmico, periodos de vibración, participación modal, cortante basal y factores de corrección por cortante mínimo

Tabla 9 *Tabla comparativa de resultados sísmicos*

Parámetro	Pórticos en concreto	Pórticos metálicos	Sistema combinado
R de diseño	6.30	6.30	7.00
Condición geométrica	Irregular	Irregular	Regular
Peso sísmico total, W	240.55 t	198.76 t	230.89 t
Periodo principal en X	0.430 s	0.460 s	0.422 s
Periodo principal en Y	0.452 s	0.339–0.327 s	0.499 s
Participación modal acumulada X	92.33 %	94.64 %	91.82 %
Participación modal acumulada Y	94.20 %	96.68 %	98.68 %
Cortante dinámico X	23.16 t	20.76 t	18.76 t
Cortante dinámico Y	26.22 t	21.73 t	22.56 t
Cortante basal estático X	31.02 t	25.63 t	26.80 t
Cortante basal estático Y	31.02 t	25.63 t	26.80 t
Factor de corrección X	1.21	1.11	1.14
Factor de corrección Y	1.06	1.06	No procede

Fuente: elaboración propia a partir de resultados obtenidos en CYPECAD.

Los valores presentados en las tablas comparativas fueron extraídos de los reportes generados por CYPECAD para cada modelo estructural. Los informes completos de justificación sísmica, distorsiones de entrepiso y esfuerzos en arranques se incluyen en los anexos del documento.

El modelo con pórticos metálicos presenta el menor peso sísmico total, con 198.76 t, lo cual representa una reducción aproximada del 17.4 % respecto al modelo de pórticos en concreto reforzado. Esta disminución se asocia al menor peso propio de los elementos metálicos y se refleja en una reducción del cortante basal estático, que pasa de 31.02 t en el modelo de concreto a 25.63 t en el modelo metálico.

El sistema combinado presenta un peso sísmico intermedio de 230.89 t. Aunque es más pesado que el modelo metálico, resulta más liviano que el modelo de concreto reforzado. Además, este modelo fue clasificado por el programa como regular en altura y planta, lo que permitió adoptar un coeficiente de disipación de energía de diseño $R = 7.00$, superior al valor $R = 6.30$ empleado en los modelos de concreto y metálico, los cuales fueron clasificados como irregulares.

En términos de cortante dinámico, el sistema combinado presenta el menor valor en dirección X, con 18.76 t, seguido del sistema metálico con 20.76 t y del sistema de concreto con 23.16 t. En dirección Y, el menor valor corresponde al sistema metálico, con 21.73 t, seguido del sistema combinado con 22.56 t y del sistema de concreto con 26.22 t. Estos resultados muestran que tanto el sistema metálico como el sistema combinado reducen la demanda sísmica respecto al sistema de pórticos en concreto reforzado.

Un aspecto relevante del modelo combinado es que la incorporación de muros estructurales modificó la clasificación geométrica del sistema, pasando de una condición irregular en los modelos de pórticos a una condición regular. Esto redujo la penalización sobre el coeficiente de disipación de energía y permitió emplear un R de diseño igual a 7.00. Este resultado sugiere que la ubicación de los muros laterales mejoró la configuración estructural global del modelo.

7.2. Comparación del peso sísmico

El peso sísmico total es uno de los primeros parámetros que se debe revisar, porque influye directamente en la demanda sísmica que recibe la estructura. En los resultados obtenidos se observa que el modelo de pórticos en concreto reforzado presentó el mayor peso sísmico, con un valor de 240.55 t. El modelo metálico fue el más liviano, con 198.76 t, mientras que el sistema combinado presentó un valor intermedio de 230.89 t.

Esta diferencia era esperable, principalmente por el tipo de material empleado en cada alternativa. En el caso del modelo metálico, el uso de perfiles de acero permite reducir el peso

propio de la estructura frente al sistema de concreto reforzado. La reducción del peso sísmico del modelo metálico respecto al modelo de concreto es de aproximadamente 17.4 %, lo cual representa una ventaja importante desde el punto de vista de la demanda sísmica.

El sistema combinado, aunque incluye muros estructurales, presentó un peso menor que el modelo de pórticos en concreto. Esto se debe a que las secciones de vigas empleadas en el modelo combinado fueron menores y a que los muros incorporados tienen dimensiones reducidas. Sin embargo, su peso sigue siendo superior al del modelo metálico, lo cual es coherente con la presencia de elementos adicionales de concreto.

Tabla 10 Comparación peso sísmico

Modelo	Peso sísmico total	Variación respecto al modelo de concreto
Pórticos en concreto reforzado	240.55 t	Referencia
Pórticos metálicos	198.76 t	-17.4 %
Sistema combinado	230.89 t	-4.0 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos en CYPECAD.

7.3. Comparación de periodos de vibración

Los periodos de vibración permiten tener una idea general de la rigidez de cada sistema estructural. En términos simples, una estructura con menor periodo tiende a ser más rígida, mientras que una estructura con mayor periodo suele presentar mayor flexibilidad lateral. Estos valores fueron obtenidos a partir del análisis dinámico modal espectral realizado en CYPECAD conforme a la NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

En dirección X, el modelo metálico presentó el mayor periodo, con 0.460 s. Esto indica que, en esa dirección, fue el sistema más flexible de los tres. El modelo de concreto presentó un periodo de 0.430 s, mientras que el sistema combinado tuvo un periodo de 0.422 s, siendo el más rígido en esta dirección.

En dirección Y, el comportamiento cambia. El sistema combinado presentó el mayor periodo, con 0.499 s, seguido del modelo de concreto con 0.452 s. En el caso del modelo metálico, los periodos principales asociados a la dirección Y fueron menores, entre 0.339 s y 0.327 s. Esto puede estar relacionado con la disposición de los arriostramientos metálicos, los cuales aumentan la rigidez lateral en esa dirección.

Estos resultados muestran que la rigidez de cada alternativa no depende únicamente del material, sino también de la forma como se distribuyen los elementos resistentes en planta y altura. Por esta razón, aunque el acero es un material liviano, el modelo metálico puede presentar buena rigidez en la dirección donde se ubican los arriostramientos.

Tabla 11 Comparación de periodos de vibración

Modelo	Periodo principal en X	Periodo principal en Y
Pórticos en concreto reforzado	0.430 s	0.452 s
Pórticos metálicos	0.460 s	0.339–0.327 s
Sistema combinado	0.422 s	0.499 s

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos en CYPECAD.

7.4. Comparación del cortante basal

El cortante basal representa la fuerza lateral global que debe resistir la estructura ante la acción sísmica. Este parámetro está relacionado principalmente con el peso sísmico, el periodo de vibración y el espectro de diseño empleado. La revisión del cortante basal se realizó con base en el análisis dinámico espectral y el control de cortante mínimo establecidos por la NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

En cuanto al cortante basal estático, el modelo de pórticos en concreto reforzado presentó los valores más altos, con 31.02 t tanto en X como en Y. Esto se relaciona directamente con el hecho de que fue el modelo con mayor peso sísmico total. El modelo metálico presentó los menores valores, con 25.63 t, mientras que el sistema combinado registró 26.80 t.

En los resultados dinámicos también se observa una reducción de la demanda sísmica en los modelos metálico y combinado respecto al modelo de concreto. En dirección X, el menor cortante dinámico lo presentó el sistema combinado, con 18.76 t. En dirección Y, el menor valor correspondió al modelo metálico, con 21.73 t.

Esto indica que las alternativas metálica y combinada logran reducir la demanda sísmica global, aunque por razones distintas. En el modelo metálico, la reducción se debe principalmente al menor peso propio. En el sistema combinado, además de la masa, influye la modificación de la configuración estructural por la incorporación de muros.

Tabla 12 Comparación del cortante basal

Modelo	Cortante dinámico X	Cortante dinámico Y	Cortante basal estático X	Cortante basal estático Y
Pórticos en concreto reforzado	23.16 t	26.22 t	31.02 t	31.02 t
Pórticos metálicos	20.76 t	21.73 t	25.63 t	25.63 t
Sistema combinado	18.76 t	22.56 t	26.80 t	26.80 t

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos en CYPECAD.

7.5. Comparación participación modal

La participación modal acumulada permite verificar si el número de modos considerado en el análisis es suficiente para representar adecuadamente la respuesta dinámica de la estructura. En este caso, los tres modelos presentan participaciones superiores al 90 % en las direcciones X y Y, lo cual indica que el análisis modal desarrollado en CYPECAD es representativo de la respuesta global de cada sistema estructural.

El modelo de pórticos en concreto reforzado alcanzó una participación acumulada de 92.33 % en X y 94.20 % en Y. El modelo metálico presentó valores de 94.64 % en X y 96.68 % en Y. Por su parte, el sistema combinado alcanzó 91.82 % en X y 98.68 % en Y.

Con estos resultados se puede considerar que los tres modelos cumplen adecuadamente con la participación modal requerida para el análisis dinámico espectral. Esto permite comparar los resultados obtenidos con mayor confianza, ya que la masa dinámica de la estructura está siendo capturada de forma suficiente en ambas direcciones principales.

Tabla 13 Comparación participación modal

Modelo	Participación modal acumulada X	Participación modal acumulada Y
Pórticos en concreto reforzado	92.33 %	94.20 %
Pórticos metálicos	94.64 %	96.68 %
Sistema combinado	91.82 %	98.68 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos en CYPECAD.

7.6. Comparación corrección por cortante basal mínimo

La corrección por cortante basal mínimo se aplica cuando el cortante dinámico obtenido mediante el análisis modal espectral es menor que el valor mínimo exigido por la norma. Este ajuste busca que la respuesta dinámica no quede por debajo de una demanda sísmica mínima de

diseño. En este trabajo, dicha verificación fue realizada automáticamente por CYPECAD conforme a los criterios de la NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

En dirección X, los tres modelos requirieron corrección. El modelo de pórticos en concreto reforzado presentó el mayor factor de modificación, con 1.21. El modelo metálico tuvo un factor de 1.11, mientras que el sistema combinado presentó un valor de 1.14. Esto indica que, en dirección X, el modelo de concreto fue el que más necesitó amplificación de la respuesta dinámica.

En dirección Y, los modelos de concreto y metálico presentaron un factor de corrección de 1.06. En el caso del sistema combinado, CYPECAD indicó que la corrección no procede, debido a que el cortante dinámico en esa dirección cumplió con el valor mínimo requerido.

Este comportamiento es importante porque muestra que el sistema combinado tuvo una respuesta más favorable en dirección Y respecto al control de cortante basal mínimo. Sin embargo, en dirección X todavía fue necesario aplicar una amplificación, por lo que no se puede concluir únicamente con este parámetro cuál alternativa tiene mejor desempeño global.

Tabla 14 Comparación corrección por cortante basal mínimo

Modelo	Factor de corrección X	Factor de corrección Y
Pórticos en concreto reforzado	1.21	1.06
Pórticos metálicos	1.11	1.06
Sistema combinado	1.14	No procede

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos en CYPECAD.

7.7. Efecto de la regularidad estructural

Un resultado importante del análisis es la diferencia en la clasificación geométrica de los modelos. Los sistemas de pórticos en concreto reforzado y pórticos metálicos fueron clasificados como irregulares, mientras que el sistema combinado fue clasificado como regular.

Esta diferencia tuvo efecto directo sobre el coeficiente de disipación de energía utilizado en el análisis. En los modelos de concreto y metálico se empleó un valor de $R = 6.30$, debido a la penalización por irregularidad. En cambio, en el sistema combinado se utilizó $R = 7.00$, ya que la incorporación de muros estructurales mejoró la configuración global del modelo.

Este resultado sugiere que los muros laterales no solo aportaron rigidez, sino que también ayudaron a mejorar la regularidad estructural del sistema. Para este caso específico, la ubicación

de los muros permitió una mejor distribución de rigidez y redujo la penalización normativa asociada a la irregularidad.

Aun así, este resultado debe analizarse junto con otros parámetros, especialmente derivas, desplazamientos y reacciones en cimentación. Una estructura puede mejorar su regularidad y reducir ciertas demandas sísmicas, pero también puede aumentar las cargas en zonas específicas de la cimentación o generar mayores exigencias constructivas.

Tabla 15 Efecto de la regularidad estructural

Modelo	Condición geométrica	R de diseño
Pórticos en concreto reforzado	Irregular	6.30
Pórticos metálicos	Irregular	6.30
Sistema combinado	Regular	7.00

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos en CYPECAD.

7.8. Comparación de derivas de entrepiso

Las distorsiones de piso obtenidas en CYPECAD fueron convertidas a porcentaje para facilitar su comparación entre modelos. La distorsión relativa entregada por el programa se expresa en la forma h/N , donde h corresponde a la altura del nivel y N al valor de relación de deriva. Por lo tanto, la deriva porcentual se calculó como $1/N \times 100$.

Para este análisis se tomaron los valores correspondientes a situaciones sísmicas, debido a que estos representan la respuesta lateral de mayor interés para la comparación estructural de las alternativas de reforzamiento. Los desplazamientos reportados por CYPECAD se encuentran mayorados por ductilidad, según la nota incluida en los reportes de distorsiones.

Tabla 16 Derivas máximas por planta — pórticos en concreto reforzado

Planta	Deriva X reportada	Deriva X (%)	Deriva Y reportada	Deriva Y (%)
Cubierta	h/185	0.541 %	h/257	0.389 %
Piso 3	h/133	0.752 %	h/175	0.571 %
Piso 2	h/103	0.971 %	h/134	0.746 %
Piso 1	h/121	0.826 %	h/166	0.602 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos en CYPECAD.

Tabla 17 Derivas máximas por planta — pórticos metálicos

Planta	Deriva X reportada	Deriva X (%)	Deriva Y reportada	Deriva Y (%)
Cubierta	h/244	0.410 %	h/928	0.108 %
Piso 4	h/125	0.800 %	h/425	0.235 %
Piso 3	h/97	1.031 %	h/315	0.317 %
Piso 2	h/135	0.741 %	h/408	0.245 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos en CYPECAD.

Tabla 18 Derivas máximas por planta — sistema combinado

Planta	Deriva X reportada	Deriva X (%)	Deriva Y reportada	Deriva Y (%)
Cubierta	h/119	0.840 %	h/246	0.407 %
Piso 4	h/114	0.877 %	h/154	0.649 %
Piso 3	h/129	0.775 %	h/121	0.826 %
Piso 2	h/246	0.407 %	h/159	0.629 %

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos en CYPECAD.

Al comparar las derivas máximas en dirección X, se observa que el modelo metálico presentó el mayor valor, con 1.031 %, localizado en el Piso 3. Esto indica que, aunque este sistema fue el más liviano y presentó menor cortante basal, también mostró una mayor flexibilidad lateral en esta dirección.

Al tomar como referencia el límite de deriva del 1.0 % establecido por la NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010), para el control de desplazamientos laterales, se observa que el modelo metálico presenta una deriva máxima en dirección X de aproximadamente 1.031 %, correspondiente a una relación h/97. Este valor se encuentra ligeramente por encima del límite de referencia, por lo que puede considerarse como una condición crítica del modelo metálico en dicha dirección. En cambio, el modelo de pórticos en concreto y el sistema combinado presentan derivas máximas menores al 1.0 %, con valores de 0.971 % y 0.877 %, respectivamente.

Aunque la diferencia respecto al límite es pequeña, este resultado indica que el sistema metálico requiere un ajuste de rigidez en dirección X, ya sea mediante modificación de perfiles, incorporación de arriostramientos adicionales o redistribución de elementos resistentes.

El modelo de pórticos en concreto reforzado presentó una deriva máxima en X de 0.971 %, ubicada en el Piso 2. Este valor es ligeramente menor que el del sistema metálico, pero sigue

siendo cercano al 1.0 %. Por su parte, el sistema combinado presentó la menor deriva máxima en X, con 0.877 %, localizada en el Piso 4. Esto muestra que la incorporación de muros laterales ayudó a controlar mejor los desplazamientos relativos en esta dirección.

En dirección Y, el comportamiento fue diferente. El modelo metálico presentó la menor deriva, con 0.317 %, lo cual indica un buen control lateral en esta dirección, probablemente asociado a la disposición de los elementos metálicos y arriostramientos. El modelo de concreto alcanzó una deriva máxima de 0.746 %, mientras que el sistema combinado presentó 0.826 %, siendo el mayor valor en esta dirección.

Estos resultados muestran que no existe una única alternativa que sea la mejor en todas las direcciones. El sistema combinado controla mejor la deriva en X, mientras que el sistema metálico presenta el mejor comportamiento en Y. Sin embargo, el sistema combinado mantiene valores menores al 1.0 % en ambas direcciones, lo cual lo convierte en una alternativa equilibrada desde el punto de vista del control de derivas.

Tabla 19 Resumen de derivas máximas

Modelo	Deriva máxima X	Condición frente al 1.0 %	Deriva máxima Y	Condición frente al 1.0 %
Pórticos en concreto reforzado	0.971 %	Cumple, cercano al límite	0.746 %	Cumple
Pórticos metálicos	1.031 %	Supera ligeramente el límite	0.317 %	Cumple
Sistema combinado	0.877 %	Cumple	0.826 %	Cumple

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos en CYPECAD.

En términos de control de derivas, el sistema combinado presentó el comportamiento más equilibrado, ya que sus valores máximos se mantuvieron por debajo del límite de referencia del 1.0 % en ambas direcciones. El modelo de pórticos en concreto reforzado también se mantuvo por debajo de este límite, aunque en dirección X alcanzó un valor cercano, con 0.971 %.

El modelo metálico presentó el mejor comportamiento en dirección Y, con una deriva máxima de 0.317 %. Sin embargo, en dirección X alcanzó una deriva máxima de 1.031 %, correspondiente a una relación $h/97$, lo cual supera ligeramente el límite de referencia. Por esta razón, aunque el sistema metálico reduce el peso sísmico y el cortante basal, requiere una revisión adicional de rigidez lateral en dirección X.

7.9. Síntesis del desempeño sísmico de los modelos

Con el fin de integrar los resultados obtenidos en los análisis anteriores, se presenta una síntesis comparativa del desempeño sísmico de las tres alternativas estructurales evaluadas. Esta tabla permite identificar, para cada criterio analizado, cuál modelo presentó el comportamiento más favorable y cuál fue la razón principal de dicho resultado.

La comparación no busca seleccionar una alternativa únicamente por un parámetro aislado, sino observar el comportamiento global de cada sistema frente a aspectos como peso sísmico, cortante basal, regularidad estructural y control de derivas. De esta manera, se obtiene una visión general del desempeño de los modelos antes de incorporar otros criterios de decisión, como reacciones en cimentación, cantidades de obra, costo y facilidad constructiva.

Tabla 20 Resumen comportamiento más favorable observado para cada criterio evaluado

Criterio evaluado	Mejor comportamiento	Comentario
Menor peso sísmico	Pórticos metálicos	Presenta el menor peso total, con 198.76 t
Menor cortante basal estático	Pórticos metálicos	Asociado a su menor masa sísmica
Menor cortante dinámico en X	Sistema combinado	Presenta 18.76 t
Menor cortante dinámico en Y	Pórticos metálicos	Presenta 21.73 t
Mayor regularidad estructural	Sistema combinado	Fue clasificado como regular
Mejor control de deriva en X	Sistema combinado	Deriva máxima de 0.877 %
Mejor control de deriva en Y	Pórticos metálicos	Deriva máxima de 0.317 %
Cumplimiento de deriva en ambas direcciones	Sistema combinado	Se mantiene por debajo del 1.0 % en X y Y
Modelo más crítico por derivas	Pórticos metálicos	Supera ligeramente el 1.0 % en X

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos en CYPECAD.

A partir de los resultados comparados, se observa que ningún sistema presenta el mejor comportamiento en todos los parámetros evaluados. El modelo metálico tiene una ventaja clara en cuanto a reducción de peso sísmico y disminución del cortante basal, lo cual era esperado por el uso de elementos de acero. Sin embargo, en dirección X presentó la mayor deriva, superando ligeramente el límite de referencia del 1.0 %.

El modelo de pórticos en concreto reforzado mostró un comportamiento intermedio en términos de derivas, pero fue el sistema con mayor peso sísmico y mayores cortantes basales. Esto

indica que, aunque es una alternativa convencional y rígida, genera mayores demandas sobre la estructura y posiblemente sobre la cimentación.

El sistema combinado no fue el más liviano, pero presentó un comportamiento más balanceado. Su principal ventaja fue mantener las derivas por debajo del 1.0 % en ambas direcciones y mejorar la condición geométrica del modelo, pasando a una clasificación regular. Por esta razón, hasta esta etapa del análisis, el sistema combinado se perfila como la alternativa con mejor equilibrio entre rigidez, regularidad y control de derivas.

7.10. Comparación de esfuerzos en cimentación

Además de revisar la respuesta sísmica global de los modelos, se compararon los esfuerzos transmitidos a la cimentación a partir de los reportes de arranques generados por CYPECAD. Esta revisión es importante debido a que el caso de estudio corresponde a una vivienda existente proyectada para ampliación vertical, por lo que no solo interesa reducir derivas o cortantes, sino también controlar las demandas que llegan a los apoyos.

Los reportes de CYPECAD presentan los esfuerzos en los desplantes de columnas, pantallas y muros para diferentes hipótesis de carga, incluyendo peso propio, cargas muertas, carga viva, viento y sismo. Para esta comparación se revisaron principalmente la carga axial máxima gravitacional, las variaciones axiales asociadas a la acción sísmica, los momentos y los cortantes máximos registrados en los arranques.

Es importante aclarar que estos valores corresponden a esfuerzos por hipótesis de carga y se utilizan como referencia comparativa entre alternativas. El diseño definitivo de la cimentación requiere revisar las combinaciones de carga completas y la capacidad portante real del suelo.

Tabla 21 Comparación de esfuerzos máximos en arranques

Parámetro	Pórticos en concreto	Pórticos metálicos	Sistema combinado
Carga vertical gravitacional máxima	39.48 t	35.40 t	38.25 t
Soporte crítico por carga gravitacional	C5	C8	C7
Máxima variación axial sísmica	18.38 t	17.09 t	45.94 t

Soporte crítico por acción sísmica	C12	C9	C10
Momento sísmico máximo Mx	6.33 t·m	6.15 t·m	5.11 t·m
Momento sísmico máximo My	4.37 t·m	0.86 t·m	4.00 t·m
Cortante sísmico máximo Qx	4.56 t	2.93 t	3.81 t
Cortante sísmico máximo Qy	2.95 t	4.01 t	2.64 t

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos en CYPECAD.

En términos de carga vertical gravitacional, el modelo de pórticos en concreto reforzado presentó la mayor demanda en arranque, con 39.48 t, seguido del sistema combinado con 38.25 t y del modelo metálico con 35.40 t. Este resultado es coherente con el peso sísmico total de cada alternativa, ya que el sistema metálico fue el más liviano y, por tanto, transmite menores cargas verticales a la cimentación.

Sin embargo, al revisar las variaciones axiales asociadas a la acción sísmica, el sistema combinado presenta el mayor valor, con aproximadamente 45.94 t en el soporte C10. Esto indica que, aunque el sistema combinado mostró buen comportamiento en derivas y regularidad, la incorporación de muros y elementos más rígidos puede concentrar mayores esfuerzos axiales en algunos apoyos específicos.

En el caso del modelo de pórticos en concreto reforzado, la máxima variación axial sísmica fue de 18.38 t, mientras que en el modelo metálico fue de 17.09 t. Estos valores son menores que los observados en el sistema combinado, lo que sugiere una distribución más moderada de las acciones axiales sísmicas en los sistemas aporticados.

Respecto a los momentos sísmicos, el modelo de concreto presentó el mayor momento en dirección Mx, con 6.33 t·m, muy cercano al valor del modelo metálico, que fue de 6.15 t·m. El sistema combinado presentó un valor menor en Mx, de 5.11 t·m. Para My, el modelo de concreto y el sistema combinado tuvieron valores similares, mientras que el modelo metálico presentó una demanda menor.

En cuanto a los cortantes en arranques, el modelo de concreto presentó el mayor Qx, con 4.56 t, mientras que el modelo metálico presentó el mayor Qy, con 4.01 t. El sistema combinado tuvo valores intermedios o menores en cortante, aunque su mayor exigencia aparece en la carga axial sísmica concentrada.

Con base en estos resultados, el sistema metálico sigue siendo favorable desde el punto de vista de cargas verticales sobre la cimentación. El sistema combinado, aunque presentó buen control de derivas y mejor regularidad, requiere una revisión más cuidadosa de la cimentación debido a la concentración de esfuerzos axiales en algunos apoyos. Por su parte, el sistema de pórticos en concreto presenta mayores cargas gravitacionales y momentos relevantes, lo que puede aumentar las exigencias sobre la cimentación existente.

Para el caso estudiado, la comparación de esfuerzos en cimentación muestra que la alternativa metálica genera la menor carga vertical gravitacional, lo cual puede ser ventajoso en una vivienda existente con información limitada de cimentación. No obstante, su desempeño en derivas exige ajustes en dirección X. El sistema combinado ofrece una mejor respuesta global frente a derivas y regularidad, pero concentra mayores esfuerzos axiales sísmicos en ciertos apoyos, por lo que su viabilidad depende de la capacidad real de la cimentación y de posibles refuerzos locales.

7.11. Evaluación técnico-constructiva

La selección de una alternativa de reforzamiento no depende únicamente de los resultados sísmicos obtenidos en el modelo estructural. En una vivienda existente también deben considerarse aspectos constructivos como el peso propio del sistema, la facilidad de ejecución, la disponibilidad de mano de obra, el tiempo de intervención, la compatibilidad con la arquitectura existente y la posible afectación sobre la cimentación.

Por esta razón, se realizó una comparación técnico-constructiva de las tres alternativas. Esta evaluación se desarrolló de manera cualitativa, tomando como base los resultados obtenidos en CYPECAD y los criterios generales reportados en la literatura sobre reforzamiento estructural, ampliaciones verticales y sistemas de concreto, acero y muros estructurales (Acosta, 2014; Gunes et al., 2019; Shala & Bleiziffer, 2024; Al-Nu'man, 2016).

Tabla 22 Evaluación técnico-constructiva

Criterio	Pórticos en concreto reforzado	Pórticos metálicos	Sistema combinado
Peso propio	Alto	Bajo	Medio
Rapidez constructiva	Media	Alta	Media

Facilidad de mano de obra local	Alta	Media	Alta
Intervención sobre vivienda existente	Alta	Media	Alta
Compatibilidad con arquitectura	Media	Alta	Media
Control de derivas	Bueno	Variable	Bueno
Demanda sobre cimentación	Alta	Baja-media	Media-alta
Complejidad constructiva	Media	Media-alta	Alta
Necesidad de equipos especiales	Baja	Media	Media
Costo relativo esperado	Medio-alto	Alto	Alto
Facilidad de modificación en obra	Baja	Media	Baja
Durabilidad y mantenimiento	Alta	Media	Alta

Fuente: elaboración propia con base en los resultados de modelación en CYPECAD y criterios técnico-constructivos reportados en la literatura consultada.

En términos constructivos, el sistema de pórticos en concreto reforzado representa una alternativa convencional y conocida en el contexto local. Su principal ventaja es la disponibilidad de materiales, mano de obra y procedimientos constructivos. Sin embargo, este sistema implica mayor peso propio, mayores tiempos de ejecución y una intervención más invasiva sobre la vivienda existente, debido al vaciado de columnas, vigas, formaletería, acero de refuerzo y tiempos de curado.

El sistema de pórticos metálicos presenta ventajas importantes relacionadas con la rapidez constructiva y el menor peso propio. Esta condición puede ser favorable en ampliaciones verticales, especialmente cuando existe incertidumbre sobre la capacidad real de la cimentación. No obstante, requiere mayor control en fabricación, montaje, conexiones, protección anticorrosiva y disponibilidad de personal especializado. Además, en este estudio presentó una deriva ligeramente superior al límite de referencia en dirección X, por lo que necesitaría ajustes de rigidez antes de considerarse como alternativa definitiva.

El sistema combinado de pórticos en concreto reforzado con muros estructurales presenta un comportamiento sísmico más equilibrado, especialmente por el control de derivas y la mejora en la regularidad estructural. Sin embargo, desde el punto de vista constructivo puede ser la alternativa más compleja, ya que requiere incorporar muros en zonas específicas de una edificación existente, lo cual puede afectar distribución arquitectónica, instalaciones, acabados y cimentación.

En general, la alternativa metálica resulta favorable por peso y rapidez, mientras que el sistema combinado resulta más favorable desde el punto de vista del desempeño sísmico global. El sistema de concreto reforzado se mantiene como una solución tradicional y viable, pero con mayores demandas de peso y mayor intervención sobre la edificación.

7.12. Evaluación económica preliminar

La evaluación económica preliminar se plantea de manera cualitativa, debido a que el objetivo principal de esta etapa es comparar la incidencia relativa de cada sistema de reforzamiento sobre el costo probable de intervención. Para una estimación económica detallada sería necesario contar con cantidades definitivas de obra, análisis de precios unitarios, costos de mano de obra, transporte, equipos y condiciones reales de ejecución.

No obstante, con base en las características de cada sistema estructural, es posible establecer una comparación general de los factores que pueden influir en el costo de cada alternativa.

Tabla 23 Evaluación económica

Criterio económico	Pórticos en concreto reforzado	Pórticos metálicos	Sistema combinado
Costo de materiales	Medio	Alto	Alto
Costo de mano de obra	Medio	Medio-alto	Alto
Tiempo de ejecución	Medio	Bajo	Medio-alto
Necesidad de equipos	Baja	Media	Media
Formaletería	Alta	Baja	Alta
Transporte y montaje	Medio	Alto	Medio
Intervención en acabados existentes	Alta	Media	Alta
Posible refuerzo de cimentación	Alto	Medio	Alto
Costo global esperado	Medio-alto	Alto	Alto

Fuente: elaboración propia.

Desde el punto de vista económico, el sistema de pórticos en concreto reforzado puede presentar un costo de materiales más controlado, debido a la disponibilidad local de concreto, acero

de refuerzo y mano de obra. Sin embargo, el costo total puede incrementarse por la mayor duración de obra, la necesidad de formaletería, el apuntalamiento y la intervención sobre la vivienda existente.

El sistema metálico puede tener un costo inicial mayor por el precio de los perfiles, fabricación, transporte, montaje y protección contra corrosión. A pesar de esto, puede reducir tiempos de ejecución y disminuir cargas sobre la cimentación, lo cual puede compensar parcialmente su costo en ciertos casos.

El sistema combinado puede resultar económicamente exigente, ya que integra elementos de concreto reforzado y muros estructurales. Además, puede requerir mayores intervenciones localizadas en la vivienda existente y posiblemente en la cimentación. Sin embargo, esta alternativa presenta ventajas sísmicas importantes, por lo que su mayor costo podría justificarse si se prioriza el control de derivas y la regularidad estructural.

En esta etapa, la comparación económica debe entenderse como preliminar. La selección final debe complementarse con cantidades de obra y precios unitarios, especialmente si se busca determinar la alternativa más eficiente desde una relación costo/desempeño.

7.13. Selección de la alternativa más favorable

La selección de la alternativa más favorable se realiza con base en los resultados obtenidos en los modelos estructurales, considerando el desempeño sísmico, el control de derivas, la regularidad estructural, la demanda en cimentación y los criterios técnico-constructivos analizados. Esta selección corresponde al alcance del presente trabajo y no reemplaza una etapa posterior de diseño definitivo, en la cual sería necesario verificar la cimentación existente, realizar estudios de suelo y desarrollar un presupuesto detallado.

A partir de los resultados obtenidos, el sistema combinado de pórticos en concreto reforzado con muros estructurales presenta el comportamiento más equilibrado para el caso estudiado. Aunque no fue el sistema más liviano, mantuvo las derivas por debajo del límite de referencia del 1.0 % en ambas direcciones, mejoró la regularidad estructural del modelo y redujo la demanda sísmica respecto al sistema de pórticos en concreto reforzado.

El sistema metálico fue favorable por su menor peso sísmico y menor cortante basal; sin embargo, presentó una deriva máxima en dirección X ligeramente superior al límite de referencia, por lo que requeriría ajustes adicionales de rigidez. Por su parte, el sistema de pórticos en concreto reforzado mostró un comportamiento estructural aceptable, pero con mayor peso sísmico y mayores demandas sobre la cimentación.

En consecuencia, para este caso de estudio, la alternativa combinada se considera la opción más favorable desde el punto de vista del desempeño sísmico global. No obstante, su implementación debe complementarse con una verificación detallada de cimentación y una evaluación económica más precisa.

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1. Conclusiones

A partir de la modelación estructural realizada en CYPECAD y del análisis comparativo de las tres alternativas de reforzamiento, se obtuvieron conclusiones relacionadas con el comportamiento sísmico, la regularidad estructural, el control de derivas, la demanda sobre la cimentación y la viabilidad técnico-constructiva de cada sistema.

En primer lugar, se concluye que las tres alternativas evaluadas permiten estudiar de manera comparativa el comportamiento de una vivienda de mampostería proyectada para ampliación vertical de dos a cuatro niveles. Los modelos de pórticos en concreto reforzado, pórticos metálicos y sistema combinado fueron analizados bajo los mismos parámetros sísmicos, cargas gravitacionales, acción de viento y combinaciones de carga, lo cual permitió comparar sus resultados bajo una base común de análisis.

El modelo de pórticos metálicos presentó el menor peso sísmico total, con 198.76 t, lo que representa una reducción aproximada del 17.4 % frente al modelo de pórticos en concreto reforzado. Esta reducción se reflejó también en menores valores de cortante basal estático, por lo que se confirma la hipótesis específica relacionada con la disminución de masa sísmica mediante el uso de elementos metálicos.

El modelo de pórticos en concreto reforzado presentó el mayor peso sísmico total, con 240.55 t, y los mayores valores de cortante basal estático, con 31.02 t en ambas direcciones. Aunque este sistema corresponde a una solución convencional y constructivamente conocida, su

mayor peso puede generar demandas más altas sobre la cimentación existente, lo cual es un aspecto importante en procesos de ampliación vertical.

El sistema combinado de pórticos en concreto reforzado con muros estructurales presentó un comportamiento sísmico más equilibrado. Aunque no fue el sistema más liviano, mantuvo un peso sísmico intermedio de 230.89 t, redujo la demanda sísmica frente al modelo de concreto y fue el único modelo clasificado como regular. Esta condición permitió adoptar un coeficiente de disipación de energía de diseño $R = 7.00$, superior al valor $R = 6.30$ empleado en los modelos clasificados como irregulares.

En cuanto a las derivas de entrepiso, el sistema combinado presentó valores menores al límite de referencia del 1.0 % en ambas direcciones, con una deriva máxima de 0.877 % en X y 0.826 % en Y. Esto confirma parcialmente la hipótesis general, ya que esta alternativa mostró un control adecuado de desplazamientos laterales y un desempeño global balanceado.

El modelo metálico presentó el mejor comportamiento en dirección Y, con una deriva máxima de 0.317 %. Sin embargo, en dirección X alcanzó una deriva máxima de 1.031 %, correspondiente a una relación $h/97$, valor que supera ligeramente el límite de referencia del 1.0 %. Por esta razón, aunque el sistema metálico es favorable por peso y cortante basal, requeriría ajustes adicionales de rigidez en dirección X antes de considerarse como una alternativa definitiva.

El modelo de pórticos en concreto reforzado cumplió con el límite de deriva en ambas direcciones, pero presentó una deriva máxima en X de 0.971 %, cercana al límite del 1.0 %. Esto indica que, aunque el sistema tiene un comportamiento aceptable, se encuentra próximo a una condición crítica en términos de desplazamientos laterales.

Respecto a la participación modal, los tres modelos alcanzaron valores acumulados superiores al 90 % en las direcciones X y Y. Esto permite considerar que el análisis modal espectral realizado fue representativo de la respuesta dinámica global de los modelos.

Al revisar los esfuerzos transmitidos a la cimentación, se observa que el sistema metálico resulta favorable desde el punto de vista de cargas verticales debido a su menor peso propio. No obstante, el sistema combinado puede concentrar mayores esfuerzos axiales en algunos apoyos debido a la incorporación de elementos más rígidos, por lo que su implementación debe estar acompañada de una revisión detallada de la cimentación existente.

Desde el punto de vista técnico-constructivo, cada alternativa presenta ventajas y limitaciones. El sistema de concreto reforzado es una solución tradicional y de fácil disponibilidad local, pero implica mayor peso e intervención en obra. El sistema metálico permite reducir peso y acelerar el proceso constructivo, aunque requiere mayor control en fabricación, montaje, conexiones y protección anticorrosiva. El sistema combinado ofrece mejor desempeño sísmico global, pero puede tener mayor complejidad constructiva y mayores exigencias localizadas en cimentación.

Finalmente, para el caso de estudio analizado, la alternativa más favorable desde el punto de vista del desempeño sísmico global es el sistema combinado de pórticos en concreto reforzado con muros estructurales. Esta alternativa presentó mejor equilibrio entre regularidad estructural, control de derivas y reducción de demanda sísmica respecto al sistema de pórticos en concreto reforzado. Sin embargo, su aplicación real debe complementarse con una verificación detallada de cimentación, estudio de suelos y evaluación económica más precisa.

8.2. Recomendaciones

Para una etapa posterior de diseño definitivo, se recomienda realizar un estudio geotécnico del predio con el fin de conocer la capacidad portante real del suelo y verificar si la cimentación existente puede soportar las nuevas demandas generadas por la ampliación vertical.

Se recomienda complementar el análisis con una revisión detallada de la cimentación existente, incluyendo dimensiones reales, profundidad, tipo de sistema de apoyo, estado físico y capacidad frente a cargas verticales, momentos y cortantes transmitidos por cada alternativa estructural.

En el caso del sistema metálico, se recomienda ajustar la rigidez lateral en dirección X, debido a que presentó una deriva máxima ligeramente superior al límite de referencia del 1.0 %. Esta mejora podría lograrse mediante el aumento de sección de perfiles, redistribución de elementos resistentes o incorporación de arriostramientos adicionales.

Para el sistema combinado, se recomienda revisar cuidadosamente la ubicación de los muros estructurales, con el fin de mantener una distribución adecuada de rigidez y evitar concentraciones excesivas de esfuerzos en puntos específicos de la cimentación.

Se recomienda desarrollar una evaluación económica más detallada, incluyendo cantidades de obra, análisis de precios unitarios, costos de mano de obra, transporte, equipos, tiempos de ejecución y posibles afectaciones a la vivienda existente durante la intervención.

También se recomienda que futuras investigaciones incluyan el modelo de la vivienda existente en su estado actual, considerando propiedades mecánicas reales de la mampostería, levantamiento estructural detallado y ensayos de materiales. Esto permitiría comparar no solo las alternativas de reforzamiento, sino también la mejora real frente a la condición original de la vivienda.

Finalmente, se recomienda no generalizar directamente los resultados a todas las viviendas de mampostería de Cali, ya que cada edificación puede presentar diferencias en geometría, materiales, cimentación, estado de conservación y distribución estructural. Los resultados de este trabajo deben entenderse como una referencia técnica para viviendas con características similares al caso de estudio analizado.

Anexos

ANEXO A Planos arquitectónicos de la vivienda existente

ANEXO B Planos arquitectónicos de la ampliación propuesta

ANEXO C Reportes del modelo con pórticos en concreto reforzado

ANEXO D Reportes del modelo con pórticos metálicos

ANEXO E Reportes del sistema combinado de pórticos en concreto con muros estructurales

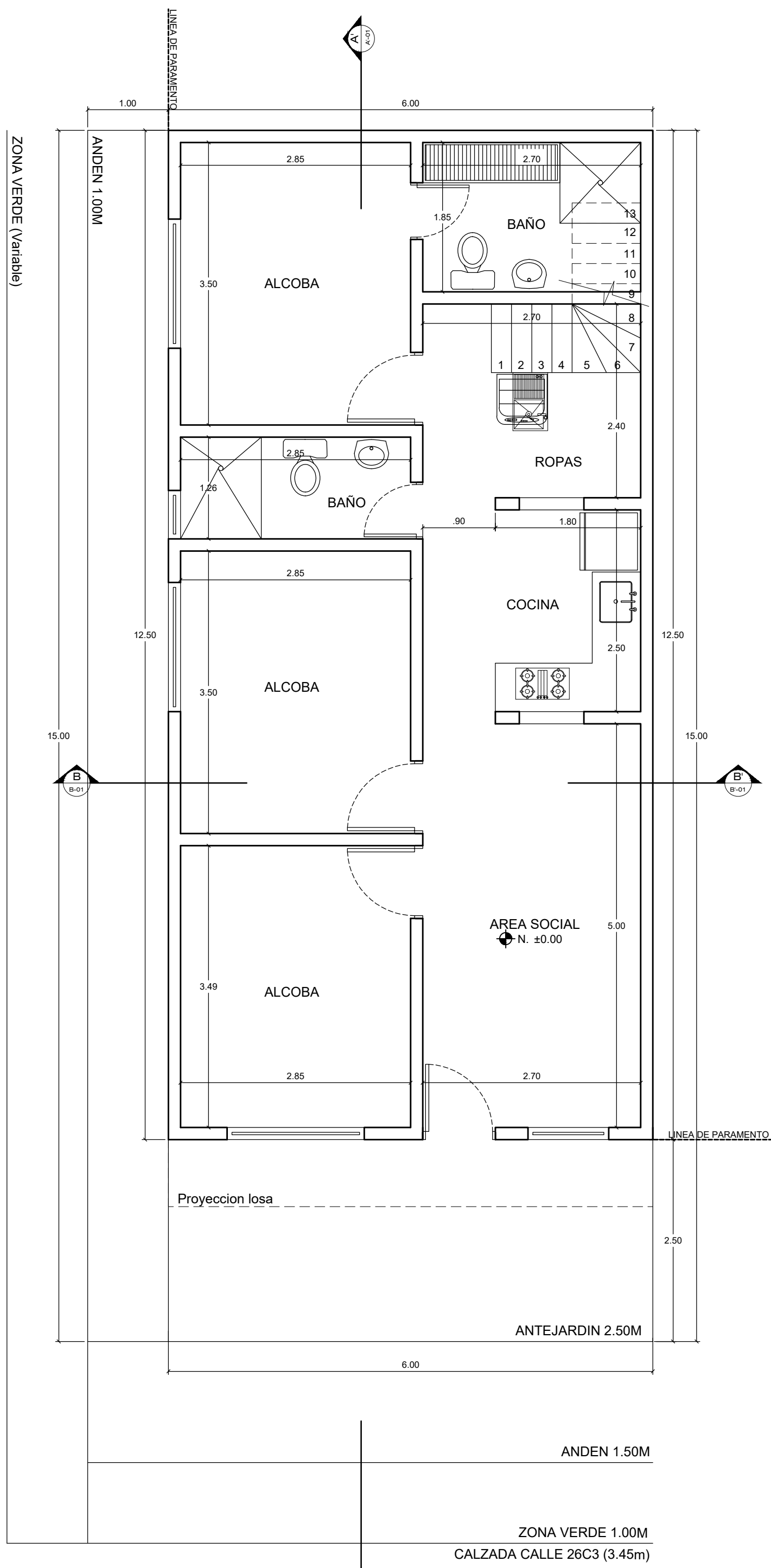
Los anexos presentan la información técnica utilizada como soporte del proceso de modelación y análisis estructural. En ellos se incluyen los planos arquitectónicos de referencia y los reportes generados por CYPECAD para cada alternativa evaluada. Estos documentos respaldan los resultados resumidos y comparativos presentados en el capítulo de análisis y resultados.

Referencias bibliográficas

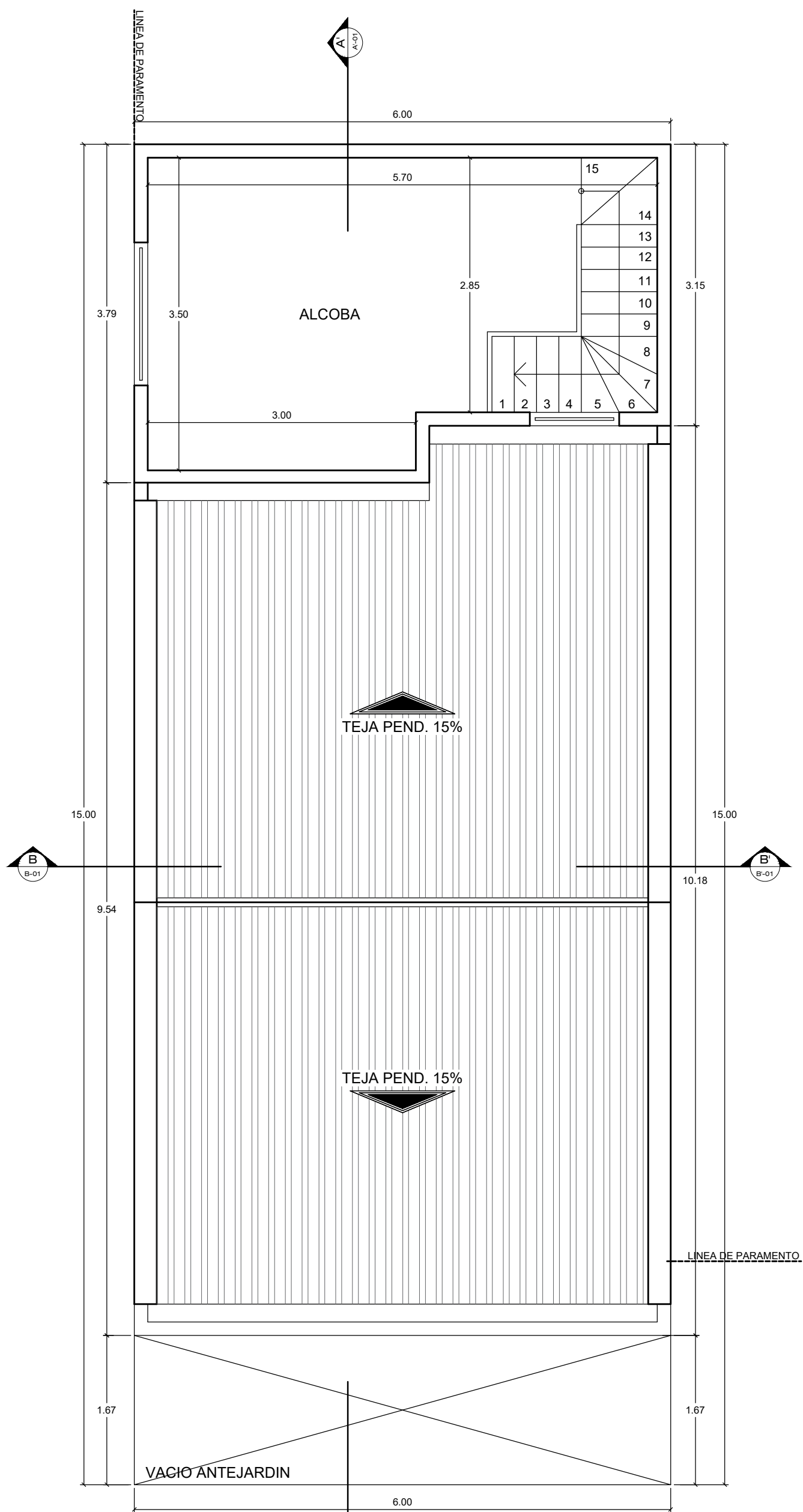
- Acosta, D. (2014). *Vivienda de mampostería confinada con perfiles de acero*. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas.
https://www.funvisis.gob.ve/old/archivos/fasciculos/Fasciculo_Domingo_Acosta_WEB.pdf
- Agudelo Varela, M., & Rodríguez Miranda, J. P. (2014). *Estimación de generación y composición de residuos de construcción en la ciudad de Villavicencio*. V Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, 1–11.
- Al-Nu'man, B. S. (2016). Assessment of strengthening scheme of existing buildings extended by adding additional floors. *Eurasian Journal of Science and Engineering*.
<https://ejse.tiu.edu.iq/index.php/eajse/article/view/218>
- Álzate, M. C. M. (2010). Modelo preliminar de evaluación de los sistemas de construcción industrializada para vivienda de estratos dos y tres, con el fin de ser adaptados al contexto colombiano. *Revista de Tecnología*, 1(2), 112–124.
<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1034&context=tr>
- American Concrete Institute. (2019). *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19) and commentary*. American Concrete Institute.
<https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=318U19&Language=English&Units=Metric>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*.
<https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>
- European Committee for Standardization. (2004). *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance—Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings (EN 1998-1:2004)*. European Committee for Standardization.
- Fondo de Prevención y Atención de Emergencias. (2011). *Guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales*.
https://www.idiger.gov.co/documents/20182/112614/Guia_patologias_constructivas_estructurales_no_estructurales.pdf

- Gunes, B., Cosgun, T., Sayin, B., & Mangir, A. (2019). Seismic performance of an existing low-rise RC building considering the addition of a new storey. *Revista de la Construcción*, 18(3), 459–475. <https://doi.org/10.7764/RDLC.18.3.459>
- Ingeominas. (2005). *Estudio de microzonificación sísmica de Santiago de Cali. Convenio No. 02 de 2002*.
https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/19833/MicrozonificacionSismicaCali%28Ingeominas_2005%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kumbhar, A., & Radke, A. (2024). Vertical extension and retrofitting of the existing R.C.C. commercial building: A review. *International Research Journal on Advanced Engineering Hub*, 2(3), 559–563. <https://irjaeh.com/index.php/journal/article/view/99>
- López, S., Quiroga, P., & Torres, N. (2019). *Evaluación analítica y experimental de muros de mampostería no reforzada y reforzada externamente con mortero y malla electrosoldada*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
<https://tycho.escuelaing.edu.co/contenido/notiweb-v2/825/archivos/Evaluacionanalitica.pdf>
- Marinilli, A. (2009). Análisis probabilístico simplificado de pórticos de concreto reforzado ante acciones sísmicas. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 24(2). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2009000200002
- Mercante, I. T. (2007). Caracterización de residuos de la construcción: Aplicación de los índices de generación a la gestión ambiental. *Revista Científica de UCES*, 11(2), 86–109.
<https://dspace.uces.edu.ar/jspui/handle/123456789/152>
- Molina, D. A., & Santander, P. (2020). *Sostenibilidad en la construcción*. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/347505884_Sostenibilidad_en_la_Construccion
- Razo, D., & García, O. (2020). Evaluación integral de la seguridad estructural de edificaciones existentes dañadas por sismos de gran magnitud. *Ingeniería Sísmica*.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-092X2020000300051&script=sci_abstract
- Sanei, M., Khodadad, M., Ilgin, H. E., & Khan, A. Z. (2025). Vertical extension of buildings: A systematic literature review. *Architectural Science Review*, 1–15.
<https://doi.org/10.1080/00038628.2025.2523261>

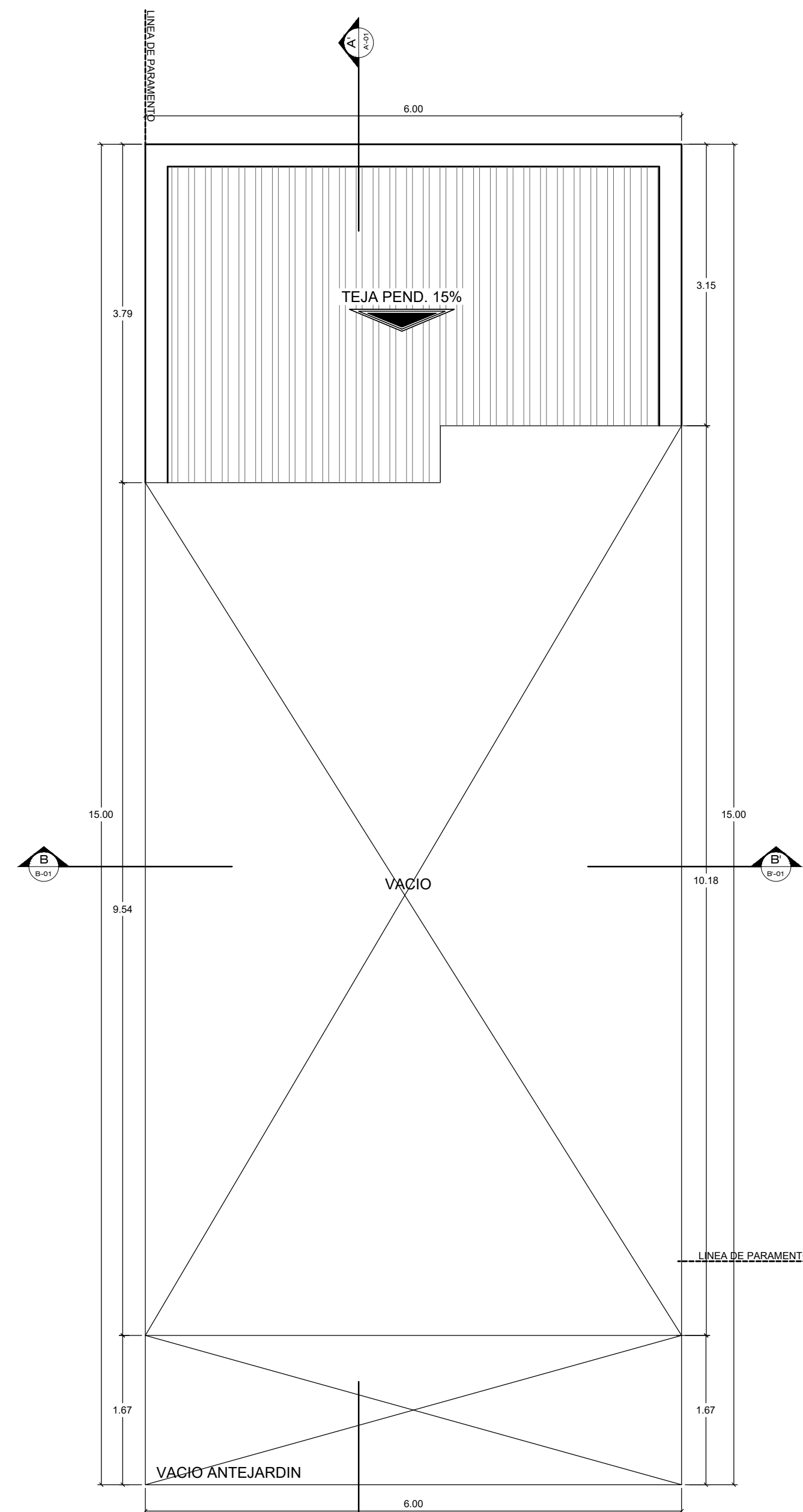
- Shala, A., & Bleiziffer, J. (2024). Seismic performance of reinforced concrete frames with added floors: Emphasizing the influence of structural joints in the context of sustainable vertical extensions. *Buildings*, 14(2), 370. <https://doi.org/10.3390/buildings14020370>
- Tudela, M. (2022). *Análisis comparativo entre el encamisado de concreto armado y el uso de CFRP como métodos de reforzamiento estructural en columnas* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
<https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ce813463-f4dc-4858-af3d-594dbf710493/content>
- Vélez, J. C. (2020). *Estudio numérico y experimental sobre el comportamiento sísmico de muros delgados de edificios de concreto reforzado* [Tesis, Universidad de Antioquia].
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1751h/4/VelezJuan_2020_ComportamientoSismicoMuros.pdf
- Zúñiga, O., & Terán, A. (2008). Evaluación basada en desplazamientos de edificaciones de mampostería confinada. *Ingeniería Sísmica*, 79.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2008000200002



PLANTA ARQ. PRIMER PISO
ESCALA 1 : 75

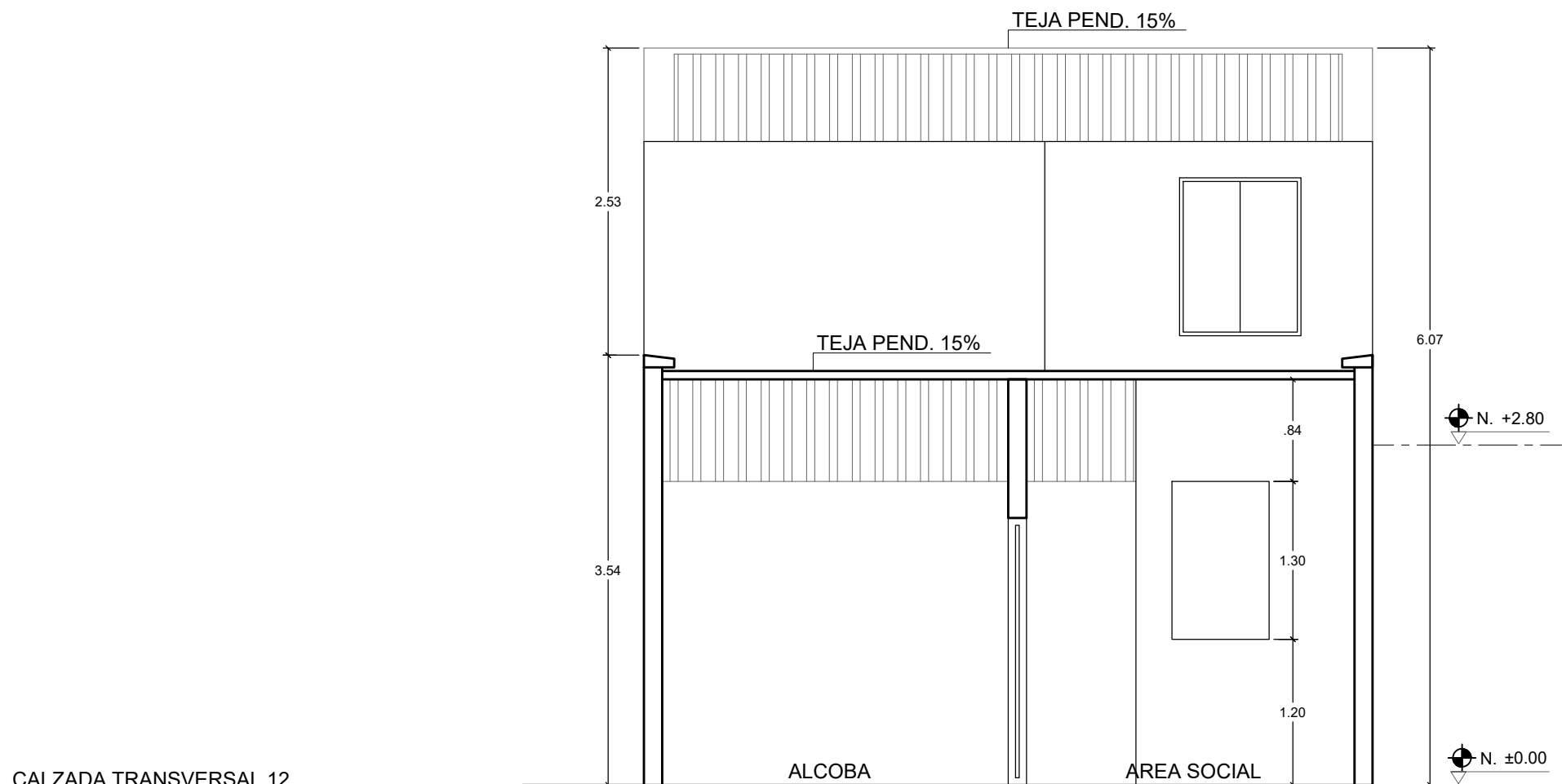


PLANTA ARQ. SEGUNDO PISO
ESCALA 1 : 75

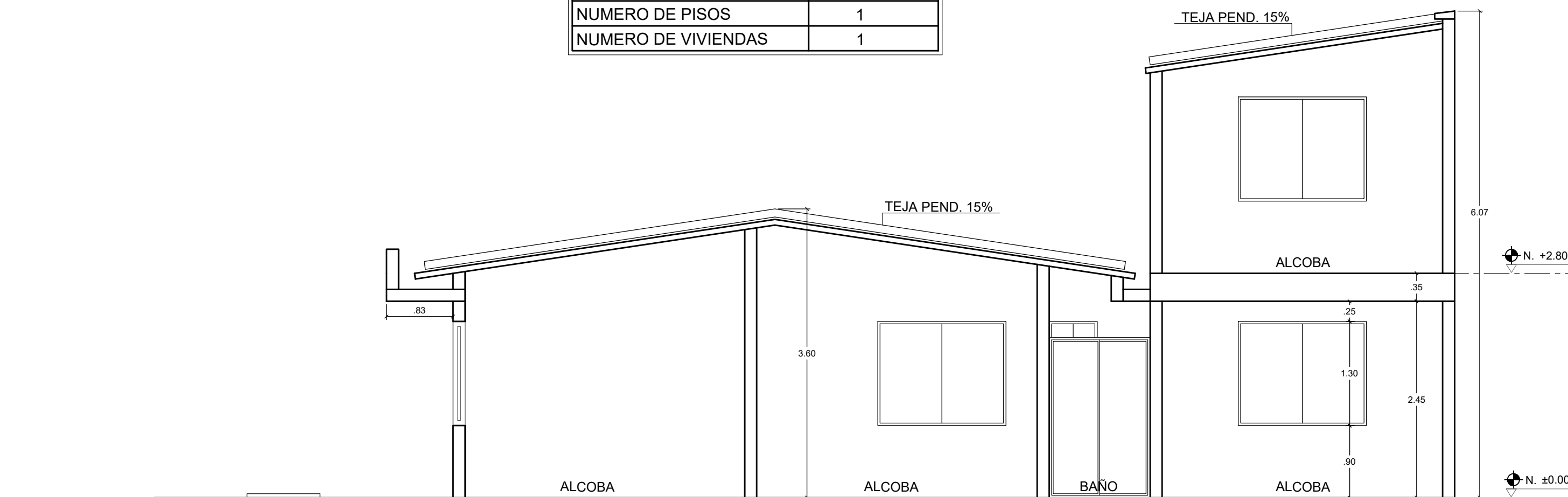


PLANTA ARQ. CUBIERTA
ESCALA 1 : 75

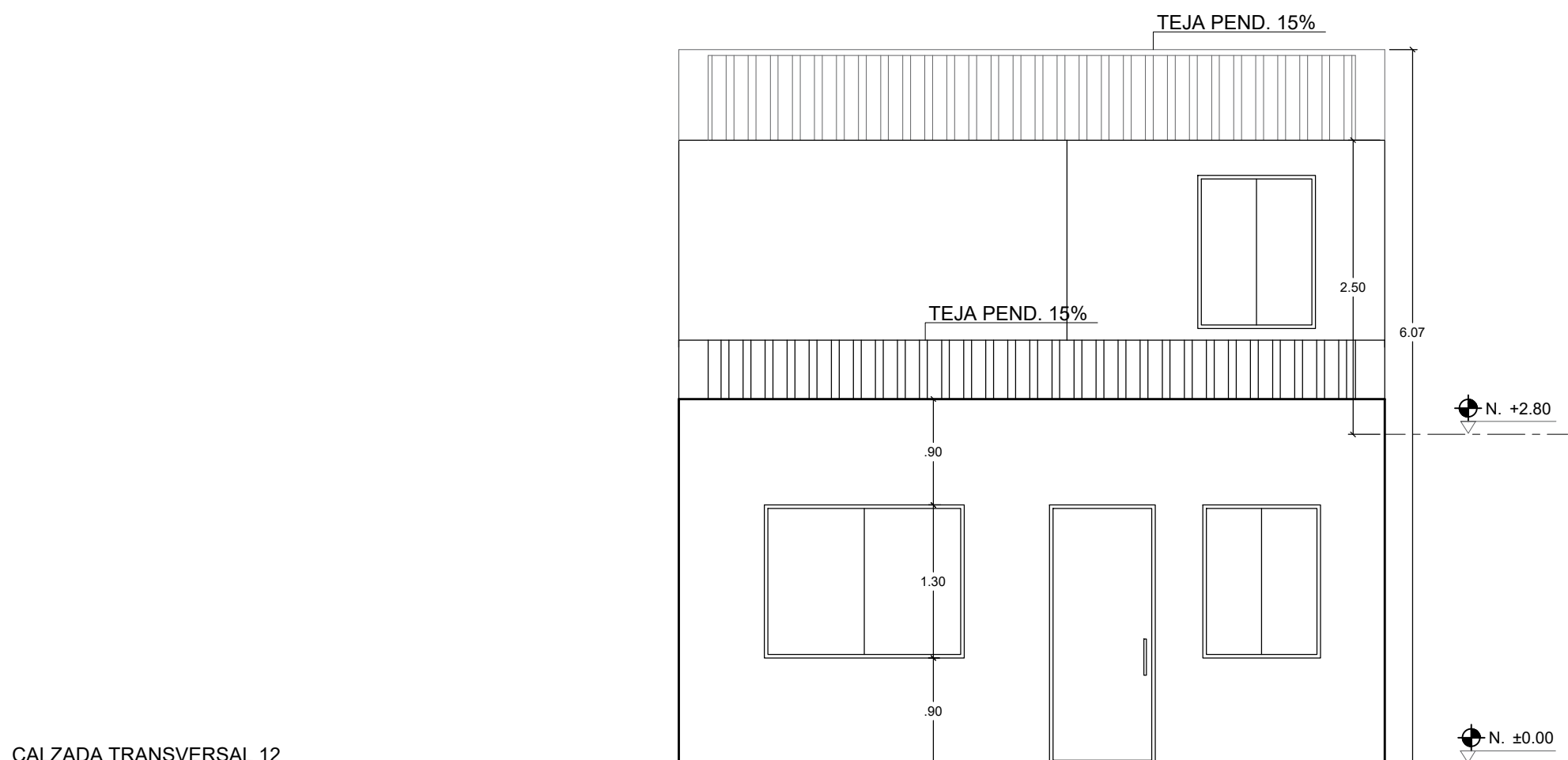
CUADRO DE AREAS	
AREA DEL LOTE	90.00 M2
AREA LIBRE	15.00 M2
AREA PRIMER PISO	75.00 M2
AREA SEGUNDO PISO	20.95 M2
TOTAL CONSTRUIDA	95.95 M2
NUMERO DE PISOS	1
NUMERO DE VIVIENDAS	1



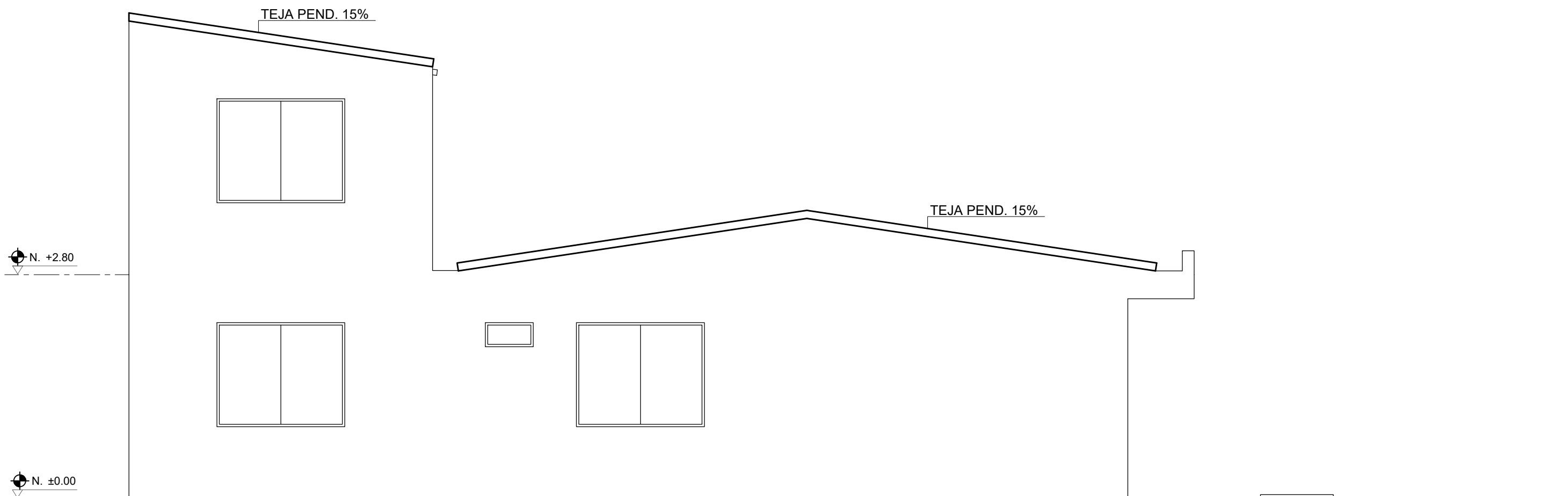
CORTE TRANSVERSAL B-B'
ESCALA 1 : 75



CORTE LONGITUDINAL A-A'
ESCALA 1 : 75



FACHADA CALLE 26C3
ESCALA 1 : 75



FACHADA TRANSVERSAL 12
ESCALA 1 : 75

SELLO:

ARQUITECTO:

PROYECTO:

LEVANTAMIENTO VIVIENDA UNIFAMILIAR EN DOS PISOS

PROPIETARIO:

UBICACION: CALI

CONTENIDO:

- PLANTAS ARQ. PISOS UNO Y DOS
- PLANTA DE CUBIERTA
- CORTES TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL
- FACHADA PRINCIPAL Y LATERAL
- CUADRO DE AREAS
- LOCALIZACION

ESCALA:

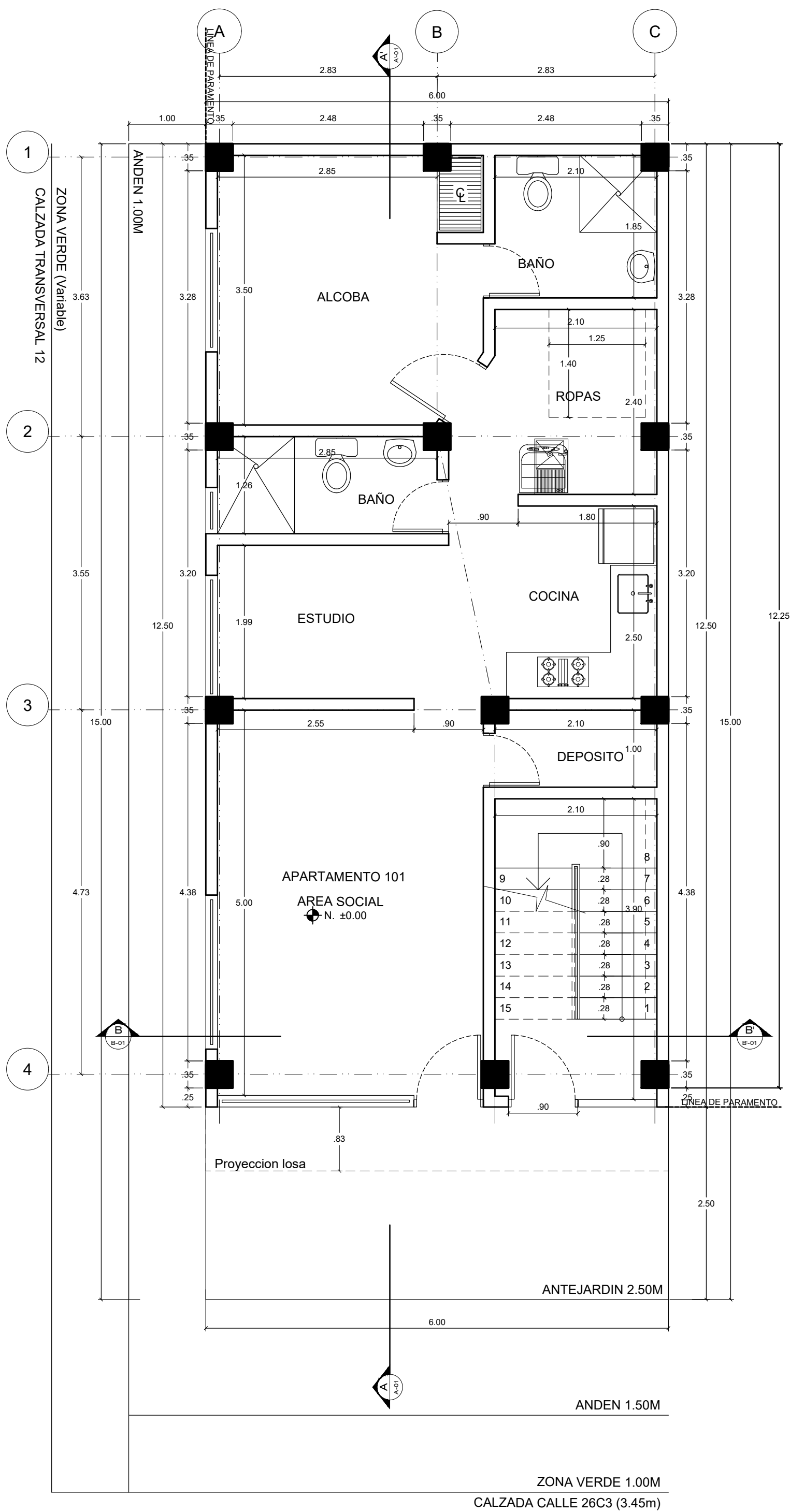
1:75

FECHA:

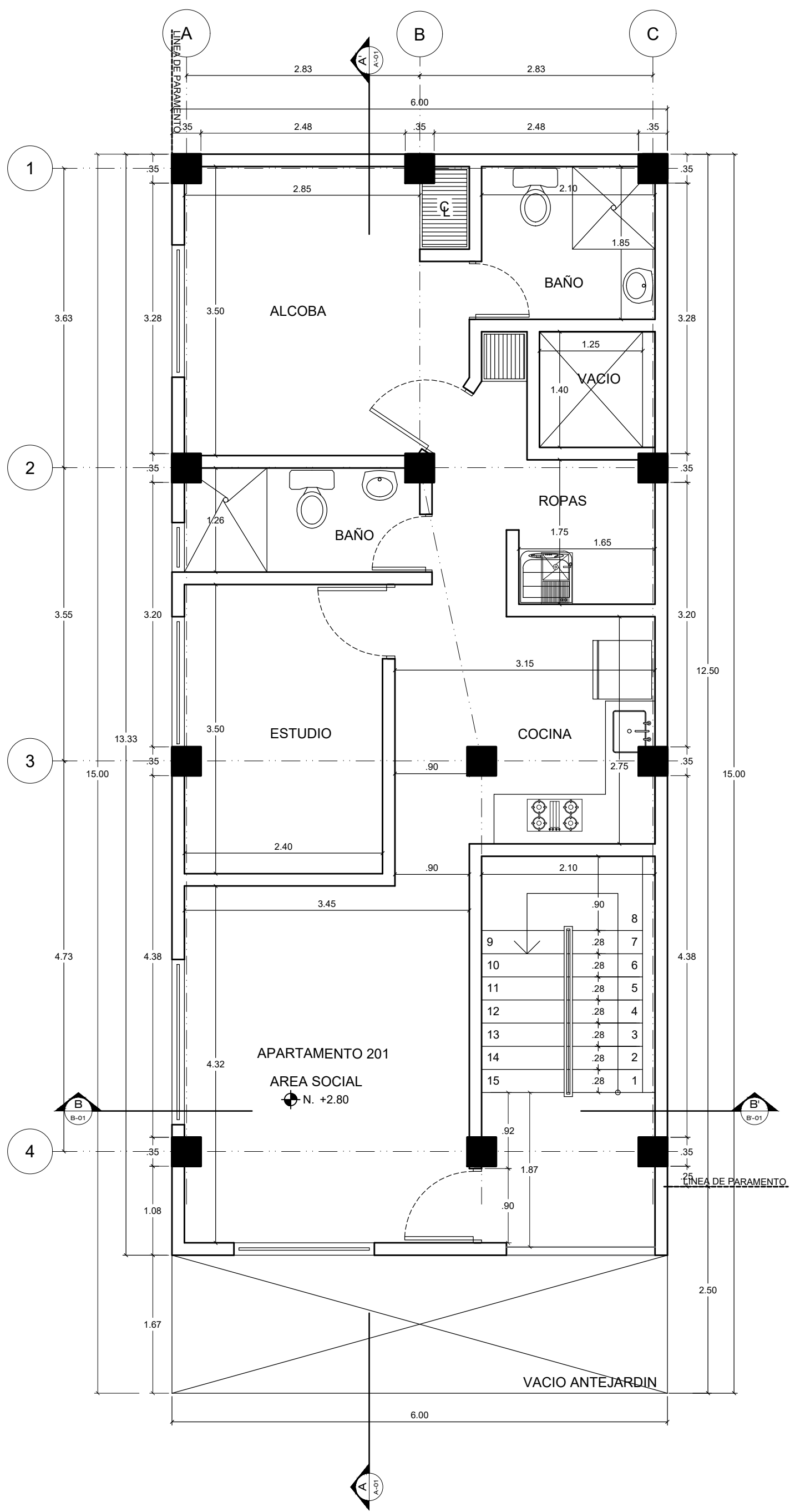
AGOSTO 2025

PLANO N°:

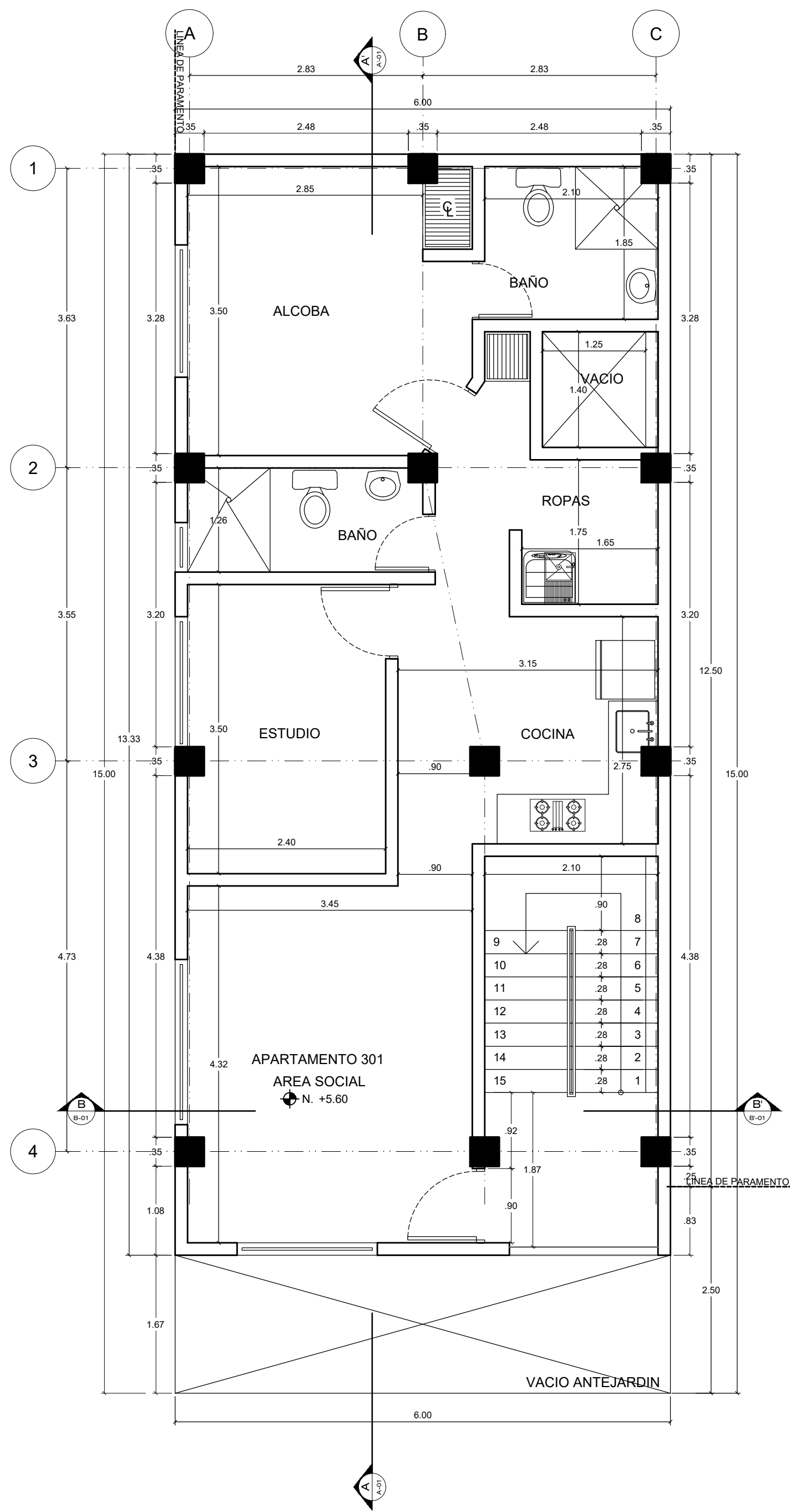
1/1 REC



PLANTA ARQ. PRIMER PISO
ESCALA 1 : 75



PLANTA ARQ. SEGUNDO PISO
ESCALA 1 : 75

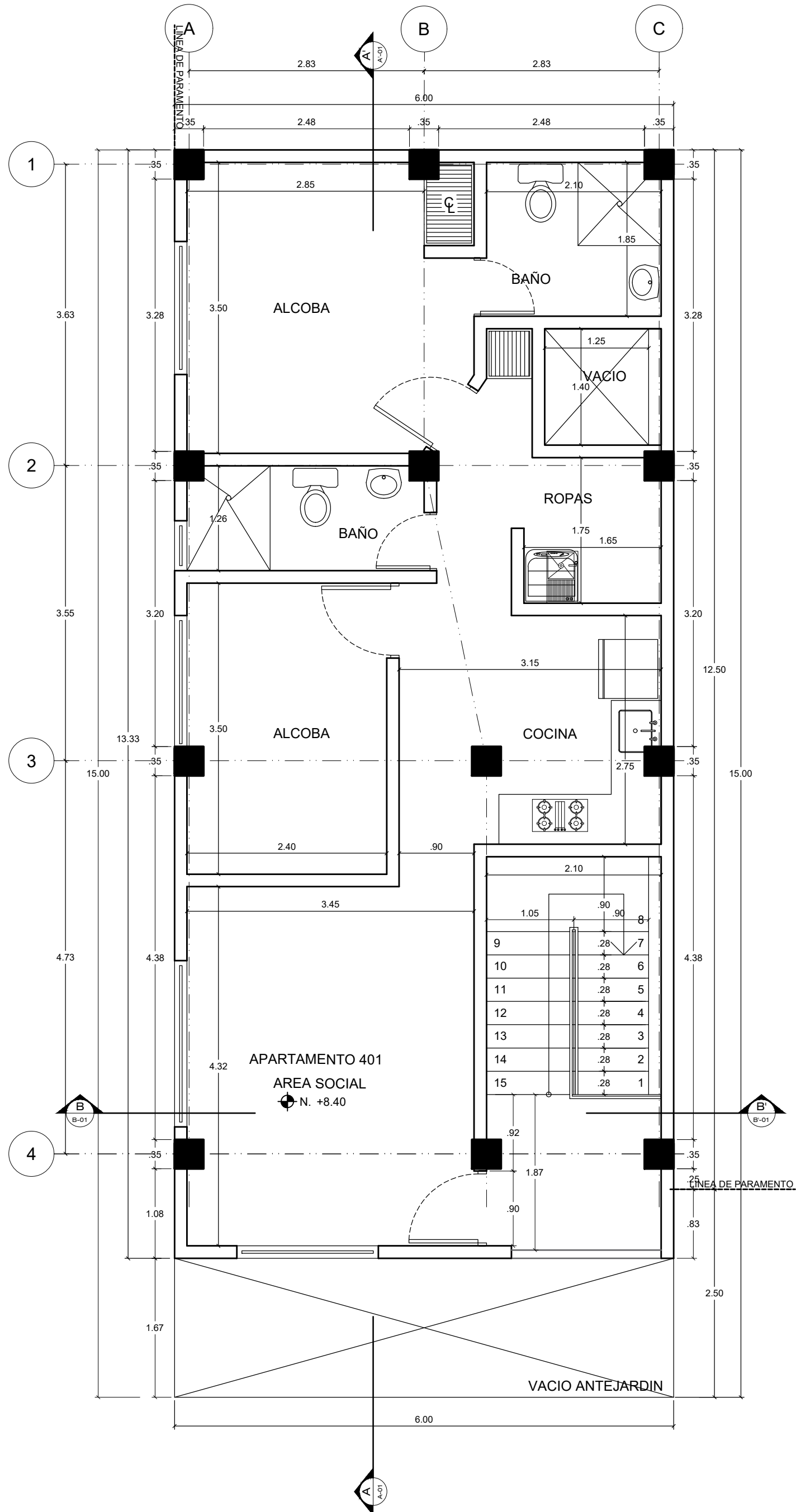


PLANTA ARQ. TERCER PISO
ESCALA 1 : 75

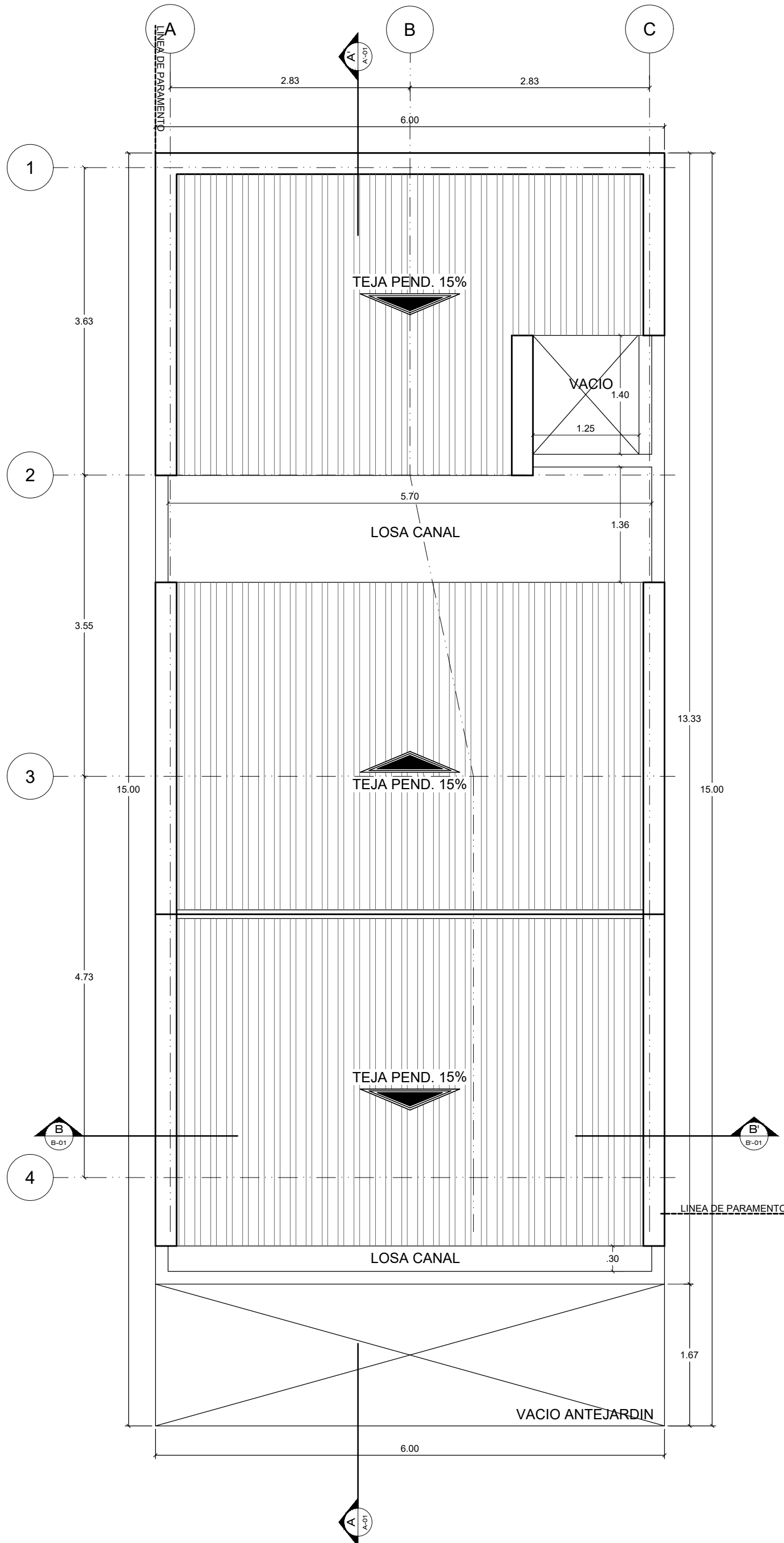
CUADRO DE AREAS				
	RECONOCIMIENTO	DEMOLICION	MODIFICACION	AMPLIACION
AREA DEL LOTE				90.00 M2
AREA LIBRE				15.00 M2
AREA PRIMER PISO	75.00 M2	1.75 M2	73.25 M2	73.25 M2
AREA SEGUNDO PISO	20.95 M2		20.95 M2	57.28 M2
AREA TERCER PISO				78.23 M2
AREA CUARTO PISO				78.23 M2
TOTAL CONSTRUIDA	95.95 M2	1.75 M2	94.20 M2	213.74 M2
NUMERO DE PISOS	1			3
NUMERO DE VIVIENDAS	1			3
INDICE DE OCUPACION %				0.81
INDICE DE CONSTRUCCION				3.42

NOTA:
GRUPO DE USO 1:
ESTRUCTURAS DE OCUPACION NORMAL

SEPARACION SISMICA TABLA A.6.5-1.
No Aplica, No es obra nueva

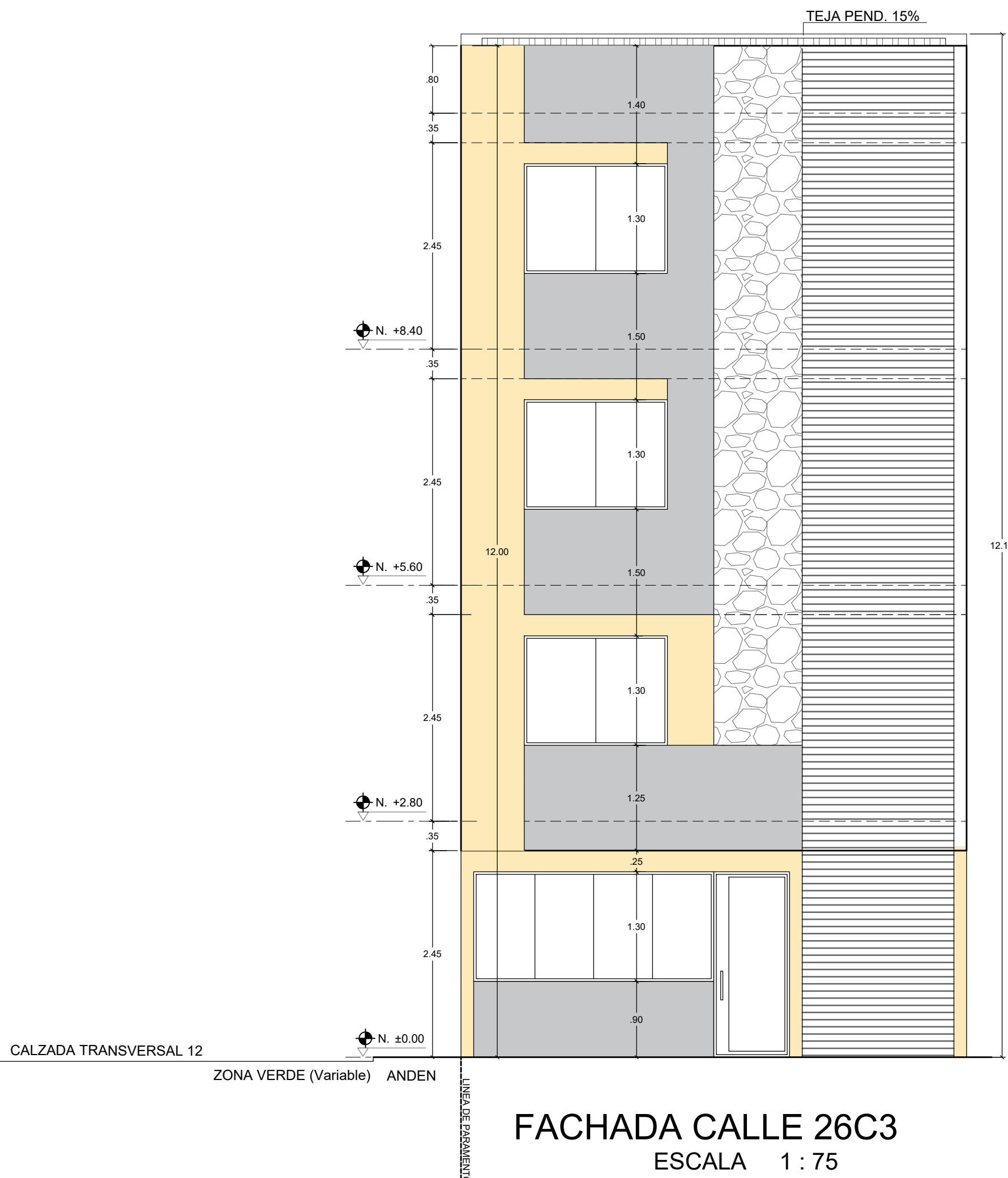
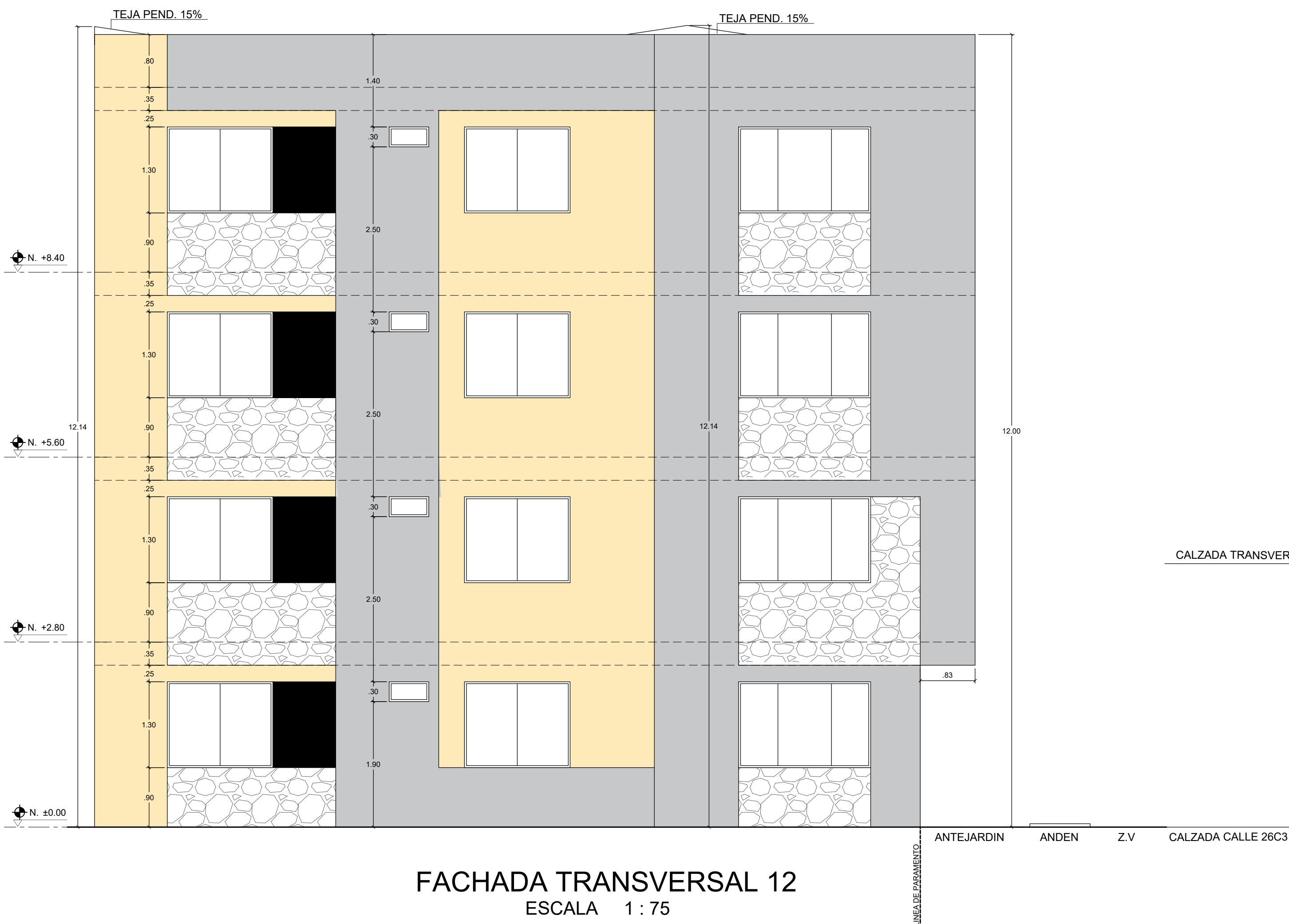
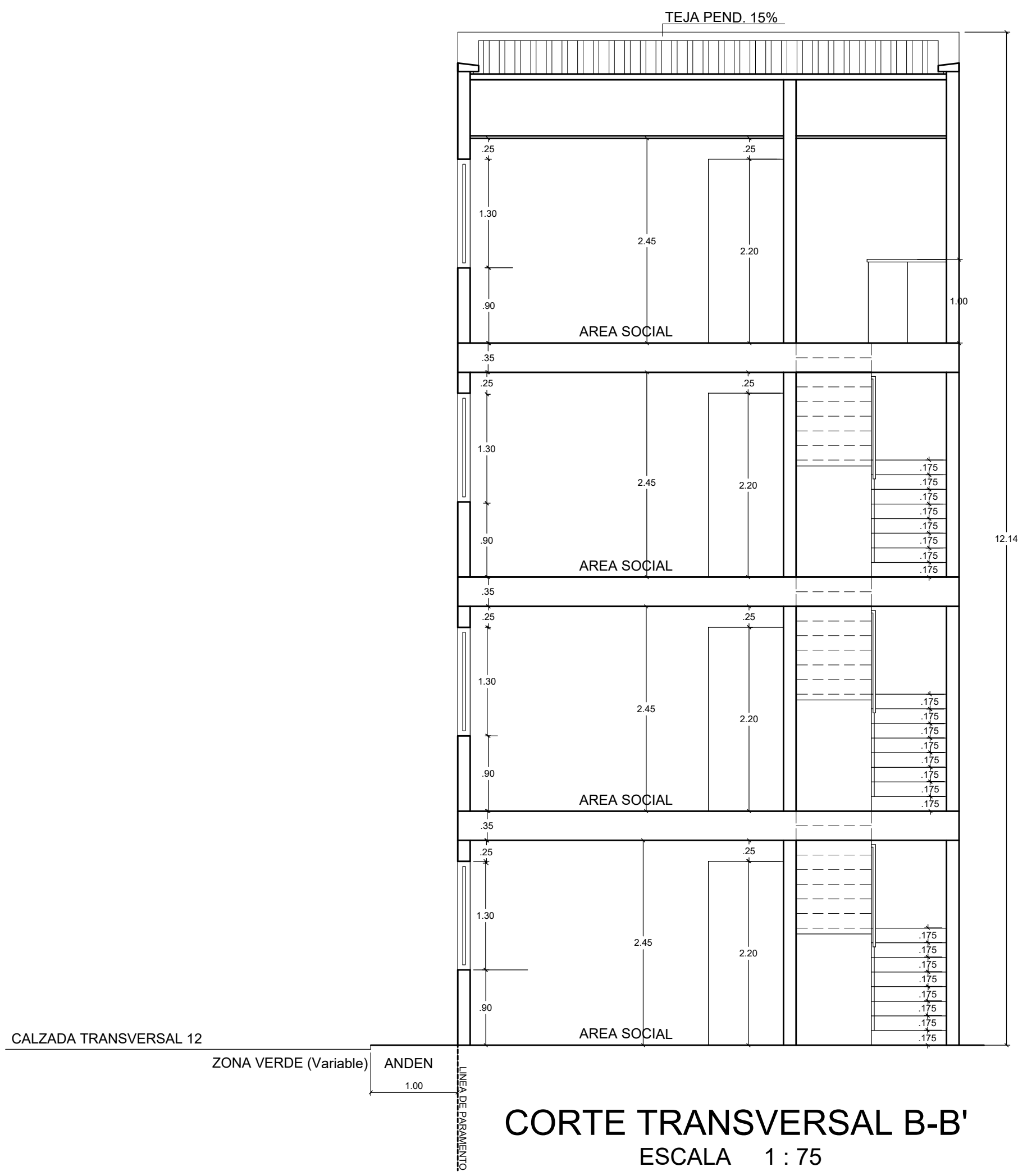


PLANTA ARQ. CUARTO PISO
ESCALA 1 : 75



PLANTA DE CUBIERTA
ESCALA 1 : 75

ARQUITECTO:	PROYECTO:	CONTENIDO:	ESCALA:
	VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN CUATRO PISOS	- PLANTAS ARQ. PISOS UNO, DOS, TRES Y CUATRO - PLANTA DE CUBIERTA - CUADRO DE AREAS	1:75
DIBUJO:	PROPIETARIO:		FECHA:
	UBICACION: CALI		AGOSTO 2025
			PLANO N°:
			1/2 A



ARQUITECTO:	PROYECTO:	CONTENIDO:	ESCALA:
	VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN CUATRO PISOS	- CORTES - FACHADAS - LOCALIZACION	1:75
DIBUJO:	PROPIETARIO:		FECHA: AGOSTO 2025
	UBICACION: CALI		PLANO N°: 2/2 A

SELLO:

Anexo C

Reportes del modelo con pórticos en concreto reforzado

Contenido

CAPTURA MODELO	2
Distorsiones de pilares, pantallas y muros.....	9
Esfuerzos y armados de pilares, pantallas y muros.....	14
Justificación de la acción sísmica.....	21

CAPTURAS MODELO
NIVEL DE ARRANQUE

C1 

C2 

C3 

C4 

C5 

C6 

C7 

C8 

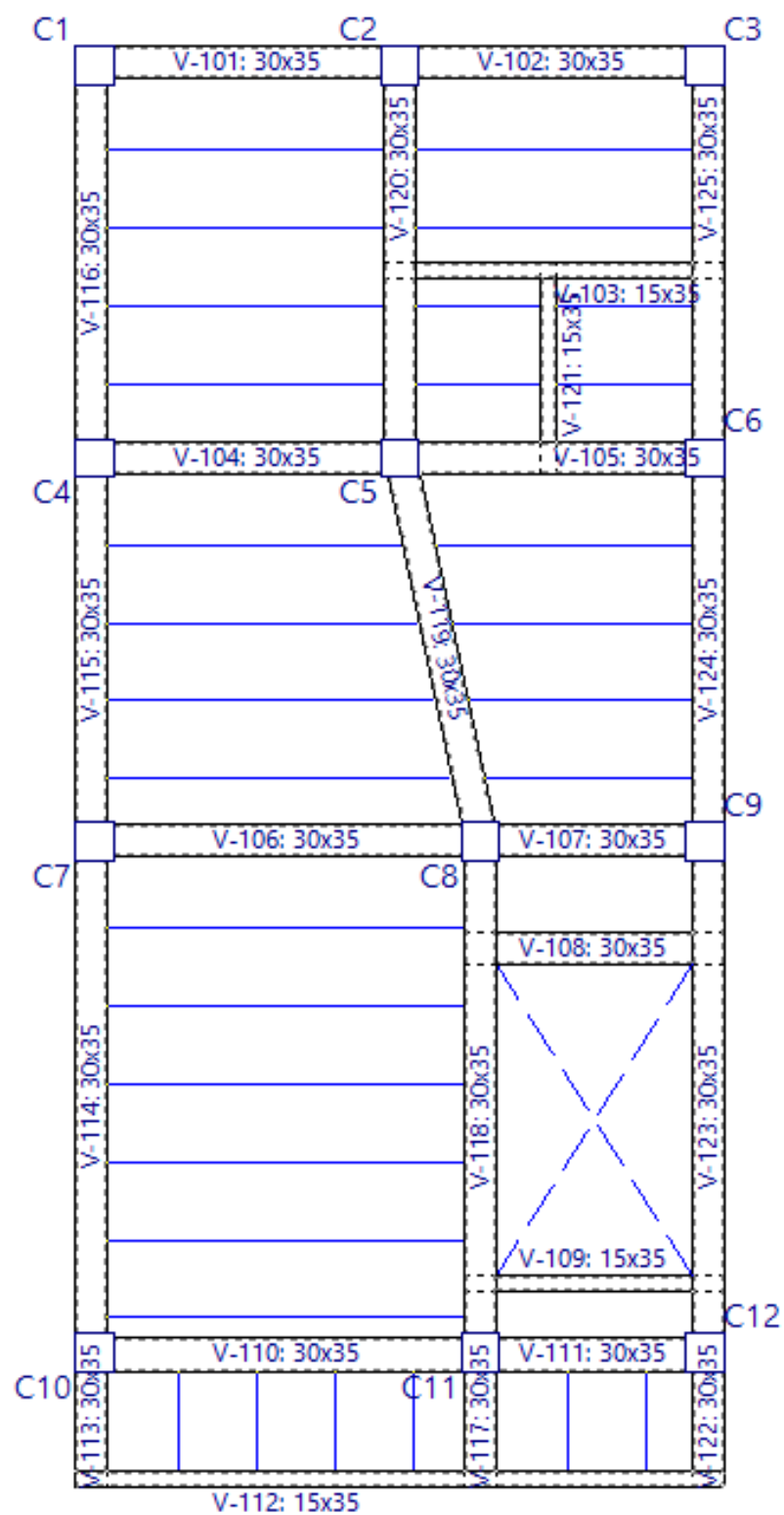
C9 

C10 

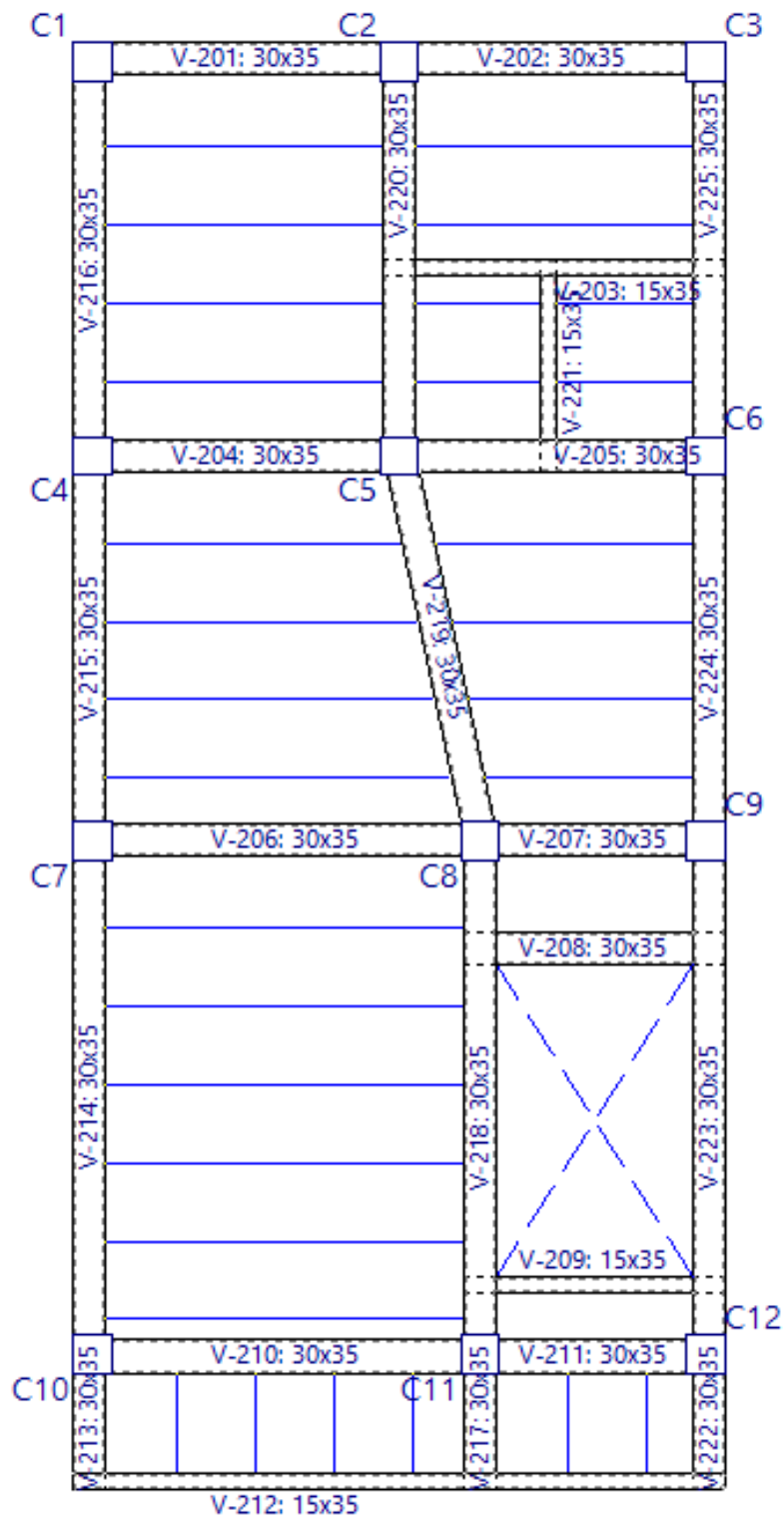
C11 

C12 

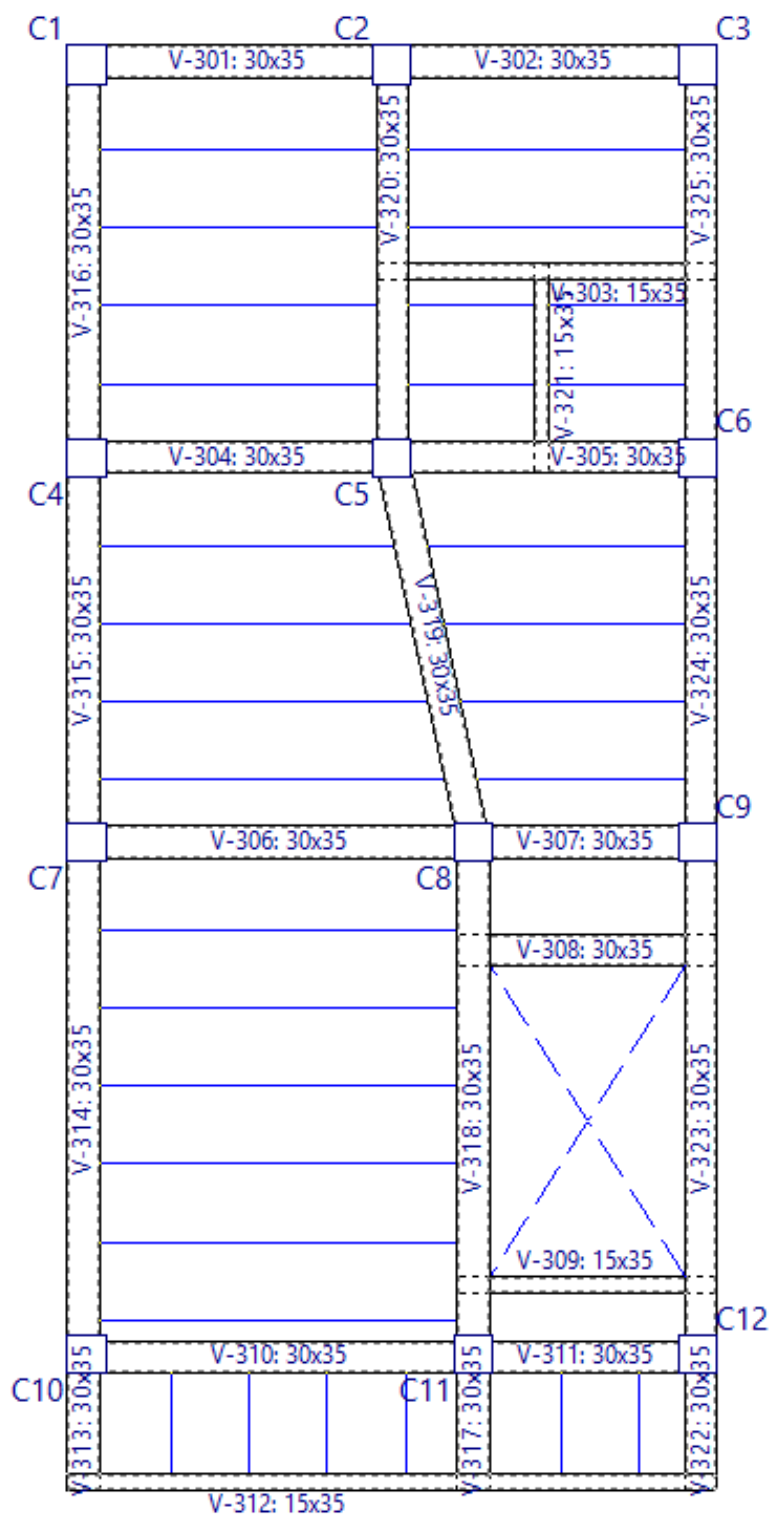
PISO 2



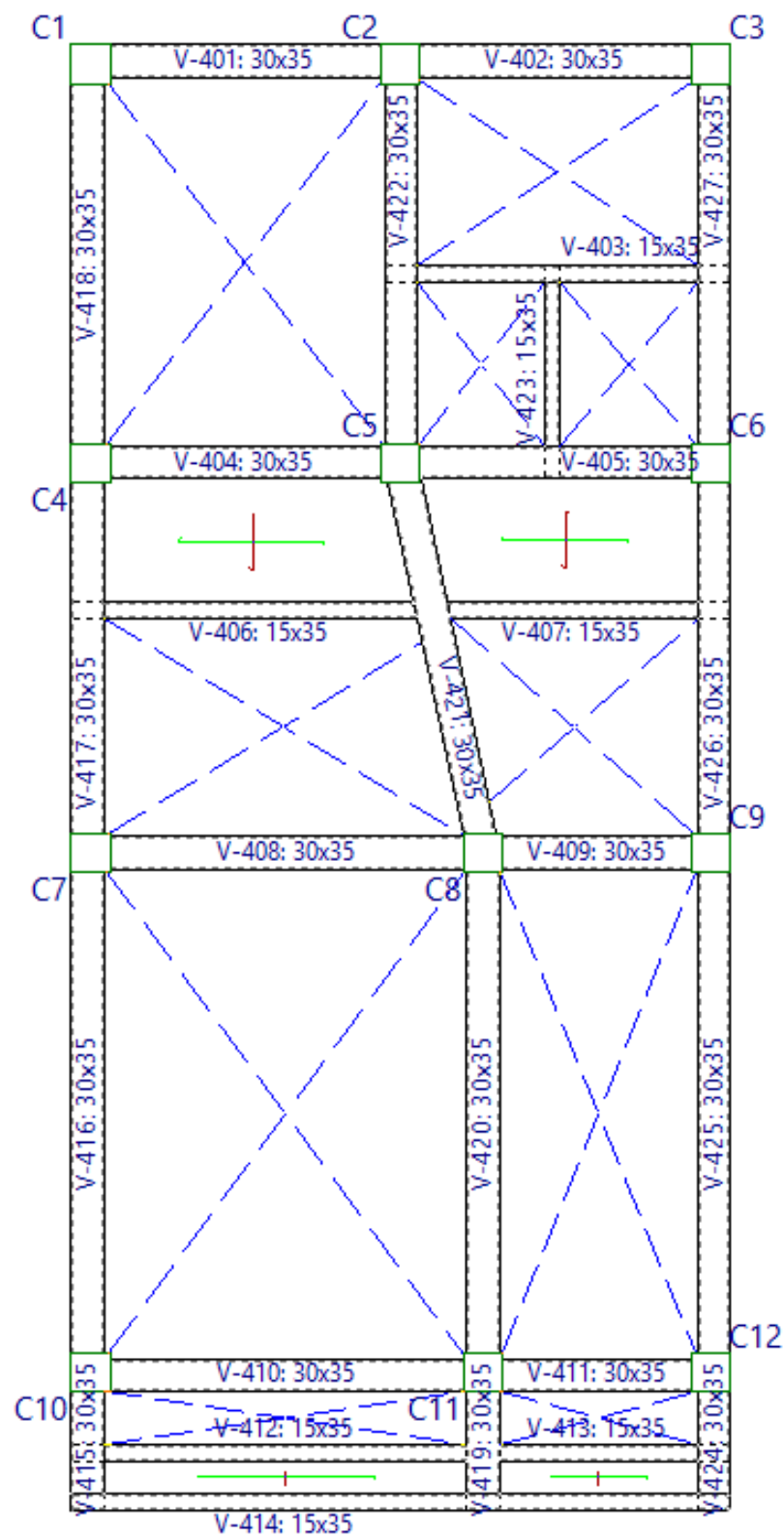
PISO 3

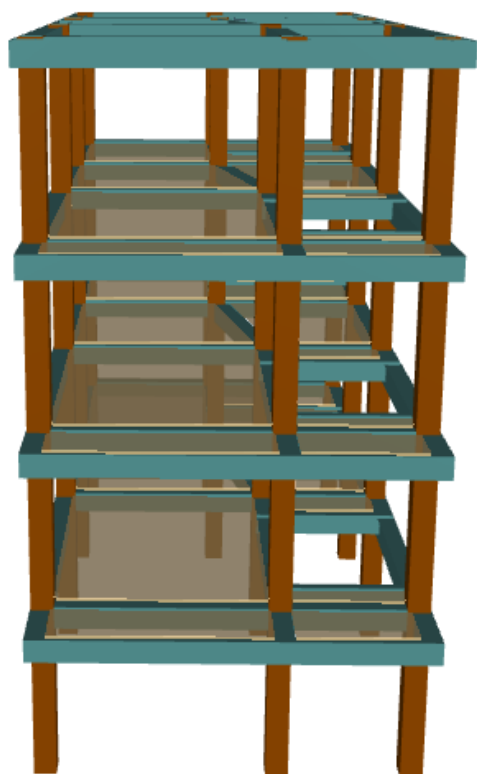


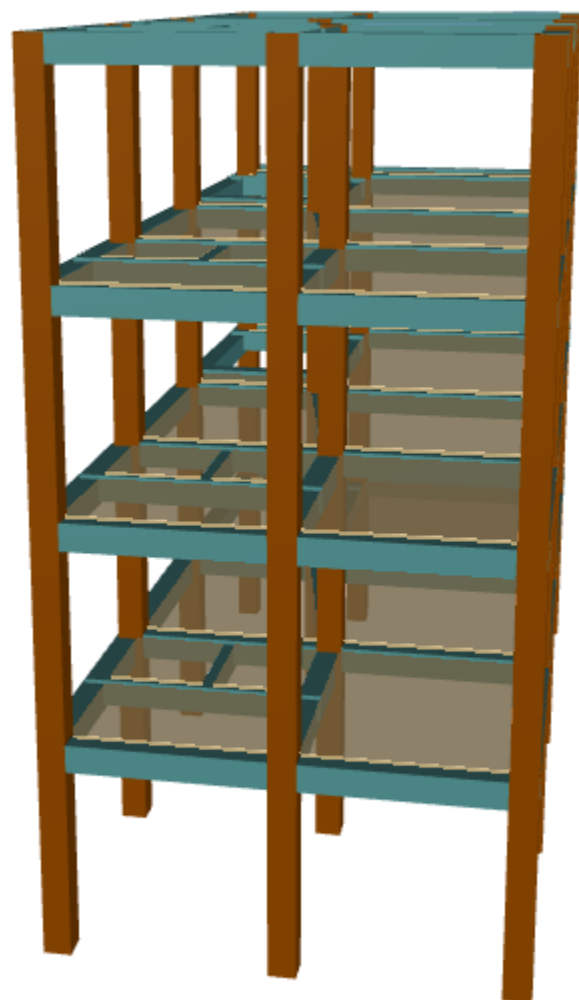
PISO 4



CUBIERTA







Distorsiones de pilares, pantallas y muros

- h: Altura del nivel respecto al inmediato inferior
- Distorsión:
 - Absoluta: Diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior
 - Relativa: Relación entre la altura y la distorsión absoluta
- Origen:
 - G: Sólo gravitatorias
 - GV: Gravitatorias + viento
- Nota:
 - Las diferentes normas suelen limitar el valor de la distorsión relativa entre plantas y de la distorsión total (desplome) del edificio.
 - El valor absoluto se utilizará para definir las juntas sísmicas. El valor relativo suele limitarse en función de la altura de la planta 'h'. Se comprueba el valor 'Total' tomando en ese caso como valor de 'h' la altura total.

Situaciones persistentes o transitorias									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0003	h / 9334	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	8.22	2.80	0.0005	h / 5600	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 2	5.42	2.80	0.0008	h / 3500	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 1	2.63	2.63	0.0007	h / 3750	GV	0.0004	h / 6563	GV
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0024	h / 4594	GV	0.0017	h / 6486	GV
C2	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0003	h / 9334	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	8.22	2.80	0.0005	h / 5600	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 2	5.42	2.80	0.0008	h / 3500	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 1	2.63	2.63	0.0007	h / 3750	GV	0.0004	h / 6563	GV
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0024	h / 4594	GV	0.0017	h / 6486	GV
C3	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0003	h / 9334	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	8.22	2.80	0.0005	h / 5600	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	5.42	2.80	0.0008	h / 3500	GV	0.0006	h / 4667	GV
	PISO 1	2.63	2.63	0.0007	h / 3750	GV	0.0004	h / 6563	GV
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0024	h / 4594	GV	0.0018	h / 6125	GV
C4	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0003	h / 9334	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	8.22	2.80	0.0005	h / 5600	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 2	5.42	2.80	0.0008	h / 3500	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 1	2.63	2.63	0.0007	h / 3750	GV	0.0004	h / 6563	GV
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0023	h / 4794	GV	0.0017	h / 6486	GV
C5	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0003	h / 9334	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	8.22	2.80	0.0005	h / 5600	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 2	5.42	2.80	0.0008	h / 3500	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 1	2.63	2.63	0.0007	h / 3750	GV	0.0004	h / 6563	GV
	Cimentación	0.00							
	Total								

Situaciones persistentes o transitorias									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		11.02	0.0023	h / 4794	GV	0.0017	h / 6486	GV
C6	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0003	h / 9334	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	8.22	2.80	0.0005	h / 5600	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	5.42	2.80	0.0008	h / 3500	GV	0.0006	h / 4667	GV
	PISO 1	2.63	2.63	0.0007	h / 3750	GV	0.0004	h / 6563	GV
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0023	h / 4794	GV	0.0018	h / 6125	GV
C7	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0004	h / 7000	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	8.22	2.80	0.0006	h / 4667	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 2	5.42	2.80	0.0008	h / 3500	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 1	2.63	2.63	0.0007	h / 3750	GV	0.0004	h / 6563	GV
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0026	h / 4241	GV	0.0017	h / 6486	GV
C8	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0004	h / 7000	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	8.22	2.80	0.0006	h / 4667	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 2	5.42	2.80	0.0008	h / 3500	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 1	2.63	2.63	0.0007	h / 3750	GV	0.0004	h / 6563	GV
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0026	h / 4241	GV	0.0017	h / 6486	GV
C9	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0004	h / 7000	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	8.22	2.80	0.0006	h / 4667	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	5.42	2.80	0.0008	h / 3500	GV	0.0006	h / 4667	GV
	PISO 1	2.63	2.63	0.0007	h / 3750	GV	0.0004	h / 6563	GV
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0026	h / 4241	GV	0.0018	h / 6125	GV
C10	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0006	h / 4667	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	8.22	2.80	0.0008	h / 3500	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 2	5.42	2.80	0.0012	h / 2334	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 1	2.63	2.63	0.0010	h / 2625	GV	0.0004	h / 6563	GV
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0036	h / 3063	GV	0.0017	h / 6486	GV
C11	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0006	h / 4667	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	8.22	2.80	0.0008	h / 3500	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 2	5.42	2.80	0.0012	h / 2334	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 1	2.63	2.63	0.0010	h / 2625	GV	0.0004	h / 6563	GV
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0036	h / 3063	GV	0.0017	h / 6486	GV
C12	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0006	h / 4667	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	8.22	2.80	0.0008	h / 3500	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	5.42	2.80	0.0012	h / 2334	GV	0.0006	h / 4667	GV
	PISO 1	2.63	2.63	0.0010	h / 2625	GV	0.0004	h / 6563	GV
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0036	h / 3063	GV	0.0018	h / 6125	GV

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0057	h / 492	----	0.0109	h / 257	----
	PISO 3	8.22	2.80	0.0083	h / 338	----	0.0160	h / 175	----
	PISO 2	5.42	2.80	0.0110	h / 255	----	0.0209	h / 134	----
	PISO 1	2.63	2.63	0.0087	h / 302	----	0.0159	h / 166	----
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0337	h / 328	----	0.0632	h / 175	----
C2	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0057	h / 492	----	0.0104	h / 270	----
	PISO 3	8.22	2.80	0.0083	h / 338	----	0.0152	h / 185	----
	PISO 2	5.42	2.80	0.0110	h / 255	----	0.0197	h / 143	----
	PISO 1	2.63	2.63	0.0087	h / 302	----	0.0150	h / 175	----
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0337	h / 328	----	0.0598	h / 185	----
C3	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0057	h / 492	----	0.0098	h / 286	----
	PISO 3	8.22	2.80	0.0083	h / 338	----	0.0143	h / 196	----
	PISO 2	5.42	2.80	0.0110	h / 255	----	0.0186	h / 151	----
	PISO 1	2.63	2.63	0.0087	h / 302	----	0.0140	h / 188	----
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0337	h / 328	----	0.0563	h / 196	----
C4	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0059	h / 475	----	0.0109	h / 257	----
	PISO 3	8.22	2.80	0.0083	h / 338	----	0.0160	h / 175	----
	PISO 2	5.42	2.80	0.0109	h / 257	----	0.0209	h / 134	----
	PISO 1	2.63	2.63	0.0087	h / 302	----	0.0159	h / 166	----
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0336	h / 329	----	0.0632	h / 175	----
C5	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0059	h / 475	----	0.0104	h / 270	----
	PISO 3	8.22	2.80	0.0083	h / 338	----	0.0152	h / 185	----
	PISO 2	5.42	2.80	0.0109	h / 257	----	0.0197	h / 143	----
	PISO 1	2.63	2.63	0.0087	h / 302	----	0.0150	h / 175	----
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0336	h / 329	----	0.0598	h / 185	----
C6	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0059	h / 475	----	0.0098	h / 286	----
	PISO 3	8.22	2.80	0.0083	h / 338	----	0.0143	h / 196	----
	PISO 2	5.42	2.80	0.0109	h / 257	----	0.0186	h / 151	----
	PISO 1	2.63	2.63	0.0087	h / 302	----	0.0140	h / 188	----
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0336	h / 329	----	0.0563	h / 196	----
C7	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0093	h / 302	----	0.0109	h / 257	----
	PISO 3	8.22	2.80	0.0129	h / 218	----	0.0160	h / 175	----
	PISO 2	5.42	2.80	0.0168	h / 167	----	0.0209	h / 134	----
	PISO 1	2.63	2.63	0.0134	h / 196	----	0.0159	h / 166	----
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0519	h / 213	----	0.0632	h / 175	----
C8	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0093	h / 302	----	0.0102	h / 275	----
	PISO 3	8.22	2.80	0.0129	h / 218	----	0.0149	h / 188	----
	PISO 2	5.42	2.80	0.0168	h / 167	----	0.0194	h / 145	----
	PISO 1	2.63	2.63	0.0134	h / 196	----	0.0147	h / 179	----
	Cimentación	0.00							
	Total								

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		11.02	0.0519	h / 213	----	0.0589	h / 188	----
C9	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0093	h / 302	----	0.0098	h / 286	----
	PISO 3	8.22	2.80	0.0129	h / 218	----	0.0143	h / 196	----
	PISO 2	5.42	2.80	0.0168	h / 167	----	0.0186	h / 151	----
	PISO 1	2.63	2.63	0.0134	h / 196	----	0.0140	h / 188	----
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0519	h / 213	----	0.0563	h / 196	----
C10	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0152	h / 185	----	0.0109	h / 257	----
	PISO 3	8.22	2.80	0.0211	h / 133	----	0.0160	h / 175	----
	PISO 2	5.42	2.80	0.0274	h / 103	----	0.0209	h / 134	----
	PISO 1	2.63	2.63	0.0218	h / 121	----	0.0159	h / 166	----
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0848	h / 131	----	0.0632	h / 175	----
C11	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0152	h / 185	----	0.0102	h / 275	----
	PISO 3	8.22	2.80	0.0211	h / 133	----	0.0149	h / 188	----
	PISO 2	5.42	2.80	0.0274	h / 103	----	0.0194	h / 145	----
	PISO 1	2.63	2.63	0.0218	h / 121	----	0.0147	h / 179	----
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0848	h / 131	----	0.0589	h / 188	----
C12	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0152	h / 185	----	0.0098	h / 286	----
	PISO 3	8.22	2.80	0.0211	h / 133	----	0.0143	h / 196	----
	PISO 2	5.42	2.80	0.0274	h / 103	----	0.0186	h / 151	----
	PISO 1	2.63	2.63	0.0218	h / 121	----	0.0140	h / 188	----
	Cimentación	0.00							
	Total		11.02	0.0848	h / 131	----	0.0563	h / 196	----
Notas: ⁽¹⁾ Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.									

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

Valores máximos

Desplome local máximo de los pilares (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
CUBIERTA	1 / 4667 (C10, ...)	1 / 7000 (C1, ...)	1 / 185 (C10, ...)	1 / 257 (C1, ...)
PISO 3	1 / 3500 (C10, ...)	1 / 5600 (C3, ...)	1 / 133 (C10, ...)	1 / 175 (C1, ...)
PISO 2	1 / 2334 (C10, ...)	1 / 4667 (C3, ...)	1 / 103 (C10, ...)	1 / 134 (C1, ...)
PISO 1	1 / 2625 (C10, ...)	1 / 6563 (C1, ...)	1 / 121 (C10, ...)	1 / 166 (C1, ...)
Notas: ⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.				

Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 3063 (C10, ...)	1 / 6125 (C3, ...)	1 / 131 (C10, ...)	1 / 175 (C1, ...)

Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Notas: ⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.			

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

Esfuerzos y armados de pilares, pantallas y muros

1. ARRANQUES DE COLUMNAS, MUROS DE CORTANTE Y MUROS POR HIPÓTESIS

■ Nota:

Los esfuerzos están referidos a ejes locales de la columna.

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
C1	Peso propio	7.45	-0.04	0.07	-0.04	0.11	0.00
	Cargas muertas	3.06	-0.02	0.09	-0.02	0.12	0.00
	Carga viva	1.35	-0.01	0.04	-0.01	0.05	0.00
	Viento +X exc.+	-2.13	1.18	0.08	0.74	0.05	-0.00
	Viento +X exc.-	-1.31	0.53	-0.24	0.33	-0.15	0.01
	Viento -X exc.+	2.13	-1.18	-0.08	-0.74	-0.05	0.00
	Viento -X exc.-	1.31	-0.53	0.24	-0.33	0.15	-0.01
	Viento +Y exc.+	0.69	-0.04	0.43	-0.03	0.26	0.00
	Viento +Y exc.-	0.53	0.08	0.49	0.05	0.29	0.00
	Viento -Y exc.+	-0.69	0.04	-0.43	0.03	-0.26	0.00
	Viento -Y exc.-	-0.53	-0.08	-0.49	-0.05	-0.29	0.00
	Sismo X Modo 1	-0.10	-0.01	-0.07	-0.00	-0.04	0.00
	Sismo X Modo 2	-3.29	0.92	-0.78	0.57	-0.47	0.03
	Sismo X Modo 3	4.30	-2.30	-0.65	-1.42	-0.39	0.02
	Sismo X Modo 4	0.02	-0.00	-0.03	-0.00	-0.02	0.00
	Sismo X Modo 5	0.15	0.09	-0.07	0.06	-0.04	0.00
	Sismo Y Modo 1	-5.28	-0.34	-3.62	-0.22	-2.11	0.01
	Sismo Y Modo 2	-0.16	0.04	-0.04	0.03	-0.02	0.00
	Sismo Y Modo 3	0.45	-0.24	-0.07	-0.15	-0.04	0.00
	Sismo Y Modo 4	0.26	-0.03	-0.41	-0.02	-0.27	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.02	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.00
C2	Peso propio	11.31	0.00	0.21	0.00	0.27	0.00
	Cargas muertas	6.73	0.00	0.27	0.00	0.32	0.00
	Carga viva	2.95	0.00	0.12	0.00	0.14	0.00
	Viento +X exc.+	0.03	1.43	0.01	1.03	0.01	-0.00
	Viento +X exc.-	0.01	0.64	-0.00	0.46	-0.00	0.01
	Viento -X exc.+	-0.03	-1.43	-0.01	-1.03	-0.01	0.00
	Viento -X exc.-	-0.01	-0.64	0.00	-0.46	0.00	-0.01
	Viento +Y exc.+	0.64	-0.06	0.46	-0.04	0.27	0.00
	Viento +Y exc.-	0.64	0.09	0.46	0.07	0.27	0.00
	Viento -Y exc.+	-0.64	0.06	-0.46	0.04	-0.27	0.00
	Viento -Y exc.-	-0.64	-0.09	-0.46	-0.07	-0.27	0.00
	Sismo X Modo 1	-0.11	-0.01	-0.07	-0.01	-0.04	0.00
	Sismo X Modo 2	0.31	1.13	0.15	0.81	0.09	0.03

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo X Modo 3	0.11	-2.83	0.07	-2.02	0.04	0.02
	Sismo X Modo 4	0.02	-0.00	-0.03	-0.00	-0.02	0.00
	Sismo X Modo 5	-0.03	0.11	0.04	0.08	0.03	0.00
	Sismo Y Modo 1	-5.76	-0.41	-3.45	-0.29	-2.01	0.01
	Sismo Y Modo 2	0.01	0.05	0.01	0.04	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	0.01	-0.30	0.01	-0.21	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 4	0.28	-0.03	-0.39	-0.02	-0.26	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
C3	Peso propio	7.88	0.04	0.09	0.04	0.14	0.00
	Cargas muertas	3.22	0.02	0.09	0.02	0.13	0.00
	Carga viva	1.41	0.01	0.04	0.01	0.06	0.00
	Viento +X exc.+	2.17	1.18	-0.06	0.74	-0.04	-0.00
	Viento +X exc.-	1.32	0.53	0.23	0.33	0.14	0.01
	Viento -X exc.+	-2.17	-1.18	0.06	-0.74	0.04	0.00
	Viento -X exc.-	-1.32	-0.53	-0.23	-0.33	-0.14	-0.01
	Viento +Y exc.+	0.58	-0.05	0.48	-0.03	0.29	0.00
	Viento +Y exc.-	0.74	0.07	0.42	0.05	0.25	0.00
	Viento -Y exc.+	-0.58	0.05	-0.48	0.03	-0.29	0.00
	Viento -Y exc.-	-0.74	-0.07	-0.42	-0.05	-0.25	0.00
	Sismo X Modo 1	-0.12	-0.01	-0.07	-0.00	-0.04	0.00
	Sismo X Modo 2	3.84	0.92	1.07	0.57	0.63	0.03
	Sismo X Modo 3	-4.05	-2.30	0.78	-1.42	0.47	0.02
	Sismo X Modo 4	0.02	-0.00	-0.03	-0.00	-0.02	0.00
	Sismo X Modo 5	-0.20	0.09	0.15	0.06	0.10	0.00
	Sismo Y Modo 1	-6.27	-0.32	-3.27	-0.19	-1.90	0.01
	Sismo Y Modo 2	0.18	0.04	0.05	0.03	0.03	0.00
	Sismo Y Modo 3	-0.43	-0.24	0.08	-0.15	0.05	0.00
	Sismo Y Modo 4	0.29	-0.03	-0.36	-0.02	-0.24	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
C4	Peso propio	11.42	-0.04	-0.08	-0.04	-0.06	0.00
	Cargas muertas	6.80	-0.02	-0.06	-0.02	-0.04	0.00
	Carga viva	2.99	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	0.00
	Viento +X exc.+	-2.06	1.09	0.09	0.69	0.06	-0.00
	Viento +X exc.-	-1.58	0.85	-0.29	0.54	-0.20	0.01
	Viento -X exc.+	2.06	-1.09	-0.09	-0.69	-0.06	0.00
	Viento -X exc.-	1.58	-0.85	0.29	-0.54	0.20	-0.01
	Viento +Y exc.+	-0.02	-0.01	0.52	-0.01	0.35	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.11	0.03	0.59	0.02	0.40	0.00
	Viento -Y exc.+	0.02	0.01	-0.52	0.01	-0.35	0.00
	Viento -Y exc.-	0.11	-0.03	-0.59	-0.02	-0.40	0.00
	Sismo X Modo 1	0.02	-0.00	-0.09	-0.00	-0.06	0.00
	Sismo X Modo 2	-4.91	2.19	-0.95	1.35	-0.65	0.03
	Sismo X Modo 3	3.13	-1.34	-0.77	-0.83	-0.52	0.02

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo X Modo 4	-0.00	0.00	-0.04	0.00	-0.03	0.00
	Sismo X Modo 5	0.23	0.24	-0.08	0.16	-0.06	0.00
	Sismo Y Modo 1	0.80	-0.11	-4.37	-0.07	-2.95	0.01
	Sismo Y Modo 2	-0.23	0.10	-0.04	0.06	-0.03	0.00
	Sismo Y Modo 3	0.33	-0.14	-0.08	-0.09	-0.05	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.04	0.01	-0.48	0.00	-0.35	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.03	0.03	-0.01	0.02	-0.01	0.00
C5	Peso propio	18.54	-0.04	-0.13	-0.04	-0.12	0.00
	Cargas muertas	14.55	-0.05	-0.10	-0.05	-0.09	0.00
	Carga viva	6.39	-0.02	-0.04	-0.02	-0.04	0.00
	Viento +X exc.+	-0.19	1.33	-0.01	0.96	-0.01	-0.00
	Viento +X exc.-	-0.14	1.04	-0.02	0.75	-0.02	0.01
	Viento -X exc.+	0.19	-1.33	0.01	-0.96	0.01	0.00
	Viento -X exc.-	0.14	-1.04	0.02	-0.75	0.02	-0.01
	Viento +Y exc.+	-0.14	-0.03	0.54	-0.03	0.37	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.15	0.02	0.54	0.01	0.37	0.00
	Viento -Y exc.+	0.14	0.03	-0.54	0.03	-0.37	0.00
	Viento -Y exc.-	0.15	-0.02	-0.54	-0.01	-0.37	0.00
	Sismo X Modo 1	0.02	0.00	-0.08	0.00	-0.05	0.00
	Sismo X Modo 2	-0.40	2.69	0.14	1.92	0.07	0.03
	Sismo X Modo 3	0.26	-1.66	0.11	-1.19	0.09	0.02
	Sismo X Modo 4	-0.00	0.00	-0.04	0.00	-0.03	0.00
	Sismo X Modo 5	0.02	0.28	0.04	0.21	0.03	0.00
	Sismo Y Modo 1	1.02	-0.03	-4.09	0.02	-2.73	0.01
	Sismo Y Modo 2	-0.02	0.13	0.01	0.09	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	0.03	-0.17	0.01	-0.12	0.01	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.06	0.02	-0.44	0.01	-0.32	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00
C6	Peso propio	11.94	0.05	-0.12	0.05	-0.10	0.00
	Cargas muertas	6.69	0.03	-0.09	0.03	-0.07	0.00
	Carga viva	2.94	0.01	-0.04	0.01	-0.03	0.00
	Viento +X exc.+	2.07	1.09	-0.07	0.69	-0.05	-0.00
	Viento +X exc.-	1.61	0.85	0.28	0.54	0.20	0.01
	Viento -X exc.+	-2.07	-1.09	0.07	-0.69	0.05	0.00
	Viento -X exc.-	-1.61	-0.85	-0.28	-0.54	-0.20	-0.01
	Viento +Y exc.+	-0.05	-0.01	0.57	-0.00	0.39	0.00
	Viento +Y exc.-	0.04	0.03	0.51	0.02	0.35	0.00
	Viento -Y exc.+	0.05	0.01	-0.57	0.00	-0.39	0.00
	Viento -Y exc.-	-0.04	-0.03	-0.51	-0.02	-0.35	0.00
	Sismo X Modo 1	0.00	-0.00	-0.08	-0.00	-0.05	0.00
	Sismo X Modo 2	4.94	2.19	1.30	1.35	0.89	0.03
	Sismo X Modo 3	-3.14	-1.34	0.93	-0.83	0.63	0.02
	Sismo X Modo 4	-0.00	0.00	-0.04	0.00	-0.03	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo X Modo 5	-0.23	0.24	0.17	0.16	0.12	0.00
	Sismo Y Modo 1	-0.03	-0.11	-3.95	-0.07	-2.67	0.01
	Sismo Y Modo 2	0.23	0.10	0.06	0.06	0.04	0.00
	Sismo Y Modo 3	-0.33	-0.14	0.10	-0.09	0.07	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.03	0.01	-0.42	0.00	-0.30	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00
C7	Peso propio	13.97	-0.07	0.07	-0.08	0.11	0.00
	Cargas muertas	9.55	-0.04	0.11	-0.04	0.15	0.00
	Carga viva	4.19	-0.02	0.05	-0.02	0.06	0.00
	Viento +X exc.+	-1.29	0.95	0.08	0.57	0.06	-0.00
	Viento +X exc.-	-1.36	1.10	-0.28	0.66	-0.19	0.01
	Viento -X exc.+	1.29	-0.95	-0.08	-0.57	-0.06	0.00
	Viento -X exc.-	1.36	-1.10	0.28	-0.66	0.19	-0.01
	Viento +Y exc.+	-0.23	0.01	0.50	0.01	0.33	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.22	-0.01	0.57	-0.01	0.38	0.00
	Viento -Y exc.+	0.23	-0.01	-0.50	-0.01	-0.33	0.00
	Viento -Y exc.-	0.22	0.01	-0.57	0.01	-0.38	0.00
	Sismo X Modo 1	0.04	0.00	-0.08	0.00	-0.05	0.00
	Sismo X Modo 2	-4.82	3.22	-0.91	1.89	-0.60	0.03
	Sismo X Modo 3	0.95	-0.38	-0.74	-0.22	-0.49	0.02
	Sismo X Modo 4	-0.00	0.00	-0.04	0.00	-0.03	0.00
	Sismo X Modo 5	0.25	0.36	-0.07	0.24	-0.05	0.00
	Sismo Y Modo 1	1.90	0.12	-4.20	0.07	-2.76	0.01
	Sismo Y Modo 2	-0.23	0.15	-0.04	0.09	-0.03	0.00
	Sismo Y Modo 3	0.10	-0.04	-0.08	-0.02	-0.05	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.05	0.04	-0.46	0.02	-0.33	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.03	0.04	-0.01	0.03	-0.01	0.00
C8	Peso propio	17.81	0.08	0.02	0.09	0.05	0.00
	Cargas muertas	13.15	0.06	-0.01	0.08	0.01	0.00
	Carga viva	5.77	0.03	-0.00	0.03	0.00	0.00
	Viento +X exc.+	-1.73	1.25	-0.03	0.91	-0.03	-0.00
	Viento +X exc.-	-2.04	1.45	0.04	1.06	0.01	0.01
	Viento -X exc.+	1.73	-1.25	0.03	-0.91	0.03	0.00
	Viento -X exc.-	2.04	-1.45	-0.04	-1.06	-0.01	-0.01
	Viento +Y exc.+	-0.19	0.01	0.52	0.00	0.34	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.13	-0.03	0.51	-0.03	0.33	0.00
	Viento -Y exc.+	0.19	-0.01	-0.52	0.00	-0.34	0.00
	Viento -Y exc.-	0.13	0.03	-0.51	0.03	-0.33	0.00
	Sismo X Modo 1	0.02	0.01	-0.08	0.00	-0.05	0.00
	Sismo X Modo 2	-7.32	4.28	0.36	3.08	0.20	0.03
	Sismo X Modo 3	0.71	-0.52	0.29	-0.38	0.19	0.02
	Sismo X Modo 4	-0.00	0.00	-0.04	0.00	-0.03	0.00
	Sismo X Modo 5	0.26	0.45	0.07	0.34	0.05	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo Y Modo 1	1.23	0.25	-3.88	0.22	-2.52	0.01
	Sismo Y Modo 2	-0.35	0.20	0.02	0.15	0.01	0.00
	Sismo Y Modo 3	0.08	-0.05	0.03	-0.04	0.02	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.02	0.06	-0.42	0.04	-0.30	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.03	0.05	0.01	0.04	0.01	0.00
C9	Peso propio	10.39	0.01	-0.02	0.02	0.01	0.00
	Cargas muertas	4.31	0.00	-0.07	0.01	-0.05	0.00
	Carga viva	1.89	0.00	-0.03	0.00	-0.02	0.00
	Viento +X exc.+	3.15	1.08	-0.06	0.72	-0.04	-0.00
	Viento +X exc.-	3.55	1.26	0.27	0.84	0.18	0.01
	Viento -X exc.+	-3.15	-1.08	0.06	-0.72	0.04	0.00
	Viento -X exc.-	-3.55	-1.26	-0.27	-0.84	-0.18	-0.01
	Viento +Y exc.+	-0.13	0.02	0.55	0.01	0.37	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.21	-0.02	0.49	-0.01	0.33	0.00
	Viento -Y exc.+	0.13	-0.02	-0.55	-0.01	-0.37	0.00
	Viento -Y exc.-	0.21	0.02	-0.49	0.01	-0.33	0.00
	Sismo X Modo 1	0.04	0.00	-0.08	0.00	-0.05	0.00
	Sismo X Modo 2	12.43	3.70	1.25	2.43	0.83	0.03
	Sismo X Modo 3	-1.85	-0.44	0.90	-0.29	0.59	0.02
	Sismo X Modo 4	-0.01	0.00	-0.03	0.00	-0.02	0.00
	Sismo X Modo 5	-0.52	0.40	0.17	0.29	0.12	0.00
	Sismo Y Modo 1	1.94	0.12	-3.80	0.07	-2.50	0.01
	Sismo Y Modo 2	0.59	0.18	0.06	0.12	0.04	0.00
	Sismo Y Modo 3	-0.20	-0.05	0.09	-0.03	0.06	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.10	0.04	-0.41	0.03	-0.29	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.06	0.05	0.02	0.03	0.01	0.00
C10	Peso propio	14.14	-0.09	-0.21	-0.10	-0.21	0.00
	Cargas muertas	9.53	-0.08	-0.27	-0.08	-0.28	0.00
	Carga viva	4.18	-0.04	-0.12	-0.04	-0.12	0.00
	Viento +X exc.+	-1.17	0.84	0.06	0.51	0.04	-0.00
	Viento +X exc.-	-1.80	1.51	-0.24	0.91	-0.14	0.01
	Viento -X exc.+	1.17	-0.84	-0.06	-0.51	-0.04	0.00
	Viento -X exc.-	1.80	-1.51	0.24	-0.91	0.14	-0.01
	Viento +Y exc.+	-0.43	0.05	0.41	0.03	0.23	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.32	-0.07	0.46	-0.04	0.26	0.00
	Viento -Y exc.+	0.43	-0.05	-0.41	-0.03	-0.23	0.00
	Viento -Y exc.-	0.32	0.07	-0.46	0.04	-0.26	0.00
	Sismo X Modo 1	0.06	0.01	-0.07	0.01	-0.04	0.00
	Sismo X Modo 2	-7.04	4.78	-0.76	2.81	-0.44	0.03
	Sismo X Modo 3	-0.71	0.79	-0.60	0.46	-0.34	0.02
	Sismo X Modo 4	-0.01	0.01	-0.03	0.00	-0.02	0.00
	Sismo X Modo 5	0.36	0.53	-0.06	0.35	-0.04	0.00
	Sismo Y Modo 1	3.03	0.42	-3.41	0.25	-1.88	0.01

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
C11	Sismo Y Modo 2	-0.33	0.23	-0.04	0.13	-0.02	0.00
	Sismo Y Modo 3	-0.07	0.08	-0.06	0.05	-0.04	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.13	0.08	-0.39	0.05	-0.25	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.04	0.06	-0.01	0.04	-0.00	0.00
	Peso propio	17.70	0.05	-0.12	0.06	-0.11	0.00
	Cargas muertas	11.98	0.03	-0.16	0.04	-0.16	0.00
	Carga viva	5.26	0.01	-0.07	0.02	-0.07	0.00
	Viento +X exc.+	-1.70	1.10	-0.01	0.80	-0.01	-0.00
	Viento +X exc.-	-3.08	1.97	0.05	1.44	0.03	0.01
	Viento -X exc.+	1.70	-1.10	0.01	-0.80	0.01	0.00
	Viento -X exc.-	3.08	-1.97	-0.05	-1.44	-0.03	-0.01
	Viento +Y exc.+	-0.49	0.07	0.44	0.05	0.25	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.23	-0.09	0.42	-0.07	0.24	0.00
	Viento -Y exc.+	0.49	-0.07	-0.44	-0.05	-0.25	0.00
	Viento -Y exc.-	0.23	0.09	-0.42	0.07	-0.24	0.00
	Sismo X Modo 1	0.05	0.01	-0.06	0.01	-0.04	0.00
	Sismo X Modo 2	-12.12	6.33	0.35	4.56	0.19	0.03
	Sismo X Modo 3	-2.23	1.05	0.24	0.75	0.13	0.02
	Sismo X Modo 4	-0.01	0.01	-0.03	0.01	-0.02	0.00
	Sismo X Modo 5	0.45	0.68	0.06	0.52	0.04	0.00
	Sismo Y Modo 1	2.51	0.55	-3.21	0.40	-1.77	0.01
	Sismo Y Modo 2	-0.58	0.30	0.02	0.22	0.01	0.00
	Sismo Y Modo 3	-0.23	0.11	0.02	0.08	0.01	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.10	0.10	-0.36	0.08	-0.23	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.05	0.08	0.01	0.06	0.00	0.00
C12	Peso propio	9.53	0.02	-0.11	0.03	-0.09	0.00
	Cargas muertas	3.39	0.01	-0.05	0.02	-0.03	0.00
	Carga viva	1.49	0.00	-0.02	0.01	-0.01	0.00
	Viento +X exc.+	2.85	0.96	-0.05	0.64	-0.03	-0.00
	Viento +X exc.-	4.83	1.72	0.23	1.15	0.14	0.01
	Viento -X exc.+	-2.85	-0.96	0.05	-0.64	0.03	0.00
	Viento -X exc.-	-4.83	-1.72	-0.23	-1.15	-0.14	-0.01
	Viento +Y exc.+	-0.22	0.06	0.45	0.04	0.26	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.59	-0.08	0.40	-0.05	0.23	0.00
	Viento -Y exc.+	0.22	-0.06	-0.45	-0.04	-0.26	0.00
	Viento -Y exc.-	0.59	0.08	-0.40	0.05	-0.23	0.00
	Sismo X Modo 1	0.10	0.01	-0.06	0.01	-0.03	0.00
	Sismo X Modo 2	18.38	5.47	1.05	3.59	0.60	0.03
	Sismo X Modo 3	2.52	0.90	0.74	0.59	0.41	0.02
	Sismo X Modo 4	-0.03	0.01	-0.03	0.01	-0.02	0.00
	Sismo X Modo 5	-0.74	0.60	0.14	0.43	0.09	0.00
	Sismo Y Modo 1	4.91	0.47	-3.08	0.31	-1.69	0.01
	Sismo Y Modo 2	0.87	0.26	0.05	0.17	0.03	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo Y Modo 3	0.27	0.09	0.08	0.06	0.04	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.29	0.09	-0.34	0.06	-0.22	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.09	0.07	0.02	0.05	0.01	0.00

Justificación de la acción sísmica

Norma utilizada: NSR-10

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (2010)

Método de cálculo: Análisis dinámico espectral (NSR-10, A.3.4.2.2)

1.1. Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_a : 0.25 g

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_v : 0.25 g

V_m: Velocidad media de onda de cortante (NSR-10, A.2.4.3)

V_m : 180.00 m/s

Sistema estructural

R_{0X}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3)

R_{0X} : 7.00

R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3)

R_{0Y} : 7.00

Φ_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5)

Φ_a : 1.00

Φ_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4)

Φ_p : 0.90

Φ_{rx}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8)

Φ_{rx} : 1.00

Φ_{ry}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8)

Φ_{ry} : 1.00

Geometría en altura (NSR-10, A.3.3.4 y A.3.3.5): Irregular

Estimación del periodo fundamental de la estructura: Según norma

Tipología estructural (X): I

Tipología estructural (Y): I

h: Altura del edificio

h : 11.20 m

Tipo de edificación (NSR-10, A.2.5): I

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Grados de libertad que intervienen en el análisis: No se han considerado las plantas bajo rasante en el modelo dinámico

Fracción de sobrecarga de uso

: 0.00

Fracción de sobrecarga de nieve

: 0.00

Factor multiplicador del espectro

: 1.00

Efectos de la componente sísmica vertical

No se consideran

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

Se realiza análisis de los efectos de 2º orden
Valor para multiplicar los desplazamientos 1.00

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Especial (DES)

Factores reductores de la inercia (NSR-10,)

Vigas primarias frente a la acción sísmica: 1

Vigas secundarias frente a la acción sísmica: 0.01

Forjados primarios frente a la acción sísmica: 1

Pilares primarios frente a la acción sísmica: 1

Muros de cortante: 1

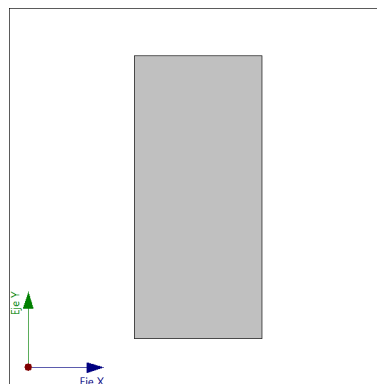
Muros: 1

Muros de mampostería: 1

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

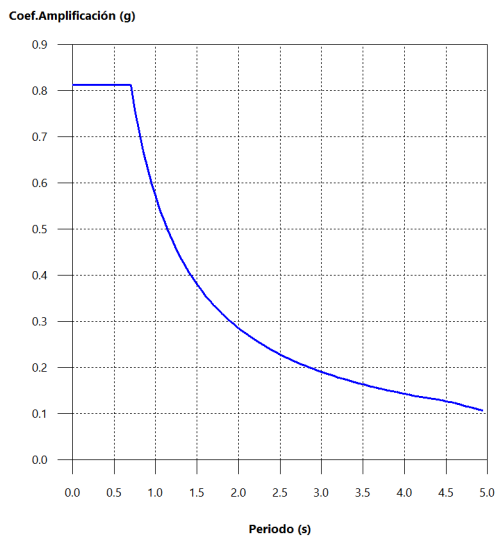
Acción sísmica según Y



Proyección en planta de la obra

1.2. Espectro de cálculo

1.2.1. Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.812 g.

NSR-10 (A.2.6.1)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_a : 0.25 g

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_v : 0.25 g

F_a: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (NSR-10, Tabla A.2.4-3)

F_a : 1.30

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)

Suelo : D

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_a : 0.25 g

F_v: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (NSR-10, Tabla A.2.4-4)

F_v : 1.90

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)

Suelo : D

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_v : 0.25 g

I: Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5)

I : 1.00

Tipo de edificación: I

T_c: Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (NSR-10, A.2.6.1)

T_c : 0.70 s

T_l: Periodo correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (NSR-10, A.2.6.1)

T_l : 4.56 s

1.2.2. Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (R) correspondiente a cada dirección de análisis.

Coeficiente de capacidad de disipación de energía (NSR-10, A.3.3.3)

R_X: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (X)

R_Y: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (Y)

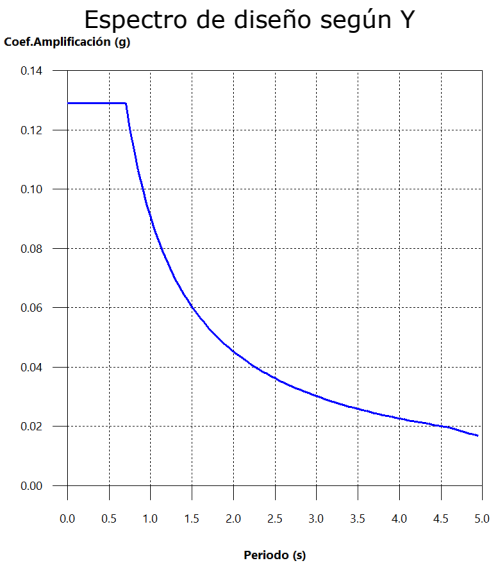
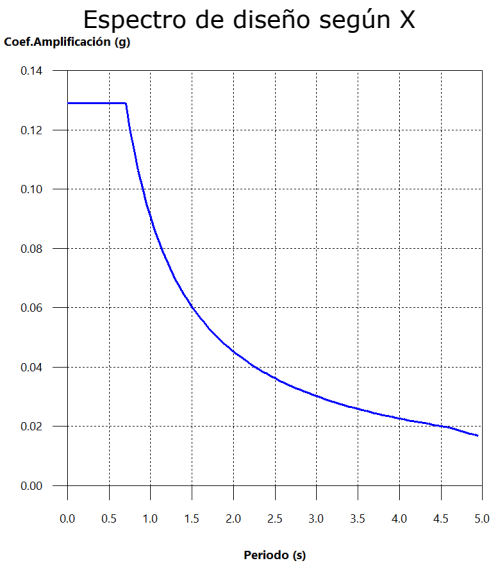
R_{Xi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (X) **R_{Xi}** : 6.30

R_{Yi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y) **R_{Yi}** : 6.30

Donde:

R_{0X} : Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3)	R_{0X} : <u>7.00</u>
R_{0Y} : Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3)	R_{0Y} : <u>7.00</u>
Φ_a : Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5)	Φ_a : <u>1.00</u>
Φ_p : Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4)	Φ_p : <u>0.90</u>
Φ_{rX} : Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8)	Φ_{rX} : <u>1.00</u>
Φ_{rY} : Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8)	Φ_{rY} : <u>1.00</u>

NSR-10 (A.3.7)



1.3. Coeficientes de participación

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Condición X(1)	Condición Y(1)
Modo 1	0.452	0.0165	0.9493	0.314	0.03 %	83.41 %	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 6.55022 mm	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 6.55022 mm
Modo 2	0.430	0.3917	0.0212	0.9199	66.42 %	0.19 %	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 5.91968 mm	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 5.91968 mm
Modo 3	0.371	0.1143	0.0137	0.9933	18.06 %	0.26 %	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 4.41721 mm	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 4.41721 mm
Modo 4	0.153	0.0684	0.9168	0.3935	0.06 %	10.2 %	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 0.75427 mm	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 0.75427 mm
Modo 5	0.149	0.3745	0.0498	0.9259	7.76 %	0.14 %	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 0.70952 mm	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 0.70952 mm
Total					92.33 %	94.2 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz}: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

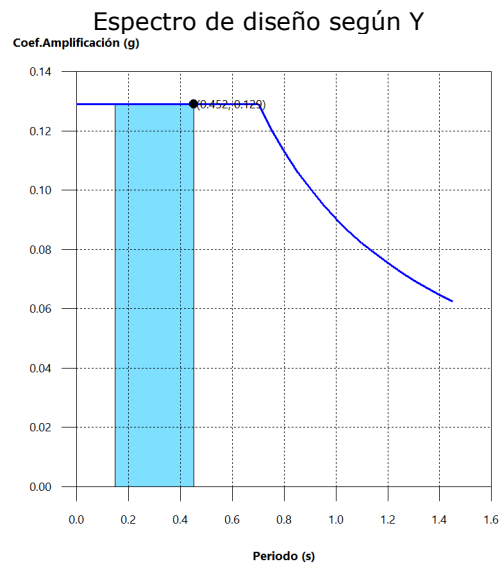
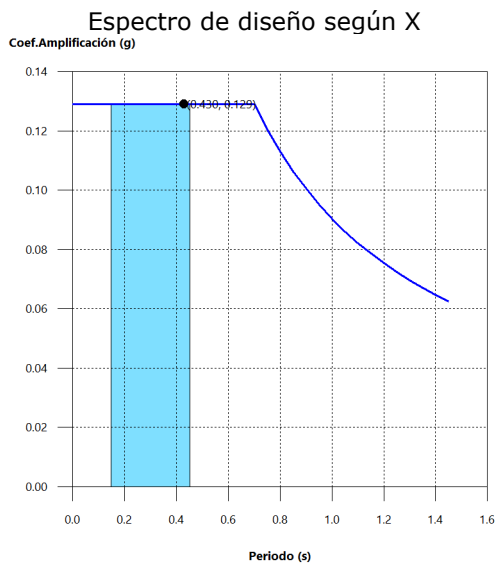
M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales



Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Condición Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.430	0.129

Condición Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.452	0.129

1.4. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
CUBIERTA	(3.10, -6.57)	(3.13, -5.85)	-0.02	-0.72
PISO 3	(2.94, -6.45)	(3.13, -5.85)	-0.18	-0.60
PISO 2	(2.94, -6.45)	(3.13, -5.85)	-0.18	-0.60
PISO 1	(2.94, -6.45)	(3.13, -5.85)	-0.18	-0.60

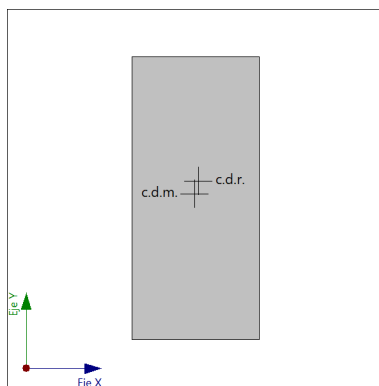
c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)

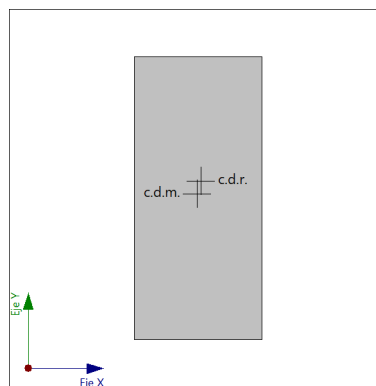
e_x : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

e_y : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

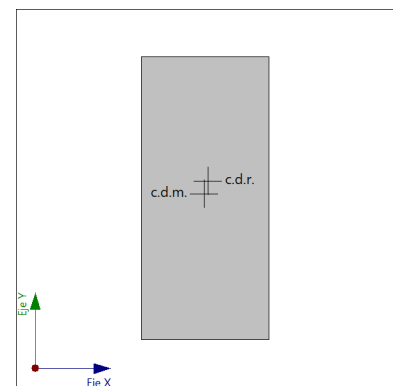
Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta



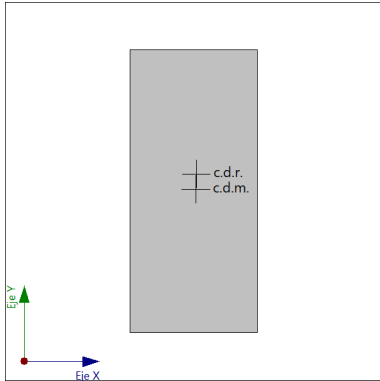
PISO 1



PISO 2



PISO 3



CUBIERTA

1.5. Corrección por cortante basal

1.5.1. Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (V_d), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_x (t)	$V_{d,x}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	0.0079	23.1606
	Modo 2	20.6077	
	Modo 3	5.6038	
	Modo 4	0.0176	
	Modo 5	2.4085	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_y (t)	$V_{d,y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	25.9372	26.2208
	Modo 2	0.0603	
	Modo 3	0.0807	
	Modo 4	3.1714	
	Modo 5	0.0426	

$V_{d,x}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

1.5.2. Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

$V_{s,x}$: Cortante sísmico en la base (X) (NSR-10, A.4.3.1)

$V_{s,x}$: 31.0236 t

$S_{d,x}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X)

$T_{a,x}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NSR-10, A.4.2.2)

$S_{d,x}(T_a)$: 0.129 g

$T_{a,x}$: 0.41 s

Tipología estructural (X): I

h: Altura del edificio

h : 11.20 m

$V_{s,y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NSR-10, A.4.3.1)

$V_{s,y}$: 31.0236 t

$S_{d,y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y)

$T_{a,y}$: Periodo fundamental aproximado (Y) (NSR-10, A.4.2.2)

$S_{d,y}(T_a)$: 0.129 g

$T_{a,y}$: 0.41 s

Tipología estructural (Y): I

h: Altura del edificio

h : 11.20 m

W: Peso sísmico total de la estructura

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

W : 240.5525 t

w_i : Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Planta	w_i (t)
CUBIERTA	36.1076
PISO 3	68.1483
PISO 2	68.1483
PISO 1	68.1483
$W=\sum w_i$	240.5525

1.5.3. Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 90 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.90 \cdot V_s / V_d$.

Geometría en altura (NSR-10, A.3.3.4 y A.3.3.5): Irregular

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.90 \cdot V_{s,X}$ $23.1606 \text{ t} \geq 27.9213 \text{ t}$	1.21
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.90 \cdot V_{s,Y}$ $26.2208 \text{ t} \geq 27.9213 \text{ t}$	1.06

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,X}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,Y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

1.6. Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

1.6.1. Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

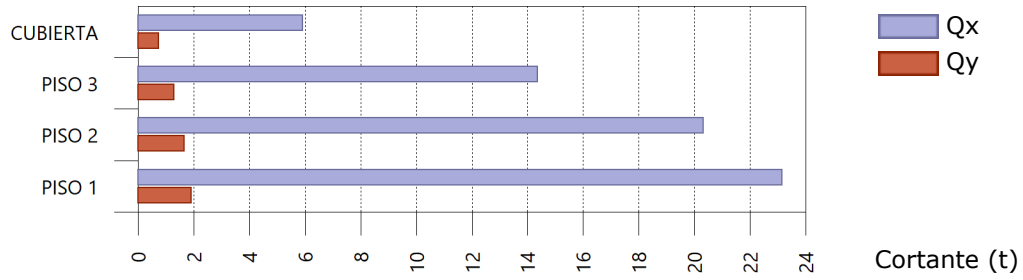
Planta	Q_x (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
CUBIERTA	5.9085	5.9085	0.7153	0.7153
PISO 3	14.3628	8.6644	1.2733	0.6434
PISO 2	20.3241	6.5604	1.6444	0.6985
PISO 1	23.1606	3.3220	1.9010	0.4467

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

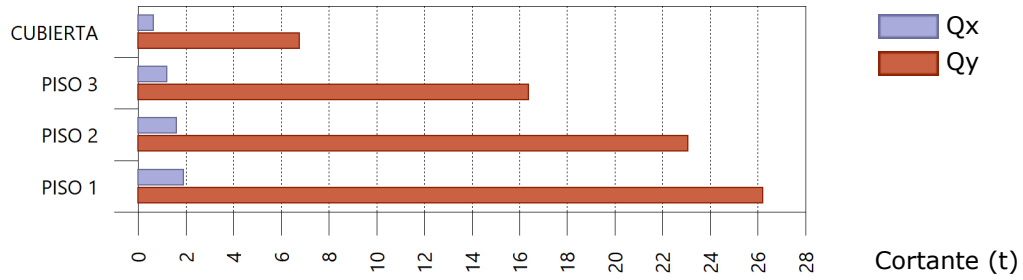
Planta	Q_x (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
CUBIERTA	0.6263	0.6263	6.7705	6.7705
PISO 3	1.1998	0.6794	16.3639	9.8879
PISO 2	1.6062	0.7238	23.0670	7.6242
PISO 1	1.9038	0.4849	26.2208	3.8712

Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1

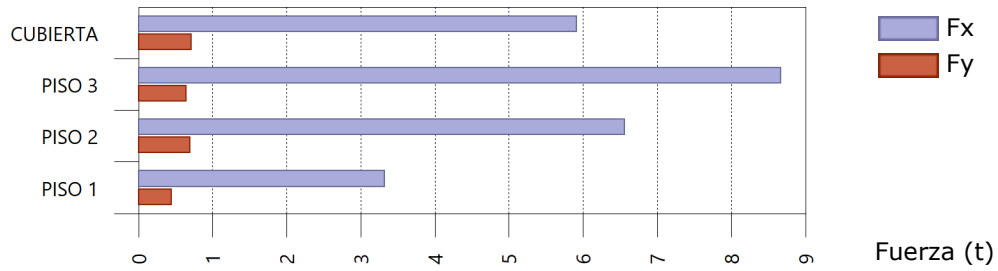


Hipótesis sísmica: Sismo Y1

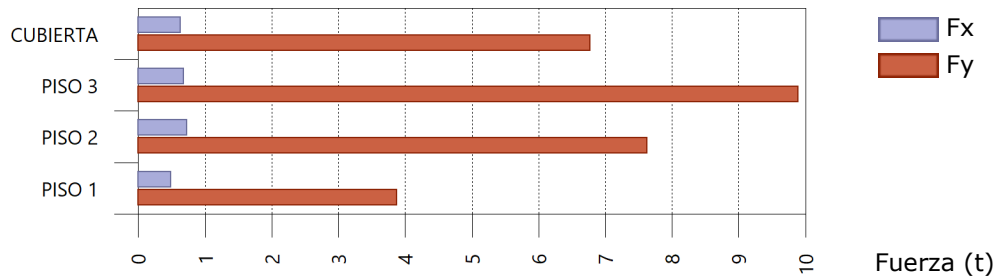


Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1



Anexo D

Reportes del modelo con pórticos metálicos

Contenido

CAPTURA MODELO	2
Distorsiones de pilares, pantallas y muros.....	9
Esfuerzos y armados de pilares, pantallas y muros.....	14
Justificación de la acción sísmica.....	21

**CAPTURAS MODELO
NIVEL DE ARRANQUE**

C1 H

C2 H

C3 H

C4 H

C5 H

C6 H

C7 H

C8 H

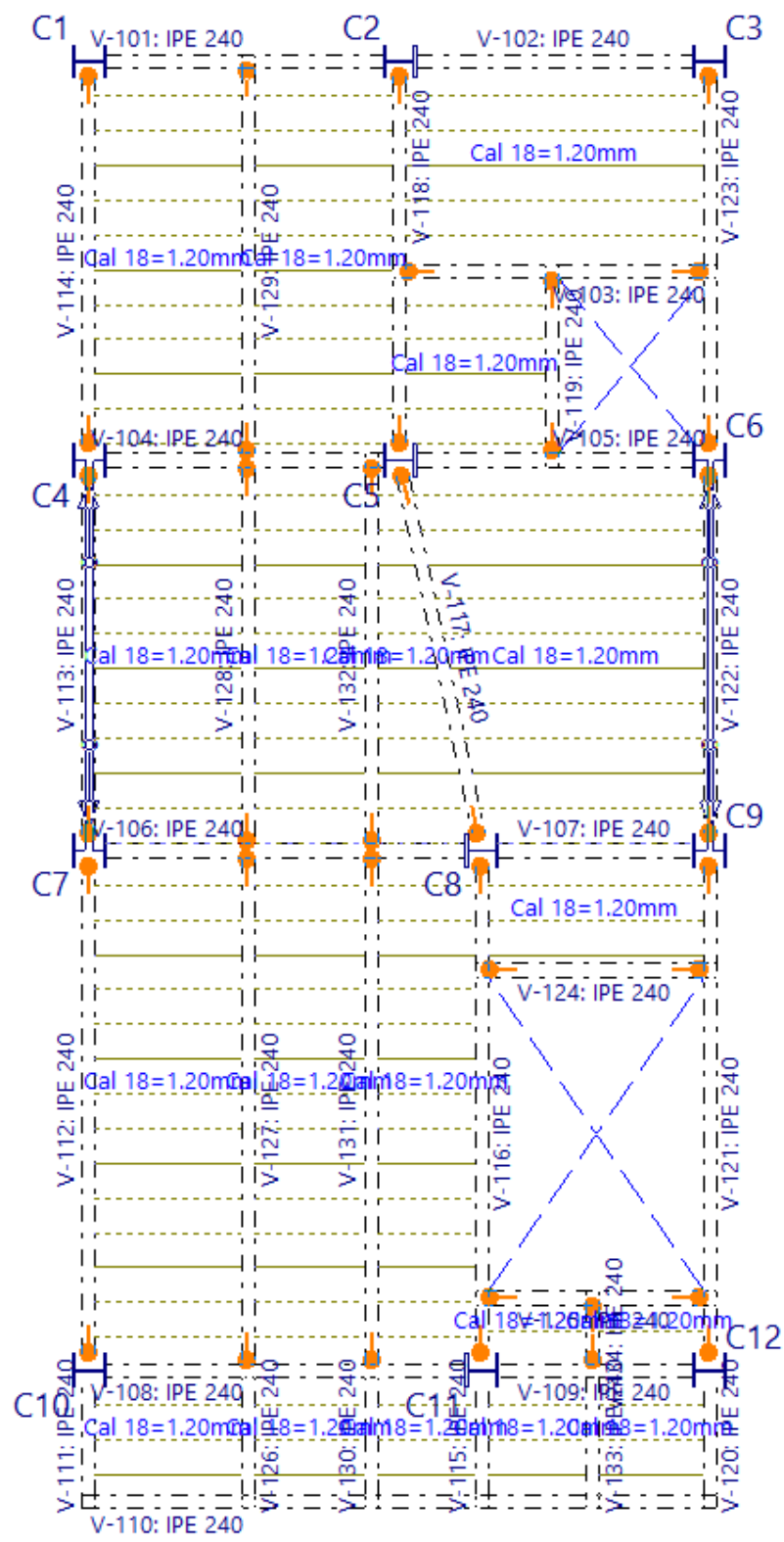
C9 H

C10 H

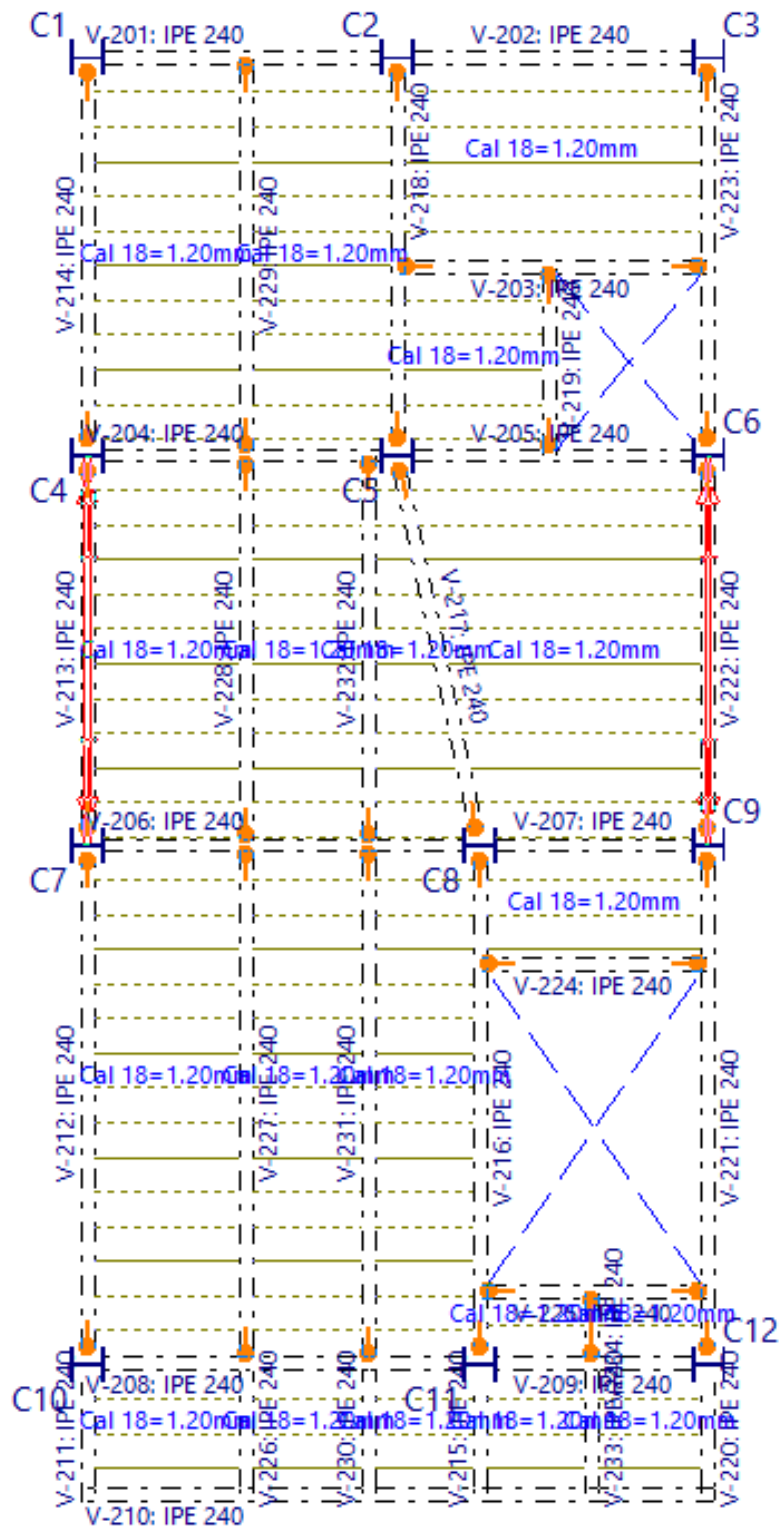
C11 H

C12 H

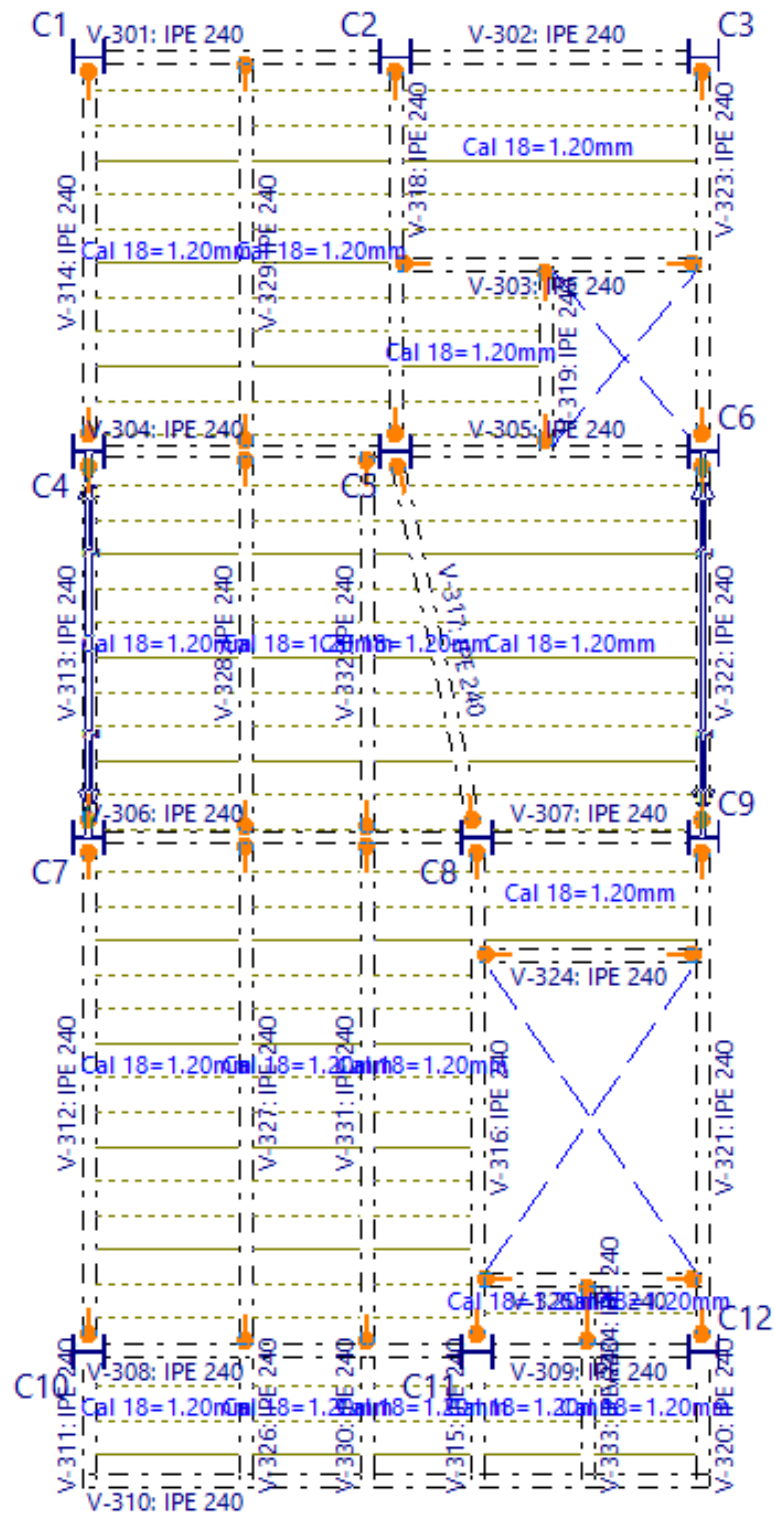
PISO 2



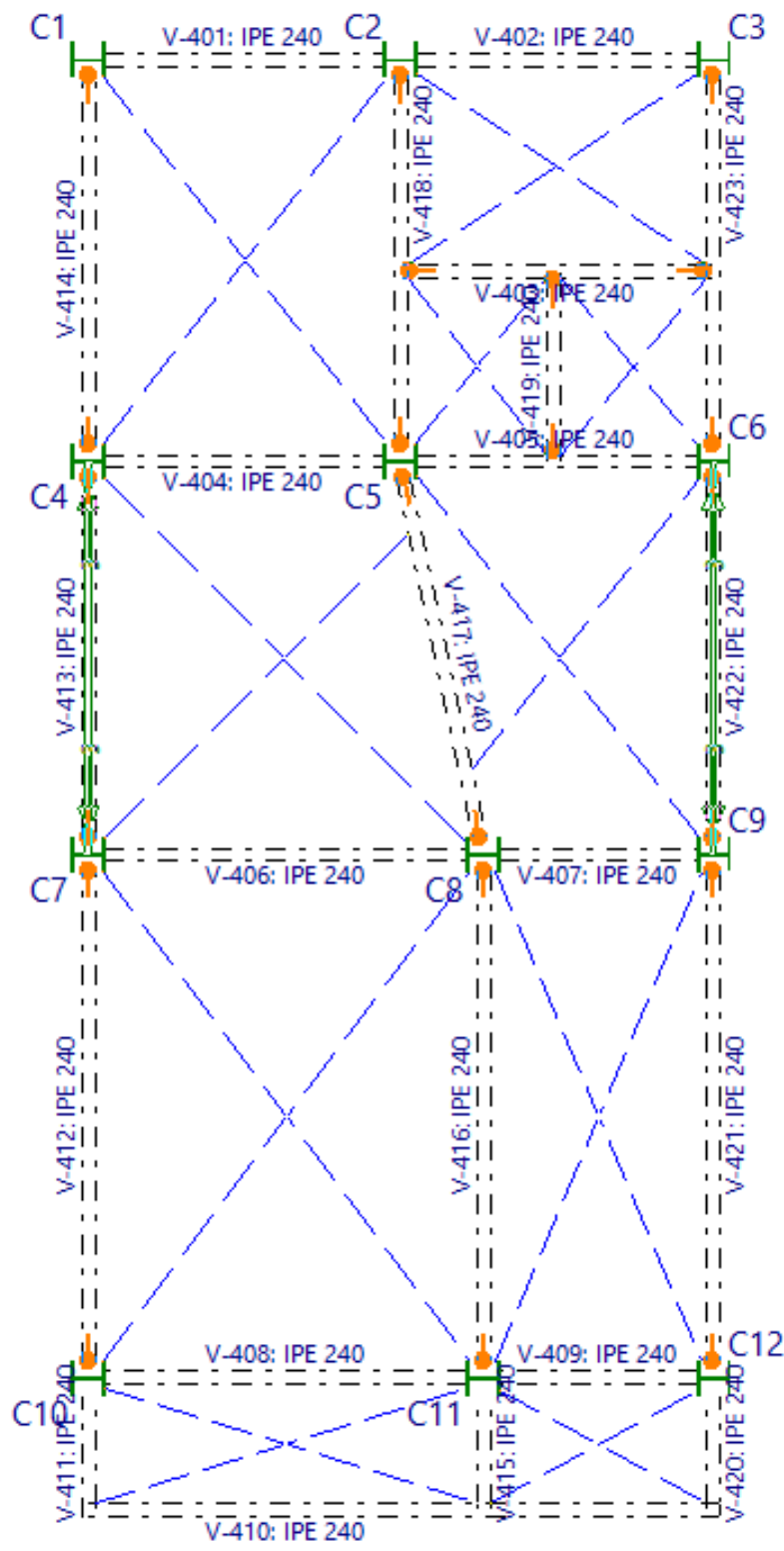
PISO 3

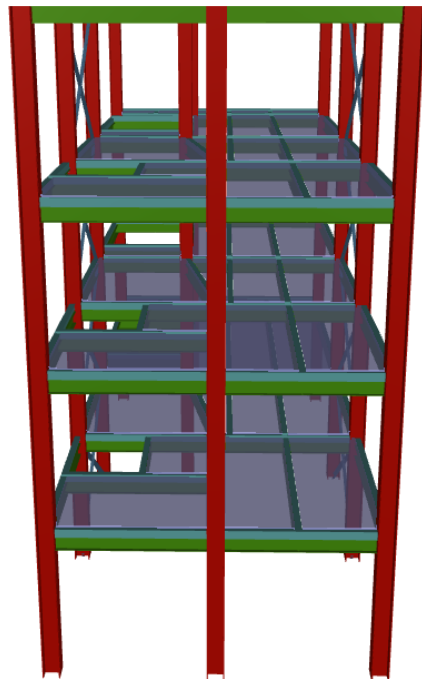
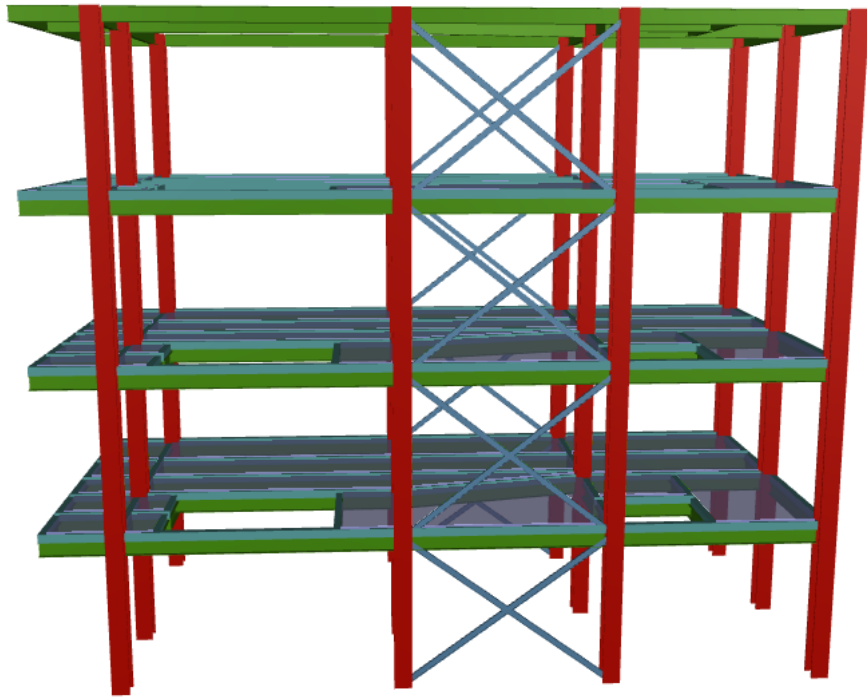


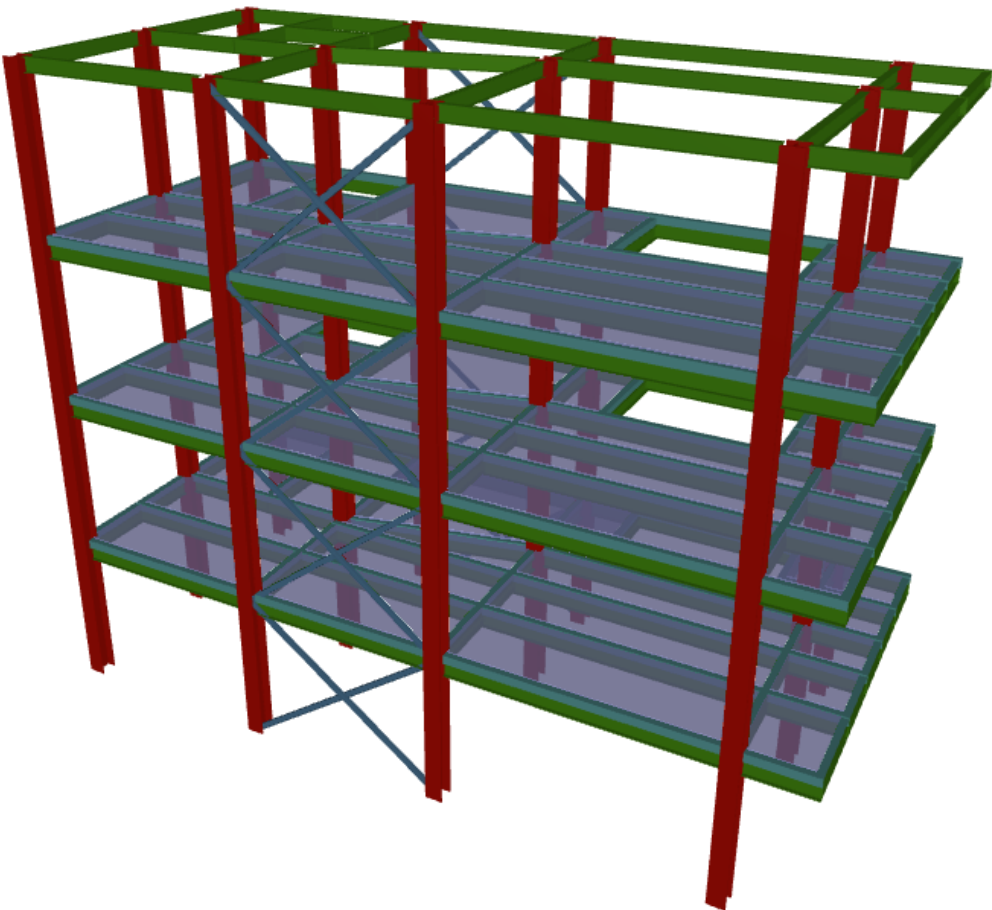
PISO 4



CUBIERTA







Distorsiones de pilares, pantallas y muros

- h: Altura del nivel respecto al inmediato inferior

- Distorsión:
 - Absoluta: Diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior
 - Relativa: Relación entre la altura y la distorsión absoluta

- Origen:
 - G: Sólo gravitatorias
 - GV: Gravitatorias + viento

- Nota:
 - Las diferentes normas suelen limitar el valor de la distorsión relativa entre plantas y de la distorsión total (desplome) del edificio.
 - El valor absoluto se utilizará para definir las juntas sísmicas. El valor relativo suele limitarse en función de la altura de la planta 'h'. Se comprueba el valor 'Total' tomando en ese caso como valor de 'h' la altura total.

Situaciones persistentes o transitorias									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0007	h / 4108	GV	0.0002	----	GV
	PISO 4	8.20	2.80	0.0011	h / 2546	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	5.40	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	2.60	2.60	0.0010	h / 2605	GV	0.0004	h / 6513	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0043	h / 2577	GV	0.0015	h / 7387	GV
C2	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0007	h / 4108	GV	0.0002	----	GV
	PISO 4	8.20	2.80	0.0011	h / 2546	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	5.40	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	2.60	2.60	0.0010	h / 2605	GV	0.0004	h / 6513	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0043	h / 2577	GV	0.0015	h / 7387	GV
C3	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0007	h / 4108	GV	0.0003	h / 9584	GV
	PISO 4	8.20	2.80	0.0011	h / 2546	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	5.40	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	2.60	2.60	0.0010	h / 2605	GV	0.0004	h / 6513	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0043	h / 2577	GV	0.0016	h / 6925	GV
C4	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0007	h / 4108	GV	0.0002	----	GV
	PISO 4	8.20	2.80	0.0011	h / 2546	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	5.40	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	2.60	2.60	0.0009	h / 2895	GV	0.0004	h / 6513	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0041	h / 2703	GV	0.0015	h / 7387	GV
C5	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0007	h / 4108	GV	0.0002	----	GV
	PISO 4	8.20	2.80	0.0011	h / 2546	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	5.40	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	2.60	2.60	0.0009	h / 2895	GV	0.0004	h / 6513	GV
	PISO 1	0.00							

Situaciones persistentes o transitorias									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		11.08	0.0041	h / 2703	GV	0.0015	h / 7387	GV
C6	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0007	h / 4108	GV	0.0003	h / 9584	GV
	PISO 4	8.20	2.80	0.0011	h / 2546	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	5.40	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	2.60	2.60	0.0009	h / 2895	GV	0.0004	h / 6513	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0041	h / 2703	GV	0.0016	h / 6925	GV
C7	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0008	h / 3594	GV	0.0002	----	GV
	PISO 4	8.20	2.80	0.0012	h / 2334	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	5.40	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	2.60	2.60	0.0010	h / 2605	GV	0.0004	h / 6513	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0043	h / 2577	GV	0.0015	h / 7387	GV
C8	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0008	h / 3594	GV	0.0003	h / 9584	GV
	PISO 4	8.20	2.80	0.0012	h / 2334	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	5.40	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	2.60	2.60	0.0010	h / 2605	GV	0.0004	h / 6513	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0043	h / 2577	GV	0.0015	h / 7387	GV
C9	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0008	h / 3594	GV	0.0003	h / 9584	GV
	PISO 4	8.20	2.80	0.0012	h / 2334	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	5.40	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	2.60	2.60	0.0010	h / 2605	GV	0.0004	h / 6513	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0043	h / 2577	GV	0.0016	h / 6925	GV
C10	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0009	h / 3195	GV	0.0002	----	GV
	PISO 4	8.20	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	5.40	2.80	0.0018	h / 1556	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	2.60	2.60	0.0013	h / 2004	GV	0.0004	h / 6513	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0054	h / 2052	GV	0.0015	h / 7387	GV
C11	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0009	h / 3195	GV	0.0003	h / 9584	GV
	PISO 4	8.20	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	5.40	2.80	0.0018	h / 1556	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	2.60	2.60	0.0013	h / 2004	GV	0.0004	h / 6513	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0054	h / 2052	GV	0.0015	h / 7387	GV
C12	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0009	h / 3195	GV	0.0003	h / 9584	GV
	PISO 4	8.20	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0004	h / 7000	GV
	PISO 3	5.40	2.80	0.0018	h / 1556	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 2	2.60	2.60	0.0013	h / 2004	GV	0.0004	h / 6513	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0054	h / 2052	GV	0.0016	h / 6925	GV

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0080	h / 360	----	0.0027	h / 1065	----
	PISO 4	8.20	2.80	0.0143	h / 196	----	0.0057	h / 492	----
	PISO 3	5.40	2.80	0.0191	h / 147	----	0.0075	h / 374	----
	PISO 2	2.60	2.60	0.0132	h / 198	----	0.0055	h / 474	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0537	h / 207	----	0.0210	h / 528	----
C2	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0080	h / 360	----	0.0011	h / 2614	----
	PISO 4	8.20	2.80	0.0143	h / 196	----	0.0025	h / 1120	----
	PISO 3	5.40	2.80	0.0191	h / 147	----	0.0031	h / 904	----
	PISO 2	2.60	2.60	0.0132	h / 198	----	0.0026	h / 1002	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0537	h / 207	----	0.0086	h / 1289	----
C3	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0080	h / 360	----	0.0031	h / 928	----
	PISO 4	8.20	2.80	0.0143	h / 196	----	0.0066	h / 425	----
	PISO 3	5.40	2.80	0.0191	h / 147	----	0.0089	h / 315	----
	PISO 2	2.60	2.60	0.0132	h / 198	----	0.0064	h / 408	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0537	h / 207	----	0.0249	h / 445	----
C4	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0091	h / 316	----	0.0027	h / 1065	----
	PISO 4	8.20	2.80	0.0165	h / 170	----	0.0057	h / 492	----
	PISO 3	5.40	2.80	0.0207	h / 136	----	0.0075	h / 374	----
	PISO 2	2.60	2.60	0.0134	h / 195	----	0.0055	h / 474	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0595	h / 187	----	0.0210	h / 528	----
C5	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0091	h / 316	----	0.0011	h / 2614	----
	PISO 4	8.20	2.80	0.0165	h / 170	----	0.0025	h / 1120	----
	PISO 3	5.40	2.80	0.0207	h / 136	----	0.0031	h / 904	----
	PISO 2	2.60	2.60	0.0134	h / 195	----	0.0026	h / 1002	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0595	h / 187	----	0.0086	h / 1289	----
C6	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0091	h / 316	----	0.0031	h / 928	----
	PISO 4	8.20	2.80	0.0165	h / 170	----	0.0066	h / 425	----
	PISO 3	5.40	2.80	0.0207	h / 136	----	0.0089	h / 315	----
	PISO 2	2.60	2.60	0.0134	h / 195	----	0.0064	h / 408	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0595	h / 187	----	0.0249	h / 445	----
C7	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0102	h / 282	----	0.0027	h / 1065	----
	PISO 4	8.20	2.80	0.0190	h / 148	----	0.0057	h / 492	----
	PISO 3	5.40	2.80	0.0241	h / 117	----	0.0075	h / 374	----
	PISO 2	2.60	2.60	0.0158	h / 165	----	0.0055	h / 474	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0689	h / 161	----	0.0210	h / 528	----
C8	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0102	h / 282	----	0.0014	h / 2054	----
	PISO 4	8.20	2.80	0.0190	h / 148	----	0.0032	h / 875	----
	PISO 3	5.40	2.80	0.0241	h / 117	----	0.0041	h / 683	----
	PISO 2	2.60	2.60	0.0158	h / 165	----	0.0033	h / 790	----
	PISO 1	0.00							

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		11.08	0.0689	h / 161	----	0.0115	h / 964	----
C9	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0102	h / 282	----	0.0031	h / 928	----
	PISO 4	8.20	2.80	0.0190	h / 148	----	0.0066	h / 425	----
	PISO 3	5.40	2.80	0.0241	h / 117	----	0.0089	h / 315	----
	PISO 2	2.60	2.60	0.0158	h / 165	----	0.0064	h / 408	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0689	h / 161	----	0.0249	h / 445	----
C10	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0118	h / 244	----	0.0027	h / 1065	----
	PISO 4	8.20	2.80	0.0225	h / 125	----	0.0057	h / 492	----
	PISO 3	5.40	2.80	0.0289	h / 97	----	0.0075	h / 374	----
	PISO 2	2.60	2.60	0.0193	h / 135	----	0.0055	h / 474	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0821	h / 135	----	0.0210	h / 528	----
C11	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0118	h / 244	----	0.0014	h / 2054	----
	PISO 4	8.20	2.80	0.0225	h / 125	----	0.0032	h / 875	----
	PISO 3	5.40	2.80	0.0289	h / 97	----	0.0041	h / 683	----
	PISO 2	2.60	2.60	0.0193	h / 135	----	0.0033	h / 790	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0821	h / 135	----	0.0115	h / 964	----
C12	CUBIERTA	11.08	2.88	0.0118	h / 244	----	0.0031	h / 928	----
	PISO 4	8.20	2.80	0.0225	h / 125	----	0.0066	h / 425	----
	PISO 3	5.40	2.80	0.0289	h / 97	----	0.0089	h / 315	----
	PISO 2	2.60	2.60	0.0193	h / 135	----	0.0064	h / 408	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.08	0.0821	h / 135	----	0.0249	h / 445	----
Notas:									
⁽¹⁾ Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.									

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

Valores máximos

Desplome local máximo de los pilares (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
CUBIERTA	1 / 3195 (C10, ...)	1 / 9584 (C3, ...)	1 / 244 (C10, ...)	1 / 928 (C3, ...)
PISO 4	1 / 2000 (C10, ...)	1 / 7000 (C1, ...)	1 / 125 (C10, ...)	1 / 425 (C3, ...)
PISO 3	1 / 1556 (C10, ...)	1 / 5600 (C1, ...)	1 / 97 (C10, ...)	1 / 315 (C3, ...)
PISO 2	1 / 2004 (C10, ...)	1 / 6513 (C1, ...)	1 / 135 (C10, ...)	1 / 408 (C3, ...)
Notas:				
⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.				

Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 2052 (C10, ...)	1 / 6925 (C3, ...)	1 / 135 (C10, ...)	1 / 445 (C3, ...)

Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Notas: ⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.			

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

Esfuerzos y armados de pilares, pantallas y muros

1. ARRANQUES DE COLUMNAS, MUROS DE CORTANTE Y MUROS POR HIPÓTESIS

■ Nota:

Los esfuerzos están referidos a ejes locales de la columna.

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
C1	Peso propio	5.06	-0.09	-0.01	-0.11	0.01	0.00
	Cargas muertas	3.80	-0.10	-0.00	-0.11	0.02	0.00
	Carga viva	1.67	-0.04	-0.00	-0.05	0.01	0.00
	Viento +X exc.+	-1.80	1.83	0.03	0.76	0.01	0.00
	Viento +X exc.-	-1.11	1.01	-0.11	0.40	-0.04	0.00
	Viento -X exc.+	1.80	-1.83	-0.03	-0.76	-0.01	0.00
	Viento -X exc.-	1.11	-1.01	0.11	-0.40	0.04	0.00
	Viento +Y exc.+	0.07	-0.07	0.16	-0.03	0.07	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.06	0.08	0.18	0.03	0.08	0.00
	Viento -Y exc.+	-0.07	0.07	-0.16	0.03	-0.07	0.00
	Viento -Y exc.-	0.06	-0.08	-0.18	-0.03	-0.08	0.00
	Sismo X Modo 1	-3.49	3.20	-0.22	1.22	-0.08	0.00
	Sismo X Modo 2	0.41	-0.45	-0.17	-0.18	-0.06	0.00
	Sismo X Modo 3	0.26	-0.28	0.04	-0.11	0.02	0.00
	Sismo X Modo 4	0.15	0.29	-0.04	0.18	-0.02	0.00
	Sismo X Modo 5	-0.00	-0.01	-0.01	-0.00	-0.01	0.00
	Sismo Y Modo 1	-0.07	0.06	-0.00	0.02	-0.00	0.00
	Sismo Y Modo 2	1.99	-2.16	-0.80	-0.89	-0.30	0.00
	Sismo Y Modo 3	1.83	-1.95	0.30	-0.80	0.13	0.00
	Sismo Y Modo 4	0.01	0.01	-0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.04	-0.09	-0.15	-0.06	-0.09	0.00
C2	Peso propio	7.95	0.05	0.02	0.08	0.05	0.00
	Cargas muertas	6.97	0.06	0.03	0.10	0.06	0.00
	Carga viva	3.06	0.03	0.01	0.04	0.02	0.00
	Viento +X exc.+	0.00	1.98	0.00	0.95	0.00	0.00
	Viento +X exc.-	0.00	1.10	-0.00	0.51	0.00	0.00
	Viento -X exc.+	0.00	-1.98	0.00	-0.95	0.00	0.00
	Viento -X exc.-	0.00	-1.10	0.00	-0.51	0.00	0.00
	Viento +Y exc.+	0.00	-0.08	0.17	-0.04	0.07	0.00
	Viento +Y exc.-	0.00	0.08	0.17	0.04	0.07	0.00
	Viento -Y exc.+	0.00	0.08	-0.17	0.04	-0.07	0.00
	Viento -Y exc.-	0.00	-0.08	-0.17	-0.04	-0.07	0.00
	Sismo X Modo 1	0.00	3.46	-0.02	1.58	-0.01	0.00
	Sismo X Modo 2	0.00	-0.49	-0.10	-0.23	-0.04	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo X Modo 3	0.00	-0.30	0.08	-0.14	0.03	0.00
	Sismo X Modo 4	0.00	0.31	-0.01	0.20	-0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
	Sismo Y Modo 1	0.00	0.07	0.00	0.03	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 2	0.00	-2.34	-0.50	-1.12	-0.20	0.00
	Sismo Y Modo 3	0.00	-2.11	0.57	-1.01	0.23	0.00
	Sismo Y Modo 4	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.00	-0.10	-0.14	-0.06	-0.08	0.00
C3	Peso propio	4.67	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00
	Cargas muertas	3.22	-0.01	0.01	0.00	0.03	0.00
	Carga viva	1.41	-0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	Viento +X exc.+	1.80	1.83	-0.03	0.76	-0.01	0.00
	Viento +X exc.-	1.11	1.01	0.11	0.40	0.04	0.00
	Viento -X exc.+	-1.80	-1.83	0.03	-0.76	0.01	0.00
	Viento -X exc.-	-1.11	-1.01	-0.11	-0.40	-0.04	0.00
	Viento +Y exc.+	-0.07	-0.07	0.18	-0.03	0.08	0.00
	Viento +Y exc.-	0.06	0.08	0.16	0.03	0.07	0.00
	Viento -Y exc.+	0.07	0.07	-0.18	0.03	-0.08	0.00
	Viento -Y exc.-	-0.06	-0.08	-0.16	-0.03	-0.07	0.00
	Sismo X Modo 1	3.49	3.20	0.17	1.22	0.06	0.00
	Sismo X Modo 2	-0.41	-0.45	-0.04	-0.18	-0.02	0.00
	Sismo X Modo 3	-0.26	-0.28	0.12	-0.11	0.05	0.00
	Sismo X Modo 4	-0.15	0.29	0.02	0.18	0.01	0.00
	Sismo X Modo 5	0.00	-0.01	-0.01	-0.00	-0.01	0.00
	Sismo Y Modo 1	0.07	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 2	-1.99	-2.16	-0.21	-0.89	-0.10	0.00
	Sismo Y Modo 3	-1.83	-1.95	0.84	-0.80	0.32	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.04	-0.09	-0.13	-0.06	-0.08	0.00
C4	Peso propio	7.34	-0.15	-0.03	-0.19	-0.03	0.00
	Cargas muertas	6.31	-0.17	-0.03	-0.21	-0.05	0.00
	Carga viva	2.77	-0.07	-0.01	-0.09	-0.02	0.00
	Viento +X exc.+	-1.06	1.73	0.03	0.71	0.13	0.00
	Viento +X exc.-	-3.92	1.43	-0.12	0.58	-0.55	0.00
	Viento -X exc.+	1.06	-1.73	-0.03	-0.71	-0.13	0.00
	Viento -X exc.-	3.92	-1.43	0.12	-0.58	0.55	0.00
	Viento +Y exc.+	2.76	-0.03	0.16	-0.01	0.72	0.00
	Viento +Y exc.-	3.29	0.03	0.19	0.01	0.85	0.00
	Viento -Y exc.+	-2.76	0.03	-0.16	0.01	-0.72	0.00
	Viento -Y exc.-	-3.29	-0.03	-0.19	-0.01	-0.85	0.00
	Sismo X Modo 1	-9.22	3.94	-0.23	1.53	-1.11	0.00
	Sismo X Modo 2	-3.19	-0.22	-0.17	-0.09	-0.79	0.00
	Sismo X Modo 3	0.72	-0.13	0.04	-0.05	0.19	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo X Modo 4	0.44	0.40	-0.04	0.24	-0.16	0.00
	Sismo X Modo 5	0.06	-0.00	-0.01	-0.00	-0.05	0.00
	Sismo Y Modo 1	-0.18	0.08	-0.00	0.03	-0.02	0.00
	Sismo Y Modo 2	-15.30	-1.06	-0.82	-0.44	-3.79	0.00
	Sismo Y Modo 3	5.03	-0.93	0.31	-0.37	1.34	0.00
	Sismo Y Modo 4	0.02	0.02	-0.00	0.01	-0.01	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.70	-0.05	-0.15	-0.03	-0.59	0.00
C5	Peso propio	13.89	0.11	-0.03	0.16	-0.02	0.00
	Cargas muertas	13.64	0.12	-0.03	0.19	-0.01	0.00
	Carga viva	5.99	0.05	-0.01	0.08	-0.01	0.00
	Viento +X exc.+	0.00	1.86	0.00	0.90	0.00	0.00
	Viento +X exc.-	0.00	1.54	-0.00	0.73	-0.00	0.00
	Viento -X exc.+	-0.00	-1.86	0.00	-0.90	0.00	0.00
	Viento -X exc.-	-0.00	-1.54	0.00	-0.73	0.00	0.00
	Viento +Y exc.+	0.06	-0.03	0.17	-0.01	0.07	0.00
	Viento +Y exc.-	0.06	0.03	0.17	0.02	0.07	0.00
	Viento -Y exc.+	-0.06	0.03	-0.17	0.01	-0.07	0.00
	Viento -Y exc.-	-0.06	-0.03	-0.17	-0.02	-0.07	0.00
	Sismo X Modo 1	-0.00	4.26	-0.03	1.97	-0.01	0.00
	Sismo X Modo 2	-0.04	-0.24	-0.10	-0.11	-0.04	0.00
	Sismo X Modo 3	0.03	-0.15	0.08	-0.07	0.03	0.00
	Sismo X Modo 4	0.00	0.43	-0.01	0.27	-0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	0.00	-0.00	-0.01	-0.00	-0.01	0.00
	Sismo Y Modo 1	0.00	0.08	0.00	0.04	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 2	-0.18	-1.15	-0.50	-0.55	-0.20	0.00
	Sismo Y Modo 3	0.20	-1.01	0.57	-0.48	0.23	0.00
	Sismo Y Modo 4	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.04	-0.05	-0.14	-0.04	-0.08	0.00
C6	Peso propio	5.42	0.02	-0.02	0.04	-0.07	0.00
	Cargas muertas	3.94	0.01	-0.01	0.03	-0.08	0.00
	Carga viva	1.73	0.00	-0.00	0.01	-0.04	0.00
	Viento +X exc.+	1.06	1.73	-0.03	0.71	-0.12	0.00
	Viento +X exc.-	3.91	1.43	0.11	0.58	0.55	0.00
	Viento -X exc.+	-1.06	-1.73	0.03	-0.71	0.12	0.00
	Viento -X exc.-	-3.91	-1.43	-0.11	-0.58	-0.55	0.00
	Viento +Y exc.+	3.27	-0.03	0.19	-0.01	0.84	0.00
	Viento +Y exc.-	2.75	0.03	0.16	0.01	0.72	0.00
	Viento -Y exc.+	-3.27	0.03	-0.19	0.01	-0.84	0.00
	Viento -Y exc.-	-2.75	-0.03	-0.16	-0.01	-0.72	0.00
	Sismo X Modo 1	8.42	3.94	0.18	1.53	0.92	0.00
	Sismo X Modo 2	-0.69	-0.22	-0.04	-0.09	-0.19	0.00
	Sismo X Modo 3	2.36	-0.13	0.12	-0.05	0.58	0.00
	Sismo X Modo 4	-0.39	0.40	0.02	0.24	0.09	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo X Modo 5	0.05	-0.00	-0.01	-0.00	-0.04	0.00
	Sismo Y Modo 1	0.16	0.08	0.00	0.03	0.02	0.00
	Sismo Y Modo 2	-3.32	-1.06	-0.21	-0.43	-0.92	0.00
	Sismo Y Modo 3	16.39	-0.94	0.86	-0.38	4.00	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.61	-0.05	-0.13	-0.03	-0.50	0.00
C7	Peso propio	11.79	-0.30	-0.02	-0.38	-0.22	0.00
	Cargas muertas	11.04	-0.33	-0.02	-0.42	-0.19	0.00
	Carga viva	4.85	-0.15	-0.01	-0.19	-0.08	0.00
	Viento +X exc.+	-1.68	1.59	0.03	0.63	0.15	0.00
	Viento +X exc.-	1.35	1.80	-0.12	0.72	-0.52	0.00
	Viento -X exc.+	1.68	-1.59	-0.03	-0.63	-0.15	0.00
	Viento -X exc.-	-1.35	-1.80	0.12	-0.72	0.52	0.00
	Viento +Y exc.+	-2.76	0.02	0.16	0.01	0.72	0.00
	Viento +Y exc.-	-3.32	-0.02	0.19	-0.01	0.85	0.00
	Viento -Y exc.+	2.76	-0.02	-0.16	-0.01	-0.72	0.00
	Viento -Y exc.-	3.32	0.02	-0.19	0.01	-0.85	0.00
	Sismo X Modo 1	2.08	4.59	-0.23	1.73	-1.05	0.00
	Sismo X Modo 2	3.42	0.01	-0.17	0.01	-0.79	0.00
	Sismo X Modo 3	-0.59	0.01	0.04	0.01	0.19	0.00
	Sismo X Modo 4	-0.09	0.50	-0.04	0.30	-0.16	0.00
	Sismo X Modo 5	-0.06	-0.00	-0.01	0.00	-0.05	0.00
	Sismo Y Modo 1	0.04	0.09	-0.00	0.03	-0.02	0.00
	Sismo Y Modo 2	16.41	0.03	-0.82	0.03	-3.80	0.00
	Sismo Y Modo 3	-4.14	0.07	0.31	0.04	1.34	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.00	0.02	-0.00	0.01	-0.01	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.74	-0.01	-0.15	-0.01	-0.59	0.00
C8	Peso propio	14.66	0.28	-0.03	0.39	-0.01	0.00
	Cargas muertas	14.41	0.31	-0.03	0.44	-0.01	0.00
	Carga viva	6.33	0.14	-0.01	0.19	-0.01	0.00
	Viento +X exc.+	-1.79	1.77	-0.01	0.86	-0.00	0.00
	Viento +X exc.-	-2.03	1.99	0.03	0.98	0.01	0.00
	Viento -X exc.+	1.79	-1.77	0.01	-0.86	0.00	0.00
	Viento -X exc.-	2.03	-1.99	-0.03	-0.98	-0.01	0.00
	Viento +Y exc.+	-0.10	0.02	0.17	0.01	0.07	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.06	-0.02	0.17	-0.01	0.07	0.00
	Viento -Y exc.+	0.10	-0.02	-0.17	-0.01	-0.07	0.00
	Viento -Y exc.-	0.06	0.02	-0.17	0.01	-0.07	0.00
	Sismo X Modo 1	-5.40	5.10	0.03	2.42	0.01	0.00
	Sismo X Modo 2	0.04	0.01	-0.09	0.01	-0.04	0.00
	Sismo X Modo 3	-0.06	0.01	0.09	0.01	0.04	0.00
	Sismo X Modo 4	0.27	0.54	0.00	0.35	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	-0.00	-0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo Y Modo 1	-0.10	0.10	0.00	0.05	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 2	0.18	0.03	-0.42	0.03	-0.17	0.00
	Sismo Y Modo 3	-0.40	0.09	0.64	0.06	0.25	0.00
	Sismo Y Modo 4	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.06	-0.01	-0.14	-0.01	-0.08	0.00
C9	Peso propio	7.20	-0.02	-0.04	-0.00	-0.23	0.00
	Cargas muertas	5.68	-0.03	-0.04	-0.01	-0.20	0.00
	Carga viva	2.49	-0.01	-0.02	-0.01	-0.09	0.00
	Viento +X exc.+	3.46	1.66	-0.03	0.72	-0.16	0.00
	Viento +X exc.-	0.70	1.88	0.11	0.82	0.51	0.00
	Viento -X exc.+	-3.46	-1.66	0.03	-0.72	0.16	0.00
	Viento -X exc.-	-0.70	-1.88	-0.11	-0.82	-0.51	0.00
	Viento +Y exc.+	-3.24	0.02	0.19	0.01	0.84	0.00
	Viento +Y exc.-	-2.73	-0.02	0.16	-0.01	0.72	0.00
	Viento -Y exc.+	3.24	-0.02	-0.19	-0.01	-0.84	0.00
	Viento -Y exc.-	2.73	0.02	-0.16	0.01	-0.72	0.00
	Sismo X Modo 1	4.11	4.80	0.18	2.01	0.81	0.00
	Sismo X Modo 2	0.46	0.00	-0.04	0.00	-0.19	0.00
	Sismo X Modo 3	-2.46	0.01	0.12	0.01	0.58	0.00
	Sismo X Modo 4	-0.24	0.52	0.02	0.32	0.10	0.00
	Sismo X Modo 5	-0.04	0.00	-0.01	0.00	-0.04	0.00
	Sismo Y Modo 1	0.08	0.09	0.00	0.04	0.02	0.00
	Sismo Y Modo 2	2.20	0.02	-0.21	0.02	-0.91	0.00
	Sismo Y Modo 3	-17.09	0.08	0.86	0.06	4.01	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.55	-0.01	-0.13	-0.01	-0.50	0.00
C10	Peso propio	9.93	-0.23	0.10	-0.28	0.13	0.00
	Cargas muertas	8.95	-0.25	0.08	-0.31	0.12	0.00
	Carga viva	3.93	-0.11	0.04	-0.14	0.05	0.00
	Viento +X exc.+	-0.95	1.46	0.03	0.57	0.01	0.00
	Viento +X exc.-	-1.42	2.33	-0.11	0.94	-0.04	0.00
	Viento -X exc.+	0.95	-1.46	-0.03	-0.57	-0.01	0.00
	Viento -X exc.-	1.42	-2.33	0.11	-0.94	0.04	0.00
	Viento +Y exc.+	-0.04	0.08	0.16	0.03	0.07	0.00
	Viento +Y exc.-	0.05	-0.08	0.18	-0.04	0.08	0.00
	Viento -Y exc.+	0.04	-0.08	-0.16	-0.03	-0.07	0.00
	Viento -Y exc.-	-0.05	0.08	-0.18	0.04	-0.08	0.00
	Sismo X Modo 1	-3.56	5.54	-0.22	2.11	-0.08	0.00
	Sismo X Modo 2	-0.16	0.30	-0.17	0.12	-0.06	0.00
	Sismo X Modo 3	-0.11	0.20	0.04	0.08	0.02	0.00
	Sismo X Modo 4	0.20	0.64	-0.04	0.38	-0.02	0.00
	Sismo X Modo 5	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
	Sismo Y Modo 1	-0.07	0.11	-0.00	0.04	-0.00	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
C11	Sismo Y Modo 2	-0.78	1.44	-0.80	0.59	-0.30	0.00
	Sismo Y Modo 3	-0.76	1.38	0.30	0.56	0.13	0.00
	Sismo Y Modo 4	0.01	0.03	-0.00	0.02	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.01	0.04	-0.15	0.02	-0.09	0.00
	Peso propio	13.86	0.18	0.24	0.26	0.29	0.00
	Cargas muertas	12.72	0.20	0.22	0.29	0.27	0.00
	Carga viva	5.58	0.09	0.09	0.13	0.12	0.00
	Viento +X exc.+	-1.65	1.61	-0.01	0.78	-0.00	0.00
	Viento +X exc.-	-2.47	2.58	0.03	1.27	0.01	0.00
	Viento -X exc.+	1.65	-1.61	0.01	-0.78	0.00	0.00
	Viento -X exc.-	2.47	-2.58	-0.03	-1.27	-0.01	0.00
	Viento +Y exc.+	-0.07	0.08	0.17	0.04	0.07	0.00
	Viento +Y exc.-	0.08	-0.09	0.17	-0.05	0.07	0.00
	Viento -Y exc.+	0.07	-0.08	-0.17	-0.04	-0.07	0.00
	Viento -Y exc.-	-0.08	0.09	-0.17	0.05	-0.07	0.00
	Sismo X Modo 1	-6.22	6.15	0.03	2.93	0.01	0.00
	Sismo X Modo 2	-0.28	0.33	-0.09	0.16	-0.04	0.00
	Sismo X Modo 3	-0.19	0.22	0.09	0.11	0.04	0.00
	Sismo X Modo 4	0.33	0.69	0.00	0.45	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
	Sismo Y Modo 1	-0.12	0.12	0.00	0.06	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 2	-1.36	1.59	-0.42	0.79	-0.17	0.00
	Sismo Y Modo 3	-1.33	1.53	0.64	0.76	0.25	0.00
	Sismo Y Modo 4	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.01	0.04	-0.14	0.03	-0.08	0.00
C12	Peso propio	4.97	0.00	0.03	0.02	0.06	0.00
	Cargas muertas	3.11	-0.01	0.03	0.02	0.06	0.00
	Carga viva	1.36	-0.00	0.01	0.01	0.03	0.00
	Viento +X exc.+	2.60	1.52	-0.03	0.66	-0.01	0.00
	Viento +X exc.-	3.89	2.43	0.11	1.08	0.04	0.00
	Viento -X exc.+	-2.60	-1.52	0.03	-0.66	0.01	0.00
	Viento -X exc.-	-3.89	-2.43	-0.11	-1.08	-0.04	0.00
	Viento +Y exc.+	0.11	0.08	0.18	0.04	0.08	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.13	-0.09	0.16	-0.04	0.07	0.00
	Viento -Y exc.+	-0.11	-0.08	-0.18	-0.04	-0.08	0.00
	Viento -Y exc.-	0.13	0.09	-0.16	0.04	-0.07	0.00
	Sismo X Modo 1	9.78	5.79	0.17	2.45	0.06	0.00
	Sismo X Modo 2	0.45	0.31	-0.04	0.14	-0.02	0.00
	Sismo X Modo 3	0.30	0.21	0.12	0.09	0.05	0.00
	Sismo X Modo 4	-0.53	0.66	0.02	0.41	0.01	0.00
	Sismo X Modo 5	-0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
	Sismo Y Modo 1	0.19	0.11	0.00	0.05	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 2	2.14	1.50	-0.21	0.67	-0.10	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo Y Modo 3	2.09	1.44	0.84	0.64	0.32	0.00
	Sismo Y Modo 4	-0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.02	0.04	-0.13	0.03	-0.08	0.00

Justificación de la acción sísmica

Norma utilizada: NSR-10

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (2010)

Método de cálculo: Análisis dinámico espectral (NSR-10, A.3.4.2.2)

1.1. Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_a : 0.25 g

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_v : 0.25 g

V_m: Velocidad media de onda de cortante (NSR-10, A.2.4.3)

V_m : 180.00 m/s

Sistema estructural

R_{0X}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3)

R_{0X} : 7.00

R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3)

R_{0Y} : 7.00

Φ_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5)

Φ_a : 1.00

Φ_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4)

Φ_p : 0.90

Φ_{rx}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8)

Φ_{rx} : 1.00

Φ_{ry}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8)

Φ_{ry} : 1.00

Geometría en altura (NSR-10, A.3.3.4 y A.3.3.5): Irregular

Estimación del periodo fundamental de la estructura: Según norma

Tipología estructural (X): I

Tipología estructural (Y): I

h: Altura del edificio

h : 11.20 m

Tipo de edificación (NSR-10, A.2.5): I

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Grados de libertad que intervienen en el análisis: No se han considerado las plantas bajo rasante en el modelo dinámico

Fracción de sobrecarga de uso

: 0.00

Fracción de sobrecarga de nieve

: 0.00

Factor multiplicador del espectro

: 1.00

Efectos de la componente sísmica vertical

No se consideran

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

Se realiza análisis de los efectos de 2º orden

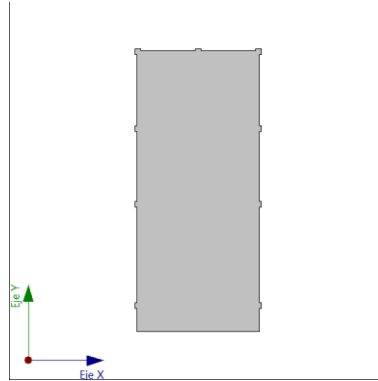
Valor para multiplicar los desplazamientos 1.00

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Especial (DES)

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

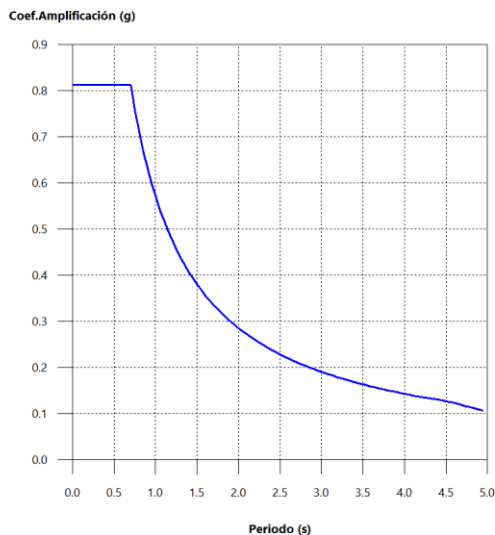
Acción sísmica según Y



Proyección en planta de la obra

1.2. Espectro de cálculo

1.2.1. Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.812 g.

NSR-10 (A.2.6.1)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_a : 0.25 g

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_v : 0.25 g

F_a: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (NSR-10, Tabla A.2.4-3)

F_a : 1.30

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)

Suelo : D

A_a : Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	A_a : <u>0.25</u> g
F_v : Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (NSR-10, Tabla A.2.4-4)	F_v : <u>1.90</u>
Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)	Suelo : <u>D</u>
A_v : Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	A_v : <u>0.25</u> g
I : Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5)	I : <u>1.00</u>
Tipo de edificación: I	
T_c : Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (NSR-10, A.2.6.1)	T_c : <u>0.70</u> s
T_I : Periodo correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (NSR-10, A.2.6.1)	T_I : <u>4.56</u> s

1.2.2. Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (R) correspondiente a cada dirección de análisis.

Coeficiente de capacidad de disipación de energía (NSR-10, A.3.3.3)

R_X: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (X)

R_Y: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (Y)

R_{XI}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (X) **R_{XI}** : 6.30

R_{YI}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y) **R_{YI}** : 6.30

Donde:

R_{0X}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3) **R_{0X}** : 7.00

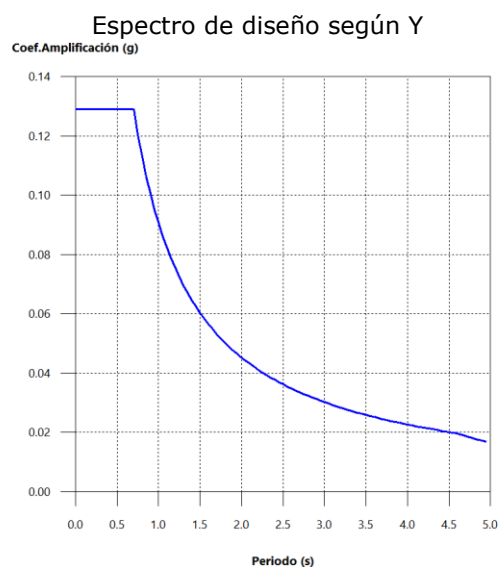
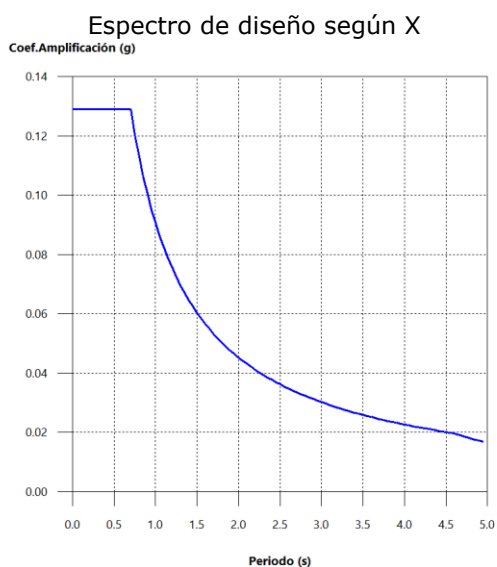
R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3) **R_{0Y}** : 7.00

Φ_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5) **Φ_a** : 1.00

Φ_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4) **Φ_p** : 0.90

Φ_{rx}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8) **Φ_{rx}** : 1.00

Φ_{ry}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8) **Φ_{ry}** : 1.00



1.3. Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Condición X(1)	Condición Y(1)
Modo 1	0.460	0.7896	0.0161	0.6133	79.69 %	0.03 %	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 6.76864 mm	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 6.76864 mm
Modo 2	0.339	0.0432	0.217	0.9752	1.6 %	40.19 %	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 3.67524 mm	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 3.67524 mm
Modo 3	0.327	0.0338	0.2458	0.9687	0.87 %	46.08 %	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 3.42312 mm	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 3.42312 mm
Modo 4	0.126	0.7052	0.0297	0.7084	12.42 %	0.02 %	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 0.50708 mm	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 0.50708 mm
Modo 5	0.108	0.0642	0.8348	0.5468	0.06 %	10.36 %	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 0.37725 mm	R = 6.3 A = 1.265 m/s ² D = 0.37725 mm
Total					94.64 %	96.68 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x , L_y : Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz} : Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

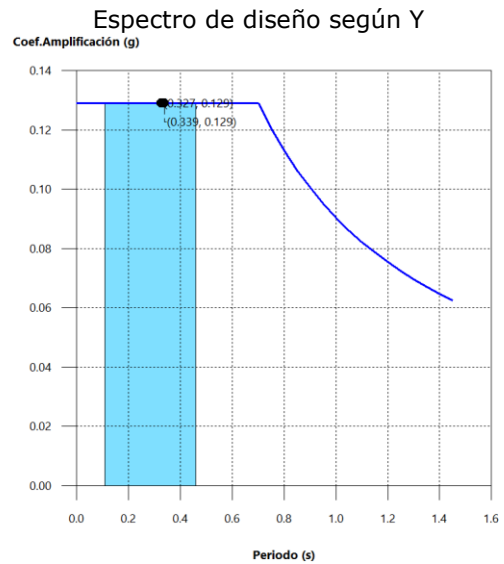
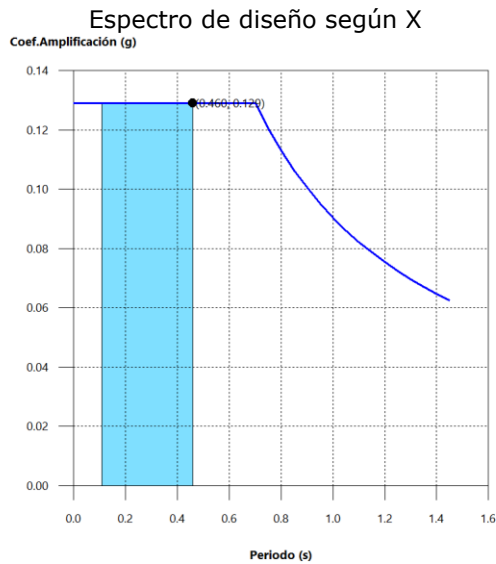
M_x , M_y : Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales



Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Condición Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.460	0.129

Condición Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.339	0.129
Modo 3	0.327	0.129

1.4. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
CUBIERTA	(3.15, -6.42)	(3.03, -5.85)	0.12	-0.57
PISO 4	(2.82, -6.60)	(3.03, -5.85)	-0.21	-0.74
PISO 3	(2.82, -6.60)	(3.03, -5.85)	-0.21	-0.75
PISO 2	(2.82, -6.60)	(3.03, -5.85)	-0.21	-0.75

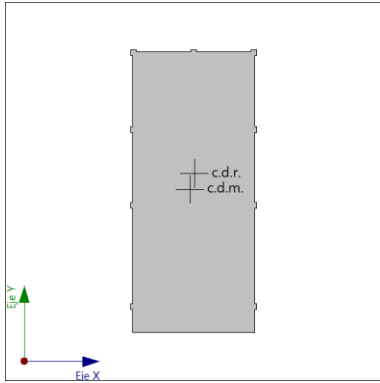
c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)

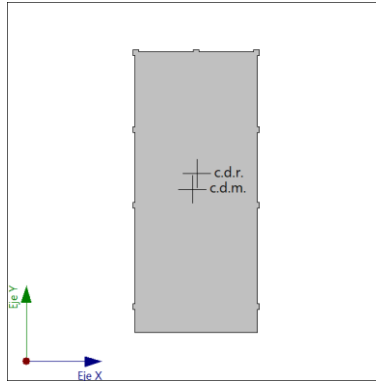
e_x : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

e_y : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

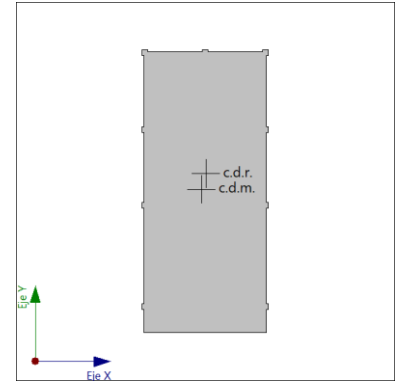
Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta



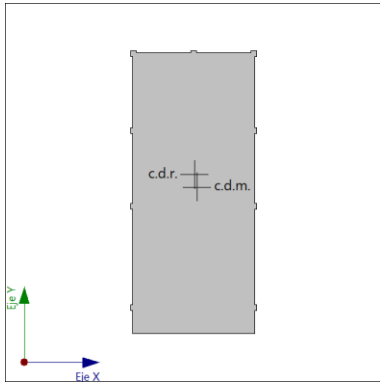
PISO 2



PISO 3



PISO 4



CUBIERTA

1.5. Corrección por cortante basal

1.5.1. Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (V_d), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_x (t)	$V_{d,x}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	20.4379	20.7642
	Modo 2	0.4091	
	Modo 3	0.2235	
	Modo 4	3.1860	
	Modo 5	0.0158	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_y (t)	$V_{d,y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	0.0085	21.7301
	Modo 2	10.3314	
	Modo 3	11.8452	
	Modo 4	0.0057	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_Y (t)	$V_{d,Y}$ (t)
	Modo 5	2.6643	

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

1.5.2. Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

$V_{S,X}$: Cortante sísmico en la base (X) (NSR-10, A.4.3.1) $V_{S,X} : 25.6339 \text{ t}$

$S_{d,X}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X) $S_{d,X}(T_a) : 0.129 \text{ g}$

$T_{a,X}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NSR-10, A.4.2.2) $T_{a,X} : 0.41 \text{ s}$

Tipología estructural (X): I

h : Altura del edificio $h : 11.20 \text{ m}$

$V_{S,Y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NSR-10, A.4.3.1) $V_{S,Y} : 25.6339 \text{ t}$

$S_{d,Y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) $S_{d,Y}(T_a) : 0.129 \text{ g}$

$T_{a,Y}$: Periodo fundamental aproximado (Y) (NSR-10, A.4.2.2) $T_{a,Y} : 0.41 \text{ s}$

Tipología estructural (Y): I

h : Altura del edificio $h : 11.20 \text{ m}$

W : Peso sísmico total de la estructura $W : 198.7614 \text{ t}$

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

w_i : Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Planta	w_i (t)
CUBIERTA	8.0696
PISO 4	63.6353
PISO 3	63.5292

Planta	w_i (t)
PISO 2	63.5273
$W=\sum w_i$	198.7614

1.5.3. Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 90 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.90 \cdot V_s / V_d$.

Geometría en altura (NSR-10, A.3.3.4 y A.3.3.5): Irregular

NSR-10 (A.5.4.5)

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.90 \cdot V_{s,X}$ 20.7642 t $\geq$ 23.0705 t	1.11
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.90 \cdot V_{s,Y}$ 21.7301 t $\geq$ 23.0705 t	1.06

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,X}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,Y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

1.6. Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

1.6.1. Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	Q_x (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
CUBIERTA	1.6366	1.6366	0.2301	0.2301
PISO 4	11.5596	9.9798	1.8986	1.6696

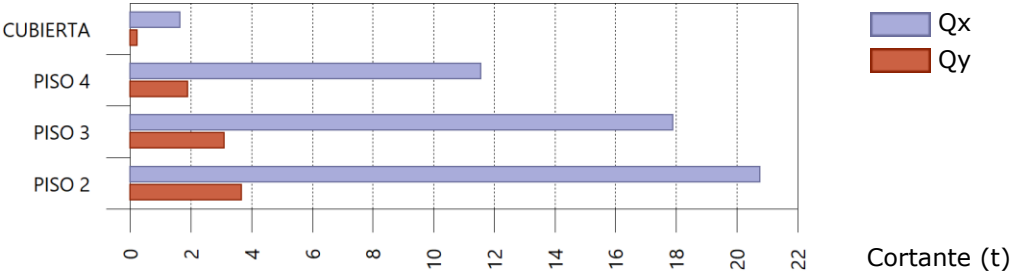
Planta	Q_x (t)	$F_{eq,x}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,y}$ (t)
PISO 3	17.8914	7.2342	3.0946	1.2445
PISO 2	20.7642	3.9260	3.6534	0.6313

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

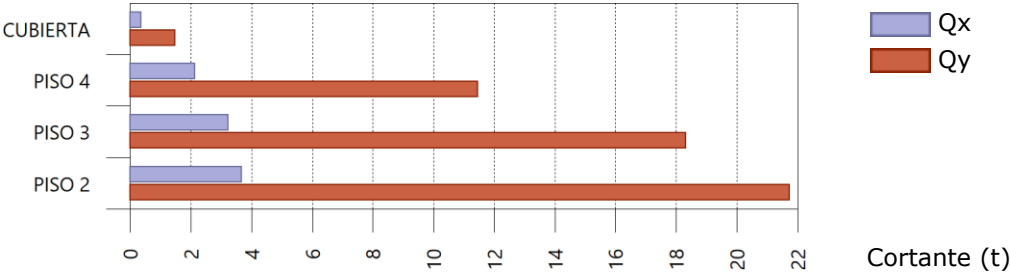
Planta	Q_x (t)	$F_{eq,x}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,y}$ (t)
CUBIERTA	0.3433	0.3433	1.4657	1.4657
PISO 4	2.1125	1.7731	11.4498	9.9991
PISO 3	3.2284	1.1627	18.3201	7.5895
PISO 2	3.6539	0.4834	21.7301	4.4336

Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1

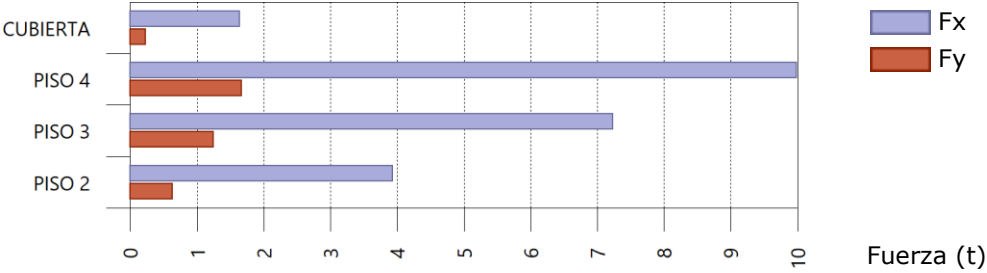


Hipótesis sísmica: Sismo Y1

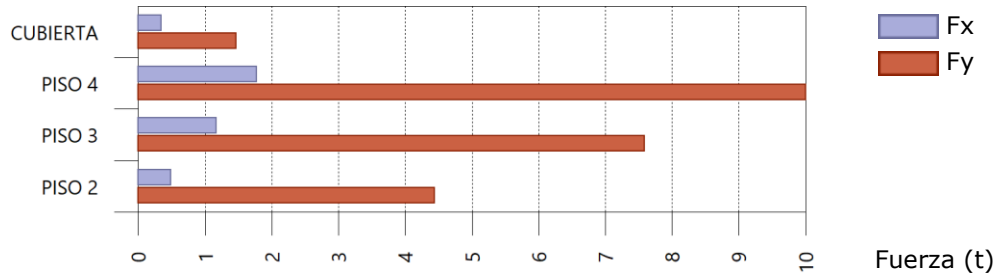


Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1



1.6.2. Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	%Q _x		%Q _y	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
CUBIERTA	99.38	0.62	30.20	69.80
PISO 4	99.95	0.05	4.78	95.22
PISO 3	99.96	0.04	1.18	98.82
PISO 2	100.00	0.00	100.00	0.00

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	%Q _x		%Q _y	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
CUBIERTA	97.72	2.28	29.74	70.26
PISO 4	99.89	0.11	6.00	94.00
PISO 3	99.90	0.10	1.30	98.70
PISO 2	100.00	0.00	100.00	0.00

1.6.3. Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica	%Q _x		%Q _y	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
Sismo X1	100.00	0.00	100.00	0.00
Sismo Y1	100.00	0.00	100.00	0.00

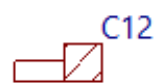
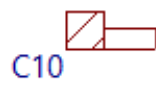
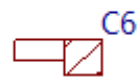
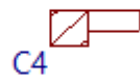
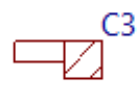
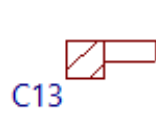
Anexo E

Reportes del sistema combinado de pórticos en concreto con muros estructurales

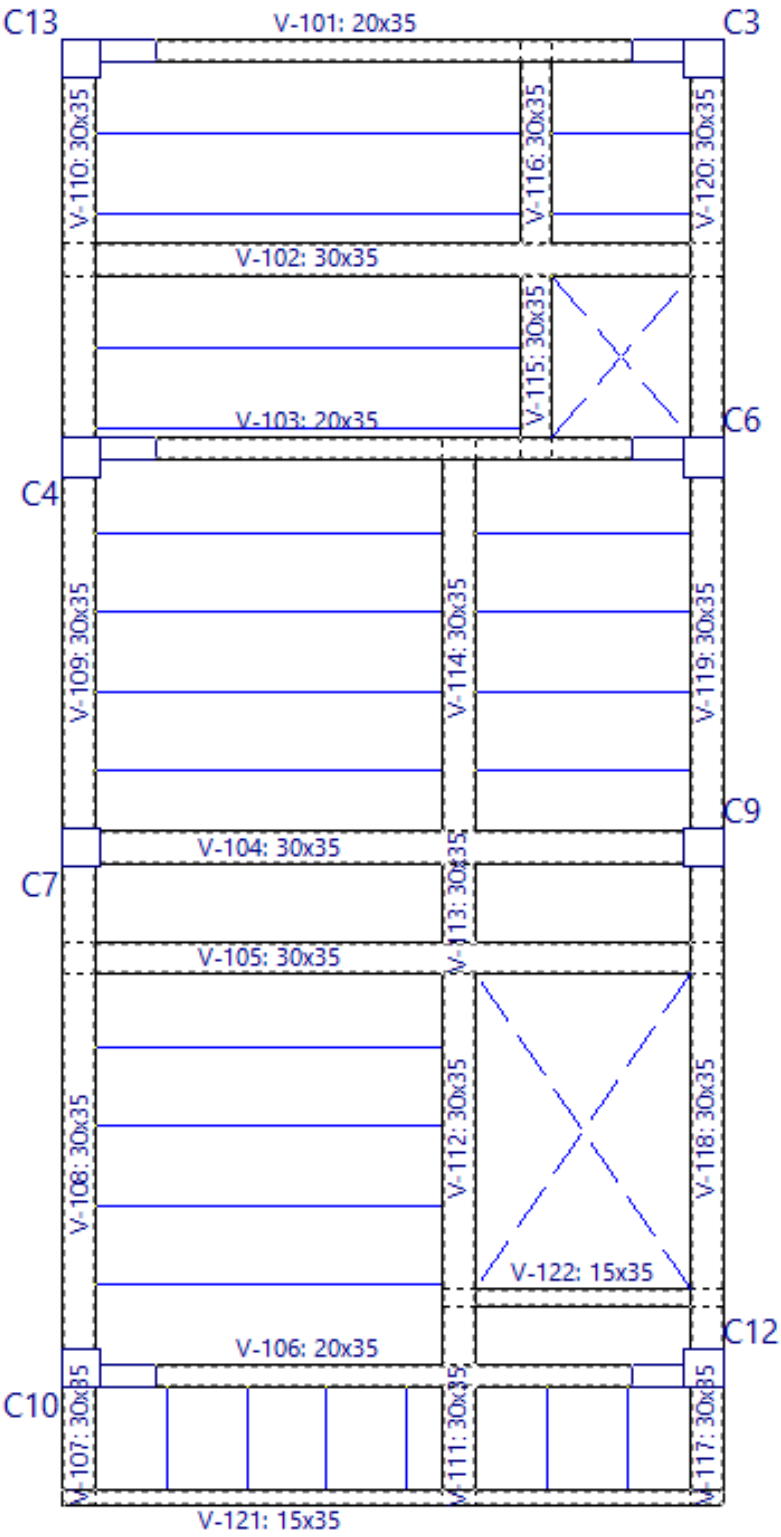
Contenido

CAPTURA MODELO	2
Distorsiones de pilares, pantallas y muros.....	9
Esfuerzos y armados de pilares, pantallas y muros.....	13
Justificación de la acción sísmica.....	22

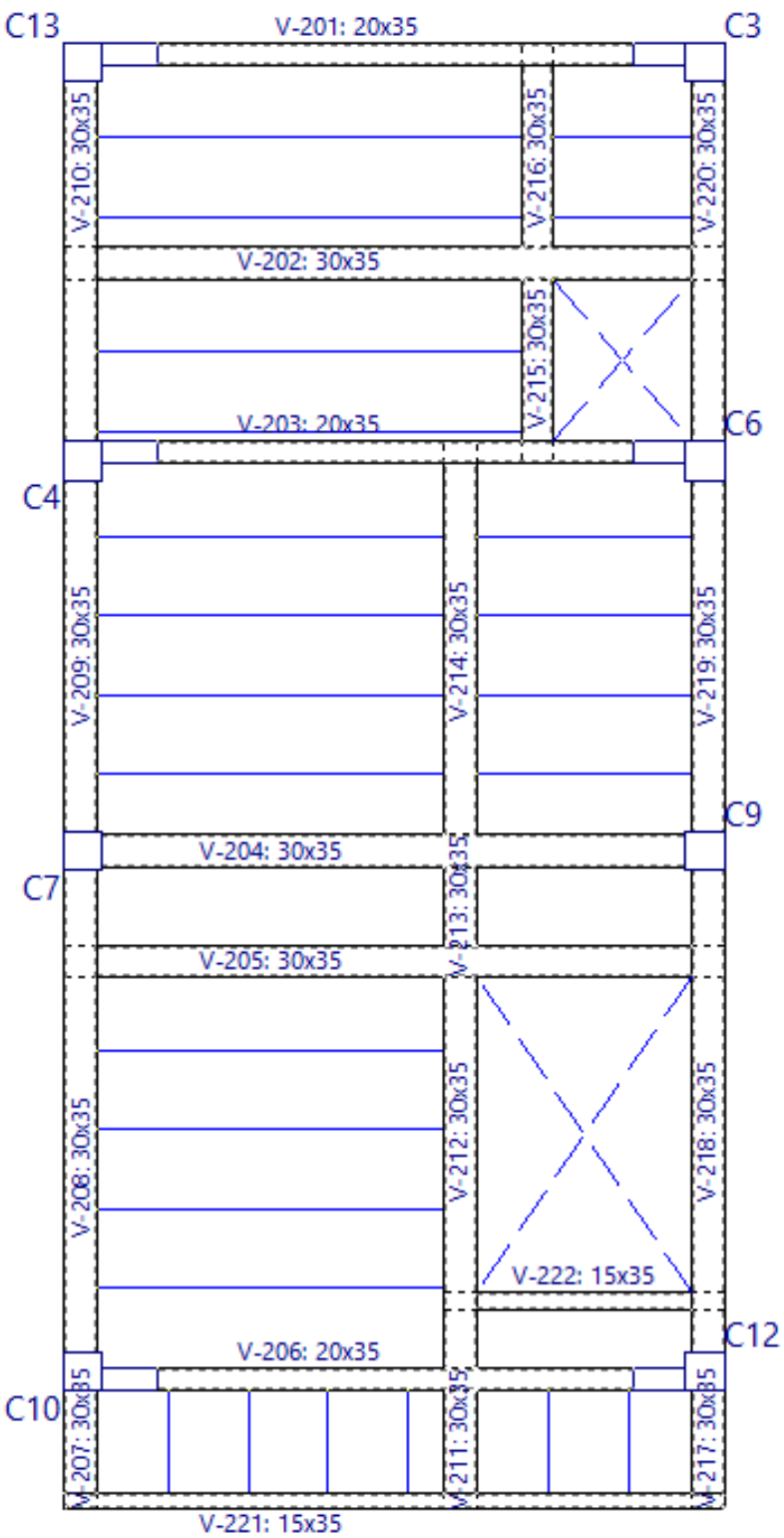
CAPTURAS MODELO NIVEL DE ARRANQUE



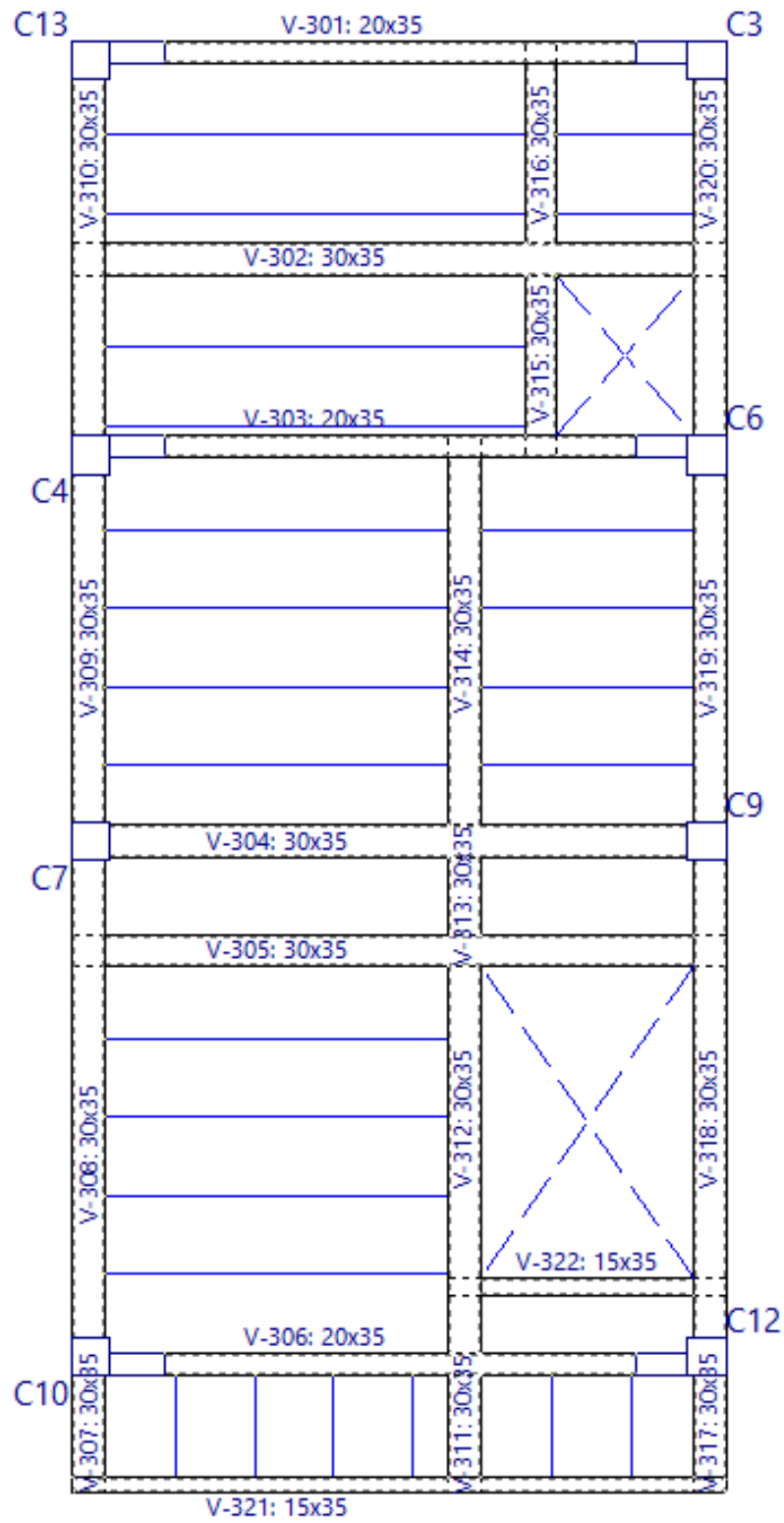
PISO 2



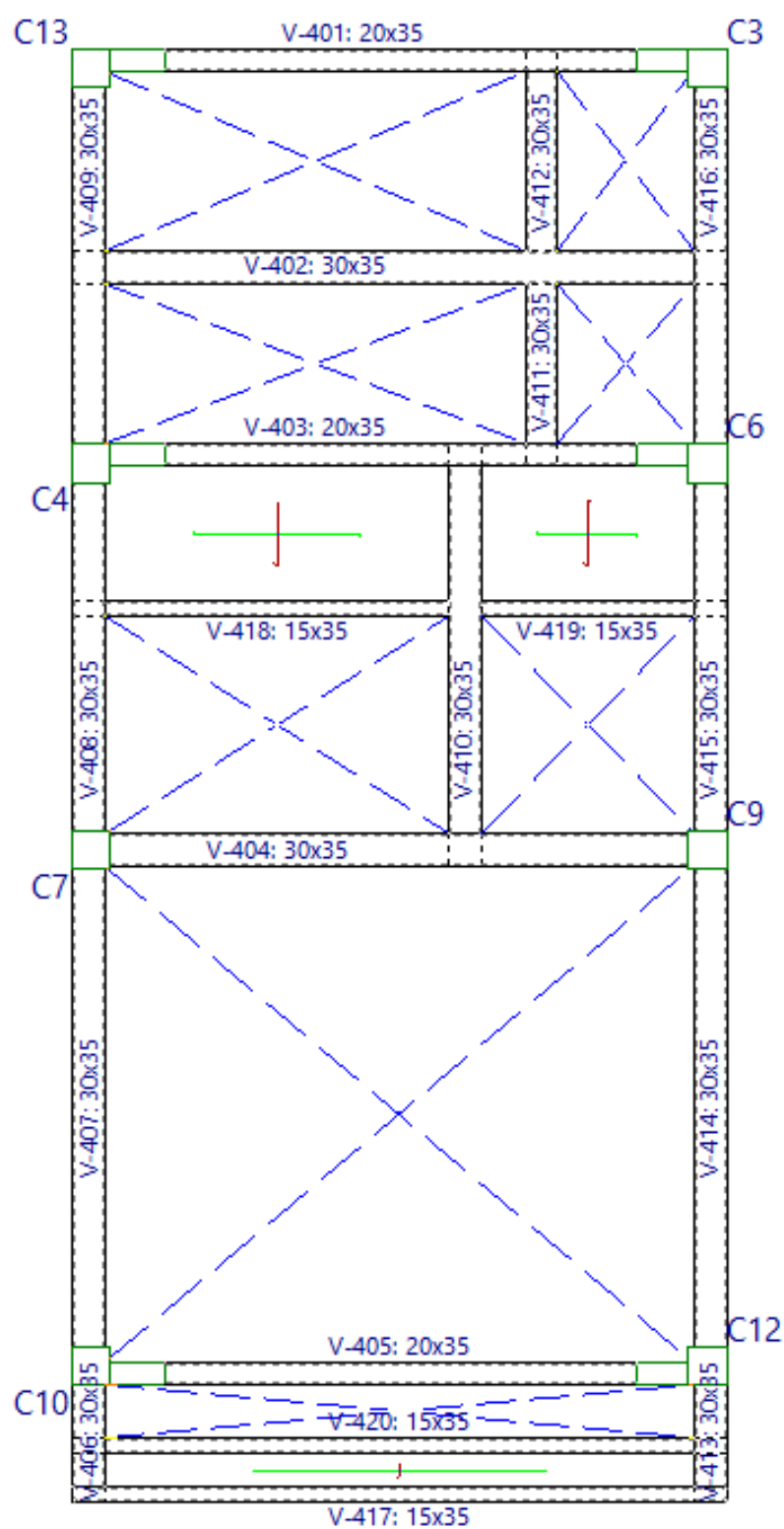
PISO 3

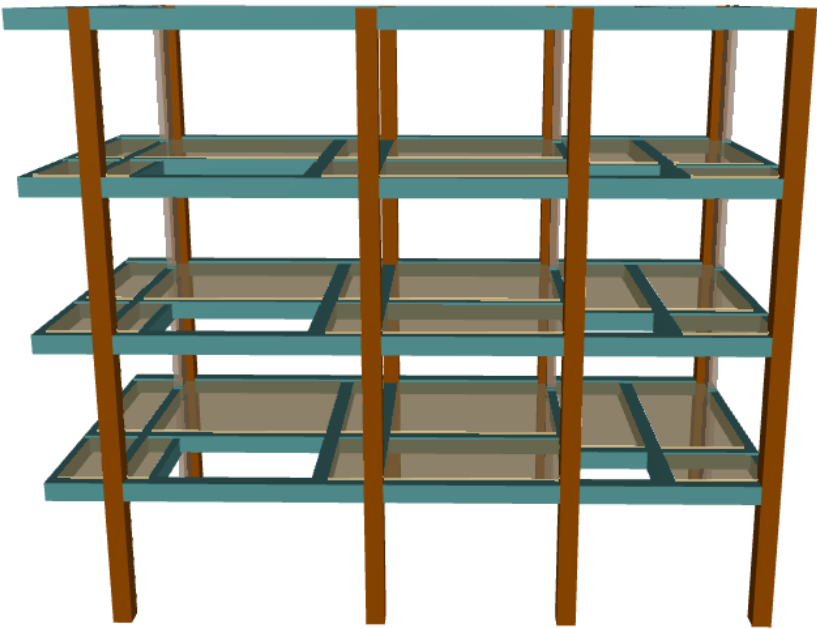
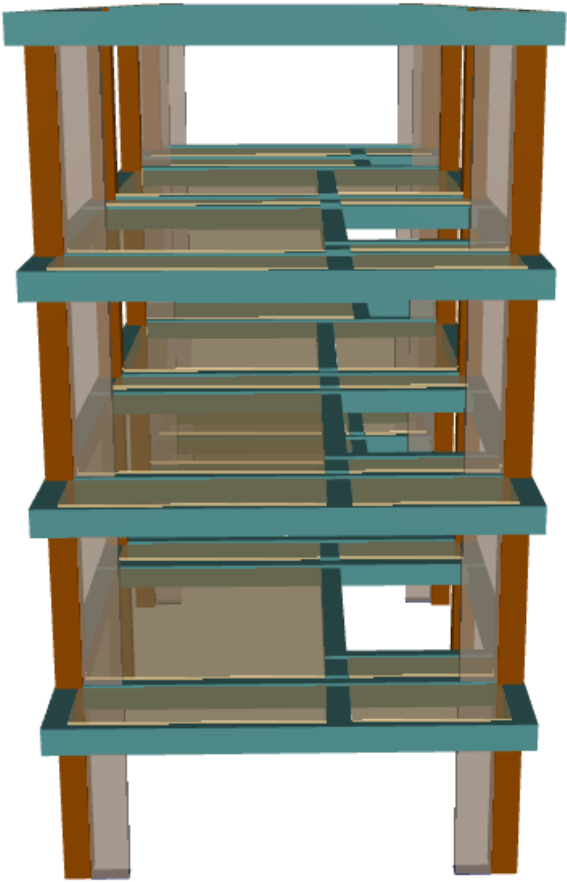


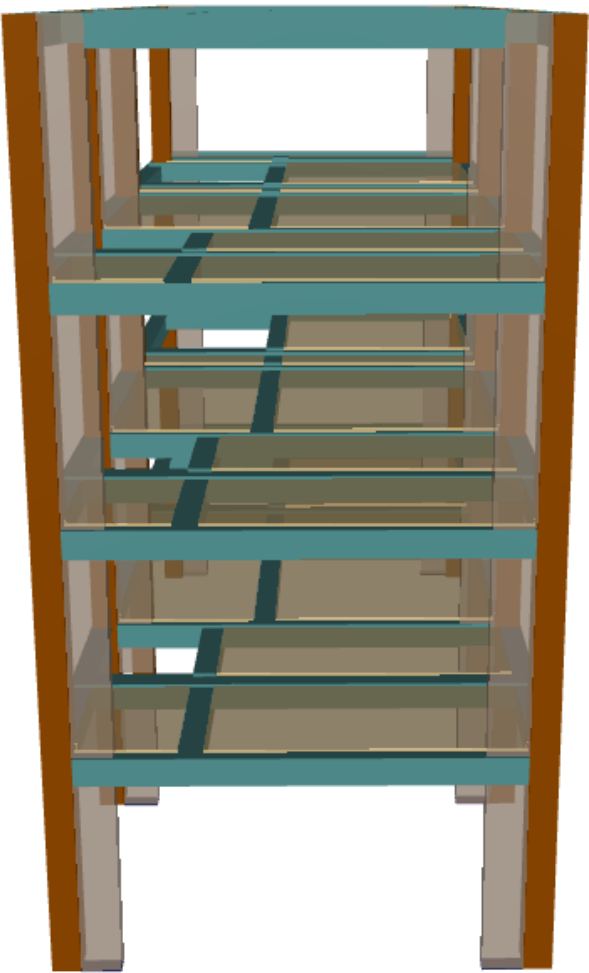
PISO 4



CUBIERTA







Distorsiones de pilares, pantallas y muros

- h: Altura del nivel respecto al inmediato inferior

- Distorsión:
 - Absoluta: Diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior
 - Relativa: Relación entre la altura y la distorsión absoluta

- Origen:
 - G: Sólo gravitatorias
 - GV: Gravitatorias + viento

- Nota:
 - Las diferentes normas suelen limitar el valor de la distorsión relativa entre plantas y de la distorsión total (desplome) del edificio.
 - El valor absoluto se utilizará para definir las juntas sísmicas. El valor relativo suele limitarse en función de la altura de la planta 'h'. Se comprueba el valor 'Total' tomando en ese caso como valor de 'h' la altura total.

Situaciones persistentes o transitorias									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C3	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0013	h / 2154	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 4	8.22	2.80	0.0013	h / 2154	GV	0.0006	h / 4667	GV
	PISO 3	5.42	2.80	0.0012	h / 2334	GV	0.0007	h / 4000	GV
	PISO 2	2.63	2.63	0.0006	h / 4375	GV	0.0005	h / 5250	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0044	h / 2506	GV	0.0022	h / 5012	GV
C4	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0013	h / 2154	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 4	8.22	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0006	h / 4667	GV
	PISO 3	5.42	2.80	0.0012	h / 2334	GV	0.0007	h / 4000	GV
	PISO 2	2.63	2.63	0.0006	h / 4375	GV	0.0005	h / 5250	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0044	h / 2506	GV	0.0022	h / 5012	GV
C6	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0013	h / 2154	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 4	8.22	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0006	h / 4667	GV
	PISO 3	5.42	2.80	0.0012	h / 2334	GV	0.0007	h / 4000	GV
	PISO 2	2.63	2.63	0.0006	h / 4375	GV	0.0005	h / 5250	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0044	h / 2506	GV	0.0022	h / 5012	GV
C7	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 4	8.22	2.80	0.0015	h / 1867	GV	0.0006	h / 4667	GV
	PISO 3	5.42	2.80	0.0013	h / 2154	GV	0.0007	h / 4000	GV
	PISO 2	2.63	2.63	0.0006	h / 4375	GV	0.0005	h / 5250	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0048	h / 2297	GV	0.0022	h / 5012	GV
C9	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0014	h / 2000	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 4	8.22	2.80	0.0015	h / 1867	GV	0.0006	h / 4667	GV
	PISO 3	5.42	2.80	0.0013	h / 2154	GV	0.0007	h / 4000	GV
	PISO 2	2.63	2.63	0.0006	h / 4375	GV	0.0005	h / 5250	GV
	PISO 1	0.00							

Situaciones persistentes o transitorias									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		11.02	0.0048	h / 2297	GV	0.0022	h / 5012	GV
C10	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0016	h / 1750	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 4	8.22	2.80	0.0018	h / 1556	GV	0.0006	h / 4667	GV
	PISO 3	5.42	2.80	0.0016	h / 1750	GV	0.0007	h / 4000	GV
	PISO 2	2.63	2.63	0.0008	h / 3282	GV	0.0005	h / 5250	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0058	h / 1901	GV	0.0022	h / 5012	GV
C12	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0016	h / 1750	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 4	8.22	2.80	0.0018	h / 1556	GV	0.0006	h / 4667	GV
	PISO 3	5.42	2.80	0.0016	h / 1750	GV	0.0007	h / 4000	GV
	PISO 2	2.63	2.63	0.0008	h / 3282	GV	0.0005	h / 5250	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0058	h / 1901	GV	0.0022	h / 5012	GV
C13	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0013	h / 2154	GV	0.0005	h / 5600	GV
	PISO 4	8.22	2.80	0.0013	h / 2154	GV	0.0006	h / 4667	GV
	PISO 3	5.42	2.80	0.0012	h / 2334	GV	0.0007	h / 4000	GV
	PISO 2	2.63	2.63	0.0006	h / 4375	GV	0.0005	h / 5250	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0044	h / 2506	GV	0.0022	h / 5012	GV
M5	CUBIERTA	11.20	2.80	0.0013	h / 2130	GV	0.0005	h / 5562	GV
	PISO 4	8.40	2.80	0.0014	h / 2067	GV	0.0006	h / 5043	GV
	PISO 3	5.60	2.80	0.0012	h / 2400	GV	0.0007	h / 4277	GV
	PISO 2	2.80	2.80	0.0006	h / 4936	GV	0.0005	h / 6087	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.20	0.0044	h / 2544	GV	0.0022	h / 5153	GV
M6	CUBIERTA	11.20	2.80	0.0013	h / 2130	GV	0.0005	h / 5634	GV
	PISO 4	8.40	2.80	0.0014	h / 2067	GV	0.0006	h / 4917	GV
	PISO 3	5.60	2.80	0.0012	h / 2400	GV	0.0007	h / 4150	GV
	PISO 2	2.80	2.80	0.0006	h / 4936	GV	0.0005	h / 5945	GV
	PISO 1	0.00							
	Total		11.20	0.0044	h / 2544	GV	0.0022	h / 5063	GV

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C3	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0110	h / 255	----	0.0113	h / 248	----
	PISO 4	8.22	2.80	0.0114	h / 246	----	0.0182	h / 154	----
	PISO 3	5.42	2.80	0.0098	h / 286	----	0.0233	h / 121	----
	PISO 2	2.63	2.63	0.0047	h / 559	----	0.0166	h / 159	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0368	h / 300	----	0.0690	h / 160	----
C4	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0143	h / 196	----	0.0114	h / 246	----
	PISO 4	8.22	2.80	0.0148	h / 190	----	0.0183	h / 154	----
	PISO 3	5.42	2.80	0.0128	h / 219	----	0.0233	h / 121	----
	PISO 2	2.63	2.63	0.0062	h / 424	----	0.0166	h / 159	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0481	h / 230	----	0.0691	h / 160	----
C6	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0143	h / 196	----	0.0113	h / 248	----
	PISO 4	8.22	2.80	0.0148	h / 190	----	0.0182	h / 154	----
	PISO 3	5.42	2.80	0.0128	h / 219	----	0.0233	h / 121	----
	PISO 2	2.63	2.63	0.0062	h / 424	----	0.0166	h / 159	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0481	h / 230	----	0.0690	h / 160	----
C7	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0181	h / 155	----	0.0114	h / 246	----
	PISO 4	8.22	2.80	0.0189	h / 149	----	0.0183	h / 154	----
	PISO 3	5.42	2.80	0.0165	h / 170	----	0.0233	h / 121	----
	PISO 2	2.63	2.63	0.0081	h / 325	----	0.0166	h / 159	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0614	h / 180	----	0.0691	h / 160	----
C9	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0181	h / 155	----	0.0113	h / 248	----
	PISO 4	8.22	2.80	0.0189	h / 149	----	0.0182	h / 154	----
	PISO 3	5.42	2.80	0.0165	h / 170	----	0.0233	h / 121	----
	PISO 2	2.63	2.63	0.0081	h / 325	----	0.0166	h / 159	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0614	h / 180	----	0.0690	h / 160	----
C10	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0236	h / 119	----	0.0114	h / 246	----
	PISO 4	8.22	2.80	0.0247	h / 114	----	0.0183	h / 154	----
	PISO 3	5.42	2.80	0.0218	h / 129	----	0.0233	h / 121	----
	PISO 2	2.63	2.63	0.0107	h / 246	----	0.0166	h / 159	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0806	h / 137	----	0.0691	h / 160	----
C12	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0236	h / 119	----	0.0113	h / 248	----
	PISO 4	8.22	2.80	0.0247	h / 114	----	0.0182	h / 154	----
	PISO 3	5.42	2.80	0.0218	h / 129	----	0.0233	h / 121	----
	PISO 2	2.63	2.63	0.0107	h / 246	----	0.0166	h / 159	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0806	h / 137	----	0.0690	h / 160	----
C13	CUBIERTA	11.02	2.80	0.0110	h / 255	----	0.0114	h / 246	----
	PISO 4	8.22	2.80	0.0114	h / 246	----	0.0183	h / 154	----
	PISO 3	5.42	2.80	0.0098	h / 286	----	0.0233	h / 121	----
	PISO 2	2.63	2.63	0.0047	h / 559	----	0.0166	h / 159	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.02	0.0368	h / 300	----	0.0691	h / 160	----
M5	CUBIERTA	11.20	2.80	0.0142	h / 198	----	0.0114	h / 247	----
	PISO 4	8.40	2.80	0.0147	h / 190	----	0.0183	h / 154	----
	PISO 3	5.60	2.80	0.0128	h / 220	----	0.0233	h / 121	----
	PISO 2	2.80	2.80	0.0062	h / 452	----	0.0166	h / 169	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.20	0.0478	h / 235	----	0.0691	h / 163	----
M6	CUBIERTA	11.20	2.80	0.0142	h / 198	----	0.0113	h / 248	----
	PISO 4	8.40	2.80	0.0147	h / 190	----	0.0182	h / 154	----
	PISO 3	5.60	2.80	0.0128	h / 220	----	0.0233	h / 121	----

Situaciones sísmicas ⁽¹⁾									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	PISO 2	2.80	2.80	0.0062	h / 452	----	0.0166	h / 169	----
	PISO 1	0.00							
	Total		11.20	0.0478	h / 235	----	0.0690	h / 163	----
Notas: ⁽¹⁾ Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.									

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

Valores máximos

Desplome local máximo de los pilares (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
CUBIERTA	1 / 1750 (C10, C12)	1 / 5600 (C3, ...)	1 / 119 (C10, C12)	1 / 246 (C4, ...)
PISO 4	1 / 1556 (C10, C12)	1 / 4667 (C3, ...)	1 / 114 (C10, C12)	1 / 154 (C3, ...)
PISO 3	1 / 1750 (C10, C12)	1 / 4000 (C3, ...)	1 / 129 (C10, C12)	1 / 121 (C3, ...)
PISO 2	1 / 3282 (C10, C12)	1 / 5250 (C3, ...)	1 / 246 (C10, C12)	1 / 159 (C3, ...)
Notas: ⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.				

Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 1901 (C10, C12)	1 / 5012 (C3, ...)	1 / 137 (C10, C12)	1 / 160 (C3, ...)
Notas: ⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.			

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

Desplome local máximo de los muros (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
CUBIERTA	1 / 2130 (M5, M6)	1 / 5562 (M5)	1 / 198 (M5, M6)	1 / 247 (M5)
PISO 4	1 / 2067 (M5, M6)	1 / 4917 (M6)	1 / 190 (M5, M6)	1 / 154 (M5, M6)
PISO 3	1 / 2400 (M5, M6)	1 / 4150 (M6)	1 / 220 (M5, M6)	1 / 121 (M5, M6)
PISO 2	1 / 4936 (M5, M6)	1 / 5945 (M6)	1 / 452 (M5, M6)	1 / 169 (M5, M6)
Notas: ⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.				

Desplome total máximo de los muros (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 2544 (M5, M6)	1 / 5063 (M6)	1 / 235 (M5, M6)	1 / 163 (M5, M6)
Notas: ⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.			

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

Esfuerzos y armados de pilares, pantallas y muros

1. ARRANQUES DE COLUMNAS, MUROS DE CORTANTE Y MUROS POR HIPÓTESIS

■ Nota:

Los esfuerzos están referidos a ejes locales de la columna.

Los esfuerzos de muros de cortante y muros son en ejes generales y referidos al centro de gravedad del muro de cortante o muro en la planta.

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
C3	Peso propio	6.61	0.01	0.09	0.18	0.11	0.00
	Cargas muertas	1.73	-0.02	0.08	0.11	0.09	0.00
	Carga viva	0.76	-0.01	0.03	0.05	0.04	0.00
	Viento +X exc.+	11.04	0.34	-0.01	0.39	-0.12	0.00
	Viento +X exc.-	5.92	0.20	0.11	0.21	0.04	0.00
	Viento -X exc.+	-11.04	-0.34	0.01	-0.39	0.12	-0.00
	Viento -X exc.-	-5.92	-0.20	-0.11	-0.21	-0.04	-0.00
	Viento +Y exc.+	-2.26	0.00	0.53	-0.12	0.32	0.00
	Viento +Y exc.-	-1.33	0.03	0.51	-0.09	0.29	0.00
	Viento -Y exc.+	2.26	0.00	-0.53	0.12	-0.32	0.00
	Viento -Y exc.-	1.33	-0.03	-0.51	0.09	-0.29	0.00
	Sismo X Modo 1	-0.21	0.00	0.07	-0.01	0.04	0.00
	Sismo X Modo 2	18.11	0.56	0.20	0.53	0.04	0.01
	Sismo X Modo 3	-9.78	-0.27	0.16	-0.26	0.22	0.00
	Sismo X Modo 4	-0.02	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	1.34	0.06	0.03	0.12	-0.01	0.00
	Sismo X Modo 6	0.03	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
	Sismo X Modo 7	1.37	0.05	-0.03	0.11	-0.06	0.00
	Sismo Y Modo 1	-9.61	0.12	3.19	-0.57	1.79	-0.00
	Sismo Y Modo 2	0.35	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	-2.14	-0.06	0.04	-0.06	0.05	0.00
	Sismo Y Modo 4	-1.80	0.00	0.37	-0.11	0.25	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	0.42	-0.00	-0.12	0.05	-0.10	0.00
	Sismo Y Modo 7	0.05	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
C4	Peso propio	14.29	-0.11	-0.10	-0.16	-0.10	0.00
	Cargas muertas	10.22	-0.10	-0.05	-0.13	-0.06	0.00
	Carga viva	4.49	-0.04	-0.02	-0.06	-0.03	0.00
	Viento +X exc.+	-11.01	0.39	0.03	0.41	0.12	0.00
	Viento +X exc.-	-9.01	0.34	-0.11	0.35	-0.02	0.00
	Viento -X exc.+	11.01	-0.39	-0.03	-0.41	-0.12	0.00
	Viento -X exc.-	9.01	-0.34	0.11	-0.35	0.02	-0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Viento +Y exc.+	-2.14	0.00	0.60	0.14	0.39	0.00
	Viento +Y exc.-	-2.51	0.01	0.62	0.15	0.42	0.00
	Viento -Y exc.+	2.14	-0.00	-0.60	-0.14	-0.39	-0.00
	Viento -Y exc.-	2.51	-0.01	-0.62	-0.15	-0.42	0.00
	Sismo X Modo 1	-0.33	0.00	0.08	0.02	0.05	0.00
	Sismo X Modo 2	-24.94	0.89	-0.33	0.77	-0.10	0.01
	Sismo X Modo 3	5.57	-0.15	-0.19	-0.15	-0.20	0.00
	Sismo X Modo 4	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	-2.19	0.12	-0.03	0.20	0.01	0.00
	Sismo X Modo 6	0.04	0.00	-0.01	-0.00	-0.01	0.00
	Sismo X Modo 7	-0.71	0.03	0.03	0.06	0.04	0.00
	Sismo Y Modo 1	-15.39	0.04	3.80	0.84	2.49	0.00
	Sismo Y Modo 2	-0.48	0.02	-0.01	0.01	-0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	1.22	-0.03	-0.04	-0.03	-0.04	0.00
	Sismo Y Modo 4	-1.44	0.01	0.42	0.13	0.31	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	0.52	-0.01	-0.14	-0.06	-0.11	0.00
	Sismo Y Modo 7	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C6	Peso propio	10.91	0.01	-0.03	0.28	-0.06	-0.00
	Cargas muertas	6.07	0.00	0.02	0.23	-0.00	0.00
	Carga viva	2.66	0.00	0.01	0.10	-0.00	0.00
	Viento +X exc.+	11.06	0.34	0.00	0.39	-0.11	0.00
	Viento +X exc.-	9.01	0.31	0.14	0.34	0.03	0.00
	Viento -X exc.+	-11.06	-0.34	-0.00	-0.39	0.11	-0.00
	Viento -X exc.-	-9.01	-0.31	-0.14	-0.34	-0.03	-0.00
	Viento +Y exc.+	-2.61	0.02	0.62	-0.11	0.41	0.00
	Viento +Y exc.-	-2.24	0.03	0.59	-0.10	0.39	0.00
	Viento -Y exc.+	2.61	-0.02	-0.62	0.11	-0.41	0.00
	Viento -Y exc.-	2.24	-0.03	-0.59	0.10	-0.39	0.00
	Sismo X Modo 1	-0.31	0.00	0.08	-0.01	0.05	0.00
	Sismo X Modo 2	25.41	0.82	0.26	0.77	0.03	0.01
	Sismo X Modo 3	-5.70	-0.13	0.19	-0.13	0.21	0.00
	Sismo X Modo 4	-0.02	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	2.33	0.10	0.03	0.20	-0.03	0.00
	Sismo X Modo 6	0.03	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
	Sismo X Modo 7	0.77	0.03	-0.03	0.06	-0.04	0.00
	Sismo Y Modo 1	-14.46	0.20	3.76	-0.55	2.43	-0.00
	Sismo Y Modo 2	0.49	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	-1.25	-0.03	0.04	-0.03	0.05	0.00
	Sismo Y Modo 4	-1.55	0.01	0.41	-0.10	0.30	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	0.48	-0.00	-0.13	0.05	-0.11	0.00
	Sismo Y Modo 7	0.03	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
C7	Peso propio	19.77	-0.54	0.05	-0.54	0.09	0.00
	Cargas muertas	12.84	-0.43	0.03	-0.41	0.05	0.00
	Carga viva	5.64	-0.19	0.01	-0.18	0.02	0.00
	Viento +X exc.+	-0.94	0.41	0.01	0.19	0.01	0.00
	Viento +X exc.-	-0.96	0.49	-0.13	0.22	-0.08	0.00
	Viento -X exc.+	0.94	-0.41	-0.01	-0.19	-0.01	0.00
	Viento -X exc.-	0.96	-0.49	0.13	-0.22	0.08	-0.00
	Viento +Y exc.+	-0.31	0.01	0.63	0.00	0.42	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.31	-0.01	0.65	-0.00	0.44	0.00
	Viento -Y exc.+	0.31	-0.01	-0.63	-0.00	-0.42	0.00
	Viento -Y exc.-	0.31	0.01	-0.65	0.00	-0.44	0.00
	Sismo X Modo 1	-0.05	0.00	0.09	0.00	0.06	0.00
	Sismo X Modo 2	-2.95	1.27	-0.38	0.54	-0.24	0.01
	Sismo X Modo 3	0.24	-0.01	-0.18	-0.00	-0.11	0.01
	Sismo X Modo 4	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	0.09	0.15	-0.05	0.09	-0.03	0.00
	Sismo X Modo 6	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
	Sismo X Modo 7	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
	Sismo Y Modo 1	-2.36	0.03	4.00	0.01	2.64	0.00
	Sismo Y Modo 2	-0.06	0.02	-0.01	0.01	-0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	0.05	-0.00	-0.04	0.00	-0.02	0.00
	Sismo Y Modo 4	0.10	0.00	0.43	0.00	0.31	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	-0.00	-0.00	-0.14	0.00	-0.11	0.00
	Sismo Y Modo 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C9	Peso propio	19.78	0.49	-0.05	0.62	-0.02	0.00
	Cargas muertas	11.91	0.38	-0.09	0.50	-0.08	0.00
	Carga viva	5.23	0.17	-0.04	0.22	-0.04	0.00
	Viento +X exc.+	0.94	0.43	0.00	0.20	0.00	0.00
	Viento +X exc.-	0.94	0.51	0.14	0.24	0.09	0.00
	Viento -X exc.+	-0.94	-0.43	-0.00	-0.20	0.00	0.00
	Viento -X exc.-	-0.94	-0.51	-0.14	-0.24	-0.09	-0.00
	Viento +Y exc.+	-0.30	0.01	0.65	0.00	0.44	0.00
	Viento +Y exc.-	-0.30	-0.00	0.63	-0.00	0.42	0.00
	Viento -Y exc.+	0.30	-0.01	-0.65	-0.00	-0.44	0.00
	Viento -Y exc.-	0.30	0.00	-0.63	0.00	-0.42	0.00
	Sismo X Modo 1	-0.05	0.00	0.09	0.00	0.06	0.00
	Sismo X Modo 2	2.97	1.32	0.25	0.60	0.15	0.01
	Sismo X Modo 3	-0.29	-0.01	0.19	-0.01	0.12	0.01
	Sismo X Modo 4	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	-0.09	0.15	0.03	0.09	0.02	0.00
	Sismo X Modo 6	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
	Sismo X Modo 7	-0.01	0.00	-0.03	0.00	-0.02	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo Y Modo 1	-2.17	0.03	4.00	0.02	2.64	0.00
	Sismo Y Modo 2	0.06	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	-0.06	-0.00	0.04	-0.00	0.03	0.00
	Sismo Y Modo 4	0.09	0.00	0.43	0.00	0.31	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	-0.00	-0.00	-0.14	0.00	-0.11	0.00
	Sismo Y Modo 7	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
C10	Peso propio	13.70	-0.17	-0.20	-0.24	-0.14	0.00
	Cargas muertas	9.01	-0.15	-0.20	-0.18	-0.17	0.00
	Carga viva	3.96	-0.07	-0.09	-0.08	-0.08	0.00
	Viento +X exc.+	-11.01	0.39	-0.03	0.41	-0.12	0.00
	Viento +X exc.-	-17.63	0.61	-0.15	0.67	-0.28	0.00
	Viento -X exc.+	11.01	-0.39	0.03	-0.41	0.12	0.00
	Viento -X exc.-	17.63	-0.61	0.15	-0.67	0.28	-0.00
	Viento +Y exc.+	1.22	0.01	0.48	-0.10	0.26	0.00
	Viento +Y exc.-	2.42	-0.03	0.50	-0.15	0.29	0.00
	Viento -Y exc.+	-1.22	-0.01	-0.48	0.10	-0.26	-0.00
	Viento -Y exc.-	-2.42	0.03	-0.50	0.15	-0.29	-0.00
	Sismo X Modo 1	0.23	-0.00	0.07	-0.02	0.03	0.00
	Sismo X Modo 2	-45.94	1.49	-0.41	1.41	-0.64	0.01
	Sismo X Modo 3	-6.09	0.18	-0.15	0.19	-0.16	0.00
	Sismo X Modo 4	0.02	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	-4.65	0.23	-0.07	0.40	-0.15	0.00
	Sismo X Modo 6	-0.03	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
	Sismo X Modo 7	0.69	-0.03	0.02	-0.06	0.03	0.00
	Sismo Y Modo 1	10.74	-0.06	3.04	-0.72	1.60	0.01
	Sismo Y Modo 2	-0.88	0.03	-0.01	0.03	-0.01	0.00
	Sismo Y Modo 3	-1.33	0.04	-0.03	0.04	-0.04	0.00
	Sismo Y Modo 4	1.49	-0.02	0.35	-0.13	0.23	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.05	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	-0.43	0.01	-0.12	0.06	-0.10	0.00
	Sismo Y Modo 7	0.03	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
C12	Peso propio	9.16	0.03	-0.14	0.34	-0.05	0.00
	Cargas muertas	3.43	0.00	-0.08	0.24	-0.01	0.00
	Carga viva	1.50	0.00	-0.04	0.11	-0.01	0.00
	Viento +X exc.+	11.09	0.34	0.01	0.39	0.12	-0.00
	Viento +X exc.-	17.78	0.53	0.11	0.62	0.28	0.00
	Viento -X exc.+	-11.09	-0.34	-0.01	-0.39	-0.12	0.00
	Viento -X exc.-	-17.78	-0.53	-0.11	-0.62	-0.28	0.00
	Viento +Y exc.+	2.62	0.01	0.50	0.12	0.28	0.00
	Viento +Y exc.-	1.40	-0.03	0.48	0.08	0.25	-0.00
	Viento -Y exc.+	-2.62	-0.01	-0.50	-0.12	-0.28	0.00
	Viento -Y exc.-	-1.40	0.03	-0.48	-0.08	-0.25	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo X Modo 1	0.27	-0.00	0.06	0.01	0.03	0.00
	Sismo X Modo 2	45.62	1.33	0.20	1.26	0.56	0.00
	Sismo X Modo 3	6.17	0.16	0.15	0.16	0.17	0.00
	Sismo X Modo 4	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	4.79	0.18	0.04	0.39	0.14	0.00
	Sismo X Modo 6	-0.04	0.00	-0.01	-0.00	-0.01	0.00
	Sismo X Modo 7	-0.75	-0.02	-0.02	-0.06	-0.04	0.00
	Sismo Y Modo 1	12.46	-0.05	3.01	0.55	1.58	-0.01
	Sismo Y Modo 2	0.87	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00
	Sismo Y Modo 3	1.35	0.03	0.03	0.04	0.04	0.00
	Sismo Y Modo 4	1.70	-0.00	0.35	0.11	0.23	0.00
	Sismo Y Modo 5	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	-0.50	0.00	-0.12	-0.05	-0.10	0.00
	Sismo Y Modo 7	-0.03	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00
C13	Peso propio	9.98	-0.11	0.14	-0.11	0.17	0.00
	Cargas muertas	5.60	-0.10	0.14	-0.07	0.17	0.00
	Carga viva	2.46	-0.04	0.06	-0.03	0.07	0.00
	Viento +X exc.+	-10.99	0.38	0.02	0.40	0.11	0.00
	Viento +X exc.-	-5.92	0.22	-0.10	0.21	-0.04	0.00
	Viento -X exc.+	10.99	-0.38	-0.02	-0.40	-0.11	0.00
	Viento -X exc.-	5.92	-0.22	0.10	-0.21	0.04	-0.00
	Viento +Y exc.+	-1.24	0.00	0.51	0.12	0.29	0.00
	Viento +Y exc.-	-2.16	0.03	0.53	0.15	0.32	0.00
	Viento -Y exc.+	1.24	0.00	-0.51	-0.12	-0.29	-0.00
	Viento -Y exc.-	2.16	-0.03	-0.53	-0.15	-0.32	0.00
	Sismo X Modo 1	-0.24	0.00	0.07	0.02	0.04	0.00
	Sismo X Modo 2	-17.76	0.61	-0.31	0.50	-0.13	0.01
	Sismo X Modo 3	9.70	-0.30	-0.16	-0.29	-0.20	0.00
	Sismo X Modo 4	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	-1.24	0.07	-0.04	0.11	-0.00	0.00
	Sismo X Modo 6	0.03	0.00	-0.01	-0.00	-0.01	0.00
	Sismo X Modo 7	-1.28	0.06	0.02	0.11	0.05	0.00
	Sismo Y Modo 1	-10.93	0.11	3.22	0.81	1.83	0.01
	Sismo Y Modo 2	-0.34	0.01	-0.01	0.01	-0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	2.12	-0.07	-0.04	-0.06	-0.04	0.00
	Sismo Y Modo 4	-1.67	0.02	0.37	0.13	0.25	0.00
	Sismo Y Modo 5	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	0.49	-0.01	-0.13	-0.06	-0.10	0.00
	Sismo Y Modo 7	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1	Peso propio	3.71	-0.33	0.04	-0.21	0.06	-0.00
	Cargas muertas	0.27	-0.33	0.04	-0.18	0.05	-0.00
	Carga viva	0.12	-0.14	0.02	-0.08	0.02	-0.00
	Viento +X exc.+	9.88	1.29	0.01	1.04	0.06	-0.01

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Viento +X exc.-	4.86	0.70	-0.01	0.51	0.06	0.00
	Viento -X exc.+	-9.88	-1.29	-0.01	-1.04	-0.06	0.01
	Viento -X exc.-	-4.86	-0.70	0.01	-0.51	-0.06	-0.00
	Viento +Y exc.+	2.19	-0.03	0.15	0.18	0.14	-0.02
	Viento +Y exc.-	3.10	0.07	0.16	0.27	0.14	-0.02
	Viento -Y exc.+	-2.19	0.03	-0.15	-0.18	-0.14	0.02
	Viento -Y exc.-	-3.10	-0.07	-0.16	-0.27	-0.14	0.02
	Sismo X Modo 1	0.39	0.00	0.02	0.03	0.02	-0.00
	Sismo X Modo 2	14.32	2.00	-0.03	1.27	0.13	0.01
	Sismo X Modo 3	-9.25	-1.07	-0.03	-0.82	-0.01	0.02
	Sismo X Modo 4	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	1.34	0.23	-0.00	0.27	0.02	0.00
	Sismo X Modo 6	-0.04	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00	0.00
	Sismo X Modo 7	1.30	0.20	0.01	0.26	0.01	-0.00
	Sismo Y Modo 1	17.90	0.19	0.95	1.35	0.83	-0.11
	Sismo Y Modo 2	0.27	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	-2.02	-0.23	-0.01	-0.18	-0.00	0.00
	Sismo Y Modo 4	1.28	0.03	0.11	0.22	0.12	-0.01
	Sismo Y Modo 5	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	-0.53	-0.03	-0.04	-0.11	-0.05	0.00
	Sismo Y Modo 7	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
M2	Peso propio	6.24	-0.48	-0.06	-0.45	-0.05	0.00
	Cargas muertas	2.50	-0.47	-0.06	-0.41	-0.06	0.00
	Carga viva	1.10	-0.21	-0.03	-0.18	-0.02	0.00
	Viento +X exc.+	10.00	1.31	-0.02	1.07	-0.07	0.01
	Viento +X exc.-	16.28	2.08	-0.04	1.75	-0.09	0.03
	Viento -X exc.+	-10.00	-1.31	0.02	-1.07	0.07	-0.01
	Viento -X exc.-	-16.28	-2.08	0.04	-1.75	0.09	-0.03
	Viento +Y exc.+	-1.77	0.06	0.14	-0.15	0.13	-0.02
	Viento +Y exc.-	-2.91	-0.08	0.15	-0.27	0.13	-0.02
	Viento -Y exc.+	1.77	-0.06	-0.14	0.15	-0.13	0.02
	Viento -Y exc.-	2.91	0.08	-0.15	0.27	-0.13	0.02
	Sismo X Modo 1	-0.32	0.00	0.02	-0.02	0.02	-0.00
	Sismo X Modo 2	41.92	5.11	-0.10	3.81	-0.19	0.06
	Sismo X Modo 3	5.84	0.67	-0.02	0.54	0.01	0.02
	Sismo X Modo 4	-0.02	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	4.79	0.74	-0.02	0.96	-0.06	0.01
	Sismo X Modo 6	0.03	0.00	-0.00	0.01	-0.00	0.00
	Sismo X Modo 7	-0.70	-0.10	0.00	-0.14	0.01	-0.00
	Sismo Y Modo 1	-14.63	-0.02	0.89	-1.15	0.75	-0.10
	Sismo Y Modo 2	0.80	0.10	-0.00	0.07	-0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	1.28	0.15	-0.00	0.12	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 4	-1.30	-0.02	0.11	-0.20	0.11	-0.01

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
M3	Sismo Y Modo 5	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	0.45	0.02	-0.04	0.10	-0.05	0.00
	Sismo Y Modo 7	-0.03	-0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
	Peso propio	8.12	-0.06	0.03	0.06	0.06	0.00
	Cargas muertas	4.60	-0.09	0.02	0.06	0.05	0.00
	Carga viva	2.02	-0.04	0.01	0.03	0.02	0.00
	Viento +X exc.+	-9.94	1.08	-0.01	1.02	-0.07	-0.01
	Viento +X exc.-	-4.86	0.59	0.01	0.49	-0.06	0.00
	Viento -X exc.+	9.94	-1.08	0.01	-1.02	0.07	0.01
	Viento -X exc.-	4.86	-0.59	-0.01	-0.49	0.06	-0.00
	Viento +Y exc.+	3.18	-0.02	0.15	-0.30	0.14	0.02
	Viento +Y exc.-	2.25	0.07	0.14	-0.21	0.14	0.02
	Viento -Y exc.+	-3.18	0.02	-0.15	0.30	-0.14	-0.02
	Viento -Y exc.-	-2.25	-0.07	-0.14	0.21	-0.14	-0.02
	Sismo X Modo 1	0.36	0.01	0.02	-0.03	0.02	0.00
	Sismo X Modo 2	-14.91	1.70	0.01	1.31	-0.17	0.00
	Sismo X Modo 3	9.41	-0.89	0.03	-0.84	0.02	0.02
	Sismo X Modo 4	0.02	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	-1.44	0.18	0.00	0.26	-0.02	0.00
	Sismo X Modo 6	-0.03	0.00	-0.00	0.01	-0.00	0.00
	Sismo X Modo 7	-1.39	0.16	-0.01	0.25	-0.01	-0.00
	Sismo Y Modo 1	16.54	0.28	0.89	-1.40	0.86	0.10
	Sismo Y Modo 2	-0.28	0.03	0.00	0.02	-0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	2.06	-0.19	0.01	-0.18	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 4	1.42	0.01	0.10	-0.23	0.12	0.01
	Sismo Y Modo 5	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	-0.46	-0.01	-0.04	0.09	-0.05	-0.00
	Sismo Y Modo 7	-0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
M4	Peso propio	10.56	0.00	-0.04	0.27	-0.05	-0.01
	Cargas muertas	6.00	-0.04	-0.02	0.26	-0.02	-0.00
	Carga viva	2.63	-0.02	-0.01	0.11	-0.01	-0.00
	Viento +X exc.+	-10.08	1.08	0.01	1.03	0.07	0.01
	Viento +X exc.-	-16.42	1.72	0.03	1.70	0.08	0.02
	Viento -X exc.+	10.08	-1.08	-0.01	-1.03	-0.07	-0.01
	Viento -X exc.-	16.42	-1.72	-0.03	-1.70	-0.08	-0.02
	Viento +Y exc.+	-3.12	0.04	0.14	0.29	0.13	0.02
	Viento +Y exc.-	-1.97	-0.08	0.14	0.17	0.13	0.01
	Viento -Y exc.+	3.12	-0.04	-0.14	-0.29	-0.13	-0.02
	Viento -Y exc.-	1.97	0.08	-0.14	-0.17	-0.13	-0.01
	Sismo X Modo 1	-0.35	-0.00	0.02	0.03	0.02	0.00
	Sismo X Modo 2	-41.43	4.27	0.05	3.70	0.15	0.04
	Sismo X Modo 3	-5.93	0.55	0.02	0.55	-0.01	0.01
	Sismo X Modo 4	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Sismo X Modo 5	-4.93	0.58	0.01	0.90	0.04	0.01
	Sismo X Modo 6	0.04	0.00	-0.00	-0.01	-0.00	0.00
	Sismo X Modo 7	0.76	-0.08	-0.01	-0.14	-0.01	-0.00
	Sismo Y Modo 1	-16.35	-0.10	0.84	1.34	0.79	0.09
	Sismo Y Modo 2	-0.79	0.08	0.00	0.07	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	-1.29	0.12	0.01	0.12	-0.00	0.00
	Sismo Y Modo 4	-1.50	-0.00	0.10	0.22	0.11	0.01
	Sismo Y Modo 5	-0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	0.52	-0.00	-0.03	-0.10	-0.05	-0.00
	Sismo Y Modo 7	0.03	-0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
M5	Peso propio	6.62	-0.26	-0.03	-0.18	-0.03	0.00
	Cargas muertas	3.49	-0.27	-0.02	-0.18	-0.02	0.00
	Carga viva	1.53	-0.12	-0.01	-0.08	-0.01	0.00
	Viento +X exc.+	9.93	1.29	0.02	1.05	0.07	-0.01
	Viento +X exc.-	8.20	1.12	-0.01	0.87	0.07	0.00
	Viento -X exc.+	-9.93	-1.29	-0.02	-1.05	-0.07	0.01
	Viento -X exc.-	-8.20	-1.12	0.01	-0.87	-0.07	0.00
	Viento +Y exc.+	2.07	-0.04	0.18	0.18	0.17	-0.02
	Viento +Y exc.-	2.39	-0.01	0.18	0.21	0.17	-0.02
	Viento -Y exc.+	-2.07	0.04	-0.18	-0.18	-0.17	0.02
	Viento -Y exc.-	-2.39	0.01	-0.18	-0.21	-0.17	0.02
	Sismo X Modo 1	0.31	-0.00	0.02	0.02	0.02	-0.00
	Sismo X Modo 2	22.31	2.95	-0.03	1.99	0.16	0.00
	Sismo X Modo 3	-4.83	-0.54	-0.03	-0.43	-0.00	0.02
	Sismo X Modo 4	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	2.27	0.38	-0.00	0.47	0.03	-0.00
	Sismo X Modo 6	-0.03	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00	0.00
	Sismo X Modo 7	0.75	0.11	0.01	0.14	0.01	-0.00
	Sismo Y Modo 1	14.59	-0.10	1.11	1.15	1.05	-0.13
	Sismo Y Modo 2	0.43	0.06	0.00	0.04	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	-1.06	-0.12	-0.01	-0.09	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 4	1.54	0.01	0.13	0.20	0.14	-0.02
	Sismo Y Modo 5	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	-0.49	-0.02	-0.04	-0.10	-0.05	0.01
	Sismo Y Modo 7	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
M6	Peso propio	11.05	-0.08	-0.00	0.13	0.02	0.00
	Cargas muertas	7.52	-0.06	0.01	0.17	0.02	0.00
	Carga viva	3.30	-0.03	0.00	0.07	0.01	0.00
	Viento +X exc.+	-9.96	1.08	-0.01	1.03	-0.06	-0.01
	Viento +X exc.-	-8.19	0.95	0.02	0.84	-0.07	0.00
	Viento -X exc.+	9.96	-1.08	0.01	-1.03	0.06	0.01
	Viento -X exc.-	8.19	-0.95	-0.02	-0.84	0.07	-0.00
	Viento +Y exc.+	2.48	0.06	0.17	-0.25	0.18	0.02

Arranques sobre cimentación							
Soporte	Condición	Esfuerzos en desplantes					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
	Viento +Y exc.-	2.15	0.08	0.17	-0.21	0.18	0.02
	Viento -Y exc. +	-2.48	-0.06	-0.17	0.25	-0.18	-0.02
	Viento -Y exc.-	-2.15	-0.08	-0.17	0.21	-0.18	-0.02
	Sismo X Modo 1	0.30	0.01	0.02	-0.03	0.02	0.00
	Sismo X Modo 2	-22.73	2.50	0.02	1.99	-0.20	0.00
	Sismo X Modo 3	4.93	-0.45	0.03	-0.45	0.00	0.01
	Sismo X Modo 4	0.02	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	Sismo X Modo 5	-2.40	0.31	0.00	0.44	-0.03	-0.00
	Sismo X Modo 6	-0.03	0.00	-0.00	0.01	-0.00	0.00
	Sismo X Modo 7	-0.81	0.08	-0.01	0.14	-0.01	-0.00
	Sismo Y Modo 1	13.69	0.54	1.04	-1.25	1.06	0.12
	Sismo Y Modo 2	-0.43	0.05	0.00	0.04	-0.00	0.00
	Sismo Y Modo 3	1.08	-0.10	0.01	-0.10	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 4	1.65	0.04	0.12	-0.22	0.14	0.01
	Sismo Y Modo 5	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sismo Y Modo 6	-0.45	-0.01	-0.04	0.09	-0.05	-0.00
	Sismo Y Modo 7	-0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

Justificación de la acción sísmica

SISMO

Norma utilizada: NSR-10

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (2010)

Método de cálculo: Análisis dinámico espectral (NSR-10, A.3.4.2.2)

1.1. Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_a : 0.25 g

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_v : 0.25 g

V_m: Velocidad media de onda de cortante (NSR-10, A.2.4.3)

V_m : 180.00 m/s

Sistema estructural

R_{0X}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3)

R_{0X} : 7.00

R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3)

R_{0Y} : 7.00

Φ_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5)

Φ_a : 1.00

Φ_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4)

Φ_p : 1.00

Φ_{rX}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8)

Φ_{rX} : 1.00

Φ_{rY}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8)

Φ_{rY} : 1.00

Geometría en altura (NSR-10, A.3.3.4 y A.3.3.5): Regular

Estimación del periodo fundamental de la estructura: Según norma

Tipología estructural (X): I

Tipología estructural (Y): I

h: Altura del edificio

h : 11.20 m

Tipo de edificación (NSR-10, A.2.5): I

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Grados de libertad que intervienen en el análisis: No se han considerado las plantas bajo rasante en el modelo dinámico

Fracción de sobrecarga de uso

: 0.00

Fracción de sobrecarga de nieve

: 0.00

Factor multiplicador del espectro

: 1.00

Efectos de la componente sísmica vertical

No se consideran

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

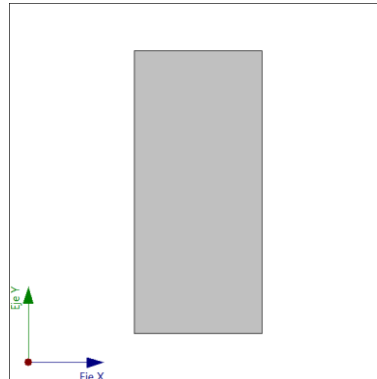
Se realiza análisis de los efectos de 2º orden
Valor para multiplicar los desplazamientos 1.00

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Especial (DES)

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

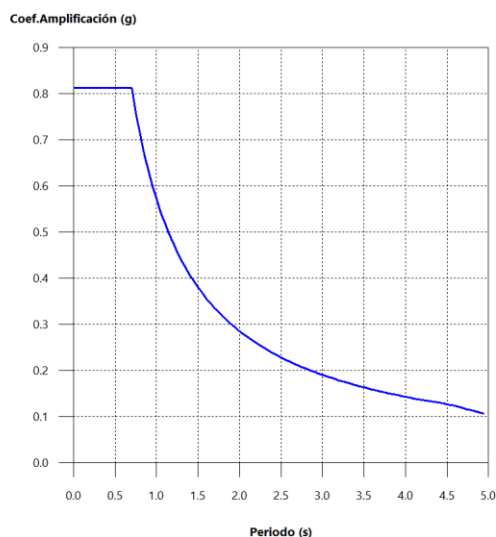
Acción sísmica según Y



Proyección en planta de la obra

1.2. Espectro de cálculo

1.2.1. Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.812 g.

NSR-10 (A.2.6.1)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_a : 0.25 g

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_v : 0.25 g

F_a: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (NSR-10, Tabla A.2.4-3)

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$F_a : \frac{1.30}{D}$$

$$\text{Suelo} : \frac{D}{D}$$

$$A_a : \frac{0.25}{D} \text{ g}$$

F_v: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (NSR-10, Tabla A.2.4-4)

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$F_v : \frac{1.90}{D}$$

$$\text{Suelo} : \frac{D}{D}$$

$$A_v : \frac{0.25}{D} \text{ g}$$

I: Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5)

Tipo de edificación: I

$$I : \frac{1.00}{1}$$

T_c: Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (NSR-10, A.2.6.1)

$$T_c : \frac{0.70}{1} \text{ s}$$

T_l: Periodo correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (NSR-10, A.2.6.1)

$$T_l : \frac{4.56}{1} \text{ s}$$

1.2.2. Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (R) correspondiente a cada dirección de análisis.

Coeficiente de capacidad de disipación de energía (NSR-10, A.3.3.3)

R_x: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (X)

R_y: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (Y)

R_{xi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (X)

$$R_{xi} : \frac{7.00}{1}$$

R_{yi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y)

$$R_{yi} : \frac{7.00}{1}$$

Donde:

R_{0x}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3)

$$R_{0x} : \frac{7.00}{1}$$

R_{0y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3)

$$R_{0y} : \frac{7.00}{1}$$

Φ_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5)

$$\Phi_a : \frac{1.00}{1}$$

Φ_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4)

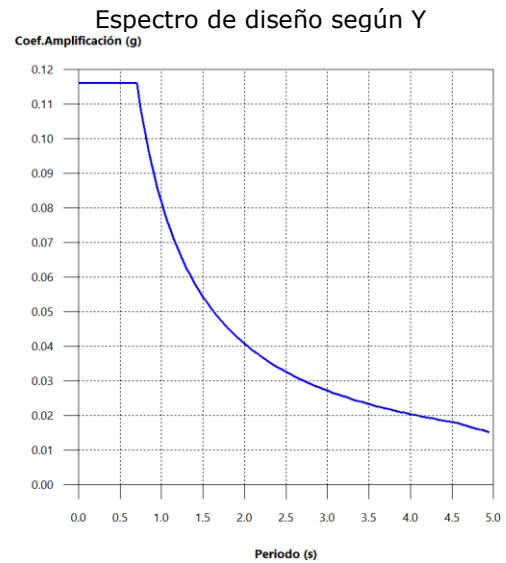
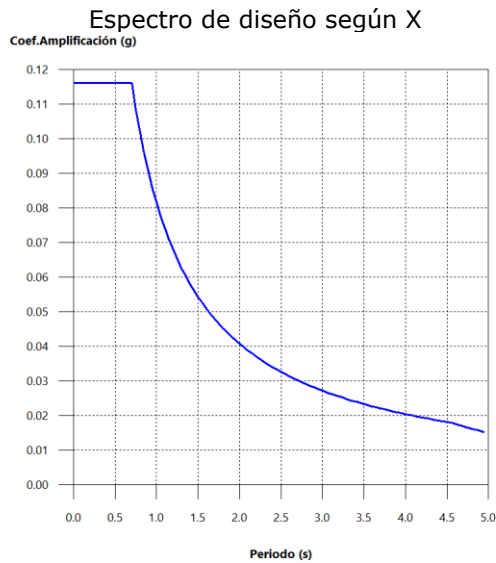
$$\Phi_p : \frac{1.00}{1}$$

Φ_{rx}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8)

$$\Phi_{rx} : \frac{1.00}{1}$$

Φ_{ry}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8)

$$\Phi_{ry} : \frac{1.00}{1}$$



1.3. Coeficientes de participación

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Condición X(1)	Condición Y(1)
Modo 1	0.499	0.0189	0.9997	0.0142	0.03 %	83.48 %	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 7.16839 mm	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 7.16839 mm
Modo 2	0.422	0.5769	0.0126	0.8167	66.97 %	0.03 %	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 5.13011 mm	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 5.13011 mm
Modo 3	0.323	0.0662	0.0165	0.9978	6.31 %	0.01 %	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 3.01607 mm	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 3.01607 mm
Modo 4	0.159	0.0102	0.9999	0.0085	0 %	10.95 %	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 0.72606 mm	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 0.72606 mm
Modo 5	0.097	0.4992	0.0063	0.8664	16.05 %	0 %	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 0.27256 mm	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 0.27256 mm
Modo 6	0.088	0.0601	0.9713	0.2303	0.02 %	4.21 %	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 0.22313 mm	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 0.22313 mm
Modo 7	0.075	0.085	0.0037	0.9964	2.44 %	0 %	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 0.16367 mm	R = 7 A = 1.139 m/s ² D = 0.16367 mm
Total					91.82 %	98.68 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz}: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

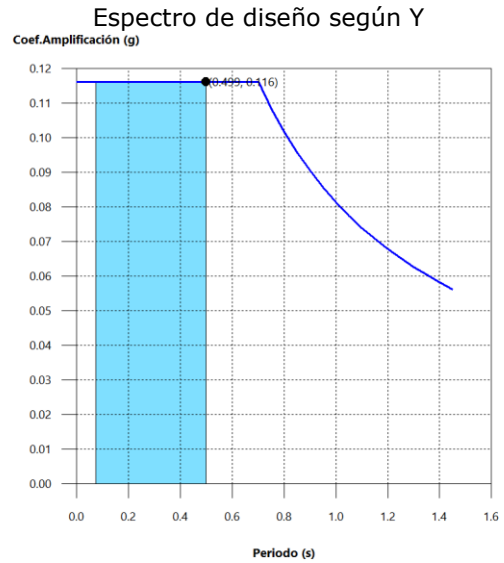
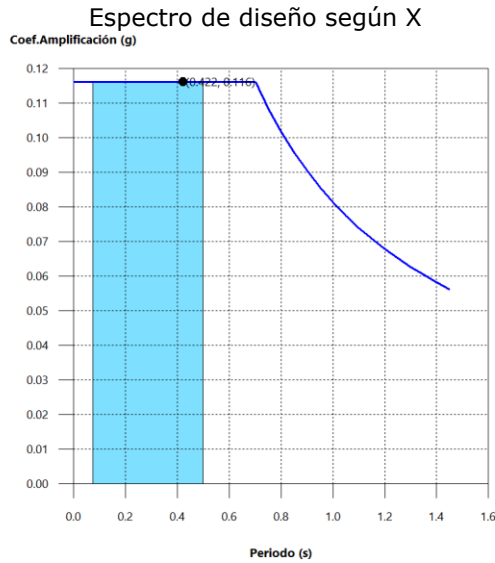
M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales



Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Condición Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.422	0.116

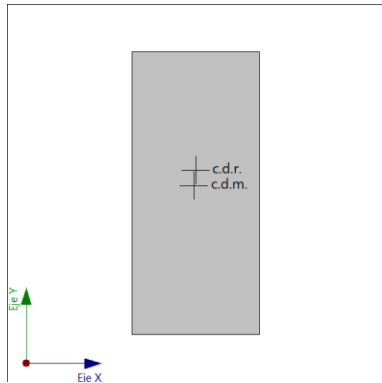
Condición Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.499	0.116

1.4. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

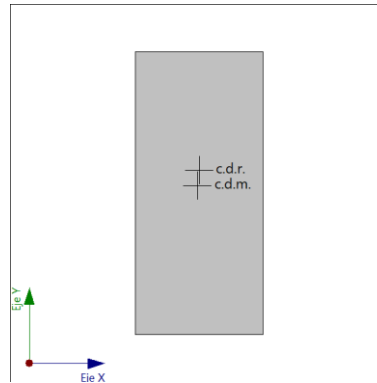
Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e _x (m)	e _y (m)
CUBIERTA	(3.07, -6.16)	(3.00, -5.59)	0.08	-0.56
PISO 4	(2.91, -6.30)	(2.99, -5.58)	-0.09	-0.72
PISO 3	(2.91, -6.30)	(2.99, -5.57)	-0.09	-0.73
PISO 2	(2.91, -6.30)	(2.99, -5.57)	-0.09	-0.73

c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)
c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)
e_x: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)
e_y: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

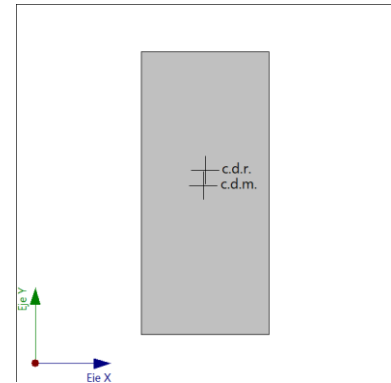
Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta



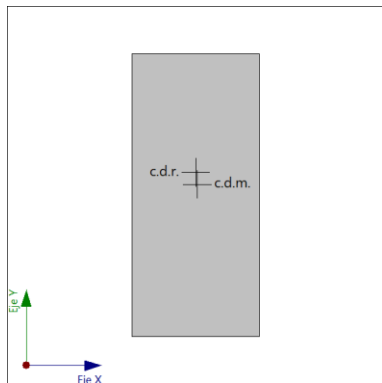
PISO 2



PISO 3



PISO 4



CUBIERTA

1.5. Corrección por cortante basal

1.5.1. Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (V_d), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_x (t)	$V_{d,x}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	0.0080	18.7629
	Modo 2	17.9293	
	Modo 3	1.6898	
	Modo 4	0.0003	
	Modo 5	4.2960	
	Modo 6	0.0043	
	Modo 7	0.6533	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V _y (t)	V _{d,y} (t)
Sismo Y1	Modo 1	22.3144	22.5593
	Modo 2	0.0085	
	Modo 3	0.0119	
	Modo 4	2.9264	
	Modo 5	0.0007	
	Modo 6	1.1261	
	Modo 7	0.0012	

V_{d,x}: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

V_{d,y}: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

1.5.2. Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

V_{s,x}: Cortante sísmico en la base (X) (NSR-10, A.4.3.1)

V_{s,x} : 26.8000 t

S_{d,x}(T_a): Aceleración espectral horizontal de diseño (X)

S_{d,x}(T_a) : 0.116 g

T_{a,x}: Periodo fundamental aproximado (X) (NSR-10, A.4.2.2)

T_{a,x} : 0.41 s

Tipología estructural (X): I

h: Altura del edificio

h : 11.20 m

V_{s,y}: Cortante sísmico en la base (Y) (NSR-10, A.4.3.1)

V_{s,y} : 26.8000 t

S_{d,y}(T_a): Aceleración espectral horizontal de diseño (Y)

S_{d,y}(T_a) : 0.116 g

T_{a,y}: Periodo fundamental aproximado (Y) (NSR-10, A.4.2.2)

T_{a,y} : 0.41 s

Tipología estructural (Y): I

h: Altura del edificio

h : 11.20 m

W: Peso sísmico total de la estructura

W : 230.8926 t

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

w_i: Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Planta	w_i (t)
CUBIERTA	34.1978
PISO 4	65.7198
PISO 3	65.4875
PISO 2	65.4875
$W=\sum w_i$	230.8926

1.5.3. Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.80 \cdot V_s / V_d$.

Geometría en altura (NSR-10, A.3.3.4 y A.3.3.5): Regular

NSR-10 (A.5.4.5)

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 18.7629 t $\geq$ 21.4400 t	1.14
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 22.5593 t $\geq$ 21.4400 t	N.P.

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,X}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,Y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

N.P.: No procede

1.6. Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

1.6.1. Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

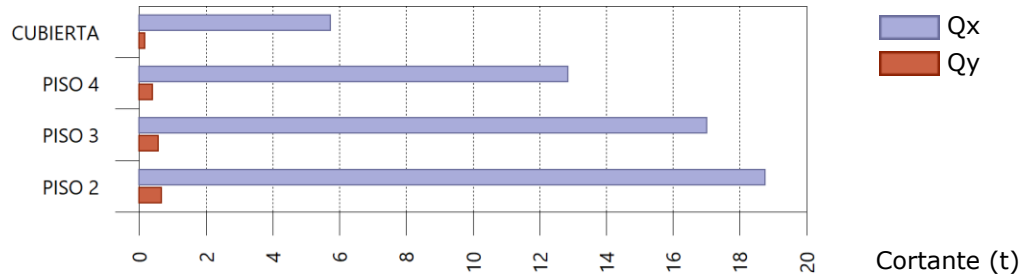
Planta	Q_x (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
CUBIERTA	5.7263	5.7263	0.1606	0.1606
PISO 4	12.8461	7.5692	0.3905	0.3123
PISO 3	17.0086	5.5525	0.5758	0.1952
PISO 2	18.7629	2.6481	0.6644	0.2143

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

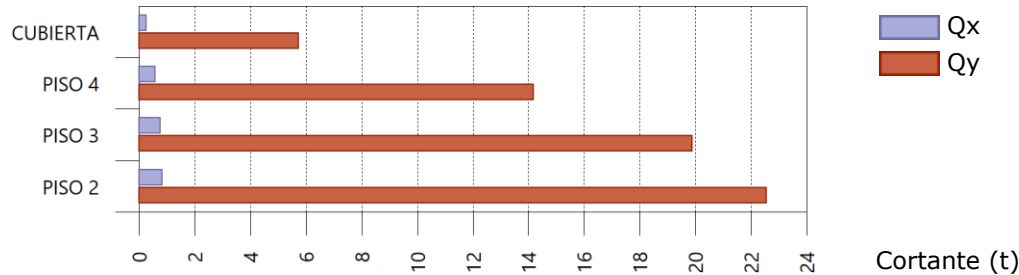
Planta	Q_x (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
CUBIERTA	0.2469	0.2469	5.7273	5.7273
PISO 4	0.5742	0.3345	14.1658	8.9023
PISO 3	0.7537	0.2037	19.8895	6.6049
PISO 2	0.8184	0.0863	22.5593	3.9020

Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1

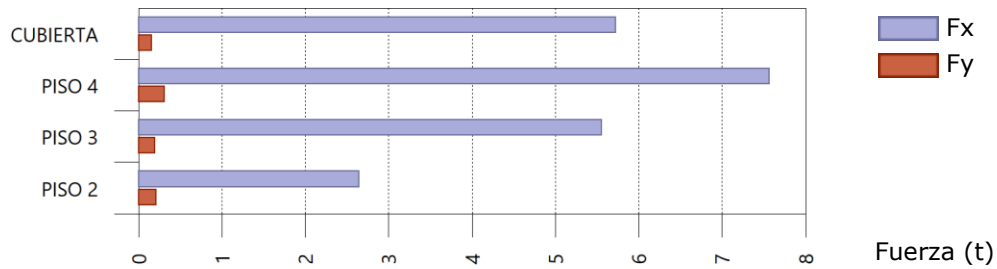


Hipótesis sísmica: Sismo Y1

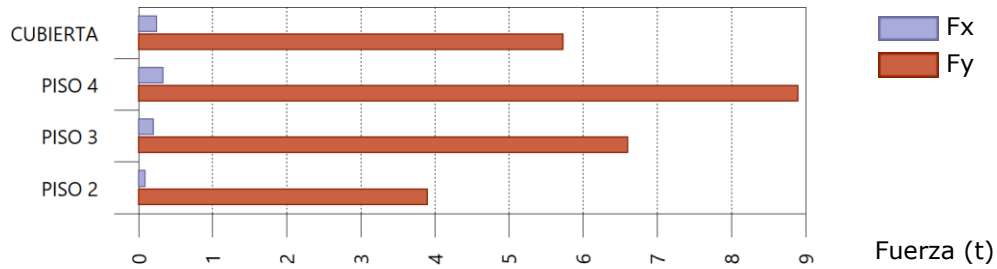


Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1



1.6.2. Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	%Q _x		%Q _y	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
CUBIERTA	73.10	26.90	76.19	23.81
PISO 4	51.36	48.64	77.03	22.97
PISO 3	38.56	61.44	77.49	22.51
PISO 2	31.16	68.84	74.65	25.35

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	%Q _x		%Q _y	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
CUBIERTA	68.04	31.96	75.29	24.71
PISO 4	63.35	36.65	81.89	18.11
PISO 3	58.09	41.91	80.17	19.83
PISO 2	50.48	49.52	76.10	23.90

1.6.3. Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica	%Q _x		%Q _y	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
Sismo X1	31.16	68.84	74.65	25.35
Sismo Y1	50.48	49.52	76.10	23.90