

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**EFFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA EN
EL MÓDULO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE JAÉN-2025**
**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

**Autores : Bach. Widclinter Duranquesnay Alberca Herrera
Bach. Yonatan Laban Davila**

Asesor : Dr. José Luis Piedra Tineo




Línea de investigación: LI_IC_01 Estructuras

JAÉN – PERÚ

2025

Yonatan Laban Davila Widclinter Duranquesnay Al...

EFFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA EN EL MÓDULO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL...

-  Quick Submit
-  Quick Submit
-  Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3356882994

191 páginas

Fecha de entrega
30 sep 2025, 9:02 a.m. GMT-5


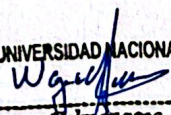
36.571 palabras

Fecha de descarga
30 sep 2025, 9:06 a.m. GMT-5

177.027 caracteres

Nombre del archivo
IFT_ALBERCA_HERRERA_Y_LABAN_DAVILA_IC_V2_2025.pdf

Tamaño del archivo
14.6 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Wagner Colmenares Mayans
Responsable de la Unidad de Investigación
de Ingeniería




5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)


Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Wagner

Dr. Wagner Colmenares Mayanga
Responsable de la Unidad de Investigación
Unidad de Ingeniería



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD



FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 16 de octubre del año 2025, siendo las 11:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente : Dra. Zadiith Nancy Garrido Campaña

Secretario : Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca

Vocal : Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

() Trabajo de Investigación

(X) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "EFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA EN EL MÓDULO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN-2025", presentado por los estudiantes: **Egr. Yonatan Laban Davila y Egr. Widclinter Duranquesnay Alberca Herrera**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (14) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 12:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Dra. Zadiith Nancy Garrido Campaña
Presidente

Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca
Secretario

Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón
Vocal

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

ANEXO N°06:

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO
DE LA TESIS (PREGRADO)**

Yo, **Widclinter Duranquesnay Alberca Herrera**, identificado con DNI N°71884330; **Yonatan Laban Davila**, identificado con DNI N°75771435, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén.

Declaro bajo juramento que:

1. Somos Autores del trabajo titulado:

“EFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA EN EL MÓDULO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN-2025”.

Asesorado por el **Dr. José Luis Piedra Tineo**.

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar; el Título Profesional de Ingeniero Civil.

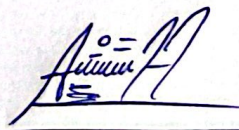
2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, 27 de noviembre de 2025.



Laban Davila Yonatan
DNI: 75771435



Alberca Herrera Widclinter
Duranquesnay
DNI: 71884330

Índice General

Índice General	i
Resumen	viii
Abstract	ix
I. Introducción	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Justificación	3
1.3 Hipótesis	5
1.4 Objetivos.....	5
1.5 Antecedentes	6
II. Materiales y Métodos	16
2.1 Ubicación del módulo administrativo.....	16
2.2 Población y Muestra	16
2.3 Materiales.....	18
2.4 Metodología de investigación.....	19
2.5 Procedimiento en el Bloque I, II y III.....	20
III. Resultados	62
3.1 Análisis del Comportamiento del Módulo Administrativo Bajo la Interacción Estática Suelo-estructura.....	63
3.2 Evaluación del comportamiento dinámico del módulo administrativo frente a cargas sísmicas mediante la interacción suelo-estructura.	86
3.3 Simulación del interacción suelo-estructura bajo condiciones estáticas y dinámicas utilizando el método de elementos finitos (MEF).....	104

3.4	Recomendaciones para el diseño y refuerzo estructural del módulo administrativo en función de los resultados obtenidos	106
IV.	Discusión.....	108
V.	Conclusiones y Recomendaciones	111
5.1	Conclusiones.....	111
5.2	Recomendaciones	113
VI.	Referencias Bibliográficas	115
	Agradecimiento	124
	Dedicatoria.....	125
	ANEXOS.....	127

Índice de Tablas

<i>Tabla 1.</i>	<i>Parámetros dinámicos del suelo</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 2.</i>	<i>Parámetros de diseño del bloque I.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 3.</i>	<i>Parámetros de diseño del bloque II</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4.</i>	<i>Parámetros de diseño del bloque III</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 5.</i>	<i>Fuerzas sísmicas en altura del bloque I.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 6.</i>	<i>Fuerzas sísmicas en altura del bloque II.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 7.</i>	<i>Fuerzas sísmicas en altura del bloque III</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 8.</i>	<i>Derivas de entrepisos X-X con ISE del bloque I</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 9.</i>	<i>Derivas de entrepisos X-X con base empotrada del bloque I</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 10.</i>	<i>Variación porcentual de las derivas de entrepisos en X-X del bloque I</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 11.</i>	<i>Derivas de entrepisos Y-Y con ISE del bloque I.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 12.</i>	<i>Derivas de entrepisos Y-Y con base empotrada del bloque I.....</i>	<i>65</i>

Tabla 13.	<i>Variación porcentual de las derivas de entrepisos en Y-Y del bloque I.....</i>	65
Tabla 14.	<i>Derivas de entrepisos X-X con ISE del bloque II.....</i>	66
Tabla 15.	<i>Derivas de entrepisos X-X con base empotrada del bloque II.....</i>	67
Tabla 16.	<i>Variación porcentual de las derivas de entrepisos en X-X del bloque II.....</i>	67
Tabla 17.	<i>Derivas de entrepisos Y-Y con ISE del bloque II.....</i>	68
Tabla 18.	<i>Derivas de entrepisos Y-Y con base empotrada del bloque II.....</i>	68
Tabla 19.	<i>Variación porcentual de las derivas de entrepisos en Y-Y del bloque II.....</i>	68
Tabla 20.	<i>Derivas de entrepisos X-X con ISE del bloque III.....</i>	69
Tabla 21.	<i>Derivas de entrepisos X-X con base empotrada del bloque III.....</i>	70
Tabla 22.	<i>Variación porcentual de las derivas de entrepisos en X-X del bloque III.....</i>	70
Tabla 23.	<i>Derivas de entrepisos Y-Y con ISE del bloque III.....</i>	71
Tabla 24.	<i>Derivas de entrepisos Y-Y con base empotrada del bloque III.....</i>	71
Tabla 25.	<i>Variación porcentual de las derivas de entrepisos en Y-Y del bloque III.....</i>	71
Tabla 26.	<i>Fuerzas cortantes en vigas del eje 2-2 del bloque I.....</i>	74
Tabla 27.	<i>Fuerzas cortantes en vigas del eje B-B del bloque I.....</i>	74
Tabla 28.	<i>Fuerzas cortantes en vigas del eje 2-2 del bloque II.....</i>	75
Tabla 29.	<i>Fuerzas cortantes en vigas del eje B-B del bloque II.....</i>	76
Tabla 30.	<i>Fuerzas cortantes en vigas del eje 2-2 del bloque III.....</i>	77
Tabla 31.	<i>Fuerzas cortantes en vigas del eje B-B del bloque III.....</i>	77
Tabla 32.	<i>Momentos flectores en vigas del eje 2-2 del bloque I.....</i>	78
Tabla 33.	<i>Momentos flectores en vigas del eje B-B del bloque I.....</i>	79
Tabla 34.	<i>Momentos flectores en columnas del eje 2-2 del bloque I.....</i>	80
Tabla 35.	<i>Momentos flectores en vigas del eje 2-2 del bloque II.....</i>	80

Tabla 36. Momentos flectores en vigas del eje B-B del bloque II	81
Tabla 37. Momentos flectores en columnas del eje 2-2 del bloque II	82
Tabla 38. Momentos flectores en vigas del eje 2-2 del bloque III.....	83
Tabla 39. Momentos flectores en vigas del eje B-B del bloque III.....	84
Tabla 40. Momentos flectores en columnas del eje 2-2 del bloque III.....	85
Tabla 41. Masa modal efectiva acumulada por módulo	87
Tabla 42. Resumen de convergencia numérica del módulo administrativo.....	88
Tabla 43. Periodos de vibración de los bloques del módulo administrativo de los tres bloques	89
Tabla 44. Derivas de entrepisos X-X con ISE del bloque I	90
Tabla 45. Derivas de entrepisos X-X con base empotrada del bloque I	90
Tabla 46. Variación porcentual de las derivas de entrepisos en X-X del bloque I.....	91
Tabla 47. Derivas de entrepisos Y-Y con ISE del bloque I.....	92
Tabla 48. Derivas de entrepisos Y-Y con base empotrada del bloque I.....	92
Tabla 49. Variación porcentual de las derivas de entrepiso en Y-Y del bloque I.....	92
Tabla 50. Derivas de entrepisos X-X con ISE del bloque II.....	93
Tabla 51. Derivas de entrepisos X-X con base empotrada del bloque II.....	94
Tabla 52. Variación porcentual de Derivas de entrepisos en X-X del bloque II.....	94
Tabla 53. Derivas de entrepisos Y-Y con ISE del bloque II	95
Tabla 54. Derivas de entrepisos Y-Y con base empotrada del bloque II	95
Tabla 55. Variación porcentual de Derivas de entrepisos en Y-Y del bloque II.....	95
Tabla 56. Derivas de entrepisos X-X con ISE del bloque III.....	96
Tabla 57. Derivas de entrepisos X-X con base empotrada del bloque III.....	96

Tabla 58.	<i>Variación porcentual de Derivas de entrepisos en X-X del bloque III</i>	97
Tabla 59.	<i>Derivas de entrepisos Y-Y con ISE del bloque III</i>	98
Tabla 60.	<i>Derivas de entrepisos Y-Y con base empotrada del bloque III</i>	98
Tabla 61.	<i>Variación porcentual de Derivas de entrepisos en Y-Y del bloque III</i>	98

Índice de Figuras

Figura 1.	<i>Plano de Ubicación y Localización del Módulo de Administración en Argys</i>	16
Figura 2.	<i>Condiciones para la cimentación del módulo administrativo</i>	23
Figura 3.	<i>Creación de vigas y columnas</i>	28
Figura 4.	<i>Creación de losas y muros</i>	29
Figura 5.	<i>Planta de la cimentación corrida a -1.50 m del bloque I</i>	30
Figura 6.	<i>Plantas típicas del edificio 1;2;3 del bloque I</i>	30
Figura 7.	<i>Planta de techo de la escalera y ascensor del bloque I</i>	31
Figura 8.	<i>Vista 3D del Bloque I</i>	31
Figura 9.	<i>Planta de la cimentación corrida a -1.50 m del bloque II</i>	32
Figura 10.	<i>Plantas típicas 1 y 2 del bloque II</i>	32
Figura 11.	<i>Techo de la escalera y ascensor del bloque II</i>	33
Figura 12.	<i>Vista 3D del Bloque II</i>	33
Figura 13.	<i>Planta de la cimentación corrida a -1.50 m del bloque III</i>	34
Figura 14.	<i>Plantas típicas 1 y 2 del bloque III</i>	34
Figura 15.	<i>Vista 3D del Bloque III</i>	35
Figura 16.	<i>Asignación de carga muerta en las plantas 1 y 2 del bloque I</i>	40
Figura 17.	<i>Asignación de carga muerta en el techo del bloque I</i>	41
Figura 18.	<i>Asignación de carga muerta al techo de la escalera del bloque I</i>	42

Figura 19.	<i>Asignación de carga viva en la planta 1 y 2 del bloque I</i>	42
Figura 20.	<i>Asignación de carga viva en la planta 3 y 4 del bloque I</i>	43
Figura 21.	<i>Asignación de carga muerta a la escalera del bloque I</i>	43
Figura 22.	<i>Asignación de carga viva a la escalera del bloque I</i>	44
Figura 23.	<i>Asignación de carga muerta en la planta 1 del bloque II</i>	44
Figura 24.	<i>Asignación de carga viva en la planta 2 del bloque II</i>	45
Figura 25.	<i>Asignación de carga muerta en el techo de la escalera y ascensor del bloque II</i> ...	45
Figura 26.	<i>Asignación de carga viva en la planta 1 del bloque II</i>	46
Figura 27.	<i>Asignación de carga viva en la planta 2 (Techo) del bloque II</i>	46
Figura 28.	<i>Asignación de carga viva en el techo de la escalera y ascensor del bloque II</i>	47
Figura 29.	<i>Asignación de carga muerta en la escalera del bloque II</i>	47
Figura 30.	<i>Asignación de carga viva en la escalera del bloque II</i>	48
Figura 31.	<i>Asignación de carga muerta en la planta 1 y 2 del bloque III</i>	48
Figura 32.	<i>Asignación de carga muerta en la planta 3 (techo) del bloque III</i>	49
Figura 33.	<i>Asignación de carga viva en la planta 1 y 2 del bloque III</i>	49
Figura 34.	<i>Asignación de carga viva en la planta 3 (techo) del bloque III</i>	50
Figura 35.	<i>Creación del análisis modal en las direcciones XX y YY del bloque I</i>	53
Figura 36.	<i>Creación del análisis espectral en las direcciones XX y YY del bloque I</i>	53
Figura 37.	<i>Espectro de diseño “Relación tiempo / aceleración” del bloque I</i>	54
Figura 38.	<i>Creación del análisis modal en las direcciones XX y YY del bloque II</i>	54
Figura 39.	<i>Creación del análisis espectral en las direcciones XX y YY del bloque II</i>	55
Figura 40.	<i>Espectro de diseño “Relación tiempo/ aceleración” del bloque II</i>	56
Figura 41.	<i>Creación del análisis modal en las direcciones XX y YY del bloque III</i>	56

Figura 42.	<i>Creación del análisis espectral en las direcciones XX y YY del bloque III</i>	57
Figura 43.	<i>Espectro de diseño “Relación tiempo y aceleración” del bloque III</i>	58
Figura 44.	<i>Creación del mallado de elementos finitos</i>	60
Figura 45.	<i>Mapa de asentamientos verticales U-Z con ISE del bloque I</i>	99
Figura 46.	<i>Mapa de asentamientos verticales U-Z con base empotrada del bloque I</i>	100
Figura 47.	<i>Mapa de asentamientos verticales U-Z con ISE del bloque II</i>	101
Figura 48.	<i>Mapa de asentamientos verticales U-Z con base empotrada del bloque II</i>	101
Figura 49.	<i>Mapa de asentamientos verticales U-Z con ISE del bloque II</i>	102
Figura 50.	<i>Mapa de asentamientos verticales U-Z con base empotrada del bloque II</i>	103
Figura 51.	<i>Mallado final del bloque I</i>	104
Figura 52.	<i>Mallado final del bloque II</i>	105
Figura 53.	<i>Mallado final del bloque III</i>	105

Resumen

El presente estudio de carácter preventivo analiza los efectos de la interacción suelo-estructura (ISE) en el módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén, empleando el método de elementos finitos mediante el software Autodesk Robot Structural Analysis 2025, bajo la normativa peruana E.030 Diseño Sismorresistente. Se modelaron dos escenarios: uno con base empotrada y otro considerando ISE, utilizando parámetros reales obtenidos de un estudio geotécnico local. Los resultados mostraron que los momentos flectores y esfuerzos cortantes en vigas variaron mínimamente, mientras que las columnas experimentaron una reducción moderada de esfuerzos. Los períodos de vibración aumentaron entre 3.25 % y 8.17 %, y las derivas presentaron incrementos de hasta 21.67 %, reflejando una disminución de la rigidez global. El asentamiento máximo fue de 17.29 mm. Se concluye que, aunque los efectos no comprometen la seguridad inmediata de la estructura, incorporar la ISE mejora la precisión del análisis dinámico y la evaluación del comportamiento estructural. Se recomienda el uso de sensores estructurales para monitoreo permanente y la aplicación de métodos geofísicos no invasivos como MASW o ReMi para validar modelos futuros.

Palabras clave: interacción suelo-estructura, elementos finitos, rigidez estructural, períodos de vibración, monitoreo estructural.

Abstract

This preventive study analyzes the effects of soil-structure interaction (SSI) on the administrative module of the National University of Jaén using the finite element method through Autodesk Robot Structural Analysis 2025, in accordance with the Peruvian seismic design code E.030. Two models were compared: one with a fixed-base assumption and another incorporating SSI, using real parameters obtained from a local geotechnical study. Results showed that bending moments and shear forces in beams had minimal variation, while columns experienced a moderate reduction in bending moments. The natural vibration periods increased by 3.25% to 8.17%, and inter-story drifts showed a maximum increase of 21.67%, indicating a decrease in the global stiffness of the structural system. The maximum settlement reached 17.29 mm. It is concluded that, although the effects do not represent an immediate structural risk, considering SSI leads to a more accurate representation of dynamic behavior and enhances the reliability of the structural analysis. It is recommended to install structural sensors in critical elements to monitor real performance and validate future models. Additionally, non-invasive geophysical methods, such as MASW or ReMi, are suggested to complement structural assessments.

Keywords: soil-structure interaction, finite elements, structural rigidity, vibration periods, structural monitoring.

I. Introducción

1.1 Planteamiento del Problema

A nivel internacional la interacción suelo-estructura ha demostrado ser un factor crítico en la respuesta de las edificaciones ante eventos sísmicos de gran magnitud. En Chile, en 1960, se registró el terremoto de mayor magnitud en la Escala Richter de la historia (9.5), dejando aproximadamente 6000 víctimas mortales. De manera similar, en Estados Unidos, en el año 1964 se produce el segundo terremoto más fuerte en la historia (9.2), cobrando la vida de 131 personas, algunas de ellas murieron ahogadas a causa del tsunami registrado luego del terremoto (Andreas, 2023). También, en el año 2011 el terremoto y tsunami de Tohoku, en Japón, resultó en una catástrofe causando la muerte de aproximadamente 15,899 personas. Además, el desastre dejó más de 121,000 edificios completamente destruidos, alrededor de 278,000 con daños severos y 726,000 con daños parciales. Este evento no solo devastó la infraestructura del país, sino que también provocó el desastre nuclear en la planta de Fukushima Daiichi, aumentando aún más el impacto y las secuelas del desastre natural (WebJapan, 2021).

A nivel nacional, el 31 de mayo de 1970 un sismo de 7.9 según la escala de magnitud de momento dejó como saldo una ciudad sepultada (Yungay) cobrando la vida de 50,000 personas, 20,000 desaparecidos, 150,000 heridos. De manera similar, el 15 de agosto del año 2007 (Pisco-Ica) un sismo de intensidad X según la escala de Mercalli (Destructivo) causó el colapso de un alto porcentaje de edificaciones en ciudades tales como Chincha, Pisco, Ica, Tambo de Mora, Leoncio Prado y otros centros poblados de Ica, Lima, Apurímac y Ayacucho, que afectaron rudamente a más de 35,000 familias damnificadas y cobrando la vida de alrededor 600 personas (Lincoln, 2008). También, el 2021, un sismo de magnitud 7.5 en la provincia del Datem del Marañón (Loreto) con epicentro a 98 km al Este de la localidad de Santa María de Nieva, causó la

destrucción total de la carpeta asfáltica en el Aserradero, distrito Jamalca, en Amazonas. Además, se produjo el embalse del Río Utcubamba a causa de los deslizamientos afectando a las personas que vivían Aguas abajo del embalse (Sigrid, 2021).

A nivel regional, Cajamarca pertenece a dos zonas sísmica (II y III). Uno de los sismos que más se sintió en la región fue el 21 de julio del 2021 al promediar las 10 de la mañana, de magnitud 5.2, su epicentro se ubicó a 26 kilómetros al oeste de la ciudad de San Ignacio, distrito y provincia del mismo nombre, cerca de la frontera con Ecuador. Afortunadamente, no se registró víctimas mortales durante este evento sísmico producido en dicha ciudad (Diario oficial el peruano, 2021). Desde el 2023 Cajamarca ha tenido 33 sismos, 16 de magnitud entre cuatro y cinco y 17 de magnitud entre tres y cuatro (Volcano, 2024).

A nivel local, la ciudad de Jaén se encuentra en la zona Sísmica II según la norma E.030 “Diseño Sismorresistente”. “En los últimos cuatro años han sucedido once sismos con rangos de intensidad que varía de 3.6 a 4.2 en la escala de Richter” (IGP, 2024). El movimiento de estos sismos es sentido por muchas personas, pero no causa daños significativos debido a que la aceleración sísmica es de 0.25 m/s^2 , es decir la intensidad es moderada pero tampoco insignificante razón primordial para la aplicación de la interacción suelo- estructura a las edificaciones antes de construir para evitar a futuro fallas estructurales, gastos por mantenimiento o pérdidas humanas.

La investigación surge ante la falta de la aplicación de interacción suelo-estructura en las edificaciones. El módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén es una edificación nueva que no cuenta con ninguna investigación, es por eso por lo que se ha tomado la iniciativa de analizar cual serían los efectos que causa la interacción suelo-estructura al módulo. Además, a todo esto, se le suma las diversas causas geotécnicas y estructurales. Estos factores pueden provocar asentamientos diferenciales y fluctuaciones en la rigidez del suelo, y en ciertas

situaciones, la amplificación de vibraciones sísmicas, variación de cortante en la base, variaciones de fuerzas internas y periodos de vibración.

Los efectos de no aplicar un correcto estudio de interacción suelo-estructura en el módulo administrativo pueden ser significativos y pueden comprometer la estabilidad y seguridad del edificio. Las manifestaciones típicas incluyen grietas en las paredes, inclinaciones o fallas en los cimientos, que no solo afectan la integridad estructural, sino también la funcionalidad del edificio. Estos problemas pueden ser mayores si se produce un sismo de magnitud. Por ello, comprender la interacción suelo-estructura es esencial para el diseño e implementación de medidas correctivas o preventivas que garantizan la duración de la infraestructura frente a las condiciones geotécnicas locales y eventos sísmicos.

Por las causales mencionadas anteriormente, nos planteamos la siguiente interrogante:

¿Cuál serán los efectos de la interacción suelo-estructura en el módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén-2025?

1.2 Justificación

La investigación sobre el “Efecto de la Interacción Suelo-Estructura en el Módulo Administrativo de la Universidad Nacional de Jaén-2025” se realizó a pesar de que el edificio ya estaba construido, con el objetivo de evaluar la seguridad estructural y la integridad a largo plazo del inmueble. Esta evaluación fue esencial para identificar posibles problemas estructurales que habían surgido o que podían surgir debido a las características del suelo, especialmente frente a cargas sísmicas o efectos de asentamientos diferenciales.

El propósito fue optimizar las estrategias de mantenimiento estructural, reducir los costos asociados a intervenciones correctivas y prevenir daños severos que podían poner en riesgo la vida de los usuarios. Asimismo, se buscó proponer soluciones técnicas que mejoraran la interacción

entre el suelo y la estructura, y que sirvieran de referencia para futuras intervenciones en edificaciones similares de la región.

Desde el enfoque técnico, se aplicó la metodología de elementos finitos mediante el software Robot Structural Analysis, lo que permitió simular con precisión el comportamiento estático y dinámico del edificio bajo distintas condiciones del terreno. Esta técnica, al subdividir la estructura en elementos discretos, mejoró la exactitud de los resultados y permitió una evaluación más eficiente en comparación con métodos analíticos tradicionales.

Desde el punto de vista económico, la investigación evitó sobredimensionamientos estructurales innecesarios y redujo la necesidad de ensayos físicos costosos mediante herramientas digitales de simulación, generando ahorros significativos en las etapas de diagnóstico y diseño de refuerzos.

Socialmente, este estudio garantizó la seguridad de los usuarios del módulo administrativo y fomentó una cultura de prevención en la comunidad universitaria. Los resultados obtenidos pudieron replicarse en edificaciones similares dentro de la región.

Cabe resaltar que estudios recientes ya habían profundizado en esta problemática. Por ejemplo, López y Llanos (2021) analizaron el comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo-estructura en una edificación de cuatro niveles en La Molina – Cajamarca, concluyendo que la modelación con ISE permitió obtener periodos de vibración más realistas y una mejor estimación de esfuerzos internos. De manera similar, Prada y Mateo (2022) evaluaron un edificio de oficinas de seis pisos y dos sótanos bajo distintas condiciones de suelo, evidenciando que la respuesta sísmica variaba significativamente cuando se consideraba la ISE, lo cual fue crucial para edificaciones ubicadas en zonas sísmicamente activas, como la región de Jaén.

Finalmente, desde una perspectiva ambiental, el análisis contribuyó a un uso eficiente de materiales y recursos, minimizando la generación de residuos por intervenciones estructurales. Un diseño más resiliente también redujo los impactos ambientales en caso de eventos sísmicos severos.

1.3 Hipótesis

Los efectos de la interacción suelo-estructura en el módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén, serán asentamientos de tipo diferencial que varían desde 15mm a 25 mm, cambios en la distribución de las cargas entre 10% y 30% y disminución en la capacidad de resistencia estructural entre un 5% y 10%.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo General*

- Analizar los efectos de la interacción suelo-estructura en el módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén-2025

1.4.2 *Objetivos Específicos*

- Analizar el comportamiento del módulo administrativo bajo la interacción estática suelo-estructura.
- Evaluar el comportamiento dinámico del módulo administrativo frente a cargas sísmicas mediante la interacción suelo-estructura.
- Simular la interacción suelo-estructura bajo condiciones estáticas y dinámicas utilizando el método de elementos finitos.
- Proponer recomendaciones para el diseño y refuerzo estructural del módulo administrativo en función a los resultados obtenidos.

1.5 Antecedentes

1.5.1 Antecedentes Internacionales

Fernández et al. (2023) en su artículo científico titulado “Influencia de la interacción suelo-estructura estática en edificios de 100 metros de altura” siguiendo la metodología de métodos numéricos continuos sobre estratos de suelos compresibles uniformes sin tener en cuenta su efecto a través de soportes empotrados, con el propósito de analizar la variación de las frecuencias de oscilación, los desplazamientos horizontales y las fuerzas interiores de los elementos estructurales, entre los modelos con y sin interacción suelo-estructura obtuvieron como resultados que la interacción suelo-estructura tiene un efecto considerable en el aumento de los desplazamientos laterales, En la reducción de la frecuencia de oscilación para todos los modos examinados y en la alteración de las fuerzas internas en la estructura; por lo tanto, su análisis resulta imprescindible cuando se proyectan edificaciones sobre suelos blandos. Por último, concluyeron que la interacción suelo-estructura no se debe despreciar en suelos deformables y cimientos flexibles.

Acuña y Molina (2023) en su artículo “efectos de la interacción suelo estructura (ISE) en una edificación de 5 pisos tipo pórtico en concreto reforzado sobre suelo blando (arcilla) típico en la ciudad de Montería – Córdoba” utilizaron la metodología de base flexible para incluir la ISE y lo compararon la metodología de base fija sin ISE buscando cumplir con la Norma Sismorresistente de Colombia (NSR-10). Se obtuvo como resultado un incremento de periodos de hasta 34% con base flexible respecto a la base empotrada o fija. Respecto a las cortante solo hubo un incremento de 0.5% con base flexible respecto al otro modelo. En las derivas de entre piso máximas han aumentado en todos los niveles, incluso hizo que no cumplieran el 1 por ciento máximo con respecto a la altura de entrepisos. Todo ello permitió a los autores concluir que el incluir el efecto ISE a las edificaciones conlleva a realizar diseños más eficientes, debido a que se

está considerando el comportamiento no lineal del suelo en comparación con la metodología de base empotrada o fija que considera al suelo infinitamente rígido con un comportamiento lineal.

Fernández Limes y Cobelo Cristiá (2022) en su artículo científico “Influencia de la Interacción Suelo-Estructura en Edificación de Baja Altura” utilizaron la metodología de modelo numérico computacional continuo por elementos finitos. Al aplicar la metodología antes mencionada se obtuvo como resultados: en columnas de esquina el efecto ISE incremento en 72% las fuerzas respecto al estudio sin ISE. En cambio, para columnas centrales las fuerzas disminuyeron en 27% respecto al estudio sin ISE. Para los asentamientos se obtuvieron valores de 16,91mm sin pilotes, mientras que para el modelo con pilotes es de 10,25 mm. Tras los resultados se concluyó que la aplicación del estudio interacción suelo estructura es esencial así se trate de una edificación de baja altura y mucho más aún si se va a construir en suelos muy deformables. Asimismo, los autores indicaron que el uso de pilotes puede reducir los asentamientos hasta en un 40% y que la no aplicación de la ISE conlleva a errores en el diseño de elementos estructurales.

Nelson et al. (2022) en su investigación titulada “A Structural Design Comparison Between Two Reinforced Concrete Regular 6-Level Buildings using Soil-Structure Interaction in Linear Range”. El objetivo principal fue comparar la interacción suelo-estructura en el diseño sísmico de estructuras de concreto armado dentro del rango elástico. Para esto, se idealizó la cimentación como un sistema de resortes y se compararon los resultados obtenidos en ese rango. Se observó un aumento en los períodos de vibración, así como un incremento en las cuantías de refuerzo: entre un 7% y un 25% en vigas, entre un 29% y un 39% en columnas, un aumento de entre un 3% y un 11% en los estribos por fuerza cortante en columnas, y de entre un 5% y un 45% en las vigas. Además, las derivas aumentaron entre un 1% y un 14%, mientras que la cortante basal disminuyó

hasta en un 20%. En conclusión, es esencial considerar estos efectos en el diseño estructural dentro del rango lineal.

Braña Nuez et al. (2022) en su investigación “Influencia de la altura en la consideración de la interacción dinámica suelo-estructura en edificaciones con tipología mixta ubicadas en zonas de alto peligro sísmico” utilizaron la metodología de Sargsian comparándolo con el de base empotrada en tres edificaciones de 5, 10 y 15 niveles. Las metodologías anteriores permitieron a los autores obtener los siguientes resultados: En las tres edificaciones el incluir la IDSE, los periodos de oscilación son mayores respecto a la metodología de base empotrada con la diferencia que a mayor altura las variaciones de los periodos son más parecidas o difieren menos. En las fuerzas sísmicas por piso para el edificio de cinco niveles no se producen cambios en la distribución de fuerzas sísmicas porque tiene periodo corto en cambio para las dos edificaciones restantes las fuerzas sísmicas son significativas en ambas metodologías. Respecto a las derivas de piso al aplicar la IDSE provoco el aumento de las derivas, teniendo así las mayores diferencias absolutas en la edificación de 10 niveles a causa del efecto de amplificación producido por la similitud que se reportan en los periodos de la edificación con respecto a los del suelo. Todo ello llevo a la conclusión que los periodos de vibración y derivas de piso se incrementan cuando se aplica la IDSE. En el caso de la distribución de fuerzas por pisos, esta modificación depende de la altura de la edificación.

Cabrera (2020) en su tesis titulada “Evaluación lineal y no lineal de la interacción suelo-estructura en edificios de concreto reforzado” utilizando el modelo de Winkler por resorte, se exploraron tres enfoques para estimar la rigidez del suelo, revelando diferencias significativas en la respuesta de las edificaciones. Se observó una disminución en la rigidez del suelo, y se destacaron variaciones importantes entre las condiciones empotradas y flexibles en el

comportamiento no lineal, evidenciadas por la reducción de las curvas de capacidad. Estas variaciones afectaron la ductilidad y el nivel de desempeño de los elementos estructurales. En consecuencia, se llega a la conclusión de que la interacción suelo-estructura tiene un impacto significativo en la respuesta sísmica de las edificaciones. Este impacto es especialmente notable en los elementos estructurales del primer nivel de piso, subrayando la importancia de considerar cuidadosamente las condiciones del suelo al diseñar estructuras sísmicamente resistentes.

Armando et al. (2019) en su artículo denominado “Análisis tridimensional de la interacción suelo-estructura estática de un edificio con cimentación a base de zapatas desplantado sobre un suelo friccionante” utilizando los métodos de análisis tridimensional de la interacción suelo-estructura a través de un software de su autoría, análisis estructural del edificio a través de las rigideces y una ecuación constitutiva lineal o no lineal para calcular las deformaciones del que obtuvieron como resultado que al considerar el suelo como un material no lineal se obtiene mayor asentamiento y los diagramas cortantes y momentos flexionantes son más desfavorables permitiendo al ingeniero tener mayor información sobre el comportamiento de las estructuras al tomar en cuenta la interacción con el suelo. Por último, concluyeron que en el estudio de la interacción suelo-estructura resulta necesario emplear ecuaciones constitutivas no lineales para tomar en cuenta el comportamiento no lineal de los suelos.

Dhahbiy Salah (2019) en su artículo científico titulado “Soil-structure interaction efecto on the seismic performance of frame structures”, basado en un programa numérico sustentado en el método directo de análisis de interacción entre la estructura del suelo y las fuerzas sísmicas. Con una metodología práctica se utilizó la teoría base de elementos finitos. Como objetivo principal de estudio plantearon realizar una prueba cuantitativa donde se estudió los efectos de flexibilidad de la estructura y su cimentación. Otro de sus objetivos fue determinar la influencia conjunta de estos

efectos y las fuerzas sísmicas en los pórticos de la edificación. La metodología antes mencionada ha conllevado a los siguientes resultados, en suelos duros los desplazamientos son menores respecto a los suelos medios y blandos. Se ha logrado concluir que todos los tipos de suelo incrementan los movimientos a nivel de interacción, pero con diferentes grados. Asimismo, el valor de la amplificación se ve influenciada por: la flexibilidad (ISE) del suelo, las fuerzas del sismo y las características propias del suelo debajo de la base.

1.5.2 Antecedentes Nacionales

Falcon (2024) en su tesis “Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023” utilizó el modelo de la norma rusa SNIP 2.02.05-87 y midió la influencia respecto al modelo de base rígida en un tipo de suelo S2, obteniendo como resultado el incremento de las distorsiones de entrepisos en un 11.56% en la dirección X, un incremento de hasta el 22.88% en la dirección Y; en cuanto al comportamiento de la cimentación se obtuvo una disminución considerable de los asentamientos de hasta el 92.65% en la zapata Z-6, en cuanto a los esfuerzos de presión de la cimentación se tuvo un aumento de hasta el 71.73% en la zapata Z-6 y disminución de hasta el 20.08% en la zapata Z-2. Estos resultados nos indican una influencia significativa al evaluar el modelo de interacción suelo estructura de la norma rusa SNIP 2.02.05-87 respecto al modelo de base empotrada.

Yajahuanca (2024) en su tesis titulada “Análisis de la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en la Molina, Nueva Cajamarca, 2023”, empleó una metodología de enfoque cuantitativo, con un diseño experimental y un alcance explicativo. Utilizó seis instrumentos de control, el estadístico de Wilcoxon y la técnica del estudio causal comparativo. Entre los resultados, obtuvo el balasto vertical (C1) y horizontal (C2), la densidad de muros, el esfuerzo axial, las sollicitaciones, las derivas y el período

fundamental. Concluyó que los coeficientes $C1 = 2136.44 \text{ t/m}^3$ y $C2 = 183.209 \text{ t/m}$ corresponden a un suelo blando S3, cuyas propiedades aumentan la flexibilidad de la cimentación. Además, observó una reducción en las fuerzas cortantes y los momentos flectores, mientras que los desplazamientos aumentaron en un promedio del 120%. También demostró que la interacción suelo-estructura proporciona resultados más precisos y realistas en suelos blandos en comparación con la consideración de una base empotrada.

Damián (2023) en su tesis titulada “Interacción suelo estructura y no linealidad de los elementos resistentes para determinar el nivel de daño por sismo en la I.E. N°11014 ubicada en la provincia de Chiclayo”. Los instrumentos que empleó para la investigación fueron: guía de observación y ETABS 2020. Como resultado se determinó que el nivel de daño por sismo no aumentó en ambos módulos. A su vez, se determinó un aumento con respecto a los Derivas de entrepisos en ambos módulos. Además, se evidenció una disminución de las distorsiones en X-X en ambos módulos, mientras que, en la dirección Y-Y se aumentaron los valores. De tal forma, evidenció que la incorporación del ISE modifica ciertos indicadores del daño en la estructura como los desplazamientos laterales.

Según Prada y Mateo (2022) en su tesis titulada “Influencia De La Interacción Suelo-Estructura en la Respuesta Sísmica de un Edificio de Oficinas de 6 Pisos y 2 Sótanos Considerando Diferentes Condiciones de Suelo”. Al aplicar el método de elementos finitos (MEF y comparándolo con el FEMA 2019, el ISE podría ser preliminarmente significativo en el caso de estudio, especialmente considerando suelos S3. No obstante, al llevar a cabo un análisis sísmico que incorpora el efecto de ISE, se observaron desplazamientos, derivas y fuerzas de corte significativamente mayores (79 veces) para los tipos de suelo S1 y S2. Estos hallazgos sugieren la necesidad de realizar un análisis más detallado, indicando que la influencia del ISE puede tener un

impacto sustancial en el comportamiento sísmico de la estructura. Por lo tanto, se concluye que la consideración de ISE es crucial para obtener evaluaciones precisas y detalladas de la respuesta sísmica, especialmente en suelos de tipos S1 y S2.

Ccapa (2021) en su tesis titulada “Influencia de la interacción dinámica suelo-estructura en la respuesta sísmica de una edificación de concreto armado con irregularidad de piso blando en primer nivel en un suelo de tipo grava”, emplearon el modelo dinámico de interacción suelo-estructura propuesto por D.D. Barkan y O.A. Savinov, se logró calcular las rigideces de suelo asignadas a la cimentación, especialmente para zapatas aisladas, aplicando este enfoque tanto en el análisis estático como dinámico. Los resultados revelaron un incremento considerable en los desplazamientos laterales, destacando particularmente en el primer entrepisos. Adicionalmente, se observó una reducción significativa en las fuerzas internas de las columnas, mientras que las vigas experimentaron una disminución leve. La conclusión obtenida fue que una edificación irregular experimenta un marcado aumento en los derivas de entrepisos al aplicar la Interacción Suelo-Estructura, debido a sus características específicas.

Castro y Pérez (2020) a través de su tesis denominada “Análisis de la interacción suelo - estructura estática para una edificación regular de hormigón armado y 3 tipos de suelos” compararon el método modal espectral y el método estático equivalente, lo cual dio como resultado que el segundo método antes mencionado es más conservador y requiere mayores secciones y área de acero. Además, se verificó que las derivas de ciertos pisos no cumplieron con lo especificado en las normas aplicadas para proyecto de investigación presente. Por último, los autores concluyeron que la interacción suelo estructura es insignificante si se trata de suelos de calidad media hacia arriba en cambio en suelos de baja calidad es casi obligatorio introducir la ISE al momento de analizar una edificación sin importar el método y software que estes utilizando.

Araca et al. (2020) en su artículo científico denominado “Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento de las viviendas a porticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca”. Al utilizar la metodología FEMA 356 (2000), que incorpora la flexibilidad de la base de la fundación en el modelo estructural, se obtuvieron resultados que indicaron que la influencia de la interacción suelo-estructura no mostró una significativa influencia en general. Sin embargo, se destacó que, en edificaciones de 4 y 5 pisos, este efecto se vuelve notablemente significativo. En términos de capacidad portante del suelo, se estableció que para un SPT-1, esta varía desde 0.333 kg/cm² a 0.5 kg/cm², mientras que para SPT-2, SPT-3 y SPT-4, los valores correspondientes oscilan entre 0.583 kg/cm² a 0.708 kg/cm². Además, se concluyó que los momentos de volteo no son significativos, ya que no superan el 1%, cumpliendo así con el factor de seguridad de 1.20. Este hallazgo sugiere que los edificios analizados son capaces de soportar el sismo en cualquier dirección, fortaleciendo la confianza en la capacidad estructural y la resistencia sísmica de las edificaciones en estudio.

Rios (2020) en su tesis titulada “Análisis de la interacción sísmica suelo-estructura en un edificio con sistema de muros estructurales sometido a diferentes perfiles de suelo, Trujillo 2020”. Utilizó técnicas de recolección de datos como el análisis de documentos, planos de arquitectura y estructuras, y un estudio de suelos. Para el procesamiento de datos, empleó herramientas como AutoCAD2020, ETABS V.18 y Microsoft Excel 2016. Los resultados obtenidos al comparar métodos con base flexible frente al método de la norma peruana mostraron un incremento significativo en los desplazamientos, un aumento medianamente significativo en los periodos de vibración y una disminución medianamente significativa en la fuerza cortante, el momento flector y el momento torsor. Concluyó que considerar una base flexible para este tipo de edificación incrementa significativamente los desplazamientos. Por ejemplo, los desplazamientos del primer

piso en el eje "x" para el suelo S1 varían entre 44.6% y 125.7% para los modelos de Barkan y N. Boliviana, y para el suelo S2 varían entre 72.4% y 120.2% para los modelos de N. Rusa y N. Boliviana, respectivamente.

1.5.3 Antecedentes Regionales y Locales

Chugden y Pérez (2024) en su tesis “Análisis de interacción estática suelo-estructura mediante el modelamiento estructural sismorresistente de una edificación de 6 niveles, en la ciudad de Jaén-2022”, se utilizó la metodología Winkler para evaluar la interacción suelo-estructura. Los resultados mostraron esfuerzos máximos de 11.9 kgf/cm², presiones máximas de 1.449 kgf/cm² y un asentamiento máximo de $U_z=0.9462$ cm. La investigación concluyó que es fundamental contar con una base de datos sobre el comportamiento del suelo en la zona bajo los efectos de la interacción suelo-estructura. Integrar esta interacción permite obtener un comportamiento de la estructura que se acerca mucho más a la realidad, lo que resulta en resultados más precisos, eficientes, confiables y seguros. Esto subraya la importancia de considerar la interacción suelo-estructura en el diseño y análisis de edificaciones sismorresistentes para mejorar su precisión y fiabilidad.

Condorluicho (2023) a través de su tesis titulada “Influencia de la interacción Suelo-estructura en la respuesta dinámica de un edificio aporricado en Cajamarca”, empleando los métodos de apoyos empotrados en la base y el modelo ISE propuesto por D.D. Barkan y O.A. Savinov, junto con la Norma Rusa. Los resultados obtenidos revelaron cambios significativos en la respuesta dinámica de la estructura. En comparación con el primer modelo, el segundo modelo mostró un aumento del 17% en el periodo fundamental, un incremento del 20% en la cortante basal, y aumentos notables del 60% en desplazamientos y del 46% en derivas. Además, se observaron reducciones en las fuerzas internas de los elementos estructurales: en columnas, la

fuerza axial disminuyó un 7%, la cortante un 14%, y el momento un 19%; mientras que, en vigas, se registraron reducciones del 17% en cortantes y del 21% en momentos. Por último, concluyeron que, de los dos modelos dinámicos aplicados, el modelo basado en la Norma Rusa tiene una mayor incidencia en la respuesta dinámica de la edificación.

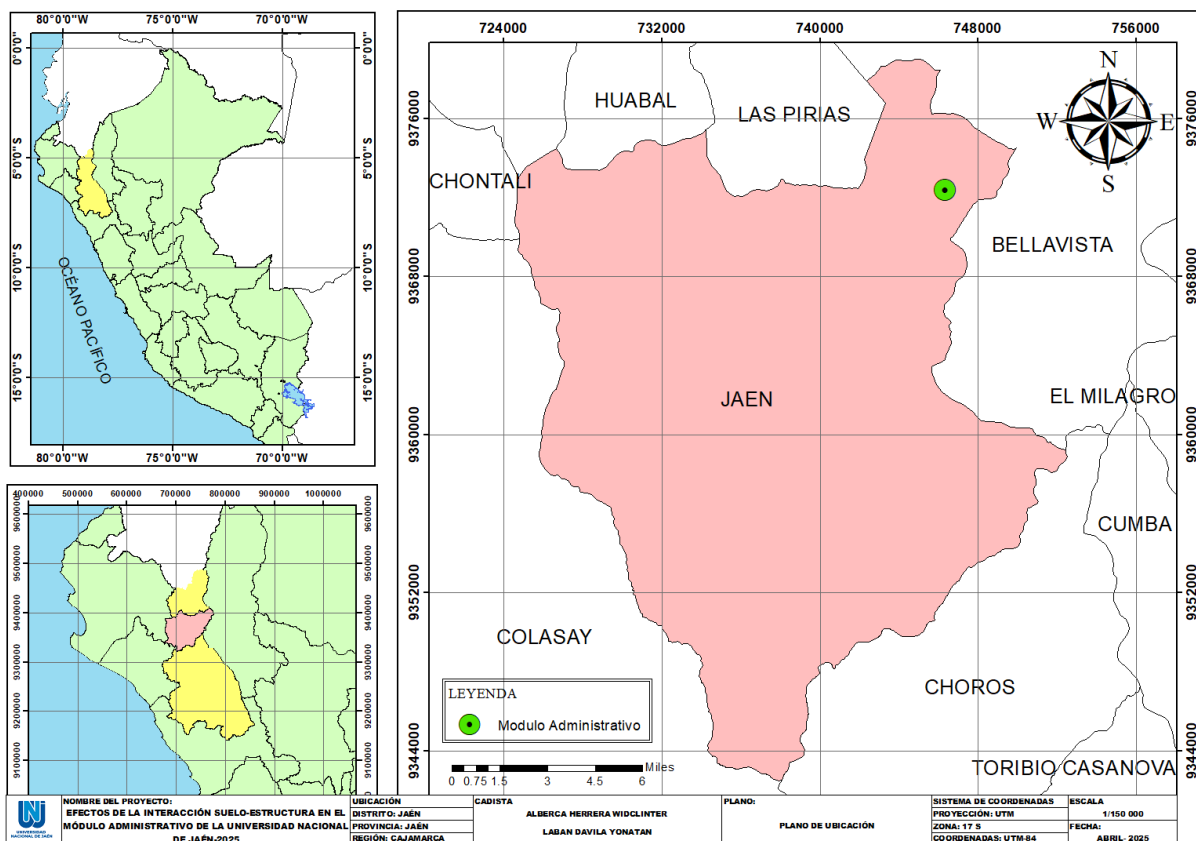
López y Ocas (2021) en su tesis titulada “Comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo - estructura de una edificación de cuatro niveles en la Molina - Cajamarca” Al aplicar modelos dinámicos con base flexible, específicamente los modelos de Empotramiento en la base, D.D. Barkan – O.A. Savinov y la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, se obtuvieron resultados que indicaron que la incorporación de la interacción suelo-estructura permite determinar con mayor precisión el comportamiento real de una edificación durante un movimiento sísmico. La consideración de todas las características de la estructura y la demanda sísmica, incluyendo el efecto ISE, resulta en una mejor respuesta estructural de los edificios, siempre y cuando se cumplan los requerimientos establecidos por la Norma E030. Los autores concluyeron que los efectos de la incorporación de la interacción suelo-estructura varían en un 8% en el comportamiento estructural de la edificación, al considerar los modelos dinámicos de Barkan-Savinov, la Norma Rusa y el modelo de Empotramiento en la base.

II. Materiales y Métodos

2.1 Ubicación del módulo administrativo

Figura 1.

Plano de Ubicación y Localización del Módulo de Administración en Argys



Nota. La figura 1 representa el plano de ubicación del módulo administrativo de la Universidad de Nacional de Jaén, ubicado en la carretera Jaén-San Ignacio (Km 5). Ver plano en Anexo 19.

2.2 Población y Muestra

2.2.1 Población

“Es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación” (López, 2004). La población de la presente investigación estuvo constituida por el

módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén. Esta edificación fue de particular interés debido a su relevancia funcional dentro del campus universitario y a las características estructurales que presenta, las cuales interactúan de manera directa con las condiciones geotécnicas del terreno donde se encuentra ubicada. El análisis de esta estructura en su totalidad es crucial para comprender cómo la interacción suelo-estructura podría influir en su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga, especialmente en un contexto sísmico. Además, porque es una edificación nueva que no presenta ningún tipo de investigación.

2.2.2 Muestra

“Una muestra es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación. La muestra es una parte representativa de la población” (López, 2004).

La muestra seleccionada para esta investigación comprendió los tres niveles del módulo administrativo. Esta selección se justifica por la necesidad de evaluar de manera integral el comportamiento estructural en cada uno de los niveles de la edificación, ya que es probable que la interacción suelo-estructura afecte de manera diferenciada a los distintos pisos. Analizar los tres niveles permite capturar cualquier variación en la respuesta estructural a lo largo de la altura del edificio, lo que es esencial para desarrollar un modelo preciso y realizar recomendaciones que consideren la seguridad y estabilidad de la estructura en su conjunto.

2.2.3 Muestreo

Para el análisis integral del comportamiento estructural, se modeló y evaluó el 100 % del módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén, considerando todas las direcciones y elementos estructurales. Sin embargo, para el estudio detallado de los esfuerzos internos (momentos flectores y cortantes) se optó por aplicar un muestreo no probabilístico por criterio técnico. Esta decisión metodológica se fundamenta en que, al no requerirse inferencias estadísticas

a partir de una muestra aleatoria, sino más bien una evaluación focalizada en zonas representativas, resulta más pertinente seleccionar elementos que reflejen con fidelidad el comportamiento global del edificio.

En este sentido, se seleccionaron los ejes 2-2 y B-B debido a que se encuentran en posiciones centrales de la planta, donde confluyen las cargas más representativas y donde las condiciones de apoyo y continuidad estructural permiten evidenciar con mayor claridad la respuesta del sistema tanto en la dirección X como en la dirección Y. Estos ejes concentran los efectos combinados de las solicitaciones verticales y horizontales, por lo que sus resultados son indicativos del desempeño general de la estructura.

2.3 Materiales

2.3.1 Físicos

En materiales físicos utilizamos los descritos a continuación: Flexómetro, conos, cinta de seguridad.

2.3.2 Virtuales

En materiales virtuales utilizaremos los descritos a continuación: planos, norma E.020 Cargas, norma E.030 Diseño Sismorresistente, norma E.050 Suelos y Cimentaciones, norma E.060 Concreto Armado, software especializado en análisis estructural Y software MS. Excel.

2.3.3 Métodos

La investigación sobre "Efectos de la interacción suelo-estructura en el módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén-2025" se desarrolló aplicando un método mixto (deductivo-inductivo). El estudio iniciará con la búsqueda de principios teóricos generales sobre la interacción suelo estructura, en este caso sobre el Modelo de Elementos Finitos (FEM) que permite una simulación detallada del comportamiento de la estructura en diferentes condiciones

del suelo y es muy útil para evaluar la influencia de la no linealidad y la heterogeneidad del suelo. A continuación, se realizará simulaciones precisas en Robots Structural para observar y analizar cómo estas teorías se manifiestan en el módulo administrativo, proporcionando datos empíricos que permiten validar y ajustar las teorías existentes. Todo eso nos llevara a conclusiones solidas que permitan validar o refutar la hipótesis.

2.4 Metodología de investigación

2.4.1 *Según su nivel y alcance*

Es descriptiva debido a que este tipo de investigación no se resuelve ningún problema inmediato, más bien, sirven de base teórica para otros tipos de investigación (Gonzales, 2021, pág. 77). Este investigación es básica porque buscó analizar los efectos de la interacción estática suelo-estructura en el módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén.

2.4.2 *Según su enfoque*

“Es cuantitativa porque busca interpretar la información, se basa en el uso de números cifras” (Ortega, 2024). La investigación se centró en la modelación numérica y análisis de datos generados mediante el método de elementos finitos en Robot Structural. Este enfoque permite obtener resultados medibles y verificables.

2.4.3 *Según su diseño*

“Es no experimental porque se centra en la observación y análisis de fenómenos en su contexto natural, sin intervención directa del investigador ni alteración del objeto de estudio” (Lancheros y Lady, 2012). En este estudio se utilizó la modelación y simulación computacional basada en datos reales del módulo administrativo, sin intervenir físicamente la estructura ni manipular directamente las variables en un entorno experimental controlado. Por ello, la

investigación se clasifica como no experimental, aunque con un enfoque analítico y simulativo, mediante el uso del software Robot Structural Analysis y el método de elementos finitos. Esta estrategia permite reproducir el comportamiento estructural bajo diferentes condiciones de carga y suelo, manteniéndose dentro del marco metodológico observacional.

2.5 Procedimiento en el Bloque I, II y III

2.5.1 Descripción del módulo administrativo

El módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén está conformado por tres bloques estructurales independientes: Bloque I, Bloque II y Bloque III. Cada uno de estos bloques está separado físicamente por juntas sísmicas, lo que garantiza su comportamiento estructural autónomo frente a eventos sísmicos.

Debido a esta separación, el análisis estructural se realizó de forma individual por bloque, respetando sus condiciones particulares de rigidez, geometría, distribución de masas y apoyo. Esta división no es solo metodológica, sino que corresponde a la configuración real del proyecto, por lo que los resultados de derivas, esfuerzos, periodos de vibración y asentamientos se presentan diferenciadamente para cada bloque.

2.5.2 Condiciones de entrada para el análisis estructural

2.5.2.1 Parámetros técnicos

2.5.2.1.1 Normas Empleadas

Entre las normas empleadas tenemos reglamento Nacional e internacional.

- NTP 0.20 “Cargas”
- NTP 0.30 “Diseño Sismorresistente”
- NTP 0.50 “Suelos y cimentaciones”
- NTP 0.60 “Concreto Armado”

- ACI 318-19 para el concreto armado
- ASCE 7-22 “Sobrecargas Sísmicas”
- ACI “Geotecnia”
- ASCE 7-16 “Sobrecargas Climáticas”

En el presente estudio, se ha empleado el software Autodesk Robot Structural Analysis, una herramienta avanzada de modelación y análisis estructural que integra en su base de datos normativa internacional actualizada, incluyendo la ASCE/SEI 7-22, ASCE/SEI 7-16 y la ACI 318-19, lo cual garantiza una evaluación precisa de cargas sísmicas, diseño estructural en concreto armado y criterios de desempeño. Estas normas incorporan de manera explícita consideraciones de interacción suelo-estructura, análisis modal espectral y parámetros de diseño sísmico de última generación. No obstante, con el fin de contextualizar el modelo estructural al entorno peruano, se han adaptado parámetros específicos de la Norma Técnica Peruana E.030 – Diseño Sismorresistente (2018). Esta combinación permite mantener el rigor internacional del análisis y al mismo tiempo, asegurar su pertinencia frente a las condiciones sísmicas locales. De esta manera, se logra un enfoque integral que une las mejores prácticas globales con las particularidades nacionales del diseño estructural.

2.5.2.1.2 *Especificaciones de los materiales*

Concreto

- Resistencia ($f'c$): 210 Kg/cm²
- Módulo de Elasticidad (E): 217,370.65 Kg/cm² ($f'c = 210$ Kg/cm²)
- Módulo de Poisson (ν): 0.20
- Peso Específico (γ): 2400 Kg/m³ (Concreto Armado)

Acero Corrugado

- Resistencia a la fluencia (f_y): 4,200 Kg/cm² (G°60):
- Módulo de elasticidad “E”: 2000000 Kg/cm²
- Peso Específico (γ): 7850 Kg/m³

2.5.2.1.3 *Características de la Cimentación*

La cimentación se apoya en un estrato de arcilla medianamente plástico (SC) según el estudio de mecánica de suelos. El suelo posee una capacidad portante (σ_t) de 2.01 kg/cm² para cimientos corridos, con un coeficiente de balasto para la interacción suelo estructura de 4.10 kg/cm³ y una velocidad de onda de corte de 181 m/s. Además, no hay presencia de nivel freático ni suelo licuable y colapsable.

Figura 2.*Condiciones para la cimentación del módulo administrativo*

RESUMEN DE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN - ADMINSTRACIÓN	
De acuerdo al Estudio de Mecánica de Suelos ,Elaborado para el presente proyecto, se obtuvieron las siguientes condiciones con la que se Diseñara la Cimentación Propuesta.	
1.Tipo de Cimentación	Cimentación Superficial : Platea de Cimentación
2.Estrato de apoyo de la Cimentación	Los Cimientos se Apoyarán sobre una Capa de Material del Tipo Arcilla Medianamente Plástica - SC
3.Profundidad mínima de Cimentación	Se Cimentara a una Profundidad Mínima de 1.40m. Con el fin de tener Elementos Rígidos en concordancia con la Hipótesis de Columnas Empotradas .
4.Presión Admisible del Terreno	$q_a = 1.24 \text{ Kg/cm}^2$: Para Cimientos Corridos $q_a = 2.01 \text{ Kg/cm}^2$: Para Cimientos Cuadrados
5.Coefficiente de Balasto	4.10 Kg/cm^3
6.Factor de Seguridad por Corte	F.S.E = 3 F.S.D = 2.5
7.Asentamiento maximo Permisible	1.82 cm Menor al Máximo Permisible 2.5cm
8.Expansibilidad Libre del suelo	9.13% < 10.0%(Grado de Expansión Baja)
9.Problemas Especiales de Cimentación	No Existe la Presencia de Suelos Colapsables ni Licuables
10.Agresividad del Suelo	Exposición a los Sulfatos Moderada
11.Cemento de concreto en contacto con el Sub Suelo	Portland tipo II ó Ms O Similar
12.Tipo de suelo desde el punto de vista sísmico	Tipo de suelo S_p $S=1.20$ (Ampliación de la Accion Sísmica) $T_p=0.6$ seg (Período predominante)
13.Parámetros para Diseño de Obras de Sostlenimiento	Peso Especifico (γ) :1700 kg/m^3 Angulo de Fricción (Φ) :30° Cohesión (C) :0.10 Coeficiente de Poisson (μ) :0.30 Coeficiente Activo Estático (K_a) :0.33 Coeficiente en Reposo Estático (K_o) :0.50 Coeficiente Pasivo Estático (K_p) :3.00
RECOMENDACIÓN ADICIONAL	
<ul style="list-style-type: none"> — Una vez que se haya efectuado la excavación hasta llegar a la profundidad del nivel de Cimentación donde se proyecta colocar y apoyar las Cimentaciones Proyectadas , es recomendable que se efectúen previamente los trabajos de Escarificado, Perfilado, Nivelación y Compactación de la Sub Rasante al 95% de la Máxima Densidad Seca del Ensayo Proctor Modificado, previos a la construcción de dichas Cimentaciones. — Se debera evitar que las Excavaciones esten expuestas a Fenomenos Ambientales que puedan Alterar su comportamiento, de ser Necesario por razones de Estabilidad y Permeabilidad se usara una capa de Concreto Fluido en la superficie de Contacto entre el Cimiento y el Terreno. — En el caso de usar Pavimento Flexible se usara una Capa Nivelante de 5cm ,con una Base Granular de Afirmado de 25 cm, y una Subbase de Hormigon de 25 cm.si se obtara por un Pavimento Rigido se usara una Losa de Concreto de 17.5cm,con una Subase de Hormigon de 20cm , alternativamente podra usarse el Diseño de Adoquines de Concreto de 8 cm , con una cama de arena de 3cm , una base Granular de Afirmado de 10cm y una Subbae de Hormigon de 15 cm. — Se Recomienda Conectar la Subestructura por medio de Vigas de Conexión o utilizar Losas de Cimentación la Finalidad de contrarrestar los Asentamientos Diferenciales inesperados y absorber cualquier Esfuerzo de Torsión debido a la colocación de Zapatas Excéntricas. 	

Nota. Resumen de las condiciones de cimentación del módulo de administración necesarios para el diseño de interacción suelo estructura. Tomado del expediente técnico.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros geotécnicos y dinámicos del suelo, empleados para el análisis de interacción suelo-estructura del módulo administrativo. Estos datos han sido tomados directamente del expediente técnico, específicamente del apartado correspondiente al estudio de mecánica de suelos. Entre los parámetros considerados se incluyen: densidad del suelo, módulo de corte, módulo de elasticidad, velocidad de onda de corte, coeficiente

de amortiguamiento, coeficiente de balasto, coeficiente de Poisson, ángulo de fricción interna y cohesión. Todos estos valores fueron determinados a partir de ensayos de laboratorio (como corte directo, consolidación, triaxial y ensayos sísmicos) e interpretaciones basadas en teorías clásicas de la mecánica de suelos, como las propuestas por Terzaghi (1943), Meyerhof (1965) y Hansen (1970) y Meyerhof (1965).

Tabla 1.

Parámetros dinámicos del suelo

Parámetro	símbolo	Valor	Unidades Robot
Densidad del suelo	γ	1.70 g/cm ³	1700 T/m ³
Módulo de corte	G	52 kg/cm ²	520 T/m ²
Módulo de Elasticidad	E _d	135 kg/cm ²	1350 T/m ²
Velocidad de onda de corte	V _s	181.00 m/s	181.00 m/s
Coeficiente de Amortiguamiento	ξ	5%	5%
Coeficiente de Balasto	k _d	4.10 kg/cm ³	4100 T/m ³
Coeficiente Poisson	ν	0.30	0.30
Angulo de fricción	ϕ	30°	30°
Cohesión	c	0.10 kg/cm ²	1 T/m ²

Nota. La Tabla presenta los parámetros dinámicos del suelo, como la densidad, el módulo de corte, el módulo de elasticidad y la velocidad de onda de corte, permiten caracterizar su rigidez y respuesta ante cargas sísmicas. El ángulo de fricción y la cohesión definen su resistencia al corte, mientras que el coeficiente de balasto representa la rigidez del apoyo. Finalmente, el coeficiente de amortiguamiento y de Poisson influyen en la disipación de energía y deformación lateral del suelo. Adaptado del expediente técnico del módulo administrativo.

2.5.2.1.4 *Interacción suelo-suelo estructura*

El módulo administrativo se encuentra cimentado sobre un terreno clasificado como SC (arena arcillosa) según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Este tipo de suelo

presenta un comportamiento intermedio entre materiales granulares y cohesivos, brindando una buena capacidad de soporte lateral cuando está bien compactado, lo que permite un desempeño adecuado frente a cargas estructurales.

Para simular la interacción entre el suelo y la estructura, se utilizó el software Robot Structural Analysis Professional 2025, el cual incluye en su base de datos las normativas internacionales ASCE/SEI 7-22, ASCE 7-16 y ACI 318-19. Si bien la normativa nacional E.030 no está incorporada directamente, algunos de sus parámetros sísmicos se adaptaron al entorno del software para contextualizar el análisis al caso peruano.

La simulación de la interacción suelo-estructura se realizó mediante el modelo de Winkler, que representa el terreno como una serie de resortes distribuidos que reaccionan ante los desplazamientos de la cimentación. Este modelo es apropiado para cimentaciones superficiales como las zapatas corridas, las cuales fueron representadas mediante elementos tipo Shell, permitiendo una distribución realista de rigidez y esfuerzos.

El valor del coeficiente de balasto vertical (K_z) fue tomado del estudio de mecánica de suelos, el cual reportó un valor de 4.10 kg/cm^3 (equivalente a 4100 T/m). A partir de este valor, y siguiendo la recomendación de Bowles (1997), se establecieron las rigideces laterales K_x y K_y como el 80% de K_z , obteniéndose un valor de 3280 T/m . Esta relación resulta adecuada para suelos de tipo intermedio con buen confinamiento lateral, como es el caso del presente proyecto.

Para reflejar la disipación de energía durante un evento sísmico, se consideró un coeficiente de amortiguamiento del 5%, de acuerdo con lo establecido tanto en la norma técnica peruana E.030 como en las normativas ASCE 7-22.

En cuanto a las condiciones de frontera, se restringieron los grados de libertad de rotación R_x , R_y y R_z en la base, con el fin de evitar desplazamientos y giros no realistas, garantizando así una representación numéricamente estable del sistema.

Respecto al método para analizar ISE, Si bien es cierto que análisis dinámico no lineal o el análisis por historia de tiempo (time history) representan herramientas más precisas para estudiar el fenómeno de interacción suelo-estructura (ISE), especialmente en estructuras sometidas a movimientos sísmicos severos, se optó por el análisis modal espectral debido a su equilibrio entre precisión y viabilidad técnica. Este método, recomendado tanto por la norma E.030 como por la ASCE 7-22, permite capturar adecuadamente los efectos dinámicos mediante la superposición de modos de vibración, considerando las propiedades inerciales y de rigidez del sistema. Además, el análisis modal espectral requiere menor carga computacional, lo que lo hace más eficiente y manejable dentro del alcance de este trabajo de tesis. La elección también se justifica por el tipo de estructura evaluada (edificación regular y de baja altura), en la que los efectos no lineales locales son limitados y donde el enfoque espectral puede representar razonablemente el comportamiento global ante sismos.

2.5.2.1.5 *Análisis Dinámico*

Según la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente” en su artículo 29 “Análisis Modal Espectral”. El análisis dinámico debe considerar modos de vibración por cada nivel de preferencia tomar los primeros tres modos de vibración o tomar los suficientes modos hasta que se la suma de masas participativas alcancen al menos el 90% de la masa total.

Además, se debe considerar un espectro de aceleraciones calculadas a partir de la formula del artículo 29.2.1 de la misma forma considerar una combinación cuadrática completa (CQC).

2.5.2.1.6 *Peso de la estructura*

Según la NTP E.030 en su artículo 26, el peso de la estructura se calcula considerando el peso permanente de la estructura en su totalidad más un porcentaje de la carga viva.

Como el bloque I es una edificación de categoría A se considera una combinación de 100%CM+50% CV, en techos y azoteas se considera el 100%CM+50%CV. Análisis Dinámico

Según la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente” en su artículo 29 “Análisis Modal Espectral”. El análisis dinámico debe considerar modos de vibración por cada nivel de preferencia tomar los primeros tres modos de vibración o tomar los suficientes modos hasta que se la suma de masas participativas alcancen al menos el 90% de la masa total.

Además, se debe considerar un espectro de aceleraciones calculadas a partir de la formula del artículo 29.2.1 de la misma norma y una combinación cuadrática completa (CQC).

2.5.2.1.7 *Combinación de cargas*

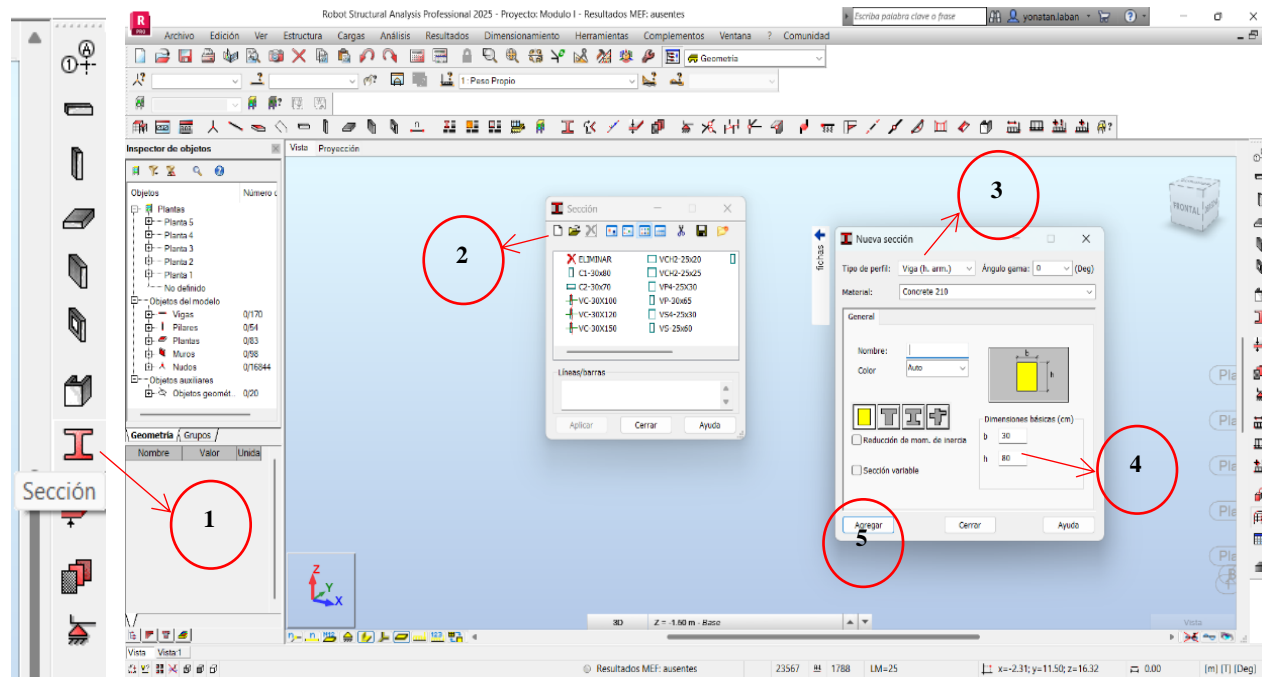
Las combinaciones para el diseño de la Cimentación, los elementos de Concreto Armado serán las mencionadas según el R.N.E Norma E.020, E.050 y E.060. Ver anexo 5.

2.5.2.2 *Modelamiento de la subestructura y estructura*

2.5.2.2.1 Creación de elementos estructurales

Figura 3.

Creación de vigas y columnas

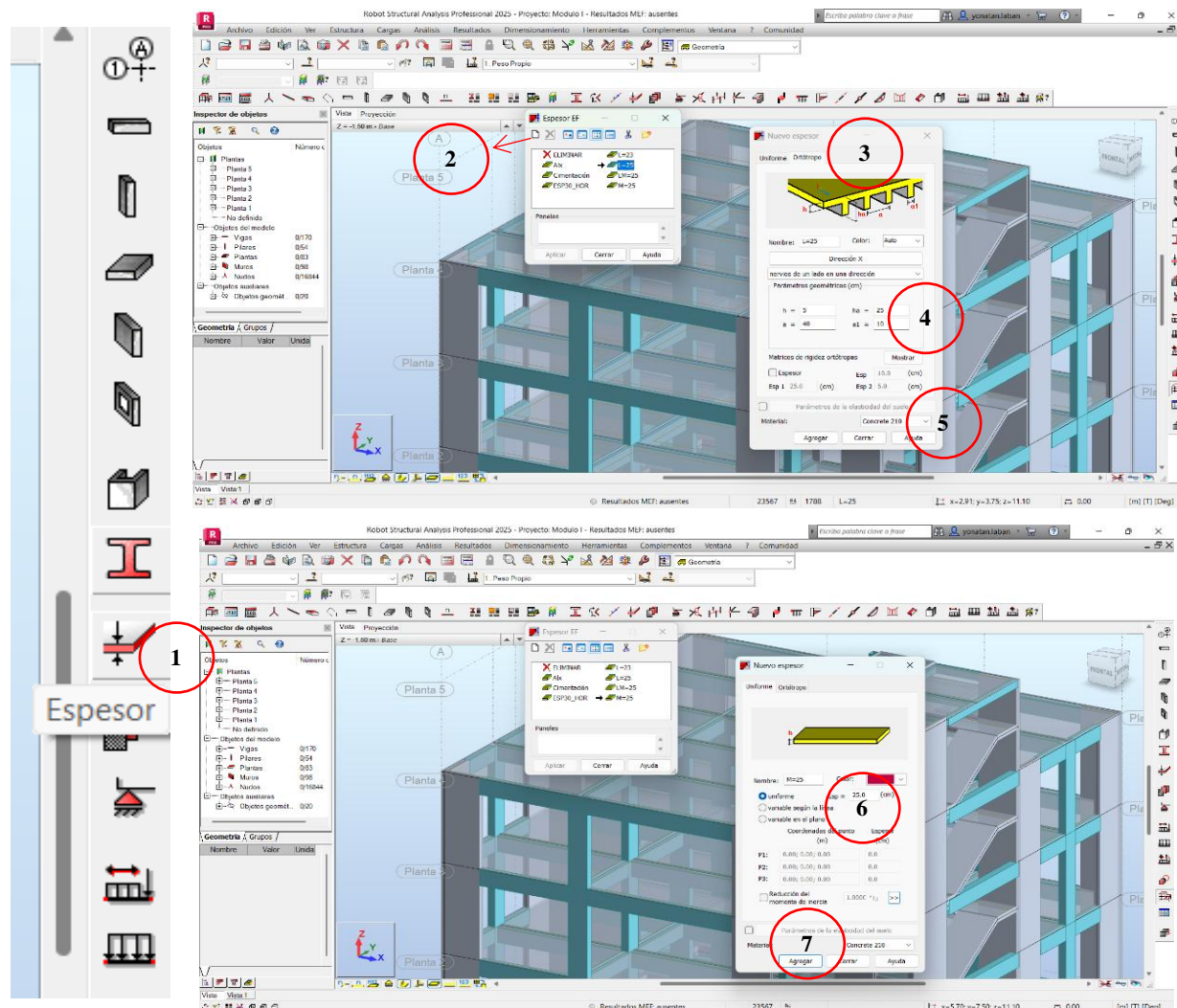


Nota. Para la creación de vigas y columnas seguimos los pasos de la figura. En la opción secciones (1), seleccionamos crear nueva sección (2) y desplegamos tipo de perfil, elegimos si queremos crear sección de viga o columna y el tipo de material (3), indicamos sus dimensiones (4) y clic en agregar (5).

La figura 3 muestra el proceso de creación de vigas y columnas en Robot Structural Analysis 2025. Estos elementos se definen como líneas a las que se asignan secciones estructurales. Las columnas transmiten las cargas verticales al suelo y las vigas las distribuyen entre apoyos. En conjunto, conforman el marco resistente que otorga estabilidad a la edificación.

Figura 4.

Creación de losas y muros



Nota. Para la creación de vigas y columnas seguimos los pasos de la fig. 14. En la opción espesor de la barra de herramientas (1), seleccionamos crear nueva sección (2) y aparecen dos opciones (Uniforme y ortótropo), para losas macizas y muros elegimos uniforme y para aligerados ortótropo (3), indicamos el espesor en ambos casos (4 y 6), seleccionamos el material (5) y clic en agregar (7).

Las figuras 4 muestra la creación de losas y muros como elementos de superficie. Estos contribuyen a la distribución de cargas y a la rigidez global del sistema estructural.

2.5.2.2.2 Configuración Geométrica

Figura 5.

Planta de la cimentación corrida a -1.50 m del bloque I

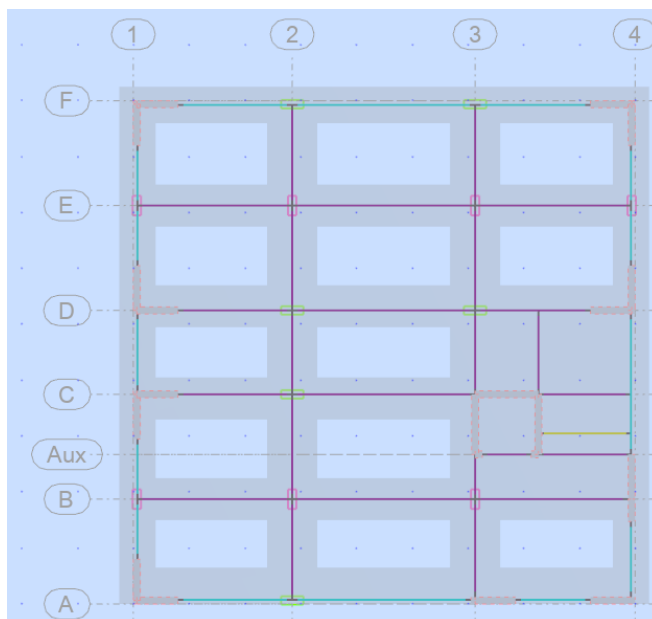


Figura 6.

Plantas típicas del edificio 1;2;3 del bloque I

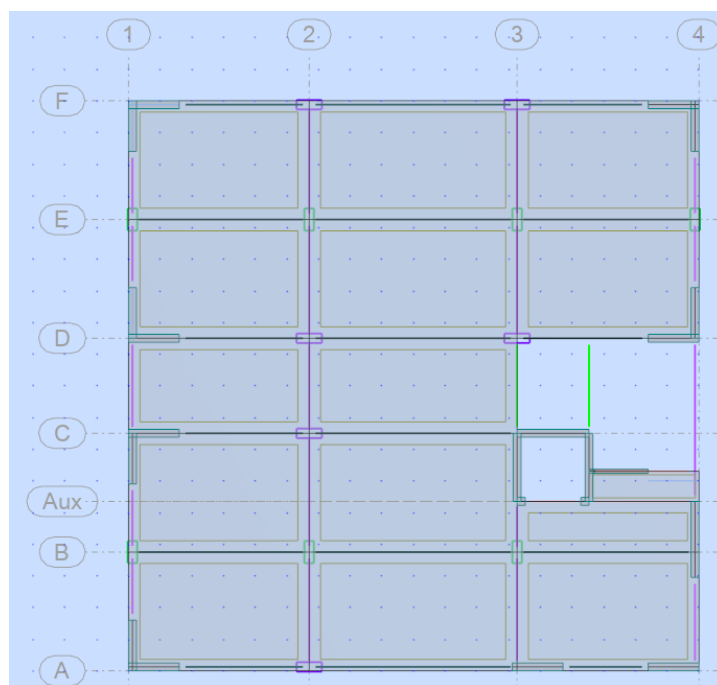
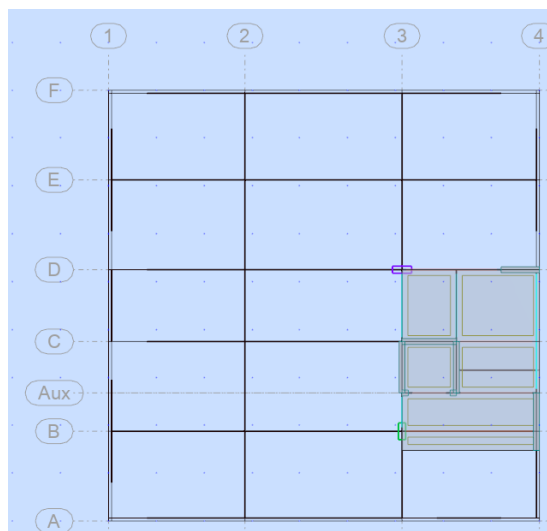
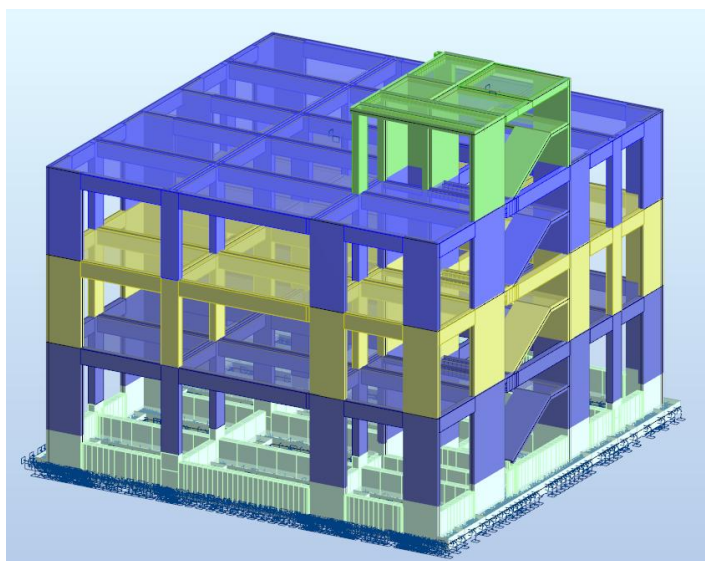
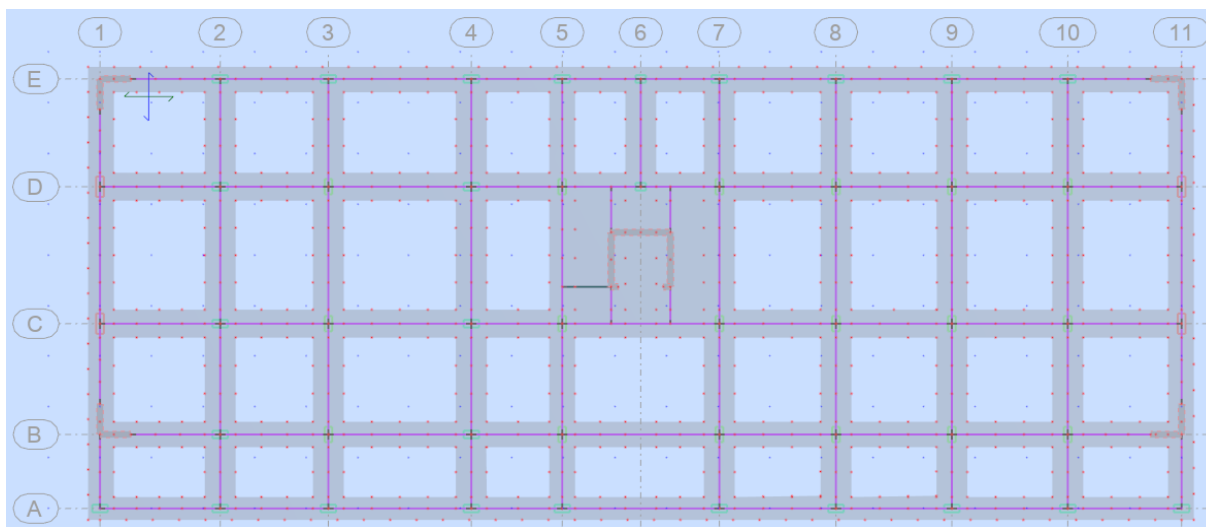


Figura 7.*Planta de techo de la escalera y ascensor del bloque I***Figura 8.***Vista 3D del Bloque I*

Nota. El bloque I de la estructura principal lo conforman las columnas C1 en sección rectangular de 30 x 80cm, columnas C2 de 30 x 70cm y muros de corte de en forma de l de 160 x 160cm, con espesor de 25cm, mientras que las vigas son: vigas principales en la dirección x-x 30x65cm y las vigas secundarias en la dirección y-y 30x60cm, se usaran vigas chatas de vch-01 (25x20cm).

Figura 9.

Planta de la cimentación corrida a -1.50 m del bloque II

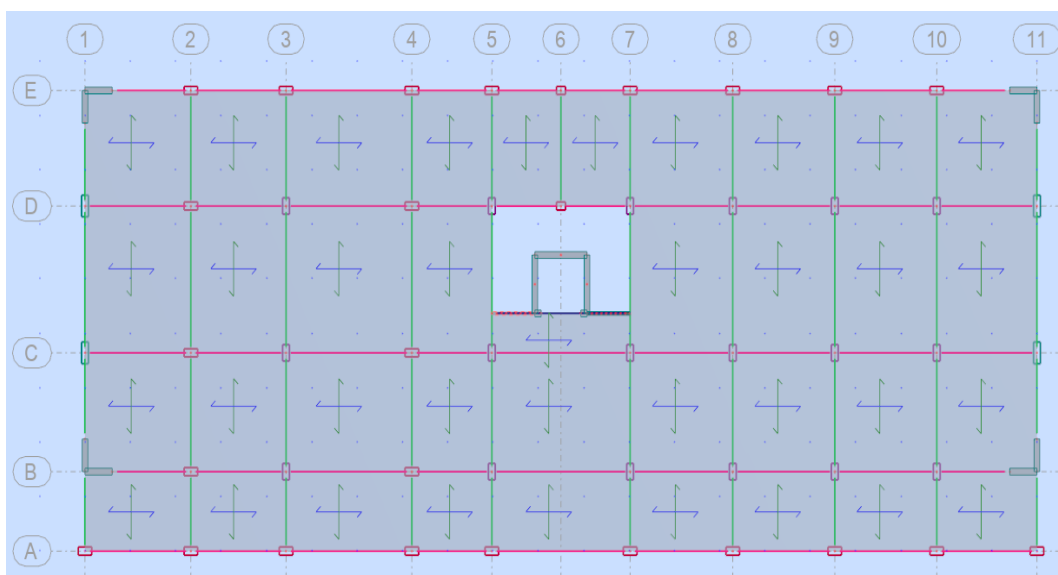


Nota. En la figura se detalla la vista en planta de la cimentación corrida y vigas de cimentación.

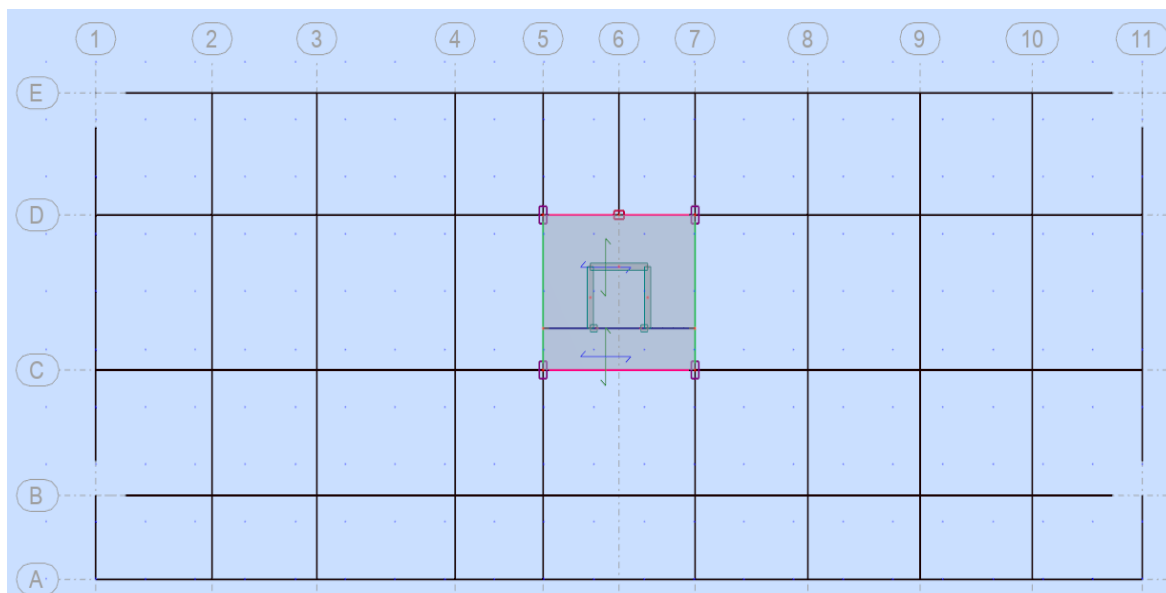
Ver detalle en los planos en el anexo 19.

Figura 10.

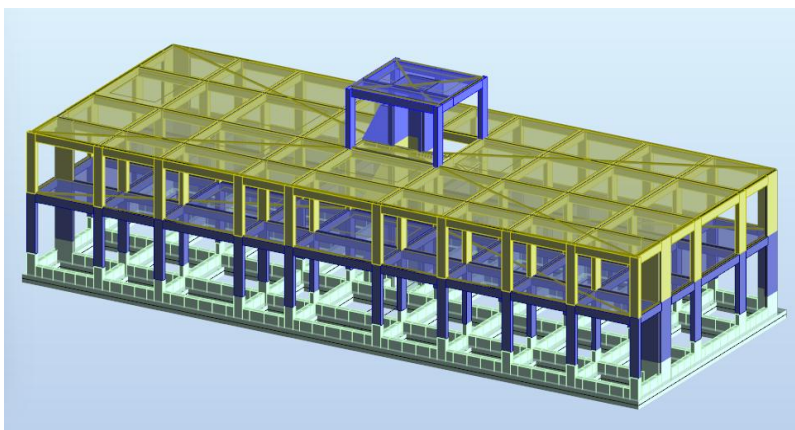
Plantas típicas 1 y 2 del bloque II



Nota. En la figura se detalla la vista en planta de las plantas típicas del edificio con altura de entrepiso de 3.70 m.

Figura 11.*Techo de la escalera y ascensor del bloque II*

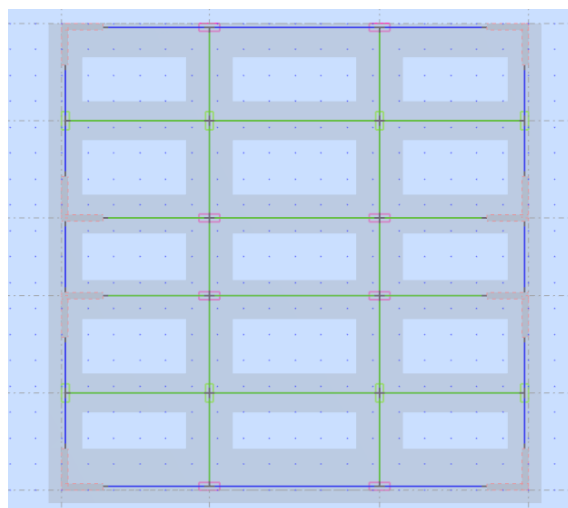
Nota. En la figura se detalla la vista en planta del techo de la escalera y ascensor.

Figura 12.*Vista 3D del Bloque II*

Nota. La Estructura lo conforman las columnas C1 en sección rectangular de 30 x 80cm, columnas C2 de 60 x 30cm, columnas C3 de 30 x 80cm, C4 de 30 x 40cm y muros de corte de en forma de L de 120 x 120cm, con espesor de 25cm, Mientras que las vigas son: Vigas principales en la Dirección Y-Y 30x50cm y las vigas secundarias en la Dirección X-X 30x50cm. Ver anexo 19.

Figura 13.

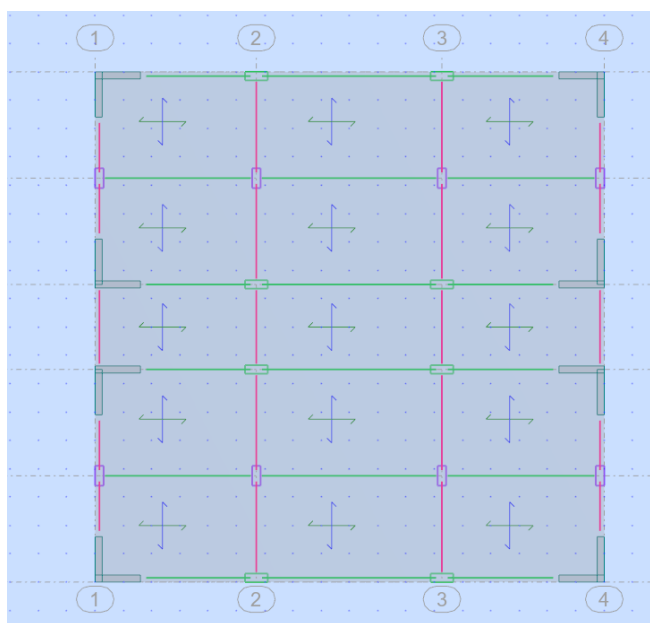
Planta de la cimentación corrida a -1.50 m del bloque III



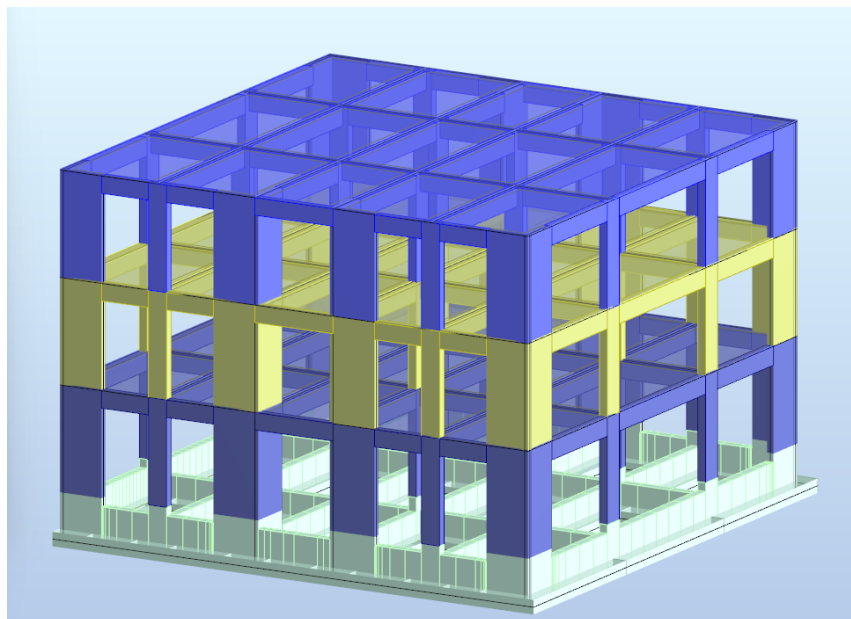
Nota. En la figura se detalla la vista de la cimentación corrida y de las vigas de cimentación. Ver detalles en los planos del anexo 19.

Figura 14.

Plantas típicas 1 y 2 del bloque III



Nota. En la figura se detalla la vista en planta de los pisos típicos, así como también de sus elementos estructurales.

Figura 15.*Vista 3D del Bloque III*

Nota. El bloque III de la estructura lo conforman las columnas C1 en sección rectangular de 30 x 80cm, columnas C2 de 30 x 70cm y muros de corte de en forma de l de 160 x 160cm, con espesor de 25cm, mientras que las vigas son: vigas principales en la dirección x-x 30x65cm y las vigas secundarias en la dirección y-y 30x60cm, se usaran vigas chatas de vch-01 (25x20cm).

Las figuras desde la N°5 hasta la N°15 muestran la configuración geométrica de los bloques I, II y III de la edificación, incluyendo plantas de cimentación corrida, plantas típicas de los niveles, techos de escaleras y ascensores, así como sus respectivas vistas en tres dimensiones. En ellas se aprecia la disposición de los principales elementos estructurales: columnas de distintas secciones rectangulares, muros de corte en forma de “L” con espesores de 25 cm y vigas principales y secundarias en ambas direcciones, además del uso de vigas chatas para complementar el sistema. Las plantas de cimentación detallan la distribución de las zapatas corridas y vigas de cimentación, mientras que las plantas típicas reflejan la altura de entrepiso de 3.70 m y la organización de los

marcos estructurales. Finalmente, las vistas 3D permiten visualizar de manera integral la volumetría y articulación de cada bloque, evidenciando la coherencia entre el diseño en planta y la configuración espacial del edificio.

2.5.2.3 *parámetros de sitio (E.030)*

Tabla 2.

Parámetros de diseño del bloque I

Zona	2
Suelo	s3
Uso	Esencial A
Categoría	A
H	14.8 m
Sistema Estructural	De muros estructurales
CT	45
Z	0.25
U	1.50
C	2.50
S	1.40
T	0.33
TP	1.00
TL	1.60
K	1.00
R0	6.00
Ia	1.00
Ip	1.00
R	6.00

Nota. Los parámetros de diseño son datos o valores que se obtienen de la norma E.030 en base al estudio de suelos (Capacidad última del suelo u onda de velocidad del suelo) el más desfavorable o con el que se cuente. “H” es la altura del edificio, “Z” es el factor de zona, “U” es el factor de uso, “C” es el factor de amplificación sísmica, “TP” es el periodo corto, “TL” es el periodo largo,

“K” es un exponente relacionado al periodo fundamental, “Ro” es el coeficiente básico de reducción inicial, “Ia” es irregularidad en altura, “Ip” es irregularidad en altura y “R” es el producto de “Ro”, “Ia”, “Ip”.

Tabla 3.

Parámetros de diseño del bloque II

Zona	2
Suelo	s3
Uso	Esencial A
Categoría	A
H	11.1 m
Sistema Estructural	Dual
CT	45
Z	0.25
U	1.50
C	2.50
S	1.40
T	0.25
TP	1.00
TL	1.60
K	1.00
R0	7.00
Ia	1.00
Ip	1.00
R	7.00

Nota. Los parámetros de diseño son datos o valores que se obtienen de la norma E.030 en base al estudio de suelos (Capacidad última del suelo u onda de velocidad del suelo) el más desfavorable o con el que se cuente. “H” es la altura del edificio, “Z” es el factor de zona, “U” es el factor de uso, “C” es el factor de amplificación sísmica, “TP” es el periodo corto, “TL” es el periodo largo,

“K” es un exponente relacionado al periodo fundamental, “Ro” es el coeficiente básico de reducción inicial, “Ia” es irregularidad en altura, “Ip” es irregularidad en altura y “R” es el producto de “Ro”, “Ia”, “Ip”.

Tabla 4.

Parámetros de diseño del bloque III

Zona	2
Suelo	s3
Uso	Esencial A
Categoría	A
H	11.1m
Sistema Estructural	De muros estructurales
C_T	45

Z	0.25
U	1.50
C	2.50
S	1.40
T	0.25
T_P	1.00
T_L	1.60
K	1.00
R₀	6.00
I_a	1.00
I_p	1.00
R	6.00

Nota. Los parámetros de diseño son datos o valores que se obtienen de la norma E.030 en base al estudio de suelos (Capacidad última del suelo u onda de velocidad del suelo) el más desfavorable o con el que se cuente. “H” es la altura del edificio, “Z” es el factor de zona, “U” es el factor de uso, “C” es el factor de amplificación sísmica, “TP” es el periodo corto, “TL” es el periodo largo,

“K” es un exponente relacionado al periodo fundamental, “Ro” es el coeficiente básico de reducción inicial, “Ia” es irregularidad en altura, “Ip” es irregularidad en altura y “R” es el producto de “Ro”, “Ia”, “Ip”.

Las Tablas 2, 3 y 4 muestran los parámetros de diseño sísmico considerados para los bloques I, II y III, obtenidos según la Norma E.030 y en concordancia con el estudio de suelos realizado. Todos los bloques se ubican en la zona sísmica 2 y sobre un suelo tipo S3, lo que implica condiciones desfavorables por su baja rigidez y elevada demanda sísmica. Asimismo, se clasifican en la categoría A, destinada a edificaciones de gran importancia, aunque difieren en altura, sistema estructural y uso. El bloque I, con una altura de 14.8 m y uso esencial, presenta mayores exigencias de seguridad, por lo que su sistema de muros estructurales se ajusta a requerimientos de alta estabilidad. El bloque II, de 11.1 m y uso esencial, incorpora un sistema estructural dual, lo que le confiere un comportamiento más eficiente frente a sismos al alcanzar un factor de reducción sísmica $R = 7.00$. El bloque III, con igual altura que el bloque II pero sistema de muros estructurales, alcanza un $R = 6.00$, reflejando menor capacidad de disipación de energía. En conjunto, los parámetros confirman que el bloque I es el más crítico en términos de seguridad y control de deformaciones, el bloque II es el más favorable en cuanto a desempeño sísmico, y el bloque III ocupa una posición intermedia, respondiendo de manera aceptable pero con menor ductilidad que el bloque II.

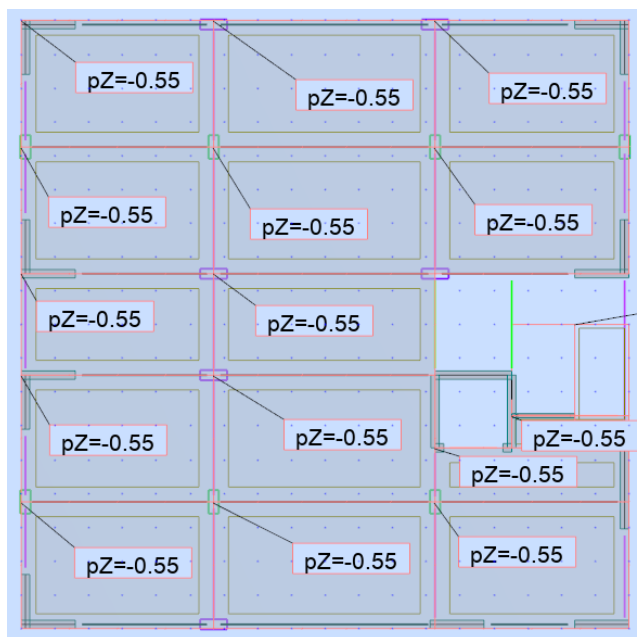
2.5.3 Análisis estático

2.5.3.1 Cargas de gravedad

2.5.3.1.1 Bloque I

Figura 16.

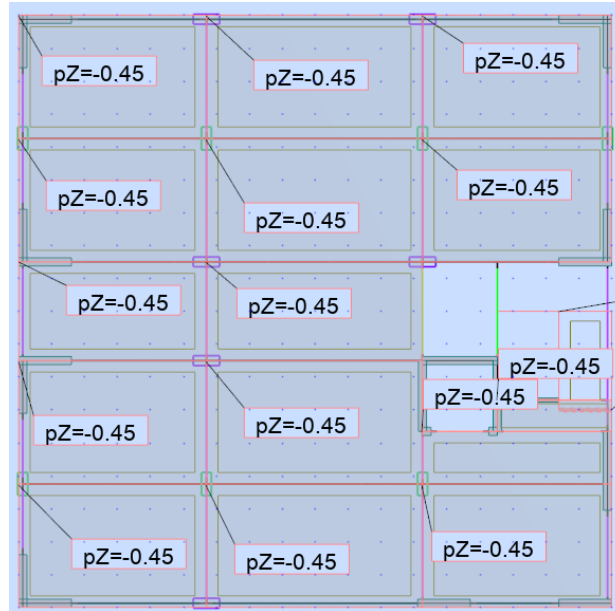
Asignación de carga muerta en las plantas 1 y 2 del bloque I



Nota. La carga muerta de la planta 1 y 2 del bloque I es 550 kg/m², 350 kg/m² por carga de peso propio de acuerdo a la norma técnica E.020 “cargas” mas 200 kg/m² de tabiquería y acabado.

Figura 17.

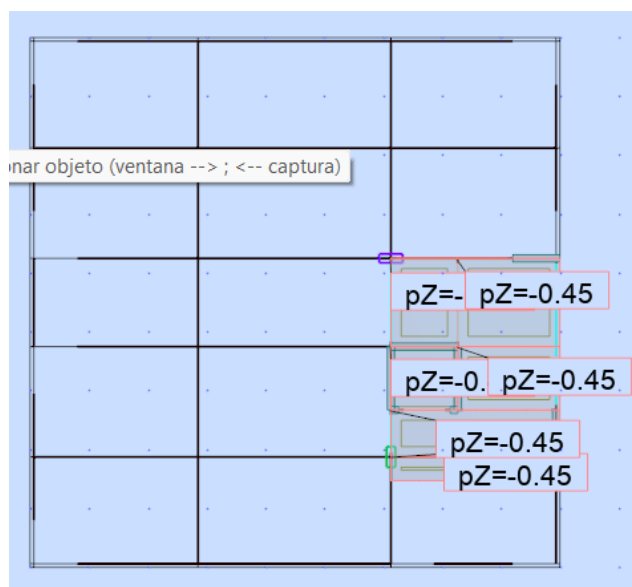
Asignación de carga muerta en el techo del bloque I



Nota. La carga muerta es 450 kg/m², 350 kg/m² por carga de peso propio de acuerdo a la norma técnica E.020 “cargas” mas 100 kg/m² de tabiquería.

Figura 18.

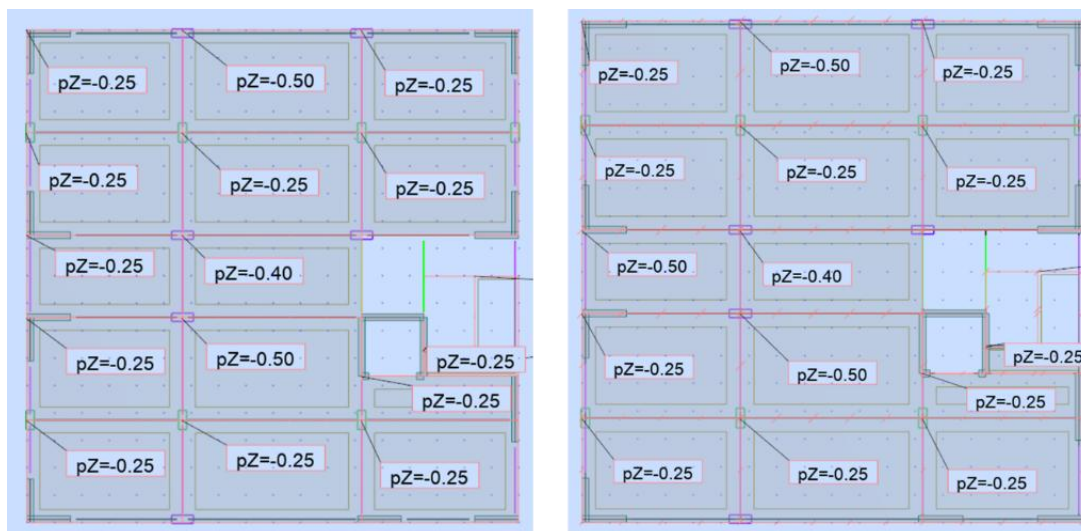
Asignación de carga muerta al techo de la escalera del bloque I



Nota. La carga muerta es 450 kg/m², 350 kg/m² por carga de peso propio de acuerdo a la norma técnica E.020 “cargas” mas 100 kg/m² de tabiquería.

Figura 19.

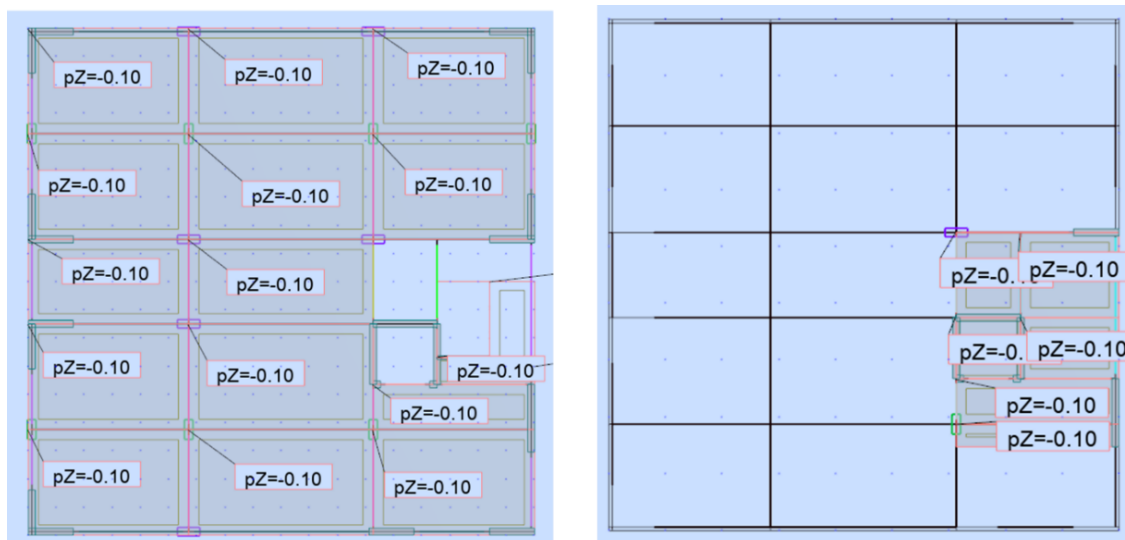
Asignación de carga viva en la planta 1 y 2 del bloque I



Nota. La carga viva ha sido considerada de acuerdo con la norma E.020 “Cargas”, 250 kg/m² para uso de oficinas, 400 kg/m² para la circulación y 500 kg/m² para depósitos y almacenes.

Figura 20.

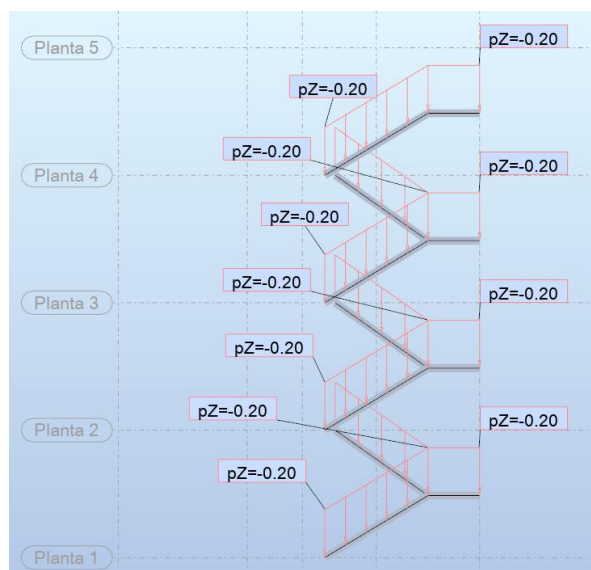
Asignación de carga viva en la planta 3 y 4 del bloque I



Nota. La carga viva ha sido considerada de acuerdo con la norma E.020 “Cargas”, 100 kg/m² para uso de terrazas, techos y azoteas,

Figura 21.

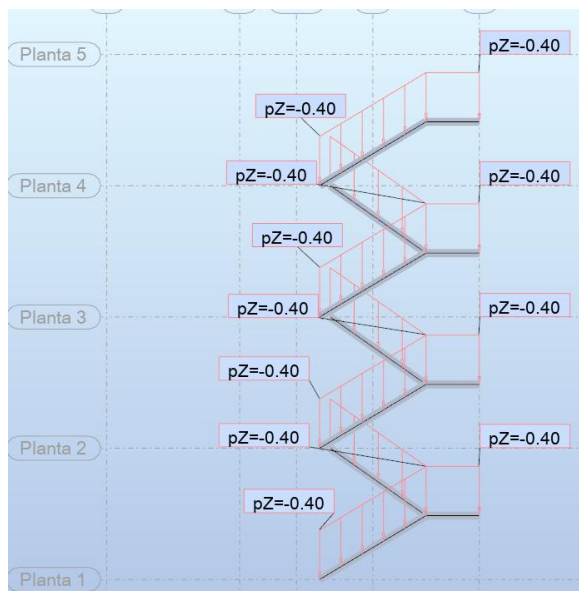
Asignación de carga muerta a la escalera del bloque I



Nota. La carga muerta ha sido considerada 750 kg/m², pero como la escalera se ha considerado dentro de peso propio entonces solamente se ha carga 200 kg/m² de acabados y baranda.

Figura 22.

Asignación de carga viva a la escalera del bloque I

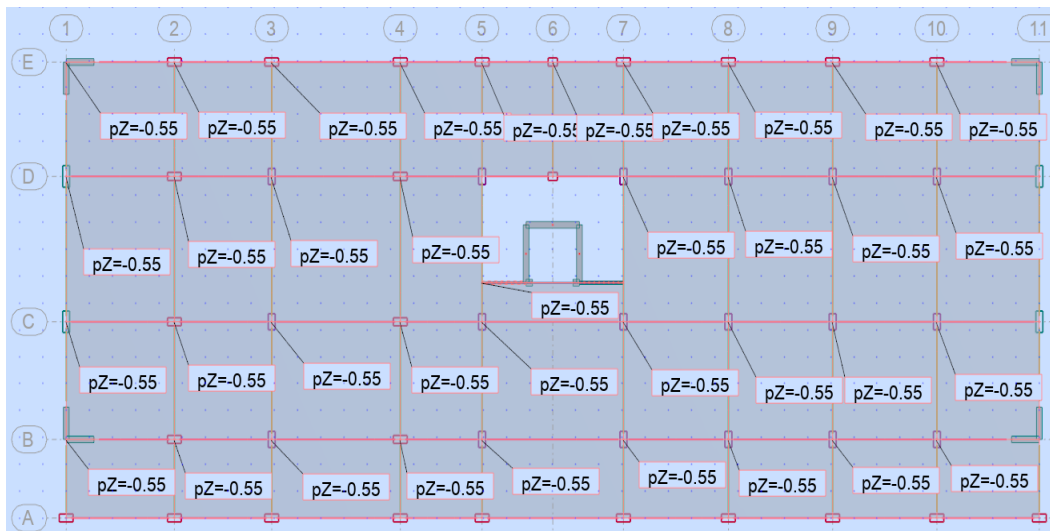


Nota. La carga viva se ha sido considerada de acuerdo con la norma E.020 “Cargas”, 400 kg/m^2 para escaleras.

2.5.3.1.2 Bloque II

Figura 23.

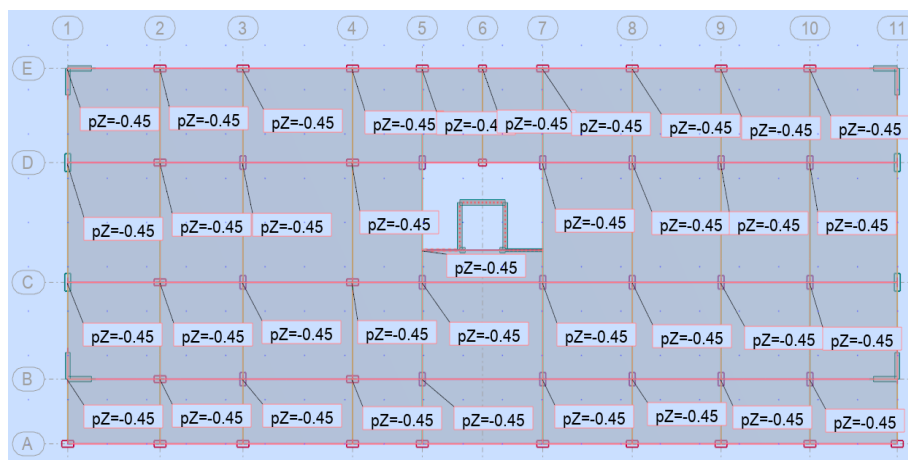
Asignación de carga muerta en la planta 1 del bloque II



Nota. La carga muerta de la planta 1 del bloque II es 550 kg/m², 350 kg/m² por carga de peso propio de acuerdo a la norma técnica E.020 “cargas” mas 200 kg/m² de tabiquería y acabado.

Figura 24.

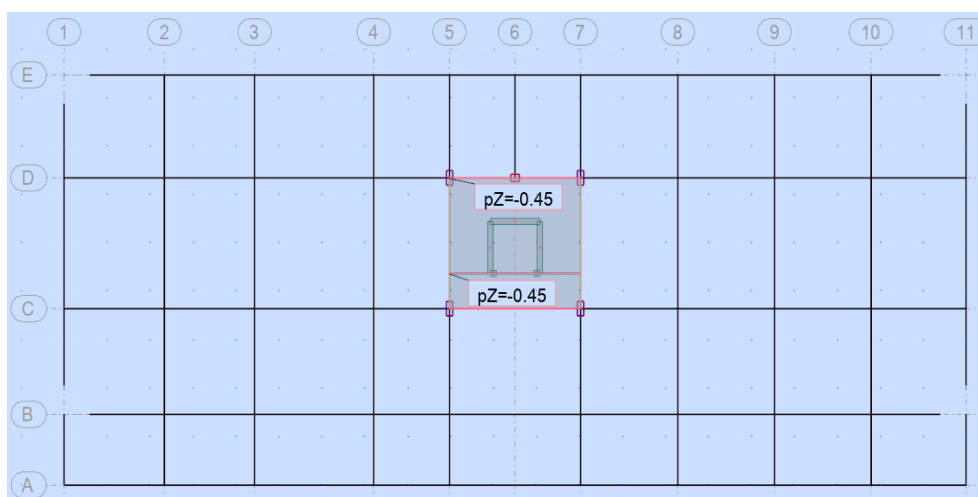
Asignación de carga viva en la planta 2 del bloque II



Nota. La carga muerta para el bloque II es 450 kg/m², 350 kg/m² por carga de peso propio de acuerdo a la norma técnica E.020 “cargas” mas 100 kg/m² de tabiquería.

Figura 25.

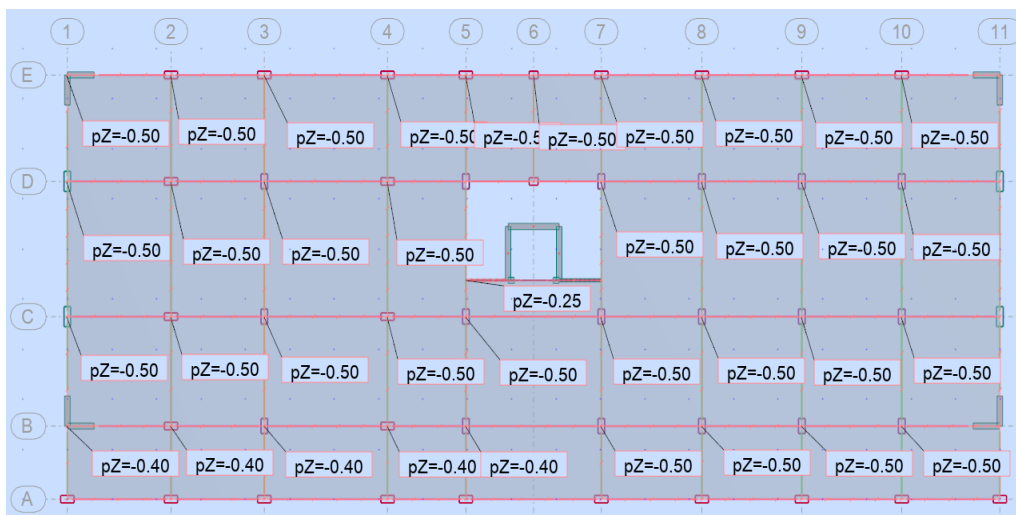
Asignación de carga muerta en el techo de la escalera y ascensor del bloque II



Nota. La carga muerta es 450 kg/m², 350 kg/m² por carga de peso propio de acuerdo a la norma técnica E.020 “cargas” mas 100 kg/m² de tabiquería.

Figura 26.

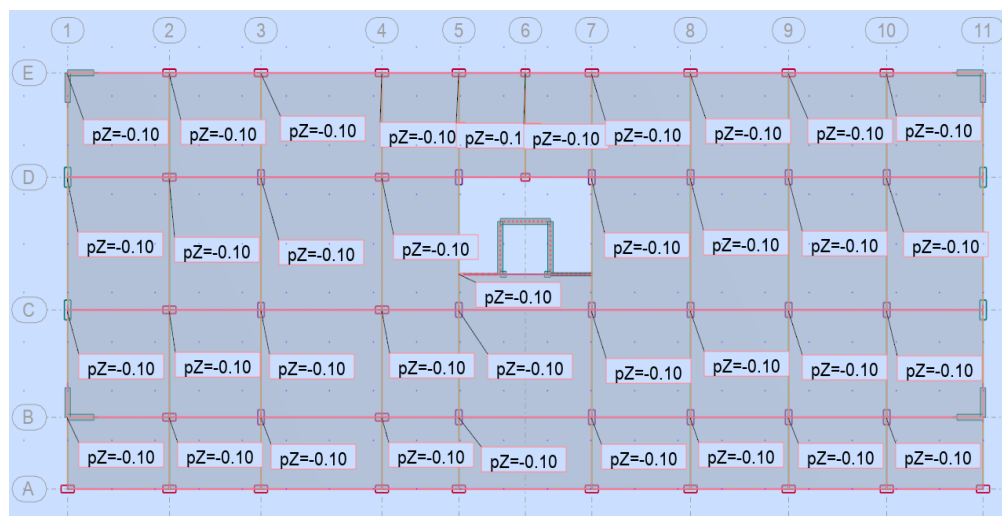
Asignación de carga viva en la planta 1 del bloque II



Nota. La carga viva en el bloque II ha sido considerada de acuerdo con la norma E.020 “Cargas”, 250 kg/m² para uso de oficinas, 400 kg/m² para la circulación y 500 kg/m² para depósitos y almacenes.

Figura 27.

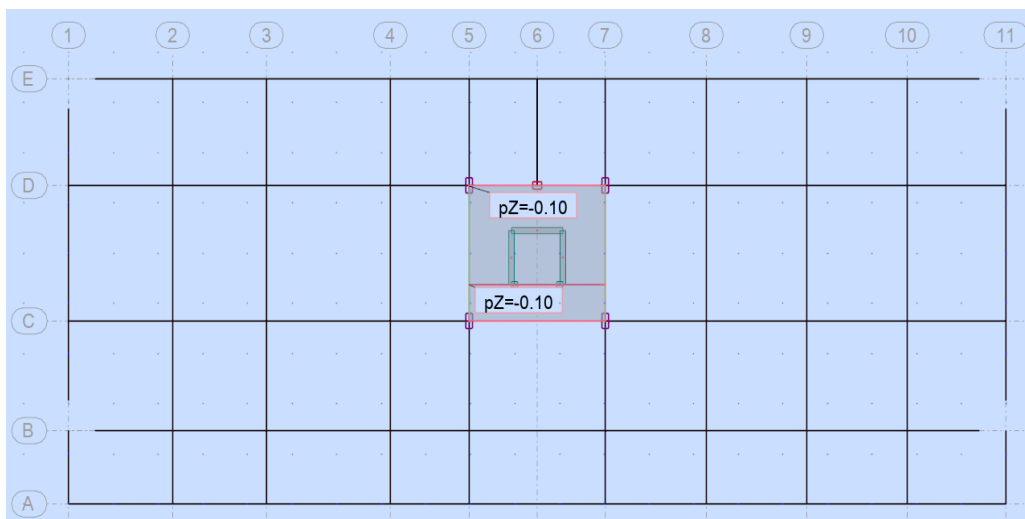
Asignación de carga viva en la planta 2 (Techo) del bloque II



Nota. La carga viva ha sido considerada de acuerdo con la norma E.020 “Cargas”, 100 kg/m² para uso de terrazas, techos y azoteas.

Figura 28.

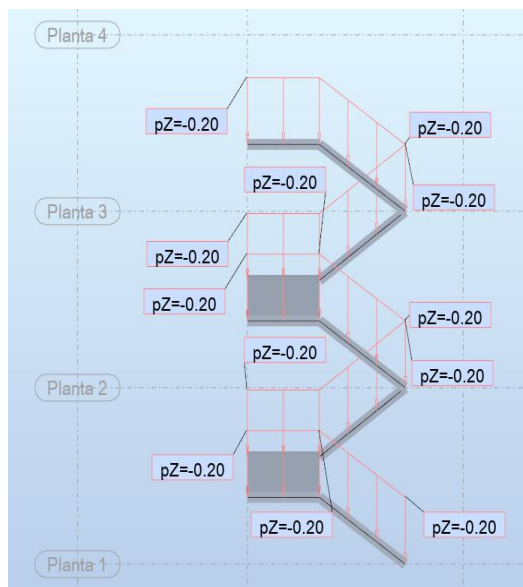
Asignación de carga viva en el techo de la escalera y ascensor del bloque II



Nota. La carga viva ha sido considerada de acuerdo con la norma E.020 “Cargas”, 100 kg/m² para uso de terrazas, techos y azoteas,

Figura 29.

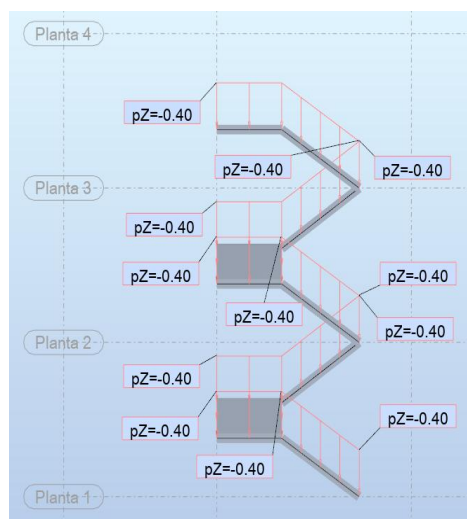
Asignación de carga muerta en la escalera del bloque II



Nota. La carga muerta ha sido considerada 750 kg/m², pero como la escalera se ha considerado dentro de peso propio entonces solamente se ha carga 200 kg/m² de acabados y baranda.

Figura 30.

Asignación de carga viva en la escalera del bloque II

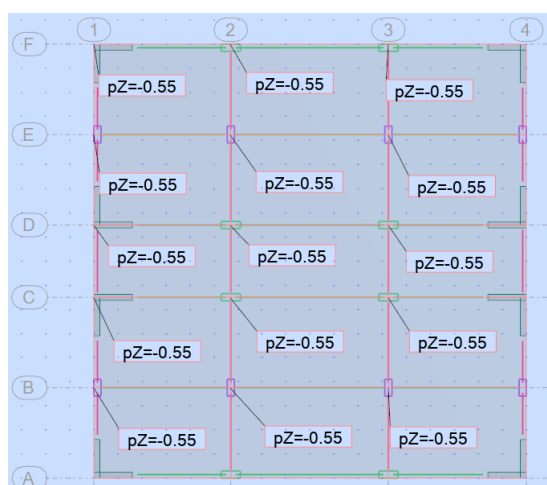


Nota. La carga viva se ha sido considerada de acuerdo con la norma E.020 “Cargas”, 400 kg/m² para escaleras.

2.5.3.1.3 Bloque III

Figura 31.

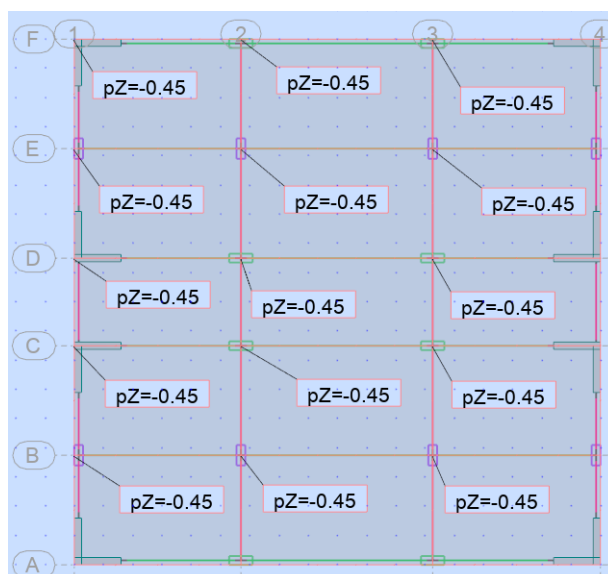
Asignación de carga muerta en la planta 1 y 2 del bloque III



Nota. La carga muerta de la planta 1 del bloque III es 550 kg/m², 350 kg/m² por carga de peso propio de acuerdo a la norma técnica E.020 “cargas” mas 200 kg/m² de tabiquería y acabado.

Figura 32.

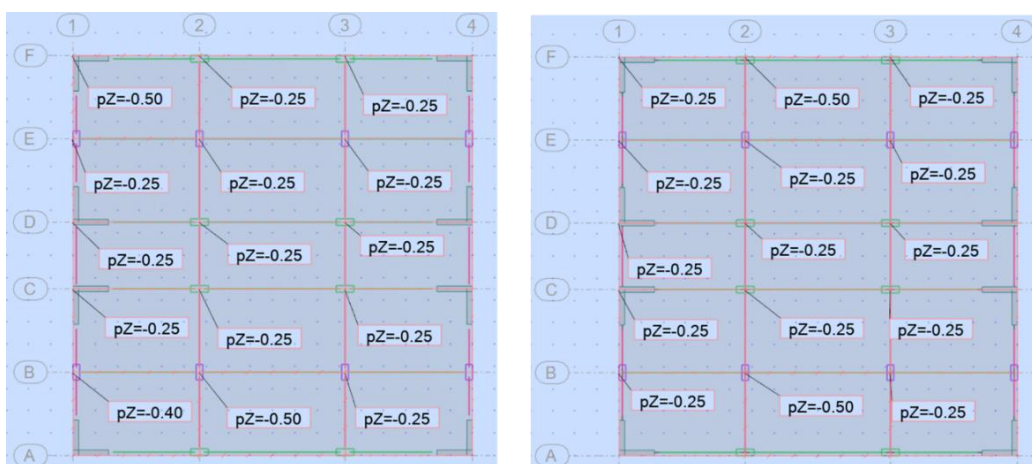
Asignación de carga muerta en la planta 3 (techo) del bloque III



Nota. La carga muerta para el bloque III es 450 kg/m², 350 kg/m² por carga de peso propio de acuerdo a la norma técnica E.020 “cargas” mas 100 kg/m² de tabiquería.

Figura 33.

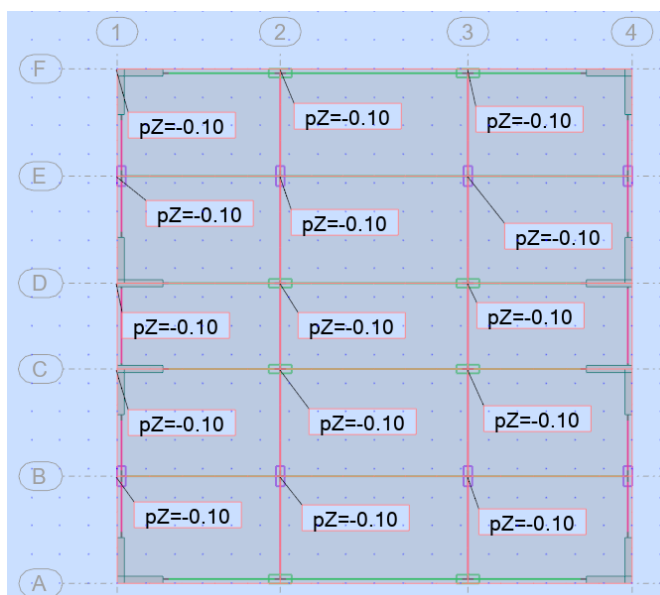
Asignación de carga viva en la planta 1 y 2 del bloque III



Nota. La carga viva en el bloque III ha sido considerada de acuerdo con la norma E.020 “Cargas”, 250 kg/m² para uso de oficinas, 400 kg/m² para la circulación y 500 kg/m² para depósitos y almacenes.

Figura 34.

Asignación de carga viva en la planta 3 (techo) del bloque III



Nota. La carga viva ha sido considerada de acuerdo con la norma E.020 “Cargas”, 100 kg/m² para uso de terrazas, techos y azoteas,

Las figuras desde la N°16 hasta N°34 muestran la asignación de cargas de gravedad para los bloques I, II y III, considerando tanto las cargas muertas como las cargas vivas, de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma Técnica E.020 “Cargas”. En todos los bloques, las cargas muertas incluyen el peso propio de la estructura (350 kg/m²) complementado con sobrepesos por tabiquería y acabados, alcanzando valores de 450 a 550 kg/m² en plantas y techos, mientras que en escaleras se asigna un valor adicional de 200 kg/m² por acabados y barandas. Por su parte, las cargas vivas se distribuyen en función del uso de cada ambiente: 250 kg/m² para oficinas, 400 kg/m² para circulación, 500 kg/m² para depósitos y almacenes, y 100 kg/m² en terrazas, techos y azoteas. De este modo, las figuras evidencian la correcta incorporación de cargas gravitacionales en el modelo estructural, garantizando que el análisis estático refleje fielmente las condiciones de uso y normativas aplicables a cada bloque.

2.5.3.2 Fuerzas Sísmicas en Altura

2.5.3.2.1 Bloque I

Tabla 5.

Fuerzas sísmicas en altura del bloque I

Direcciones XX y YY					
Nivel	Hi	Pi	Pi*Hi ^k	α	Fi
Nivel 4	14.80	53.11	786.05	0.09	21.93
Nivel 3	11.10	365.71	4059.39	0.46	113.27
Nivel 2	7.40	365.71	2706.26	0.30	75.51
Nivel 1	3.70	365.71	1353.13	0.15	37.76
	Total	1150.24	8904.82		

Nota. La tabla muestra las fuerzas sísmicas en altura del Bloque I distribuidas por niveles en las direcciones XX y YY. Se usa la misma distribución porque el sistema estructural es el mismo en ambas direcciones.

2.5.3.2.2 Bloque II

Tabla 6.

Fuerzas sísmicas en altura del bloque II

Direcciones XX y YY					
Nivel	Hi	Pi	Pi*Hi ^k	α	Fi
Nivel 3	11.10	33.65	373.54	0.05	12.33
Nivel 2	7.40	702.25	5196.62	0.64	171.55
Nivel 1	3.70	702.25	2598.31	0.32	85.77
	Total	1438.15	8168.48		

Nota. La tabla muestra las fuerzas sísmicas en altura del Bloque II distribuidas por niveles en las direcciones XX y YY. Se usa la misma distribución porque el sistema estructural es el mismo en ambas direcciones.

2.5.3.2.3 *Bloque III*

Tabla 7.

Fuerzas sísmicas en altura del bloque III

Direcciones XX y YY					
Nivel	Hi	Pi	Pi*Hi^k	α	Fi
Nivel 3	11.10	353.49	3923.78	0.50	115.99
Nivel 2	7.40	353.49	2615.85	0.33	77.33
Nivel 1	3.70	353.49	1307.93	0.17	38.66
	Total	1060.48	7847.55		

Nota. La tabla muestra las fuerzas sísmicas en altura del Bloque III distribuidas por niveles en las direcciones XX y YY. Se usa la misma distribución porque el sistema estructural es el mismo en ambas direcciones.

Las Tablas 5, 6 y 7 presentan la distribución de las fuerzas sísmicas en altura de los bloques I, II y III, calculadas en las direcciones XX y YY según la Norma E.030. En el bloque I, con cuatro niveles, se observa que la mayor fuerza sísmica se concentra en el tercer nivel, mientras que el nivel superior recibe menor aporte debido a su reducida masa, reflejando una distribución progresiva desde la base hasta la parte media de la estructura. En el bloque II, de tres niveles con sistema dual, la mayor demanda sísmica se ubica en el segundo nivel, lo que demuestra cómo la combinación de muros y pórticos absorbe eficazmente la energía sísmica, reduciendo los efectos en la parte superior. En el bloque III, también de tres niveles pero con muros estructurales, la mayor fuerza recae en el nivel superior, evidenciando una distribución más uniforme de cargas en comparación con el bloque II, aunque con menor disipación. En conjunto, se aprecia que cada bloque distribuye las fuerzas sísmicas en función de su altura, masa y sistema estructural.

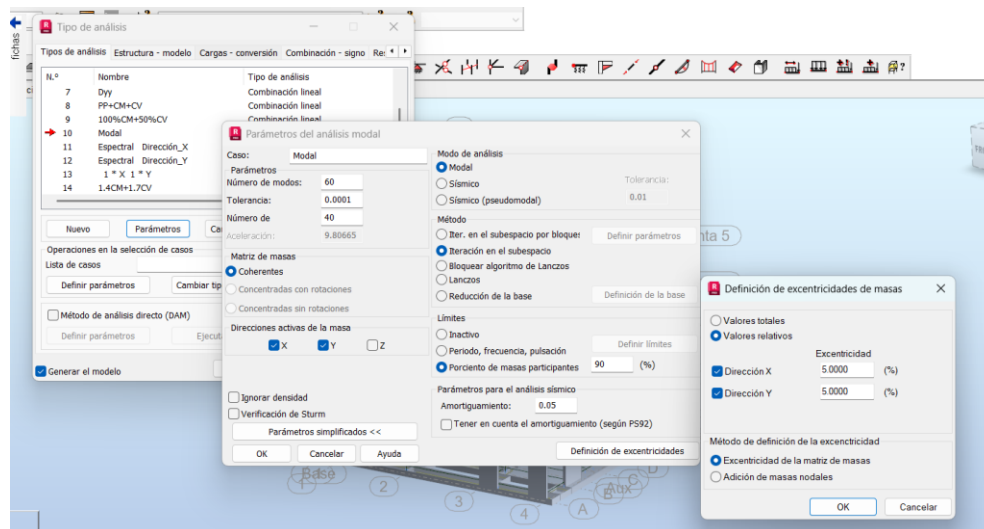
2.5.4 Evaluación Dinámica

2.5.4.1 Evaluación Modal-Espectral

2.5.4.1.1 Bloque I

Figura 35.

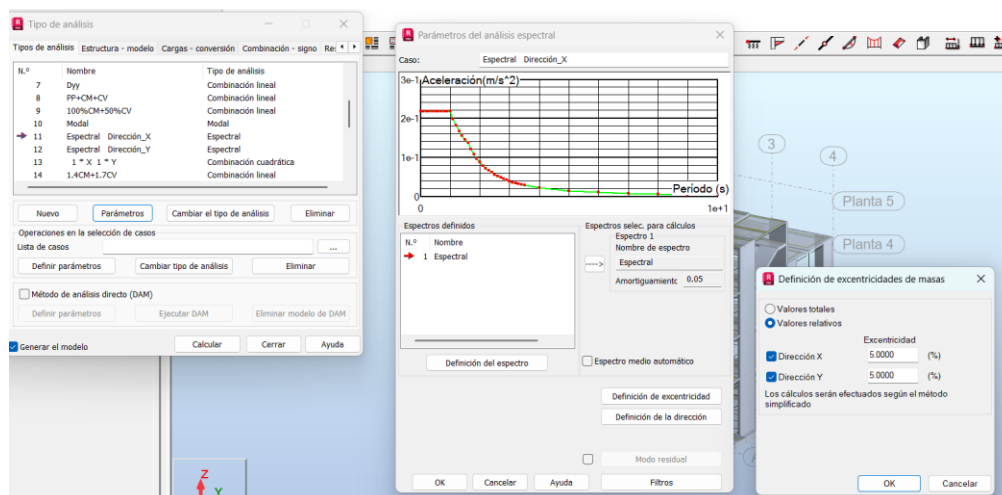
Creación del análisis modal en las direcciones XX y YY del bloque I



Nota. La figura muestra la creación del análisis modal, donde se ha considerado el 90% de masas participativas y un 5% para amortiguamiento y excentricidades tal como lo indica la Norma E.030.

Figura 36.

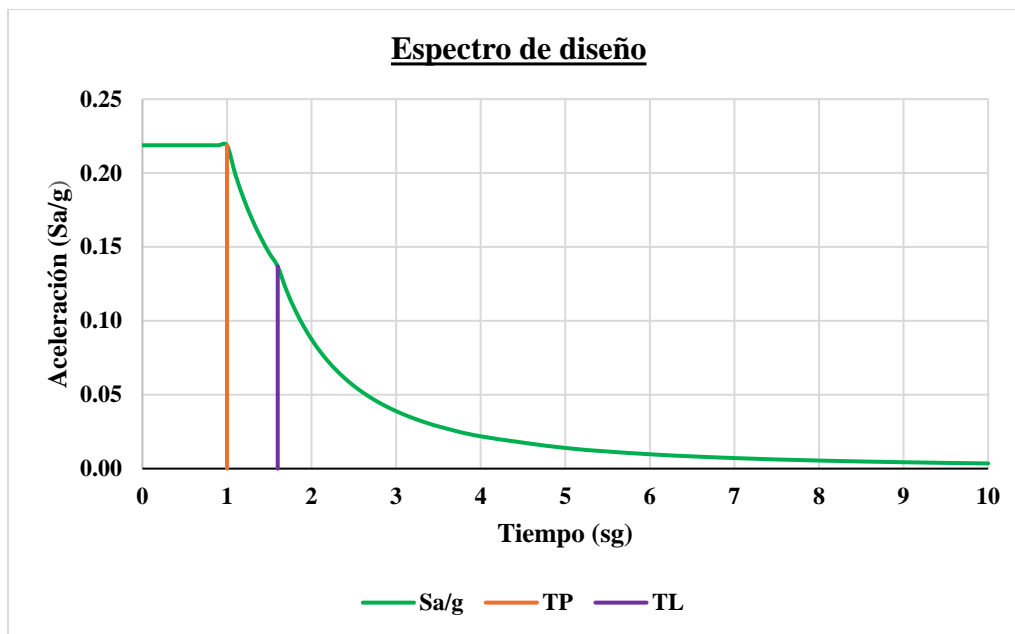
Creación del análisis espectral en las direcciones XX y YY del bloque I



Nota. La figura enseña la creación del análisis espectral. Los espectros de diseño se han creados para las direcciones XX y YY siguiendo los parámetros de la norma E.030 tal como lo indica el numeral 1.10.1.3 y el anexo 3.

Figura 37.

Espectro de diseño “Relación tiempo / aceleración” del bloque I

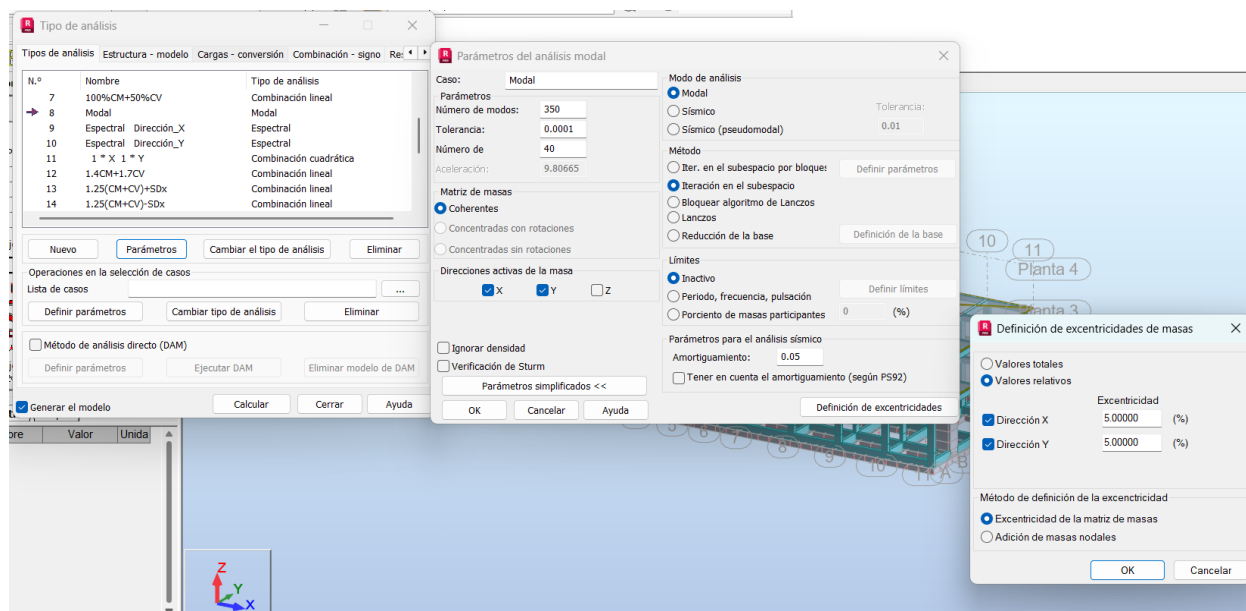


Nota. La figura representa la aceleración espectral (Sa/g) en función del periodo estructural, según los parámetros de la Norma Técnica E.030. Este espectro es utilizado para estimar las fuerzas sísmicas que actúan sobre la estructura dependiendo de su periodo de vibración. Ver tabla de espectro de diseño en anexo 3.

2.5.4.1.2 Bloque II

Figura 38.

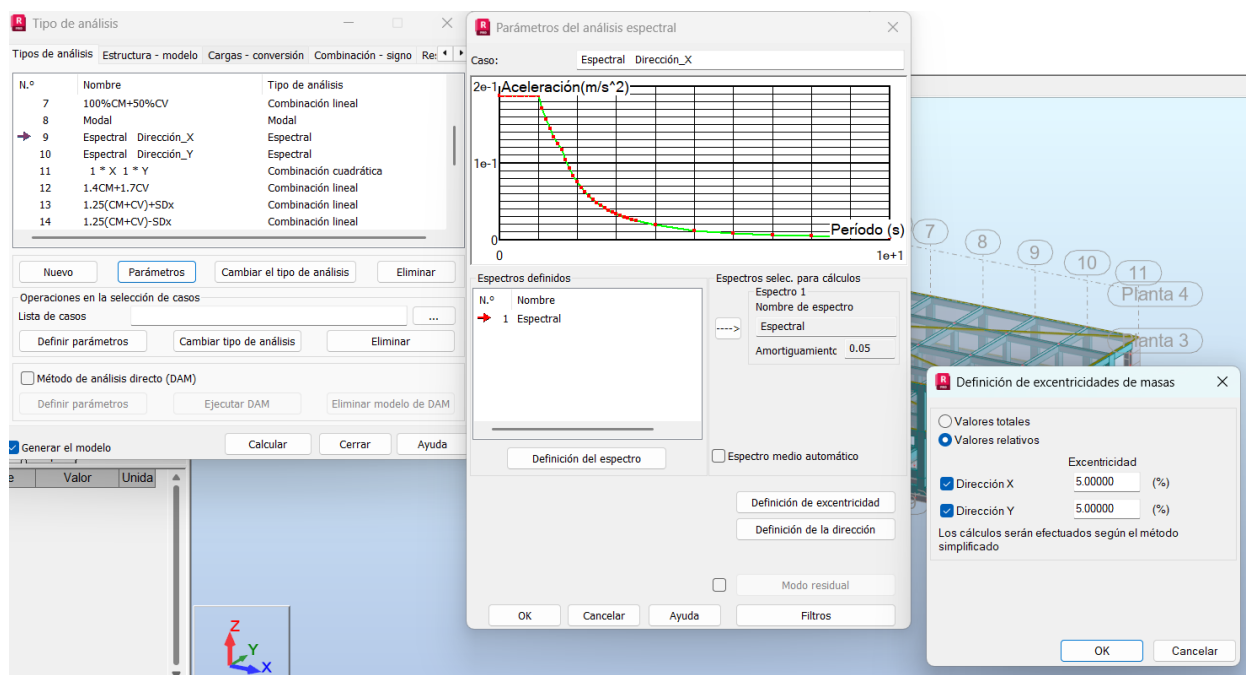
Creación del análisis modal en las direcciones XX y YY del bloque II



Nota. La figura muestra la creación del análisis modal, donde se ha considerado el 90% de masas participativas y un 5% para amortiguamiento y excentricidades tal como lo indica la Norma E.030.

Figura 39.

Creación del análisis espectral en las direcciones XX y YY del bloque II



Nota. La figura enseña la creación del análisis espectral. Los espectros de diseño se han creados para las direcciones XX y YY siguiendo los parámetros de la norma E.030 tal como lo indica el numeral 1.10.1.3 y el anexo 4.

Figura 40.

Espectro de diseño “Relación tiempo/ aceleración” del bloque II

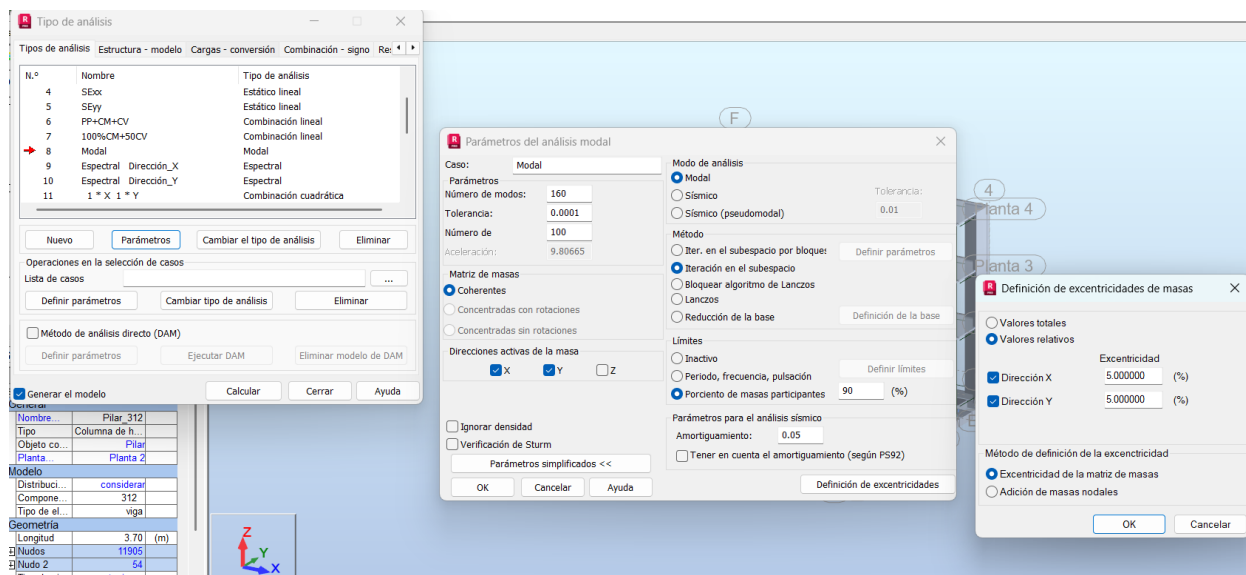


Nota. El gráfico mostró la aceleración espectral (Sa/g) en función del periodo estructural, según los parámetros de la Norma Técnica E.030. Este espectro es utilizado para estimar las fuerzas sísmicas que actúan sobre la estructura dependiendo de su periodo de vibración. Ver tabla de espectro de diseño en el anexo 4.

2.5.4.1.3 *Bloque III*

Figura 41.

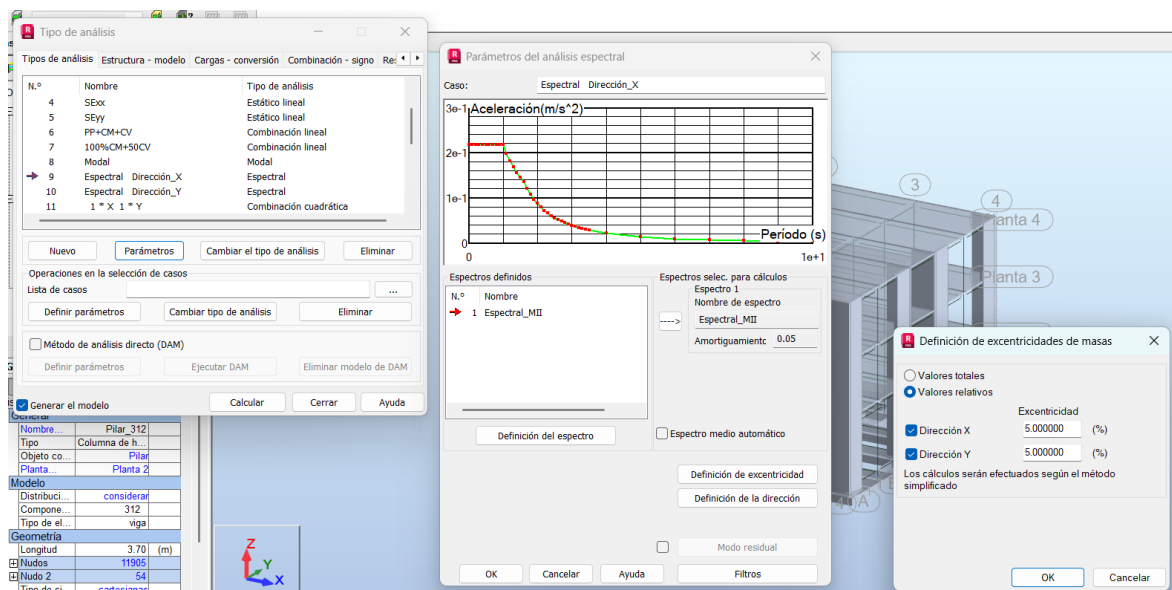
Creación del análisis modal en las direcciones XX y YY del bloque III



Nota. La figura muestra la creación del análisis modal, donde se ha considerado el 90% de masas participativas y un 5% para amortiguamiento y excentricidades tal como lo indica la Norma E.030.

Figura 42.

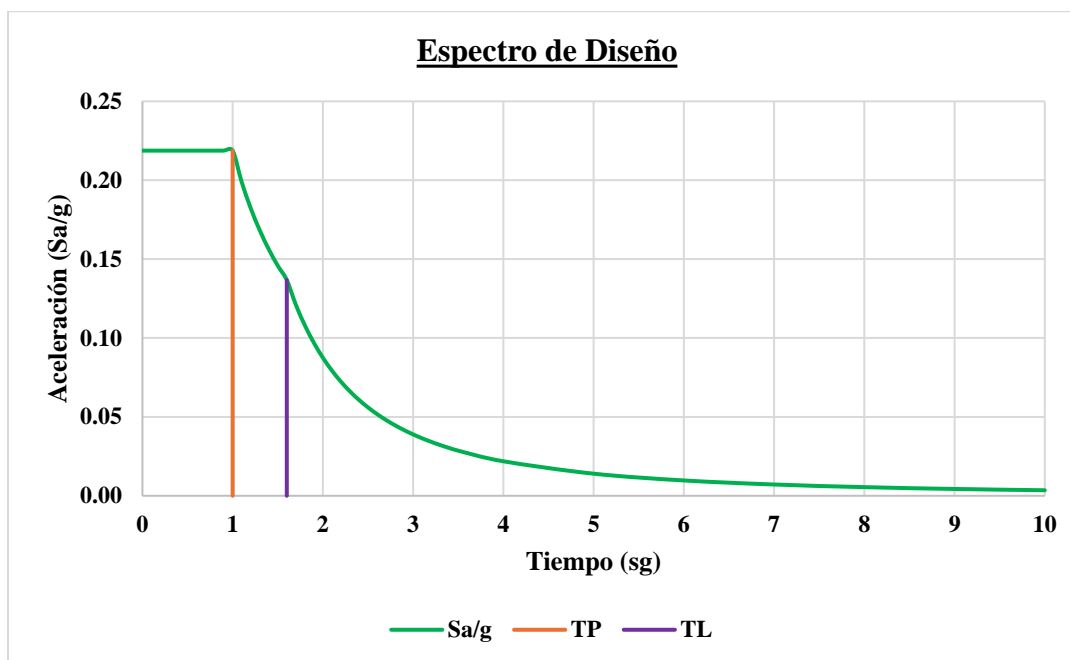
Creación del análisis espectral en las direcciones XX y YY del bloque III



Nota. La figura enseña la creación del análisis espectral. Los espectros de diseño se han creados para las direcciones XX y YY siguiendo los parámetros de la norma E.030 tal como lo indica el numeral 1.10.1.3 y el anexo 3.

Figura 43.

Espectro de diseño “Relación tiempo y aceleración” del bloque III



Nota. El gráfico mostró la aceleración espectral (Sa/g) en función del periodo estructural, según los parámetros de la Norma Técnica E.030. Este espectro es utilizado para estimar las fuerzas sísmicas que actúan sobre la estructura dependiendo de su periodo de vibración. Ver tabla de espectro de diseño en anexo 3.

Las figuras desde N°35 hasta N°43 presentan de manera sistemática la evaluación dinámica modal-espectral para los bloques I, II y III. En cada bloque se efectuó primero el análisis modal en las direcciones XX y YY, considerando el 90 % de masas participativas y un amortiguamiento y excentricidades del 5 %, conforme a lo indicado en la Norma Técnica E.030; esto permite identificar los modos de vibración relevantes y calcular los periodos estructurales dominantes. Seguidamente se generaron los espectros de diseño para ambas direcciones (numerales y anexos correspondientes según cada bloque), representando la relación Sa/g vs. periodo, que se emplea para obtener las fuerzas sísmicas equivalentes en función del periodo de la estructura. En conjunto,

los resultados modal y espectral sirven para garantizar que el análisis dinámico capture adecuadamente la respuesta sísmica de cada bloque y para fundamentar la estimación de las demandas sísmicas que se introducen en el modelo estructural.

2.5.4.2 *Periodo de retorno sísmico*

La norma E.030 indica que a cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Entonces como Jaén se ha considerado en la zona 3 le pertenece un valor $z = 0.35$. Entonces calculamos el periodo de retorno sísmico con la siguiente fórmula.

$$TR = \frac{V}{-\ln(1 - P_e)}$$

Donde:

P_e = Probabilidad de excedencia en la vida útil V

V = Vida útil de la estructura (años), típicamente 50 años

TR = Periodo de retorno sísmico (años)

e = Número de Euler, aproximadamente 2.71828

$$TR = \frac{V}{-\ln(1 - P_e)}$$

$$TR = \frac{50}{-\ln(1 - 0.10)}$$

$$TR = \frac{50}{-\ln(0.90)}$$

$$TR = \frac{50}{0.10536051566}$$

$$TR = 475$$

Esto significa que este sismo se espera, en promedio, una vez cada 475 años, pero con un 10% de probabilidad de que ocurra al menos una vez en 50 años (que es la vida útil típica de una edificación).

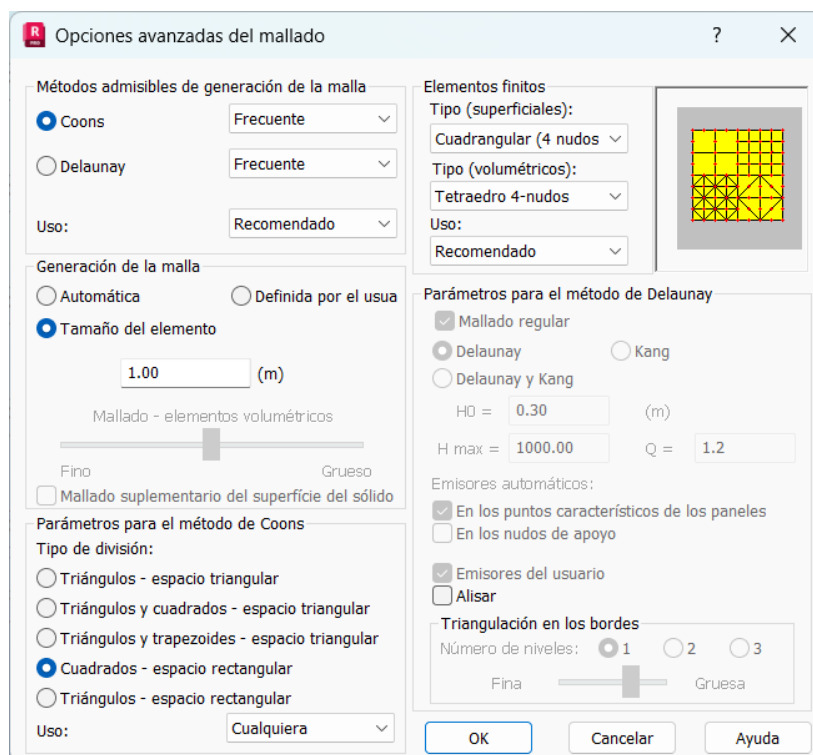
2.5.5 Metodología Elementos Finitos (MEF)

2.5.5.1 Mallado de la estructura

Para JC Sun (2021) el mallado consiste en dividir una geometría en pequeños elementos finitos y conectarlos entre sí para construir un conjunto de funciones matemáticas. Esta división se realiza trazando líneas imaginarias sobre la geometría, lo que da lugar a elementos individuales. Luego, estos elementos se unen mediante la conexión de sus nodos en los bordes. Cada elemento se representa mediante matrices propias, y al integrarlos todos, se forma una matriz global que representa el comportamiento de toda la estructura.

Figura 44.

Creación del mallado de elementos finitos



Nota. La figura muestra la creación de la malla de elementos finitos a través del método Coons, con un tamaño de cuadrícula o espacio rectangular de 1m. Este método es esencial para estructuras regulares como es nuestro caso.

La figura 44 representa la creación del mallado de elementos finitos mediante el método Coons, utilizando una cuadrícula regular de 1 m. Este procedimiento permite discretizar la estructura en subelementos, garantizando una adecuada representación geométrica y un comportamiento numérico eficiente en el análisis estructural, especialmente en edificaciones de configuración regular como la evaluada.

III. Resultados

El presente estudio tuvo como objetivo general analizar los efectos de la interacción suelo–estructura (ISE) en el módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén, a partir de la evaluación de parámetros estáticos y dinámicos mediante la metodología de elementos finitos. Los resultados obtenidos en cada objetivo específico permitieron establecer una visión integral del comportamiento estructural, tanto en condiciones de cargas gravitacionales como frente a la acción sísmica, validando la influencia determinante que ejerce el suelo sobre la respuesta de la edificación. En cuanto a los asentamientos verticales, los modelos con ISE evidenciaron valores no uniformes en los tres bloques, alcanzando un máximo de 17.29 mm en el Bloque I, 5.21 mm en el Bloque II y 11.25 mm en el Bloque III. Las diferencias entre los asentamientos máximos y mínimos generaron asentamientos diferenciales de hasta 2.07 mm, confirmando la existencia de deformaciones diferenciales en la cimentación, las cuales fueron inexistentes en los modelos con base empotrada debido a la condición de rigidez infinita asumida. En el análisis dinámico, los periodos fundamentales de vibración presentaron incrementos en los tres bloques cuando se incorporó la ISE: 8.17 % en el Bloque I, 7.24 % en el Bloque II y 3.25 % en el Bloque III, respecto a los modelos empotrados. Este aumento refleja la mayor flexibilidad del sistema estructural al considerar la deformabilidad del suelo. Asimismo, las derivas de entrepiso registraron incrementos relativos de hasta 21.67 %, aunque en todos los casos permanecieron dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica E.030 (0.007h), lo que garantiza la estabilidad global frente a desplazamientos laterales. Respecto a los esfuerzos internos, los resultados en vigas y fuerzas cortantes mostraron variaciones mínimas, generalmente menores al 2 %, mientras que en las columnas se evidenciaron reducciones moderadas de hasta 4.24 %, reflejando una ligera redistribución de cargas debido a la interacción suelo–estructura, la cual no compromete la

seguridad de los elementos principales. De manera complementaria, el estudio de convergencia numérica de la malla (1.00 m, 0.50 m y 0.25 m) mostró diferencias porcentuales menores al 1 % en momentos, cortantes, periodos y cortante basal, validando la estabilidad y confiabilidad de los resultados obtenidos en las simulaciones. En síntesis, los hallazgos demuestran que la interacción suelo–estructura incrementa la flexibilidad del sistema, prolonga los periodos de vibración y genera asentamientos y derivas diferenciales, aunque dentro de los límites normativos de seguridad. Estos resultados reafirman la necesidad de incorporar la ISE en el análisis estructural de edificaciones emplazadas sobre suelos flexibles, dado que su consideración proporciona una representación más realista del comportamiento estructural frente a la acción sísmica.

3.1 Análisis del Comportamiento del Módulo Administrativo Bajo la Interacción Estática

Suelo-estructura.

3.1.1 Derivas de entrepiso con interacción suelo-estructura y base empotrada

3.1.1.1 Bloque I

Tabla 8.

Derivas de entrepisos X-X con ISE del bloque I

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	6	Muros Estructurales			Dirección X-X		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
4	3.7	0.0008	0.296	1.147	0.0008	0.004	Cumple
3	3.7	0.0008	0.296	0.851	0.0008	0.004	Cumple
2	3.7	0.0008	0.296	0.555	0.0008	0.004	Cumple
1	3.7	0.0007	0.259	0.259	0.0007	0.003	Cumple
0						0	

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección X-X están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 9.

Derivas de entrepisos X-X con base empotrada del bloque I

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	6	Muros Estructurales			Dirección X-X		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
4	3.70	0.0008	0.288	1.075	0.001	0.003	Cumple
3	3.70	0.0007	0.267	0.787	0.001	0.003	Cumple
2	3.70	0.0008	0.287	0.520	0.001	0.003	Cumple
1	3.70	0.0006	0.233	0.233	0.001	0.003	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección X-X están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 10.

Variación porcentual de las derivas de entrepisos en X-X del bloque I

Desplazamientos Horizontales X-X			
Plantas	ISE	Emp.	$\Delta(\%)$
Planta 4	0.0036	0.0035	2.87%
Planta 3	0.0036	0.0033	10.71%
Planta 2	0.0036	0.0035	3.12%
Planta 1	0.0032	0.0028	11.30%

Nota. En la tabla se observó que los desplazamientos en base empotrada son menores que en el modelo interacción suelo-estructura (ISE) mostrando variaciones que van desde 2.87% a 11.30%. Ver gráfico comparativo en el anexo 6.

La tabla N°8 y N°9 hicieron referencia al modelado con ISE y con base empotrada respectivamente en la dirección X-X. En ambos casos las derivas de entrepiso cumplieron con la normativa nacional con valores muy lejanos a 0.007. Resultados que confirman que el desempeño del sistema estructural del bloque I es el adecuado en condiciones sísmicas. Al realizar una comparación entre ambos modelados (tabla N°10) se evidenció que las derivas con ISE son

mayores que en el modelo base empotrada debido a que la flexibilidad del suelo reduce la rigidez lateral de la estructura.

Tabla 11.

Derivas de entrepisos Y-Y con ISE del bloque I

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	6	Muros Estructurales			Dirección Y-Y		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
4	3.7	0.0010	0.370	1.110	0.0010	0.005	Cumple
3	3.7	0.0007	0.259	0.740	0.0007	0.003	Cumple
2	3.7	0.0007	0.259	0.481	0.0007	0.003	Cumple
1	3.7	0.0006	0.222	0.222	0.0006	0.003	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección Y-Y están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 12.

Derivas de entrepisos Y-Y con base empotrada del bloque I

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	6	Muros Estructurales			Dirección Y-Y		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
4	3.70	0.0009	0.329	1.012	0.0009	0.004	Cumple
3	3.70	0.0006	0.237	0.682	0.0006	0.003	Cumple
2	3.70	0.0007	0.249	0.446	0.0007	0.003	Cumple
1	3.70	0.0005	0.197	0.197	0.0005	0.002	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección Y-Y están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 13.

Variación porcentual de las derivas de entrepisos en Y-Y del bloque I

Desplazamientos Horizontales Y-Y			
Plantas	ISE	Emp.	$\Delta(\%)$
Planta 4	0.0045	0.00400	12.41%

Planta 3	0.0032	0.00288	9.42%
Planta 2	0.0032	0.00303	4.04%
Planta 1	0.0027	0.00239	12.81%

Nota. En la tabla se observó que los desplazamientos en base empotrada son menores que en el modelo interacción suelo-estructura (ISE) mostrando variaciones que van desde 4.04% a 12.81%.

Ver gráfico comparativo en el anexo 6.

La tabla N°11 y N°12 hicieron referencia al modelado con ISE y con base empotrada respectivamente en la dirección Y-Y. En ambos casos las derivas de entrepiso cumplieron con la normativa nacional con valores lejanos a 0.007, aunque con valores mayores en comparación a la dirección X-X, debido a que en esta dirección Y.Y hay menor cantidad del muros de corte. Estos resultados confirmaron que el desempeño del sistema estructural del bloque I es el adecuado en condiciones sísmicas. Al realizar una comparación entre ambos modelados (tabla N°13) se evidenció que las derivas con ISE son mayores que en el modelo base empotrada debido a que la flexibilidad del suelo reduce la rigidez lateral de la estructura.

3.1.1.2 *Bloque II*

Tabla 14.

Derivas de entrepisos X-X con ISE del bloque II

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	7	Dual		Dirección X-X			
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.0005	0.1644	0.6882	0.0005	0.003	Cumple
2	3.7	0.00072	0.2226	0.5238	0.0007	0.004	Cumple
1	3.7	0.00089	0.3012	0.3012	0.0009	0.005	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección X-X están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 15.

Derivas de entrepisos X-X con base empotrada del bloque II

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	7	Dual			Dirección X-X		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.0004	0.1644	0.6882	0.0004	0.002	Cumple
2	3.7	0.0007	0.2226	0.5238	0.0007	0.004	Cumple
1	3.7	0.0008	0.3012	0.3012	0.0008	0.004	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección X-X están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 16.

Variación porcentual de las derivas de entrepisos en X-X del bloque II

Desplazamientos Horizontales X-X			
Plantas	ISE	Emp.	Δ (%)
Planta 3	0.0026	0.0023	13.64%
Planta 2	0.0038	0.0035	7.46%
Planta 1	0.0047	0.0041	14.10%

Nota. En la tabla se observó que los desplazamientos en base empotrada son menores que en el modelo interacción suelo-estructura (ISE) mostrando variaciones que van desde 7.46% a 14.10%.

Ver gráfico comparativo en el anexo 8.

La tabla N°15 y N°16 hicieron referencia al modelado con ISE y con base empotrada respectivamente en la dirección X-X. En ambos casos las derivas de entrepiso cumplieron con la normativa nacional con valores muy lejanos a 0.007, incluso valores mucho más bajos respecto al módulo I. Estos resultados confirman que el desempeño del sistema estructural del bloque II es el óptimo en condiciones sísmicas. Al realizar una comparación entre ambos modelados (tabla N°16) se evidenció que las derivas con ISE son mayores que en el modelo base empotrada debido a que la flexibilidad del suelo reduce la rigidez lateral de la estructura.

Tabla 17.*Derivas de entrepisos Y-Y con ISE del bloque II*

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	7	Dual		Dirección Y-Y			
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.00069	0.21872	0.721	0.00069	0.004	Cumple
2	3.7	0.00074	0.23315	0.50228	0.00074	0.004	Cumple
1	3.7	0.00082	0.26913	0.26913	0.00082	0.004	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección Y-Y están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 18.*Derivas de entrepisos Y-Y con base empotrada del bloque II*

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	7	Dual		Dirección Y-Y			
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.0005	0.2187	0.7210	0.0005	0.003	Cumple
2	3.7	0.0007	0.2332	0.5023	0.0007	0.004	Cumple
1	3.7	0.0007	0.2691	0.2691	0.0007	0.004	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección Y-Y están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 19.*Variación porcentual de las derivas de entrepisos en Y-Y del bloque II*

Desplazamientos Horizontales Y-Y			
Variable	ISE	Emp.	Δ (%)
Planta 3	0.0036	0.0028	27.78%
Planta 2	0.0039	0.0035	10.45%
Planta 1	0.0043	0.0036	18.84%

Nota. En la tabla se observó que los desplazamientos en base empotrada son menores que en el modelo interacción suelo-estructura (ISE) mostrando variaciones que van desde 10.45% a 27.78%. Ver gráfico comparativo en el anexo 8.

La tabla N°17 y N°18 hicieron referencia al modelado con ISE y con base empotrada respectivamente en la dirección Y-Y. En ambos casos las derivas de entrepiso cumplieron con la normativa nacional con valores lejanos a 0.007, aunque con valores mayores en comparación a la dirección X-X, debido a que en esta dirección Y.Y hay menor cantidad del muros de corte. Estos resultados confirmaron que el desempeño del sistema estructural del bloque II es el adecuado en condiciones sísmicas. Al realizar una comparación entre ambos modelados (tabla N°19) se evidenció que las derivas con ISE son mayores que en el modelo base empotrada debido a que la flexibilidad del suelo reduce la rigidez lateral de la estructura y como consecuencia aumentado el periodo.

3.1.1.3 *Bloque III*

Tabla 20.

Derivas de entrepisos X-X con ISE del bloque III

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	6	Muros Estructurales			Dirección X-X		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.0013	0.4666	1.4034	0.0013	0.006	Cumple
2	3.7	0.0014	0.5099	0.9368	0.0014	0.006	Cumple
1	3.7	0.0012	0.4270	0.4270	0.0012	0.005	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección X-X están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 21.

Derivas de entrepisos X-X con base empotrada del bloque III

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	6	Muros Estructurales			Dirección X-X		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.0011	0.4003	1.1955	0.0011	0.005	Cumple
2	3.7	0.0012	0.4396	0.7951	0.0012	0.005	Cumple
1	3.7	0.0010	0.3556	0.3556	0.0010	0.004	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección X-X están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 22.

Variación porcentual de las derivas de entrepisos en X-X del bloque III

Desplazamientos Horizontales X-X			
Plantas	ISE	Emp.	Δ (%)
Planta 3	0.0057	0.0056	2.11%
Planta 2	0.0062	0.0060	2.76%
Planta 1	0.0052	0.0049	6.36%

Nota. En la tabla se observó que los desplazamientos en base empotrada son menores que en el modelo interacción suelo-estructura (ISE) mostrando variaciones que van desde 2.11% a 6.36%.

Ver gráfico comparativo en el anexo 10.

La tabla N°20 y N°21 hicieron referencia al modelado con ISE y con base empotrada respectivamente en la dirección X-X. En ambos casos las derivas de entrepiso cumplieron con la normativa nacional con valores menores a 0.007. Estos resultados confirman que el desempeño del sistema estructural del bloque III es el adecuado en condiciones sísmicas. Al realizar una comparación entre ambos modelados (tabla N°22) se evidenció que las derivas con ISE son mayores que en el modelo base empotrada debido a que la flexibilidad del suelo reduce la rigidez lateral de la estructura.

Tabla 23.*Derivas de entrepisos Y-Y con ISE del bloque III*

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	6	Muros Estructurales			Dirección Y-Y		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.0014	0.5162	1.5462	0.0014	0.006	Cumple
2	3.7	0.0015	0.5495	1.0301	0.0015	0.007	Cumple
1	3.7	0.0013	0.4806	0.4806	0.0013	0.006	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección Y-Y están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 24.*Derivas de entrepisos Y-Y con base empotrada del bloque III*

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	6	Muros Estructurales			Dirección Y-Y		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.0014	0.5139	1.4297	0.0014	0.006	Cumple
2	3.7	0.0014	0.5199	0.9158	0.0014	0.006	Cumple
1	3.7	0.0011	0.3959	0.3959	0.0011	0.005	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección Y-Y están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 25.*Variación porcentual de las derivas de entrepisos en Y-Y del bloque III*

Desplazamientos Horizontales Y-Y			
Plantas	ISE	Emp.	Δ (%)
Planta 3	0.0063	0.0063	0.43%
Planta 2	0.0067	0.0065	3.20%
Planta 1	0.0058	0.0055	6.39%

Nota. En la tabla se observó que los desplazamientos en base empotrada son menores que en el modelo interacción suelo-estructura (ISE) mostrando variaciones que van desde 0.43% a 6.39%. Ver gráfico comparativo en el anexo 10.

La tabla N°23 y N°24 hicieron referencia al modelado con ISE y con base empotrada respectivamente en la dirección Y-Y. En ambos casos las derivas de entrepiso cumplieron con la normativa nacional con valores menores a 0.007, aunque con valores mayores en comparación a la dirección X-X, debido a que en esta dirección Y.Y hay menor cantidad del muros de corte. Estos resultados confirmaron que el desempeño del sistema estructural del bloque III es el adecuado en condiciones sísmicas. Al realizar una comparación entre ambos modelados (tabla N°25) se evidenció que las derivas con ISE son mayores que en el modelo base empotrada debido a que la flexibilidad del suelo reduce la rigidez lateral de la estructura y como consecuencia aumentado el periodo.

3.1.1.4 Interpretación general de resultados de derivas.

El análisis de derivas de entrepiso presentado en las Tablas 8 a 25 corresponde al módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén, edificación de tres niveles estructurada en tres bloques independientes. Los resultados se han obtenido para ambas direcciones principales de análisis (*X* y *Y*) y bajo dos condiciones de modelado: considerando la interacción suelo–estructura (ISE) y con base empotrada.

En cada tabla, las filas representan los niveles de la edificación, mientras que las columnas contienen la altura de entrepiso (*he*), el desplazamiento relativo y absoluto obtenido directamente del modelo estructural, la deriva expresada en centímetros (*Di*), y la deriva normativa calculada como $(Di/he) \times 0.75R(Di/he)$. Este último valor incluye el factor de reducción por ductilidad

(R) y el factor 0.75 establecido por la Norma Técnica E.030 para estructuras regulares, como es el caso de este módulo administrativo, con el fin de controlar de forma más estricta las deformaciones laterales.

Los resultados evidencian que las derivas máximas se presentan en los niveles superiores de cada bloque y disminuyen progresivamente hacia la base, lo que concuerda con el comportamiento esperado en edificaciones sometidas a cargas sísmicas laterales. Asimismo, se aprecia que en la mayoría de los casos las derivas en la dirección Y-Y son ligeramente mayores que en la dirección X-X, lo cual se asocia a diferencias en la rigidez y disposición de los elementos estructurales resistentes en cada dirección.

En la comparación entre modelos, se observa que las derivas son ligeramente superiores cuando se considera la interacción suelo–estructura, con incrementos porcentuales que varían según el bloque y la dirección, y que en algunos casos superan el 20 %. Esto se debe a la flexibilidad adicional que introduce la deformabilidad del suelo, la cual repercute principalmente en los niveles superiores de la estructura.

En todos los casos, tanto para ISE como para base empotrada, los valores calculados se mantienen muy por debajo del límite máximo de deriva establecido por la Norma Técnica E.030 (0.007). Este resultado confirma que la estructura cuenta con una rigidez lateral suficiente para garantizar un comportamiento sísmico seguro, sin riesgo de daños excesivos por deformaciones laterales bajo las sollicitaciones sísmicas de diseño.

3.1.2 Fuerzas Cortantes

3.1.2.1 Bloque I

Tabla 26.*Fuerzas cortantes en vigas del eje 2-2 del bloque I*

Fuerzas Cortantes en Vigas del eje 2-2									
Tramo	Planta 1			Planta 2			Planta 3		
	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
A-B	32.72	33.14	-1.27%	37.52	37.99	-1.24%	30.78	31.06	-0.90%
	-27.92	-27.55	1.34%	-23.12	-22.74	1.67%	-16.69	-16.01	4.25%
B-C	31.12	30.91	0.68%	31.12	29.06	7.09%	17.76	17.58	1.02%
	-39.26	-39.47	-0.53%	-39.26	-41.32	-4.99%	-32.64	-32.81	-0.52%
C-D	22.42	22.48	-0.27%	22.42	24.25	-7.55%	16.44	16.48	-0.24%
	-23.79	-23.73	0.25%	-23.79	-25.73	-7.54%	-18.49	-18.44	0.27%
D-E	36.95	37.13	-0.48%	39.52	39.66	-0.35%	34.03	34.18	-0.44%
	-27.54	-27.36	0.66%	-24.97	-24.83	0.56%	-16.36	-16.21	0.93%
E-F	30.75	30.31	1.45%	30.75	26.11	17.77%	17.27	16.98	1.71%
	-35.4	-35.78	-1.06%	-35.4	-40.04	-11.59%	-30.2	-30.49	-0.95%
	Total	0.23%		Total	-0.55%		Total	0.67%	
							Δ Total (%)	0.12%	

Nota. La tabla indicó las fuerzas cortantes en vigas en todas las plantas del bloque I considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje 2-2 en la dirección “Y” en un total de cinco tramos.

Tabla 27.*Fuerzas cortantes en vigas del eje B-B del bloque I*

Fuerzas Cortantes en Vigas del eje B-B												
Tramo	Planta 1			Planta 2			Planta 3			Planta 4		
	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
1-2	53.11	53.18	0.00	55.66	55.74	0.00	43.36	43.44	0.00	0.00	0.00	0.00
	-70.29	-70.21	0.00	-67.73	-67.65	0.00	-52.45	-52.37	0.00	0.00	0.00	0.00
2-3	82.89	82.88	0.00	81.94	81.90	0.00	56.99	56.94	0.00	0.00	0.00	0.00
	-85.88	-85.90	0.00	-86.84	-86.88	0.00	-62.21	-62.66	-0.01	0.00	0.00	0.00
3-4	60.16	60.12	0.00	59.22	59.18	0.00	46.05	46.02	0.00	25.68	25.68	0.00
	-42.51	-42.55	0.00	-43.45	-43.49	0.00	-35.08	-35.11	0.00	-25.64	-25.64	0.00

Fuerzas Cortantes en Vigas del eje B-B													
		Planta 1			Planta 2			Planta 3			Planta 4		
Tramo	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	
			0.02%			0.02%			-0.10%			0.000%	
		Total		Total			Total			Total			
											Δ Total (%)	-0.02%	

Nota. La tabla indicó las fuerzas cortantes en vigas en todas las plantas del bloque I considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje B-B en la dirección “X” en un total de tres tramos.

3.1.2.2 Bloque II

Tabla 28.

Fuerzas cortantes en vigas del eje 2-2 del bloque II

Fuerzas Cortantes en Vigas del eje 2-2							
		Planta 1			Planta 2		
Tramo	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	
A-B	15.26	15.26	0.00%	11.92	11.86	0.51%	
	-29.04	-29.05	-0.03%	-19.55	-19.62	-0.36%	
B-C	44.74	44.68	0.13%	29.18	29.11	0.24%	
	-54.37	-54.41	-0.07%	34.8	34.87	-0.20%	
C-D	71.96	72.03	-0.10%	46.08	46.12	-0.09%	
	-71.07	-71	0.10%	-45.1	-45.07	0.07%	
D-E	55.86	55.34	0.94%	34.96	35.15	-0.54%	
	-39.08	-38.8	0.72%	-25.95	-25.76	0.74%	
		Total	0.24%	Total	-0.02%		
						Δ Total (%)	0.11%

Nota. La tabla indicó las fuerzas cortantes en vigas en todas las plantas del bloque II considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje 2-2 en la dirección “Y” en un total de cuatro tramos.

Tabla 29.*Fuerzas cortantes en vigas del eje B-B del bloque II*

Tramo	Fuerzas Cortantes en Vigas del eje B-B					
	Planta 1			Planta 2		
	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
1-2	49.18	48.95	0.47%	32.56	32.46	0.31%
	-36.36	-36.59	-0.63%	-23.71	-23.31	1.72%
2-3	38.21	38.04	0.45%	25.42	25.3	0.47%
	-47.04	-47.21	-0.36%	-31.56	-31.68	-0.38%
3-4	65.47	65.4	0.11%	43.07	43.02	0.12%
	-66.81	-66.88	-0.10%	-44.18	-44.22	-0.09%
4-5	27.05	26.8	0.93%	19	18.83	0.90%
	-36.33	-36.58	-0.68%	-23.82	-23.98	-0.67%
5-7	75.38	75.38	0.00%	49.83	49.83	0.00%
	-76.62	-76.62	0.00%	-50.3	-50.29	0.02%
7-8	53.59	53.62	-0.06%	34.59	34.64	-0.14%
	-46.65	-46.62	0.06%	-30.3	-30.26	0.13%
8-9	50.03	50.00	0.06%	32.69	32.67	0.06%
	-49.14	-49.17	-0.06%	-31.53	-31.55	-0.06%
9-10	-51.81	-51.81	0.00%	34.12	34.12	0.00%
	-47.36	-47.35	0.02%	-30.1	-30.09	0.03%
10-11	35.04	34.96	0.23%	22.59	22.63	-0.18%
	-44.74	-44.81	-0.16%	-28.61	-28.57	0.14%
	Total		0.02%	Total		0.13%
				Δ Total (%)		0.07%

Nota. La tabla indicó las fuerzas cortantes en vigas en todas las plantas del bloque I considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje B-B en la dirección “X” en un total de nueve tramos.

3.1.2.3 *Bloque III*

Tabla 30.*Fuerzas cortantes en vigas del eje 2-2 del bloque III*

Fuerzas cortantes en vigas del eje 2-2									
	Planta 1			Planta 2			Planta 3		
Tramo	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
A-B	28.62	28.66	-0.14%	30.31	30.32	-0.03%	23.14	23.14	0.00%
	-28.13	-28.08	0.18%	-24.01	-23.99	0.08%	-16.70	-16.69	0.06%
B-C	23.53	23.57	-0.17%	21.66	21.67	-0.05%	14.98	14.98	0.00%
	-30.59	-30.55	0.13%	-32.46	-32.45	0.03%	-27.82	-27.82	0.00%
C-D	18.48	18.51	-0.16%	18.48	18.50	-0.11%	14.87	14.87	0.00%
	-18.46	-18.43	0.16%	-18.46	-18.45	0.05%	-14.83	-14.82	0.07%
D-E	30.47	30.52	-0.16%	32.30	32.34	-0.12%	27.71	27.73	-0.07%
	-23.65	-23.61	0.17%	-21.82	-21.79	0.14%	-15.10	-15.07	0.20%
E-F	26.77	26.84	-0.26%	24.04	24.07	-0.12%	16.73	16.76	-0.18%
	-27.55	-27.48	0.25%	-30.30	-30.25	0.17%	-23.11	-23.08	0.13%
	Total		0.00%	Total		0.00%	Total		0.02%
							Δ total (%)		0.01%

Nota. La tabla indicó las fuerzas cortantes en vigas en todas las plantas del bloque III considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje 2-2 en la dirección “Y” en un total de cinco tramos.

Tabla 31.*Fuerzas cortantes en vigas del eje B-B del bloque III*

Fuerzas cortantes en vigas del eje B-B									
	Planta 1			Planta 2			Planta 3		
Tramo	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
1-2	45.68	45.49	0.42%	44.73	44.74	-0.02%	34.46	34.47	-0.03%
	-62.28	-62.27	0.02%	-57.97	-57.96	0.02%	-46.28	-46.27	0.02%
2-3	70.17	70.17	0.00%	69.76	69.76	0.00%	50.46	50.46	0.00%
	-69.50	-69.50	0.00%	-69.91	-69.91	0.00%	-50.57	-50.57	0.00%
3-4	59.00	58.99	0.02%	58.48	58.47	0.02%	46.69	46.68	0.02%

Fuerzas cortantes en vigas del eje B-B									
Tramo	Planta 1			Planta 2			Planta 3		
	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
	-44.74	-44.75	-0.02%	-45.27	-45.28	-0.02%	-34.85	-34.86	-0.03%
	Total		0.07%	Total		0.00%	Total		0.00%
	D total (%)								0.02%

Nota. La tabla indicó las fuerzas cortantes en vigas en todas las plantas del bloque III considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje B-B en la dirección “X” en un total de tres tramos.

3.1.3 Momentos Flectores

3.1.3.1 Bloque I

Tabla 32.

Momentos flectores en vigas del eje 2-2 del bloque I

Momentos flectores en vigas del eje 2-2									
Tramo	Planta 1			Planta 2			Planta 3		
	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
	-18.88	-19.39	-2.63%	-25.91	-26.41	-1.89%	-20.82	-21.19	-1.75%
A-B	14.70	14.77	-0.47%	15.96	16.11	-0.93%	14.16	14.16	0.00%
	-11.38	-10.72	6.16%	-3.40	-2.75	23.64%	1.20	1.71	-29.82%
	-14.43	-14.07	2.56%	-11.19	-10.91	2.57%	-1.75	-1.43	22.38%
B-C	15.33	15.30	0.20%	15.79	15.84	-0.32%	12.64	12.65	-0.08%
	-27.67	-27.97	-1.07%	-30.61	-30.84	-0.75%	-25.93	-26.18	-0.95%
	-13.81	-13.91	-0.72%	-14.88	-14.99	-0.73%	-10.46	-10.46	0.00%
C-D	4.75	4.72	0.64%	5.22	5.20	0.38%	2.45	2.45	0.00%
	-15.66	-15.61	0.32%	-17.04	-16.98	0.35%	-13.34	-13.34	0.00%
	-27.17	-27.40	-0.84%	-31.09	-31.28	-0.61%	-28.19	-28.19	0.00%
D-E	13.82	13.86	-0.29%	14.48	14.61	-0.89%	13.10	13.07	0.23%
	-11.88	-11.51	3.21%	-7.46	-7.18	3.90%	0.52	0.52	0.00%
	-12.85	-12.18	5.50%	-5.77	-5.11	12.92%	0.26	0.26	0.00%
E-F	16.21	16.29	-0.49%	17.21	17.35	-0.81%	13.94	13.94	0.00%
	-20.12	-20.63	-2.47%	-26.37	-26.89	-1.93%	-19.94	-19.94	0.00%

Momentos flectores en vigas del eje 2-2									
Tramo	Planta 1			Planta 2			Planta 3		
	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
	Total		0.64%	Total		2.33%	Total		-0.67%
Δ Total (%)									0.77%

Nota. La tabla indicó los momentos flectores en vigas en todas las plantas del bloque I considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje 2-2 en la dirección “Y” en un total de cinco tramos.

Tabla 33.

Momentos flectores en vigas del eje B-B del bloque I

Momentos Flectores en Vigas del eje B-B									
Tramo	Planta 1			Planta 2			Planta 3		
	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
1-2	-36.12	-36.32	-0.55%	-43.11	-43.30	-0.44%	-31.28	-31.44	-0.51%
	41.43	41.37	0.15%	40.60	40.61	-0.02%	33.09	33.11	-0.06%
	-81.44	-81.23	0.26%	-74.93	-74.69	0.32%	-55.23	-55.01	0.40%
2-3	-91.74	-91.65	0.10%	-88.66	-88.51	0.17%	-58.05	-57.87	0.31%
	62.03	62.09	-0.10%	62.21	62.24	-0.05%	44.06	44.10	-0.09%
	-100.10	-101.12	-1.01%	-103.99	-104.08	-0.09%	-74.41	-74.52	-0.15%
3-4	-75.22	-75.10	0.16%	-72.91	-72.80	0.15%	-55.79	-55.71	0.14%
	32.04	32.03	0.03%	31.98	31.39	1.88%	23.61	23.60	0.04%
	-26.98	-27.09	-0.41%	-29.81	-29.30	1.74%	-25.82	-25.90	-0.31%
	Total		-0.15%	Total		0.41%	Total		-0.02%
Δ Total (%)									0.08%

Nota. La tabla indicó los momentos flectores en vigas en todas las plantas del bloque I considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje B-B en la dirección “X” en un total de tres tramos.

Tabla 34.*Momentos flectores en columnas del eje 2-2 del bloque I*

Momentos Flectores en Columnas del eje 2-2									
	Planta 1			Planta 2			Planta 3		
Columna	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
A	0.23	0.23	0.00%	7.94	8.13	-0.02	9.35	9.51	-0.02
	-3.55	-3.64	-2.47%	-8.25	-8.43	-0.02	-9.82	-10.00	-0.02
B	0.13	0.11	18.18%	6.52	6.83	-0.05	9.15	9.41	-0.03
	-2.68	-2.82	-4.96%	6.69	-6.98	-1.96	-9.93	-10.23	-0.03
C	-0.01	-0.08	-91.25%	-1.92	-1.91	0.01	-1.72	-1.72	0.00
	0.96	0.96	0.00%	1.98	1.97	0.01	1.73	1.73	0.00
D	0.040	0.03	33.33%	1.65	1.70	-0.03	2.13	2.16	-0.01
	-0.70	-0.72	-2.78%	-1.68	-1.72	-0.02	-2.23	-2.26	-0.01
E	-0.18	-0.23	-21.74%	-4.21	-4.45	-0.05	-5.19	-5.42	-0.04
	2.03	2.22	-8.56%	4.76	4.99	-0.05	6.57	6.87	-0.04
F	-0.26	-0.28	-7.14%	-8.16	-8.34	-0.02	-8.91	-9.09	-0.02
	3.77	3.87	-2.58%	8.51	8.68	-0.02	9.29	9.47	-0.02
	Total		-7.50%	Total		-2.95%	Total		-2.27%
							Δ Total (%)		-4.24%

Nota. La tabla indicó los momentos flectores en columnas en todas las plantas del bloque I considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje 2-2 en la dirección “Y” en un total de cinco columnas en dicho eje representativo.

3.1.3.2 Bloque II

Tabla 35.*Momentos flectores en vigas del eje 2-2 del bloque II*

Momentos flectores en vigas del eje 2-2						
	Planta 1			Planta 2		
Tramo	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
	-3.28	-3.27	0.31%	-3.27	-3.18	2.83%
A-B	6.84	6.77	1.03%	4.79	4.46	7.40%
	-21.33	-21.34	-0.05%	-13.26	-13.35	-0.67%
	-31.05	-31.00	0.16%	-19.92	-19.81	0.56%
B-C	24.12	24.09	0.12%	15.41	15.24	1.12%
	-50.68	-50.81	-0.26%	-31.35	-31.55	-0.63%
	-70.57	-70.81	-0.34%	-44.34	-44.51	-0.38%
C-D	46.47	46.41	0.13%	29.48	29.42	0.20%
	-68.30	-68.18	0.18%	-41.84	-41.82	0.05%
	-51.63	-52.09	-0.88%	-31.23	-31.63	-1.26%
D-E	24.56	24.54	0.08%	15.78	15.37	2.67%
	-19.97	-19.42	2.83%	-13.45	-13.08	2.83%
	Total		0.28%	Total		1.22%
				D Total (%)		0.75%

Nota. La tabla indicó los momentos flectores en vigas en todas las plantas del bloque II considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje 2-2 en la dirección “Y” en un total de cuatro tramos.

Tabla 36.

Momentos flectores en vigas del eje B-B del bloque II

Momentos flectores en vigas del eje B-B						
	Planta 1			Planta 2		
Tramo	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
	-21.01	-20.75	1.25%	-14.02	-13.87	1.08%
1-2	15.34	15.73	-2.48%	10.75	10.71	0.37%
	-24.04	-24.39	-1.44%	-14.10	-14.25	-1.05%
	-25.29	-24.95	1.36%	-15.99	-15.75	1.52%
2-3	16.90	17.13	-1.34%	11.49	11.51	-0.17%
	-41.84	-42.13	-0.69%	-27.51	-27.70	-0.69%

Momentos flectores en vigas del eje B-B						
	Planta 1			Planta 2		
Tramo	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
	-61.99	-61.83	0.26%	-39.87	-39.77	0.25%
3-4	40.46	40.43	0.07%	26.25	26.23	0.08%
	-65.40	-65.61	-0.32%	-42.70	-42.83	-0.30%
	-19.57	-19.17	2.09%	-14.18	-13.93	1.79%
4-5	4.18	4.51	-7.32%	2.64	2.60	1.54%
	-33.86	-34.23	-1.08%	-21.61	-21.87	-1.19%
	-80.36	-80.39	-0.04%	-52.48	-52.54	-0.11%
5-7	52.74	52.71	0.06%	34.27	34.23	0.12%
	-86.94	-83.78	3.77%	-53.86	-53.88	-0.04%
	-52.12	-52.19	-0.13%	-33.19	-17.61	88.47%
7-8	21.61	21.60	0.05%	13.51	13.47	0.30%
	-37.45	-37.38	0.19%	-24.12	-24.03	0.37%
	-42.56	-42.49	0.16%	-27.77	-27.73	0.14%
8-9	23.57	23.57	0.00%	14.83	14.84	-0.07%
	-40.70	-40.76	-0.15%	-25.34	-25.37	-0.12%
	-42.56	-44.76	-4.92%	-29.19	-29.21	-0.07%
9-10	25.32	25.32	0.00%	16.43	16.41	0.12%
	-40.70	-35.20	15.63%	-20.76	-20.75	0.05%
	-24.94	-24.84	0.40%	-14.73	-14.78	-0.34%
10-11	12.67	13.24	-4.31%	9.03	9.04	-0.11%
	-18.22	-18.36	-0.76%	-11.34	-11.28	0.53%
	Total		0.01%	Total		3.43%
				Δ Total (%)		1.72%

Nota. La tabla indicó los momentos flectores en vigas en todas las plantas del bloque II considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje B-B en la dirección “X” en un total de nueve tramos.

Tabla 37.

Momentos flectores en columnas del eje 2-2 del bloque II

Momentos Flectores en Columnas del eje 2-2							
Columna	Planta 1			Planta 2			
	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	
A	0.08	0.18	-55.56%	5.18	5.08	1.97%	
	-2.19	-2.29	-4.37%	-5.23	-5.13	1.95%	
B	0.12	0.22	-45.45%	6.18	6.09	1.48%	
	-2.82	-2.93	-3.75%	-5.9	-5.81	1.55%	
C	0.13	0.23	-43.48%	6.12	6.15	-0.49%	
	-2.95	-3.11	-5.14%	-5.52	-5.55	-0.54%	
D	-0.33	-0.22	50.00%	-7.25	-6.99	3.72%	
	3.94	3.68	7.07%	6.69	6.42	4.21%	
E	-0.49	-0.38	28.95%	-12.03	-11.75	2.38%	
	6.32	6.05	4.46%	11.92	10.92	9.16%	
Total			-6.73%	Total		2.54%	
						Δ Total (%)	-2.09%

Nota. La tabla indicó los momentos flectores en columnas en todas las plantas del bloque II considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje 2-2 en la dirección “Y” en un total de cinco columnas en dicho eje representativo.

3.1.3.3 *Bloque III*

Tabla 38.

Momentos flectores en vigas del eje 2-2 del bloque III

Momentos flectores en vigas del eje 2-2									
Tramo	Planta 1			Planta 2			Planta 3		
	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
A-B	-14.77	-14.83	-0.40%	-18.47	-18.49	-0.11%	-13.73	-13.74	-0.07%
	13.44	13.45	-0.07%	13.15	12.99	1.23%	10.59	10.59	0.00%
B-C	-14.01	-13.94	0.50%	-8.70	-8.68	0.23%	-3.76	-3.74	0.53%
	-10.78	-10.85	-0.65%	-7.53	-7.55	-0.26%	-1.78	-1.79	-0.56%
C-D	11.38	11.16	1.97%	11.88	11.87	0.08%	10.29	10.29	0.00%
	-22.24	-22.19	0.23%	-25.09	-25.08	0.04%	-22.65	-22.65	0.00%
	-11.91	-11.95	-0.33%	-12.22	-12.24	-0.16%	-10.34	-10.35	-0.10%
	3.60	3.6	0.00%	3.29	3.29	0.00%	1.92	1.92	0.00%

Momentos flectores en vigas del eje 2-2									
Tramo	Planta 1			Planta 2			Planta 3		
	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
	-11.88	-11.84	0.34%	-12.19	-12.17	0.16%	-10.29	-10.29	0.00%
	-22.03	-22.11	-0.36%	-24.85	-24.90	-0.20%	-22.48	-22.51	-0.13%
D-E	11.38	11.19	1.70%	11.82	11.83	-0.08%	10.24	10.25	-0.10%
	-10.96	-10.88	0.74%	-7.82	-7.76	0.77%	-1.98	-1.95	1.54%
	-13.15	-13.26	-0.83%	-8.71	-8.80	-1.02%	-3.82	-3.86	-1.04%
E-F	12.82	12.6	1.75%	13.15	12.99	1.23%	10.55	10.33	2.13%
	-14.37	-14.27	0.70%	-18.45	-18.38	0.38%	-13.70	-13.66	0.29%
	Total	0.35%		Total	0.15%		Total	0.17%	
	Δ total (%)								0.22%

Nota. La tabla indicó los momentos flectores en vigas en todas las plantas del bloque III considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje 2-2 en la dirección “Y” en un total de cinco tramos.

Tabla 39.

Momentos flectores en vigas del eje B-B del bloque III

Momentos Flectores en Vigas del eje B-B									
Tramo	Planta 1			Planta 2			Planta 3		
	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
	-28.87	-28.89	-0.07%	-31.87	-31.89	-0.06%	-21.35	-21.36	-0.05%
1-2	36.45	36.45	0.00%	33.45	33.53	-0.24%	27.60	27.61	-0.04%
	-72.97	-72.95	0.03%	-66.63	-66.60	0.05%	-52.37	-52.35	0.04%
	-81.48	-81.48	0.00%	-80.21	-80.21	0.00%	-56.89	-56.89	0.00%
2-3	50.21	50.21	0.00%	50.19	50.20	-0.02%	36.22	36.22	0.00%
	-79.38	-79.37	0.01%	-80.67	-80.67	0.00%	-57.24	-57.24	0.00%
	-70.79	-70.76	0.04%	-67.53	-67.50	0.04%	-53.13	-53.11	0.04%
3-4	33.85	33.85	0.00%	34.11	34.18	-0.20%	28.11	28.13	-0.07%
	-8.70	-8.70	0.00%	-32.59	-32.61	-0.06%	-21.82	-21.84	-0.09%
	Total	0.00%		Total	-0.06%		Total	-0.02%	
	Δ total (%)								-0.02%

Nota. La tabla indicó los momentos flectores en vigas en todas las plantas del bloque III considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje B-B en la dirección “X” en un total de tres tramos.

Tabla 40.

Momentos flectores en columnas del eje 2-2 del bloque III

Momentos flectores en columnas del eje 2-2									
	Planta 1			Planta 2			Planta 3		
Columna	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
A	0.17	0.20	-15.00%	6.47	6.48	-0.15%	6.84	6.85	-0.15%
	-3.00	-3.04	-1.32%	-6.53	-6.55	-0.31%	-7.08	-7.09	-0.14%
B	-0.10	0.04	-350.00%	1.36	1.37	-0.73%	2.49	2.52	-1.19%
	-0.34	-0.53	-35.85%	-1.57	-1.61	-2.48%	-3.13	-3.16	-0.95%
C	-0.09	-0.06	50.00%	-1.87	-1.85	1.08%	-2.08	-2.06	0.97%
	0.89	0.84	5.95%	1.96	1.94	1.03%	2.12	2.11	0.47%
D	0.03	0.06	-50.00%	1.79	1.81	-1.10%	2.01	2.03	-0.99%
	-0.77	-0.82	-6.10%	-1.87	-1.90	-1.58%	-2.05	-2.07	-0.97%
E	-0.18	-0.05	260.00%	-1.75	-1.67	4.79%	-2.61	-2.52	3.57%
	0.95	0.75	26.67%	1.87	1.77	5.65%	3.29	3.18	3.46%
F	-0.23	-0.20	15.00%	-6.36	-6.33	0.47%	-6.86	-6.83	0.44%
	2.99	2.94	1.70%	6.50	6.47	0.46%	7.53	7.07	6.51%
	Total		-8.25%	Total		0.59%	Total		0.92%
							Δ total (%)		-2.24%

Nota. La tabla indicó los momentos flectores en columnas en todas las plantas del bloque III considerando la interacción suelo-estructura (ISE) y una base empotrada. Además, la variación de dichos momentos (%) en el eje 2-2 en la dirección “Y” en un total de seis columnas en dicho eje representativo.

La serie de tablas desde la 26 hasta la 39 muestran que las fuerzas cortantes y momentos flectores para las vigas y columnas de los Bloques I, II y III, considerando los dos modelos de análisis, con interacción suelo-estructura (ISE) y con base empotrada. En las fuerzas cortantes de

vigas, se observa que los valores totales por nivel resultan muy próximos en ambos modelos, con diferencias que en algunos pisos no superan la unidad y en determinados tramos se identifican variaciones puntuales de mayor magnitud. En los momentos flectores de vigas, los totales muestran comportamientos similares en los dos modelos, registrándose pequeñas diferencias que en algunos casos se distribuyen de forma irregular entre los distintos ejes y niveles.

En cuanto a los momentos en columnas, las tablas muestran que los valores obtenidos con ISE tienden a ser ligeramente menores que los del modelo empotrado en la mayoría de los bloques, aunque en ciertos niveles o columnas individuales se registran aumentos respecto al empotrado. Asimismo, los valores totales acumulados de momentos en columnas evidencian diferencias de pocos puntos porcentuales entre ambos modelos, siendo más notorios en el Bloque I. En conjunto, las tablas permiten observar que los valores globales de cortantes y momentos mantienen una proximidad entre modelos, mientras que a nivel local se presentan variaciones en determinados pisos o elementos estructurales.

3.2 Evaluación del comportamiento dinámico del módulo administrativo frente a cargas sísmicas mediante la interacción suelo-estructura.

3.2.1 *Análisis Modal y Verificación de Masa Participativa*

El análisis modal es un procedimiento que permite caracterizar una estructura a partir de sus propiedades dinámicas, conocidas como parámetros modales: frecuencia natural, amortiguamiento y modos de vibración. Este análisis se centra en estudiar el comportamiento de la estructura cuando es sometida a una excitación definida, con el propósito de construir un modelo matemático que represente su respuesta dinámica. Periodos de Vibración. (Universidad de Sevilla, 2022, p.56)

El análisis modal permite conocer el comportamiento dinámico de una estructura frente a sollicitaciones sísmicas, evaluando sus periodos naturales de vibración y la participación de masa en cada modo. Según el artículo 19 de la Norma Técnica Peruana E.030, el modelo estructural debe incluir tantos modos como sean necesarios para que la suma acumulada de masa modal en cada dirección principal sea como mínimo del 90 %.

3.2.1.1 Participación de masa modal

Tabla 41.

Masa modal efectiva acumulada por módulo

Módulos	Modo Ux	Masa Ux (%)	Modo Uy	Masa Uy (%)
Modulo I	56	90.25	46	90.76
Modulo II	313	90.27	323	92.31
Modulo III	110	90.97	98	90.07

Nota. En la tabla se mostró los porcentajes de masa efectiva acumulada en las direcciones X (Ux) y Y (Uy) para los tres bloques del módulo administrativo. Se observa que todos superan el 90 %, cumpliendo con la normativa vigente.

En total se analizaron 60 modos para el bloque I, 350 modos para el bloque II y 160 modos para el bloque III, de los cuales se seleccionaron los cuatro más representativos (1, 2, 3 y modo donde alcance el 90% de la masa participativa) en las direcciones principales (Ux y Uy). La interpretación de estos modos permite comprender el comportamiento dinámico predominante de cada bloque estructural.

Las formas modales deformadas correspondientes se presentan en el Anexo 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18, agrupadas por bloque y por dirección de análisis. Se observa que el Modo 1 en cada bloque representa una traslación global, mientras que los modos superiores reflejan vibraciones superiores complejas, que completan el 90 % de la masa modal acumulada.

3.2.1.2 Convergencia Numérica del Modelo (Malla)

Para asegurar la confiabilidad del modelo estructural, se realizó un análisis de convergencia numérica utilizando distintos tamaños de malla (1 m, 0.5 m y 0.25 m) en los tres bloques. En todos los casos, las variaciones en momentos máximos, cortantes y periodos fueron menores al 1 % en las últimas dos mallas, lo que demuestra estabilidad en los resultados.

Siguiendo las recomendaciones de NAFEMS y SimScale, se realizaron al menos tres refinamientos de malla. Se consideró que la malla había alcanzado convergencia numérica cuando dos refinamientos consecutivos mostraron variaciones menores al 1 % en momentos, cortantes y periodos. En nuestro modelo, la disminución de tamaño de malla de 1.0 m, 0.5 m, 0.25 m generó variaciones inferiores al 1 %, por lo que se validó la convergencia de malla.

Tabla 42.

Resumen de convergencia numérica del módulo administrativo

Bloque I del Módulo Administrativo						
N° de malla	1m	0.5m	0.25m	Δ%	Δ%	Condición
Momento Max	18.88 T/m	18.80 T/m	18.67 T/m	0.42%	0.69%	Convergencia
Cortante Max.	32.72 T	32.66 T	32.57 T	0.18%	0.28%	Convergencia
Periodos	0.38 s	0.38 s	0.38 s	1.41%	0.95%	Convergencia
Cortante Basal	248.47 T	248.47 T	248.47 T	0.00%	0.00%	Convergencia
Bloque II del Módulo Administrativo						
N° de malla	1m	0.5m	0.25m	Δ%	Δ%	Condición
Momento Max	3.28 T/m	3.32 T/m	3.35 T/m	1.22%	0.90%	Convergencia
Cortante Max.	15.27 T	15.31 T	15.33 T	0.26%	0.13%	Convergencia
Periodos	0.37 s	0.37 s	0.37 s	0.82%	0.00%	Convergencia
Cortante Basal	269.65 T	269.65 T	269.65 T	0.00%	0.00%	Convergencia
Bloque III del Módulo Administrativo						
N° de malla	1m	0.5m	0.25m	Δ%	Δ%	Condición
Momento Max	14.85 T/m	14.69 T/m	14.76 T/m	1.08%	0.48%	Convergencia
Cortante Max.	28.69 T	28.57 T	28.61 T	0.42%	0.14%	Convergencia

Periodos	0.51 s	0.51 s	0.50 s	0.48%	0.75%	Convergencia
Cortante Basal	231.98 T	231.98 T	231.98 T	0.00%	0.00%	Convergencia

Nota. La tabla muestra el estudio de convergencia numérica realizado mediante el refinamiento progresivo de la malla (1.00 m, 0.50 m y 0.25 m) aplicado a los tres bloques del módulo administrativo. Se comparan los valores obtenidos de momento máximo, cortante máximo, periodo fundamental y cortante basal en cada nivel de refinamiento. Las diferencias porcentuales ($\Delta\%$) entre los dos últimos refinamientos fueron menores al 1 % en todos los casos, lo cual indica que el modelo alcanzó estabilidad en sus resultados. Por tanto, se valida la convergencia de malla de acuerdo con los criterios recomendados por NAFEMS (s.f.) y SimScale (2021).

La Tabla 42 muestra que en el Bloque I el momento máximo pasó de 18.88 T/m (malla de 1 m) a 18.67 T/m (0.25 m), con variación de solo 0.69 %. El cortante máximo varió de 32.72 T a 32.57 T (0.28 %), mientras que el cortante basal se mantuvo constante en 248.47 T, y el periodo fundamental en 0.38 s. En el Bloque II, el momento máximo aumentó ligeramente de 3.28 T/m a 3.35 T/m (0.90 %), y el cortante máximo de 15.27 T a 15.33 T (0.13 %), manteniéndose constante el cortante basal en 269.65 T y el periodo en 0.37 s. El Bloque III presentó variaciones mínimas: el momento máximo osciló entre 14.85 T/m y 14.76 T/m (0.48 %), el cortante máximo entre 28.69 T y 28.61 T (0.14 %), con el cortante basal estable en 231.98 T y el periodo cercano a 0.50 s. En todos los casos, las diferencias porcentuales fueron menores al 1 %, confirmando que el modelo alcanzó convergencia numérica y estabilidad en sus resultados, validando su confiabilidad para el análisis estructural del módulo administrativo.

3.2.2 *Periodos de vibración*

Tabla 43.

Periodos de vibración de los bloques del módulo administrativo de los tres bloques

Periodos Fundamentales del Módulo de Administración								
Bloque I			Bloque II			Bloque III		
ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)	ISE	Emp.	Δ (%)
0.38	0.35	8.17%	0.37	0.34	7.24%	0.50	0.49	3.25%

Nota. La tabla indicó los periodos de vibración de los tres bloques del módulo de administración de la Universidad Nacional de Jaén.

La Tabla 43 muestra que el Bloque I presenta un periodo de 0.38 s con ISE y 0.35 s con base empotrada, con una diferencia del 8.17 %. El Bloque II registra 0.37 s y 0.34 s, con una variación de 7.24 %. En el Bloque III, los valores son 0.50 s y 0.49 s, con un 3.25 % de diferencia.

3.2.3 Derivas Dinámicas

3.2.3.1 Bloque I

Tabla 44.

Derivas de entrepisos X-X con ISE del bloque I

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	6	M. Estructurales			Dirección X-X		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
4	3.7	0.00068	0.2516	1.036	0.00068	0.003	Cumple
3	3.7	0.0007	0.259	0.7844	0.0007	0.003	Cumple
2	3.7	0.00078	0.2886	0.5254	0.00078	0.004	Cumple
1	3.7	0.00064	0.2368	0.2368	0.00064	0.003	Cumple

Nota. Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección X-X están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 45.

Derivas de entrepisos X-X con base empotrada del bloque I

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	6	M. Estructurales			Dirección X-X		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
4	3.70	0.0006	0.219	0.893	0.001	0.003	Cumple
3	3.70	0.0006	0.223	0.675	0.001	0.003	Cumple
2	3.70	0.0007	0.247	0.451	0.001	0.003	Cumple
1	3.70	0.0006	0.204	0.204	0.001	0.002	Cumple

Nota. Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección X-X están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 46.

Variación porcentual de las derivas de entrepisos en X-X del bloque I

Desplazamientos Horizontales X-X			
Plantas	ISE	Emp.	Δ (%)
Planta 4	0.0031	0.0027	15.04%
Planta 3	0.0032	0.0027	16.00%
Planta 2	0.0035	0.0030	16.78%
Planta 1	0.0029	0.0025	15.93%

Nota. En la tabla se observó que los desplazamientos en base empotrada son menores que en el modelo interacción suelo-estructura (ISE) mostrando variaciones que van desde 15.04% a 16.78%.

Ver gráfico comparativo en el anexo 7.

La tabla N°44 y N°45 hicieron referencia al modelado con ISE y con base empotrada respectivamente en la dirección X-X. En ambos casos las derivas de entrepiso cumplieron con la normativa nacional con valores muy lejanos a 0.007. Resultados que confirman que el desempeño del sistema estructural del bloque I es el adecuado en condiciones sísmicas. Al realizar una comparación entre ambos modelados (tabla N°46) se evidenció que las derivas con ISE son

mayores que en el modelo base empotrada debido a que la flexibilidad del suelo reduce la rigidez lateral de la estructura.

Tabla 47.

Derivas de entrepisos Y-Y con ISE del bloque I

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	6		M. Estructurales		Dirección Y-Y		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
4	3.7	0.0006	0.222	0.9028	0.0006	0.003	Cumple
3	3.7	0.00062	0.2294	0.6808	0.00062	0.003	Cumple
2	3.7	0.00068	0.2516	0.4514	0.00068	0.003	Cumple
1	3.7	0.00054	0.1998	0.1998	0.00054	0.002	Cumple

Nota. Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección Y-Y están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 48.

Derivas de entrepisos Y-Y con base empotrada del bloque I

Derivas de Entrepiso del Módulo Administrativo							
Rx	6		M. Estructurales		Dirección Y-Y		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
4	3.70	0.0006	0.231	0.821	0.0006	0.003	Cumple
3	3.70	0.0005	0.202	0.590	0.0005	0.002	Cumple
2	3.70	0.0006	0.217	0.388	0.0006	0.003	Cumple
1	3.70	0.0005	0.171	0.171	0.0005	0.002	Cumple

Nota. Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección Y-Y están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 49.

Variación porcentual de las derivas de entrepiso en Y-Y del bloque I

Desplazamientos Horizontales Y-Y			
Plantas	ISE	Emp.	Δ (%)
Planta 4	0.0028	0.00281	0.73%
Planta 3	0.0028	0.0025	13.74%
Planta 2	0.0031	0.0026	15.94%
Planta 1	0.0024	0.0021	16.71%

Nota. En la tabla se observó que los desplazamientos en base empotrada son menores que en el modelo interacción suelo-estructura (ISE) mostrando variaciones que van desde 0.73% a 16.71%. Ver gráfico comparativo en el anexo 7.

La tabla N°47 y N°48 hicieron referencia al modelado con ISE y con base empotrada respectivamente en la dirección Y-Y. En ambas casos las derivas de entrepiso cumplieron con la normativa nacional con valores muy lejanos a 0.007. Resultados que confirman que el desempeño del sistema estructural del bloque I es el adecuado en condiciones sísmicas. Al realizar una comparación entre ambos modelados (tabla N°49) se evidenció que las derivas con ISE son mayores que en el modelo base empotrada debido a que la flexibilidad del suelo reduce la rigidez lateral de la estructura.

3.2.3.2 *Bloque II*

Tabla 50.

Derivas de entrepisos X-X con ISE del bloque II

VERIFICACIÓN DEL MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS							
Rx	7	Dual			Dirección X-X		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.00044	0.16443	0.6882	0.00044	0.002	Cumple
2	3.7	0.0006	0.2226	0.52377	0.0006	0.003	Cumple
1	3.7	0.00081	0.30117	0.30117	0.00081	0.004	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección X-X están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 51.

Derivas de entrepisos X-X con base empotrada del bloque II

VERIFICACIÓN DEL MAXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS							
Rx	7	Dual			Dirección X-X		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.00037	0.16443	0.6882	0.00037	0.002	Cumple
2	3.7	0.00054	0.2226	0.52377	0.00054	0.003	Cumple
1	3.7	0.0007	0.30117	0.30117	0.0007	0.004	Cumple

Nota. Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección X-X están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 52.

Variación porcentual de Derivas de entrepisos en X-X del bloque II

Desplazamientos Horizontales X-X			
Plantas	ISE	Emp.	Δ (%)
Planta 3	0.0023	0.0019	18.92%
Planta 2	0.0032	0.0028	11.11%
Planta 1	0.0043	0.0037	15.71%

Nota. En la tabla se observó que los desplazamientos en base empotrada son menores que en el modelo interacción suelo-estructura (ISE) mostrando variaciones que van desde 11.11% a 18.92%.

Ver gráfico comparativo en el anexo 9.

La tabla N°50 y N°51 hicieron referencia al modelado con ISE y con base empotrada respectivamente en la dirección X-X. En ambos casos las derivas de entrepiso cumplieron con la normativa nacional con valores muy lejanos a 0.007. Resultados que confirman que el desempeño del sistema estructural del bloque I es el adecuado en condiciones sísmicas. Al realizar una comparación entre ambos modelados (tabla N°52) se evidenció que las derivas con ISE son

mayores que en el modelo base empotrada debido a que la flexibilidad del suelo reduce la rigidez lateral de la estructura.

Tabla 53.

Derivas de entrepisos Y-Y con ISE del bloque II

VERIFICACIÓN DEL MAXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS							
Rx	7	Dual			Dirección Y-Y		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.00059	0.21872	0.721	0.00059	0.003	Cumple
2	3.7	0.00063	0.23315	0.50228	0.00063	0.003	Cumple
1	3.7	0.00073	0.26913	0.26913	0.00073	0.004	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección Y-Y están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 54.

Derivas de entrepisos Y-Y con base empotrada del bloque II

VERIFICACIÓN DEL MAXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS							
Rx	7	Dual			Dirección Y-Y		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.00052	0.21872	0.721	0.00052	0.003	Cumple
2	3.7	0.00056	0.23315	0.50228	0.00056	0.003	Cumple
1	3.7	0.0006	0.26913	0.26913	0.0006	0.003	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección Y-Y están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 55.

Variación porcentual de Derivas de entrepisos en Y-Y del bloque II

Desplazamientos Horizontales Y-Y			
Variable	ISE	Emp.	Δ (%)
Planta 3	0.0031	0.0027	13.46%
Planta 2	0.0033	0.0029	12.50%
Planta 1	0.0038	0.0032	21.67%

Nota. En la tabla se observó que las derivas en base empotrada son menores que en el modelo interacción suelo-estructura (ISE) mostrando variaciones que van desde 12.50% a 21.67%. Ver gráfico comparativo en el anexo 9.

La tabla N°53 y N°54 hicieron referencia al modelado con ISE y con base empotrada respectivamente en la dirección Y-Y. En ambos casos las derivas de entrepiso cumplieron con la normativa nacional con valores muy lejanos a 0.007. Resultados que confirman que el desempeño del sistema estructural del bloque I es el adecuado en condiciones sísmicas. Al realizar una comparación entre ambos modelados (tabla N°55) se evidenció que las derivas con ISE son mayores que en el modelo base empotrada debido a que la flexibilidad del suelo reduce la rigidez lateral de la estructura.

3.2.3.3 *Bloque III*

Tabla 56.

Derivas de entrepisos X-X con ISE del bloque III

VERIFICACIÓN DEL MAXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS							
Rx	6	M. Estructurales			Dirección X-X		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.001097	0.40589	1.29426	0.001097	0.005	Cumple
2	3.7	0.001304	0.48248	0.88837	0.001304	0.006	Cumple
1	3.7	0.001097	0.40589	0.40589	0.001097	0.005	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección X-X están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 57.

Derivas de entrepisos X-X con base empotrada del bloque III

VERIFICACIÓN DEL MAXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS							
Rx	6	M. Estructurales			Dirección X-X		

Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.0011	0.40034	1.19547	0.001082	0.005	Cumple
2	3.7	0.0012	0.43956	0.79513	0.001188	0.005	Cumple
1	3.7	0.0010	0.35557	0.35557	0.000961	0.004	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección X-X están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 58.

Variación porcentual de Derivas de entrepisos en X-X del bloque III

Desplazamientos Horizontales X-X			
Plantas	ISE	Emp.	Δ (%)
Planta 3	0.0049	0.0049	1.39%
Planta 2	0.0059	0.0053	9.76%
Planta 1	0.0049	0.0043	14.15%

Nota. En la tabla 20 se observa que los desplazamientos en base empotrada son menores que en el modelo interacción suelo-estructura (ISE) mostrando variaciones que van desde 1.39% a 14.14%.

Ver gráfico comparativo en el anexo 11.

La tabla N°56 y N°57 hicieron referencia al modelado con ISE y con base empotrada respectivamente en la dirección X-X. En ambos casos las derivas de entrepiso cumplieron con la normativa nacional con valores muy lejanos a 0.007. Resultados que confirman que el desempeño del sistema estructural del bloque I es el adecuado en condiciones sísmicas. Al realizar una comparación entre ambos modelados (tabla N°58) se evidenció que las derivas con ISE son mayores que en el modelo base empotrada debido a que la flexibilidad del suelo reduce la rigidez lateral de la estructura.

Tabla 59.

Derivas de entrepisos Y-Y con ISE del bloque III

VERIFICACIÓN DEL MAXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS							
Rx	6	M. Estructurales			Dirección Y-Y		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.001451	0.53687	1.52107	0.001451	0.007	Cumple
2	3.7	0.001482	0.54834	0.9842	0.001482	0.007	Cumple
1	3.7	0.001178	0.43586	0.43586	0.001178	0.005	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección Y-Y están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 60.

Derivas de entrepisos Y-Y con base empotrada del bloque III

VERIFICACIÓN DEL MAXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISOS							
Rx	6	M. Estructurales			Dirección Y-Y		
Nivel	he(m)	Xi/he	Desplazamiento Relativo (m)	Desplazamiento Absoluto (m)	Di (cm)	(Di/he) *0.75R	Observación
3	3.7	0.0014	0.51393	1.42968	0.001389	0.006	Cumple
2	3.7	0.0014	0.51985	0.91575	0.001405	0.006	Cumple
1	3.7	0.0011	0.3959	0.3959	0.00107	0.005	Cumple

Nota. La tabla mostró que las derivas en dirección Y-Y están dentro del rango permitido (>0.007).

Tabla 61.

Variación porcentual de Derivas de entrepisos en Y-Y del bloque III

Desplazamientos Horizontales Y-Y			
Plantas	ISE	Emp.	Δ (%)
Planta 3	0.0065	0.0063	4.46%
Planta 2	0.0067	0.0063	5.48%
Planta 1	0.0053	0.0048	10.09%

Nota. En la tabla se observó que los desplazamientos en base empotrada son menores que en el modelo interacción suelo-estructura (ISE) mostrando variaciones que van desde 4.46% a 10.09%. Ver gráfico comparativo en el anexo 11.

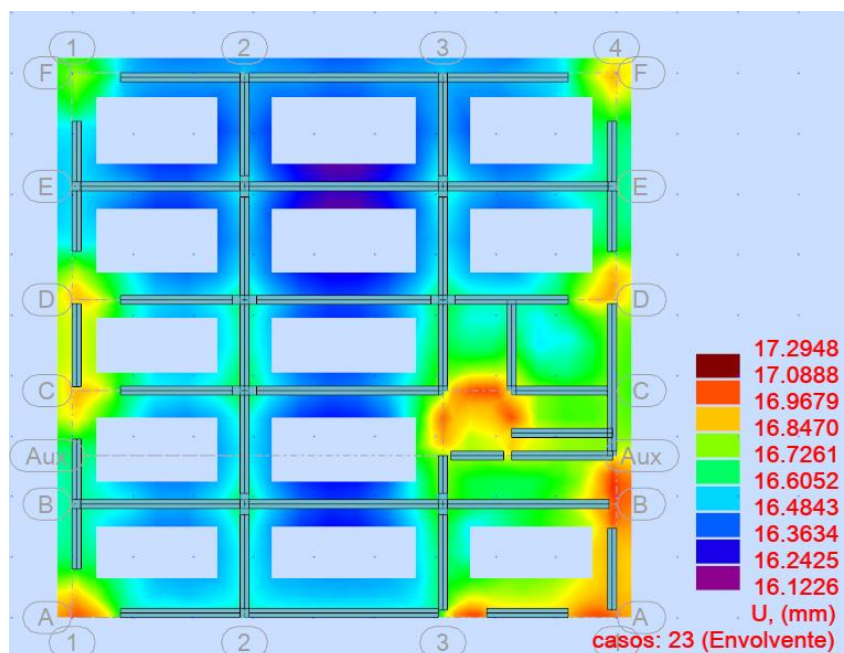
La tabla N°59 y N°60 hicieron referencia al modelado con ISE y con base empotrada respectivamente en la dirección Y-Y. En ambos casos las derivas de entrepiso cumplieron con la normativa nacional con valores muy lejanos a 0.007. Resultados que confirman que el desempeño del sistema estructural del bloque I es el adecuado en condiciones sísmicas. Al realizar una comparación entre ambos modelados (tabla N°81) se evidenció que las derivas con ISE son mayores que en el modelo base empotrada debido a que la flexibilidad del suelo reduce la rigidez lateral de la estructura.

3.2.4 Asentamientos Diferenciales

3.2.4.1 Bloque I

Figura 45.

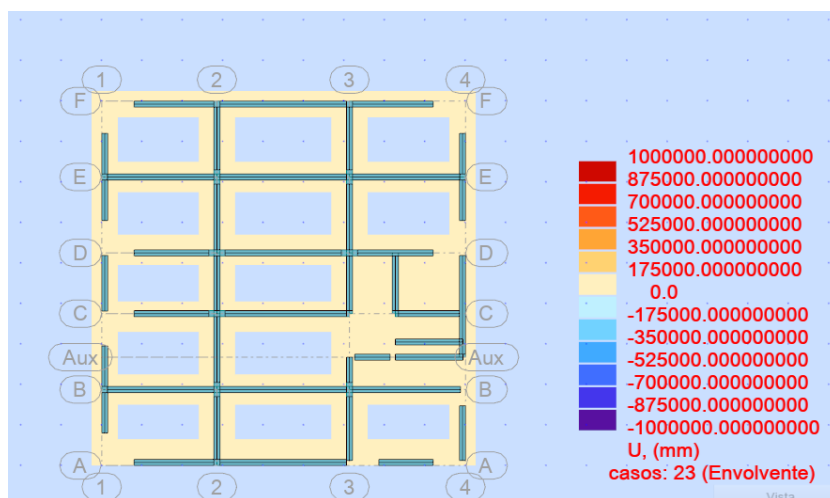
Mapa de asentamientos verticales U-Z con ISE del bloque I



Nota. En la imagen se apreció el mapa de asentamientos. Los asentamientos no son uniformes, en algunas zonas se alcanza un asentamiento máximo de 17.2949 mm y en otras un mínimo de 16.1226 mm, tal como lo indicó la escala de colores. La diferencia del máximo asentamiento y el mínimo, es el asentamiento diferencial (1.17 mm).

Figura 46.

Mapa de asentamientos verticales U-Z con base empotrada del bloque I

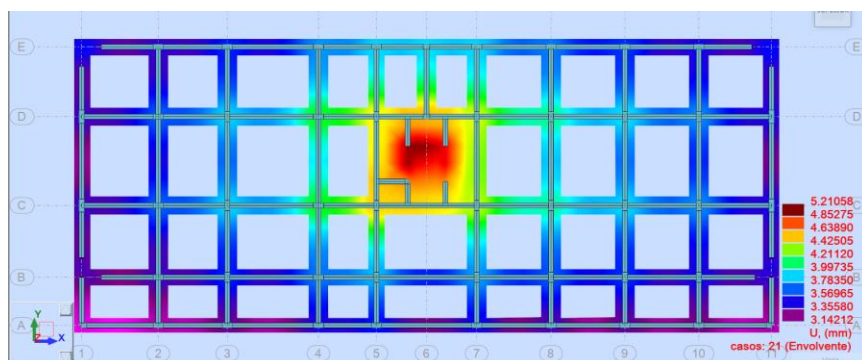


Nota. Se mostró el mapa de asentamientos del modelo con base empotrada. Los asentamientos registrados son nulos, ya que el empotramiento restringe los seis grados de libertad en la base, generando una condición de rigidez infinita en el apoyo de la estructura.

3.2.4.2 Bloque II

Figura 47.

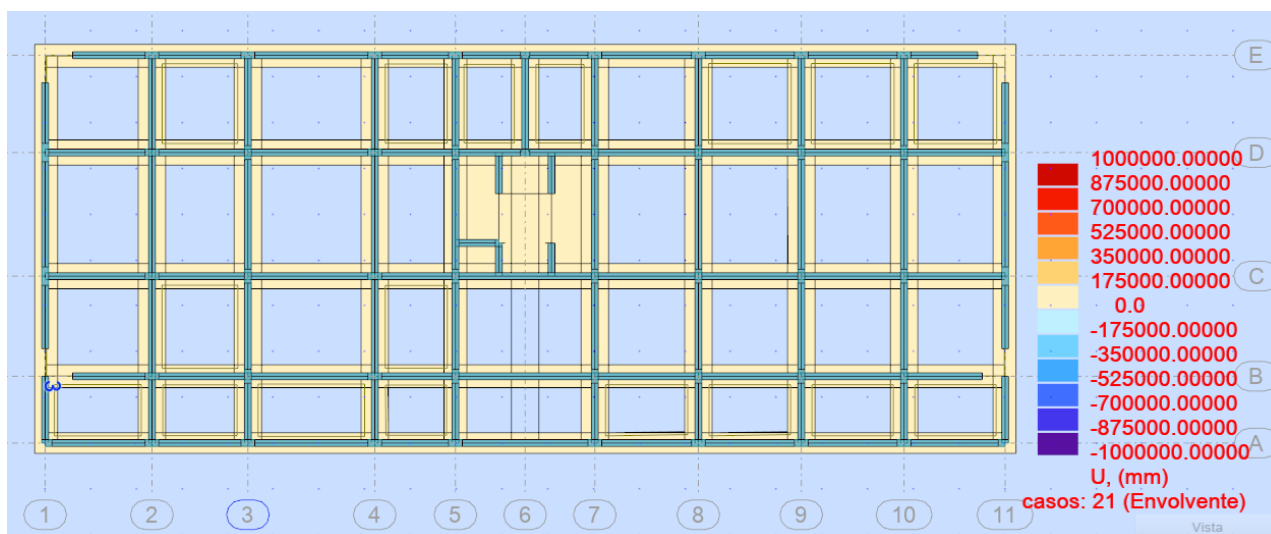
Mapa de asentamientos verticales U-Z con ISE del bloque II



Nota. En la imagen se apreció el mapa de asentamientos. Los asentamientos no son uniformes, en algunas zonas se alcanza un asentamiento máximo de 5.2106 mm y en otras un mínimo de 3.1421 mm, tal como lo indicó la escala de colores. La diferencia del máximo asentamiento y el mínimo, es el asentamiento diferencial (2.07 mm).

Figura 48.

Mapa de asentamientos verticales U-Z con base empotrada del bloque II



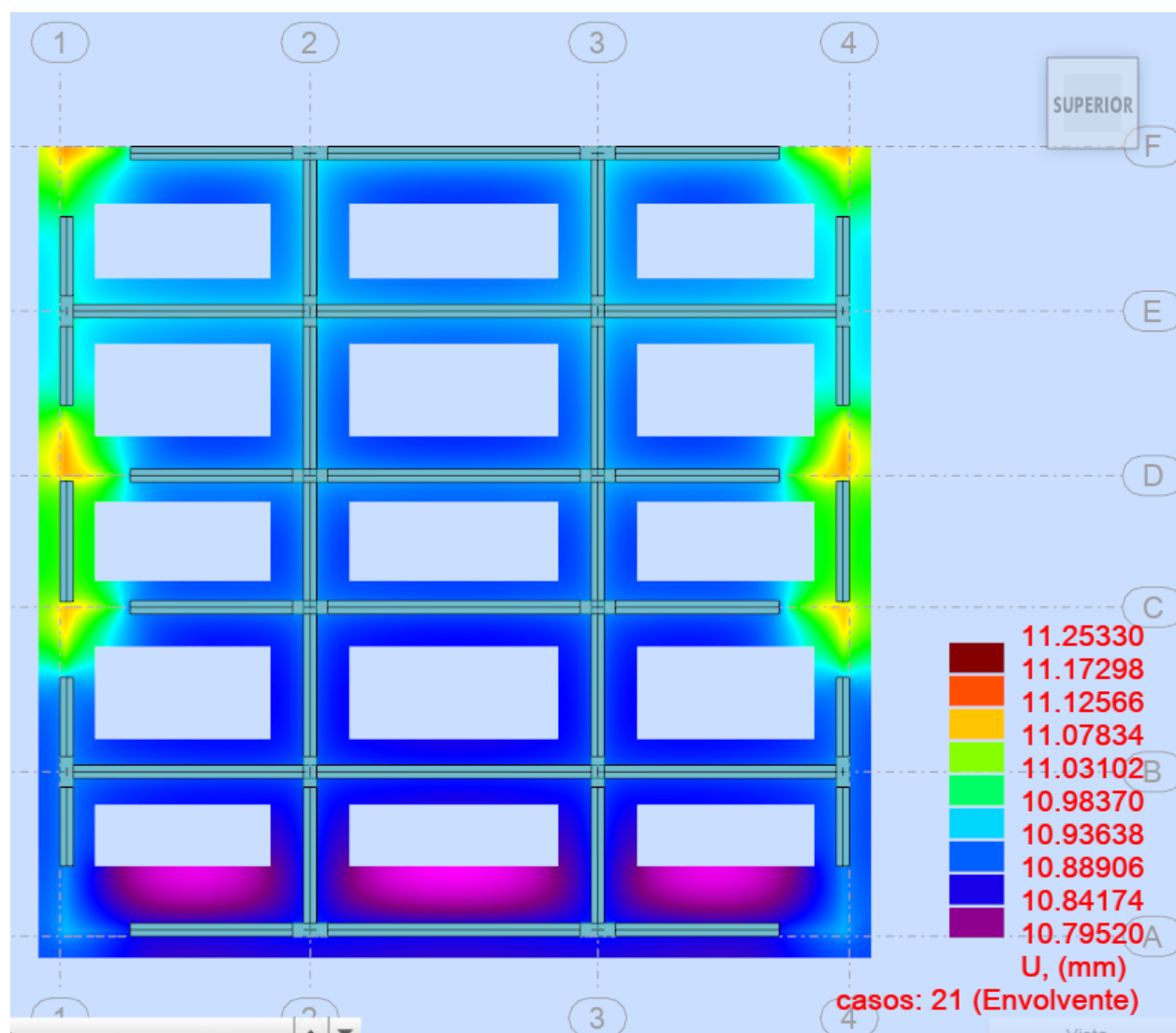
Nota. Se mostró el mapa de asentamientos del modelo con base empotrada. Los asentamientos registrados son nulos, ya que el empotramiento restringe los seis grados de libertad en la base,

generando una condición de rigidez infinita en el apoyo de la estructura. Esto implica que no se consideran deformaciones ni desplazamientos en la cimentación.

3.2.4.3 Bloque III

Figura 49.

Mapa de asentamientos verticales U-Z con ISE del bloque II

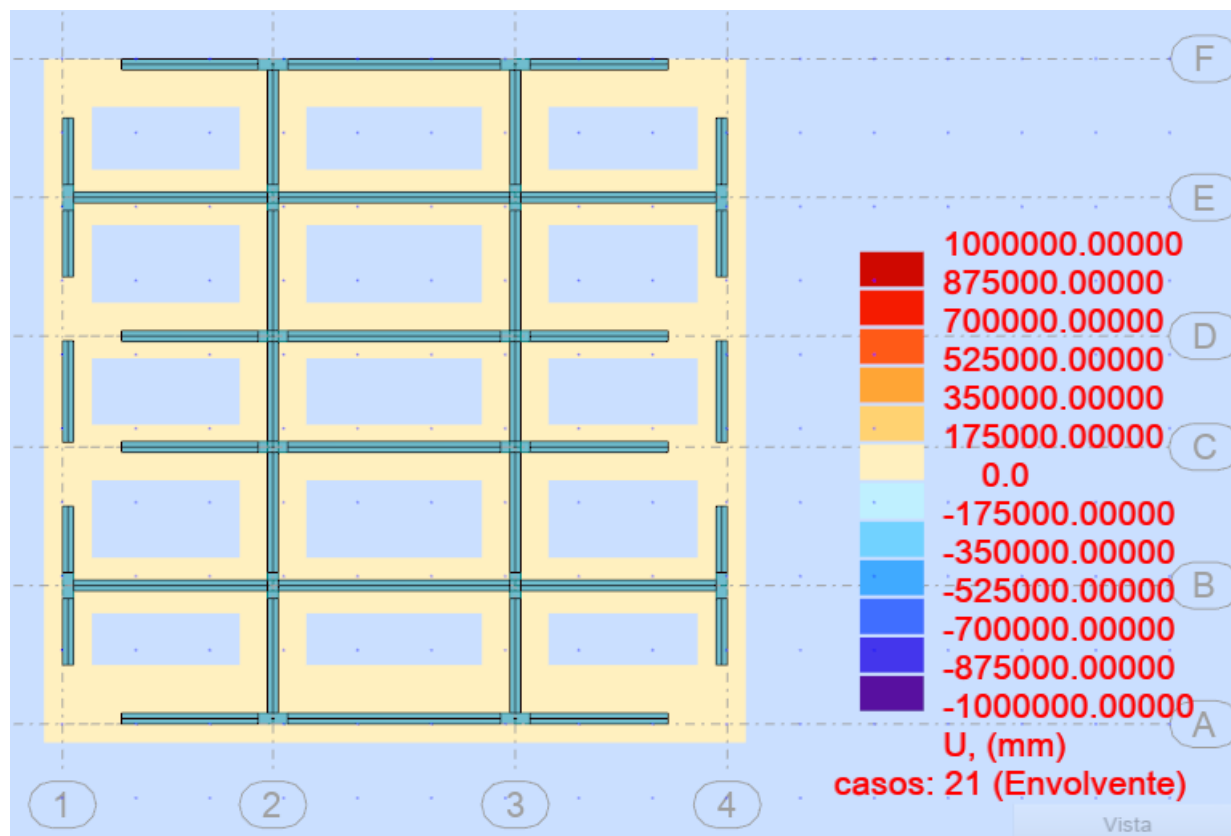


Nota. En la imagen se apreció el mapa de asentamientos. Los asentamientos no son uniformes, en algunas zonas se alcanza un asentamiento máximo de 11.2533 mm y en otras un mínimo de

10.7952 mm, tal como lo indicó la escala de colores. La diferencia del máximo asentamiento y el mínimo, es el asentamiento diferencial (0.46 mm).

Figura 50.

Mapa de asentamientos verticales U-Z con base empotrada del bloque II



Nota. Se mostró el mapa de asentamientos del modelo con base empotrada. Los asentamientos registrados son nulos, ya que el empotramiento restringe los seis grados de libertad en la base, generando una condición de rigidez infinita en el apoyo de la estructura. Esto implica que no se consideran deformaciones ni desplazamientos en la cimentación.

Las Figuras 45 a 50 muestran los mapas de asentamientos verticales U-Z para los tres bloques del módulo administrativo, considerando tanto la condición de interacción suelo-estructura (ISE) como la base empotrada. En el caso de ISE, los asentamientos presentaron

variaciones: en el Bloque I (Figura 45) oscilaron entre 17.29 mm y 16.12 mm, con un diferencial de 1.17 mm; en el Bloque II (Figura 47) entre 5.21 mm y 3.14 mm, con un diferencial de 2.07 mm; y en el Bloque III (Figura 49) entre 11.25 mm y 10.79 mm, con un diferencial de 0.46 mm. En contraste, las Figuras 46, 48 y 50, correspondientes a los modelos con base empotrada, evidencian asentamientos nulos, ya que esta condición restringe los seis grados de libertad en la cimentación, otorgando rigidez infinita y evitando desplazamientos o deformaciones.

3.3 Simulación del interacción suelo-estructura bajo condiciones estáticas y dinámicas utilizando el método de elementos finitos (MEF)

Figura 51.

Mallado final del bloque I

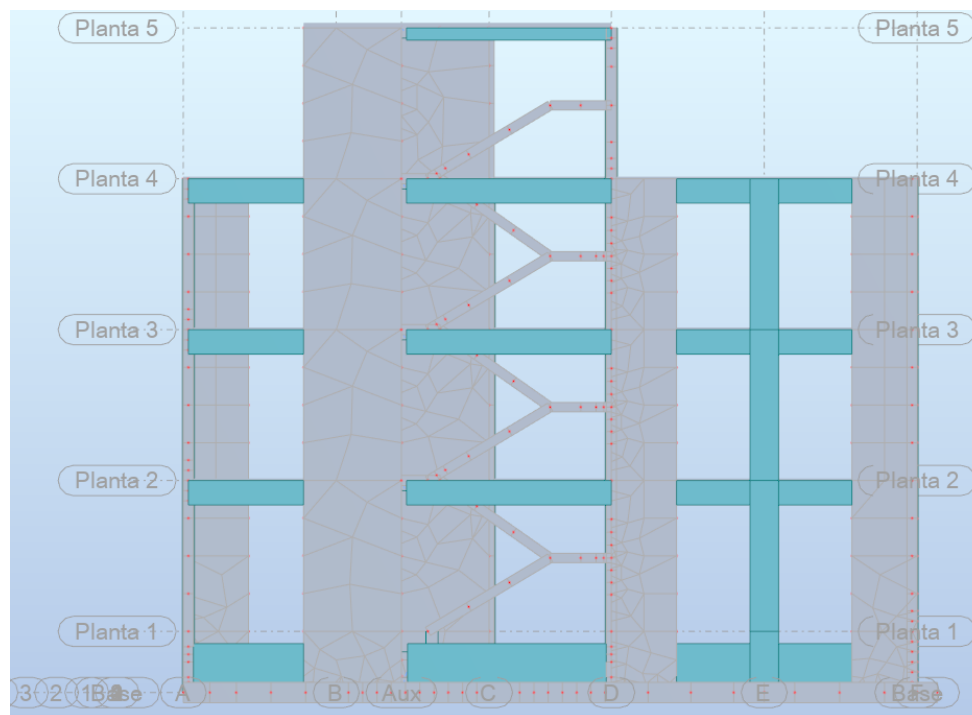
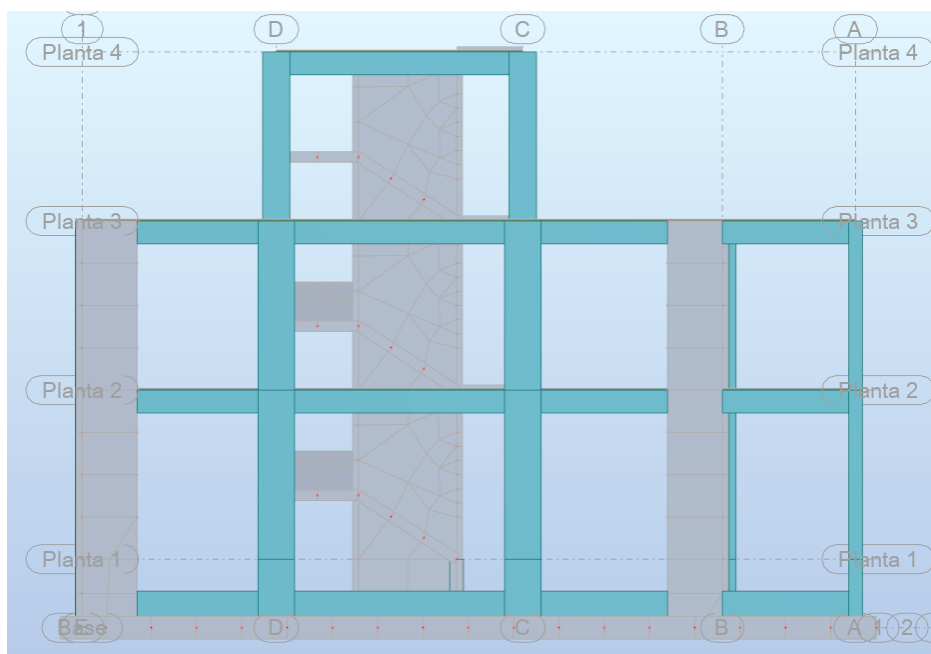
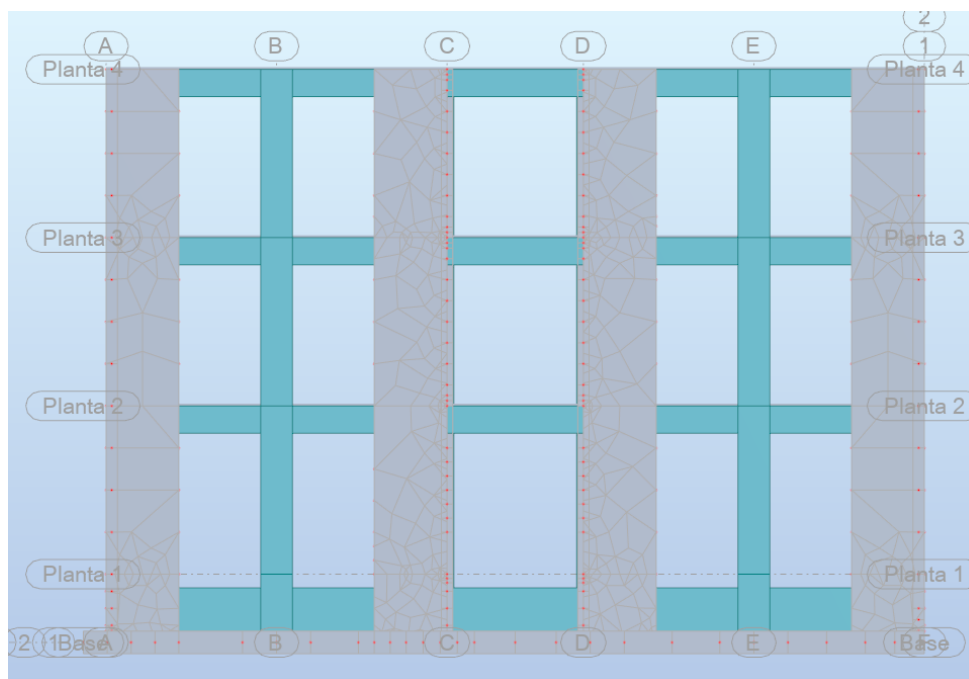


Figura 52.*Mallado final del bloque II***Figura 53.***Mallado final del bloque III*

La figura 51, 52 y 52 muestran la deformación del mallado generado por el método de elementos finitos con el software Robot Structural Analysis. La metodología de elementos finitos permitió realizar el análisis detallado de la interacción suelo-estructura del módulo administrativo, considerando condiciones estáticas y dinámicas a las que está sometido. Las deformaciones evidentes corresponden a una respuesta estructural a cargas de gravedad, sollicitaciones sísmicas y las características de la cimentación.

El estudio de las deformaciones del mallado es fundamental porque identificar los puntos críticos de la edificación, zonas de concentración de esfuerzos (pandeo o torsión). Todo este análisis permite comprender el comportamiento global de la estructura, buscando la mejor propuesta de solución de acuerdo con las respuestas de la edificación.

3.4 Recomendaciones para el diseño y refuerzo estructural del módulo administrativo en función de los resultados obtenidos

Las recomendaciones presentadas se basan en que el módulo administrativo, tras realizar un análisis estructural respecto a la interacción entre el suelo y la estructura, satisface los requisitos normativos nacionales. Esto sugiere que no se necesitan refuerzos adicionales en la estructura. No obstante, dado que la seguridad estructural no depende exclusivamente de un análisis inicial, sino también de la capacidad del edificio para mantener su desempeño a lo largo del tiempo, se decidió recomendar la adopción de medidas para monitoreo y verificación continua, las cuales son más eficientes y económicas, asegurando un control preventivo sin realizar intervenciones innecesarias.

Dentro de estas acciones, se plantea la instalación de sensores estructurales, como acelerómetros, extensómetros e inclinómetros, que permiten monitorear en tiempo real el comportamiento dinámico del edificio. Estos dispositivos se utilizan principalmente en columnas,

muros estructurales y losas, donde las deformaciones relativas representan de manera más significativa el rendimiento global del sistema. Su función es detectar cambios en el movimiento y la rigidez estructural, lo que facilita un diagnóstico temprano de posibles irregularidades o daños y, por ende, planificar adecuadamente intervenciones preventivas.

Asimismo, se sugiere realizar ensayos geofísicos de manera periódica, tales como la refracción sísmica, micro tremores y el método MASW, ya que ayudan a describir con mayor claridad las propiedades dinámicas del suelo de cimentación. La relevancia de estos estudios radica en que las condiciones del terreno pueden alterar con el tiempo debido a factores como humedad, erosión, vibraciones externas o actividades adyacentes, impactando directamente en la respuesta sísmica de la estructura. Su realización regular garantiza que el diseño continúe siendo acorde a la realidad del subsuelo y proporciona información fundamental para la toma de decisiones preventivas, manteniendo la seguridad y efectividad del módulo administrativo a largo plazo.

IV. Discusión

Los resultados obtenidos mostraron que la inclusión de la interacción suelo-estructura (ISE) no genera variaciones significativas en los momentos flectores ni en los esfuerzos cortantes en vigas. En la dirección Y, los bloques I, II y III presentaron aumentos de 0.77 %, 0.75 % y 0.22 %, respectivamente; mientras que en la dirección X, las variaciones fueron de 0.08 %, 1.72 % y -0.02 %. En cuanto a los esfuerzos cortantes, se identificaron cambios igualmente marginales: en dirección Y, los bloques I, II y III mostraron incrementos de 0.12 %, 0.11 % y 0.01 %; y en dirección X, de -0.02 %, 0.07 % y 0.02 %, respectivamente. En cambio, los momentos en columnas experimentaron una reducción moderada en la dirección Y: -4.24 %, -2.09 % y -2.24 % para los bloques I, II y III. Esto indicó una redistribución de cargas por efecto de la ISE, que alivia parcialmente la demanda interna en columnas. Estos hallazgos coinciden parcialmente con lo reportado por Ccapa (2021), quien afirma que las fuerzas internas en columnas tienden a disminuir con ISE, así como con Acuña y Molina (2023), quienes observaron variaciones menores al 0.5 % en esfuerzos cortantes. En ambos casos debido a la flexibilidad del suelo. En contraste, discrepan de lo señalado por Nelson et al. (2022), cuyos resultados indicaron aumentos de hasta 25 % en momentos en vigas y 39 % en columnas debido a que su edificio en estudio tenía mayor cantidad de niveles, y con Prada y Mateo (2022), quienes registraron incrementos extremos de hasta 79 veces por la presencia de dos sótanos y mayor altura estructural. También difieren de Condorluicho (2023), que reporta reducciones más significativas (21 % en momentos y 17 % en cortantes) en vigas por emplear un sistema estructural distinto y normas internacionales como la rusa.

Al considerar la interacción suelo-estructura (ISE), se observó un incremento en los períodos de vibración respecto al modelo con base empotrada: en el bloque I pasó de 0.347 s a 0.375 s (8.17 %), en el bloque II de 0.344 s a 0.368 s (7.24 %) y en el bloque III de 0.486 s a 0.506 s

(3.25 %). Estos hallazgos coinciden parcialmente con Condorluicho (2023), que reportó aumentos de hasta 17 %, y son consistentes con Nelson et al. (2022), Braña Nuez et al. (2022) y Ríos (2020), quienes sostienen que la base flexible reduce la rigidez y eleva el período de vibración. En cuanto a las derivas dinámicas, se cumplieron las exigencias de la Norma Técnica E.030 en los tres bloques, aunque con incrementos al considerar ISE: para el bloque I, entre 15.04 % y 16.78 % en dirección X-X y entre 0.73 % y 16.71 % en dirección Y-Y; en el bloque II, de 15.71 % a 18.92 % en X-X y de 12.50 % a 21.67 % en Y-Y; y en el bloque III, de 1.39 % a 18.92 % en X-X y de 4.46 % a 21.67 % en Y-Y. Estos resultados se alinean con investigaciones previas (Fernández et al., 2023; Braña Nuez et al., 2022; Nelson et al., 2022) que señalan incrementos moderados en derivas por la flexibilidad de la base, aunque difieren de Yajahuanca (2024), quien reportó aumentos de hasta 120 % en edificaciones de albañilería confinada, y de Condorluicho (2023), con valores de hasta 46 % debido a modelos de análisis de interacción suelo estructura avanzados. Respecto a los asentamientos verticales, se identificaron desplazamientos que no aparecen en la base empotrada, siendo en el bloque I de 16.12 mm a 17.29 mm (diferencial de 1.17 mm), en el bloque II de 3.14 mm a 5.21 mm (diferencial de 2.07 mm) y en el bloque III de 10.79 mm a 11.25 mm (diferencial de 0.46 mm). Estos valores coinciden con Fernández Limes y Cobelo Cristiá (2022), quienes obtuvieron asentamientos significativos en losas sin pilotes y menor en losas con pilotes, y guardan relación con Falcon (2024), que identificó variaciones de asentamientos y esfuerzos de presión en zapatas aisladas, aunque con magnitudes menores en el presente estudio debido a las zapatas corridas y la mayor rigidez estructural del sistema dual y muros estructurales. En conjunto, estos resultados reafirman la importancia de considerar la interacción suelo-estructura en el análisis de edificaciones para reflejar adecuadamente su comportamiento dinámico y los desplazamientos inducidos por el suelo.

Respecto a las recomendaciones para fortalecer el análisis estructural del módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén, considerar especialmente emplear sensores y ensayos geofísicos no invasivos. La elección de los sensores de desplazamiento, acelerómetros y galgas extensiométricas responde a que estos han sido ampliamente validados en investigaciones recientes como la de Di Nuzzo et al (2021), Guamán González et al (2025) y Bacuilima y Barbecho (2022) demostrándose resultados confiables y precisos para evaluar la salud estructural. Además, la inclusión de estudios la refracción sísmica, micro tremores y el método MASW se justifica en las investigaciones de Ortiz-Abril et al (2023) y Alonso Pandavenes et al (2023) por su capacidad para caracterizar las propiedades dinámicas del suelo sin causar daños en la infraestructura. Al preferir estos métodos sobre otros, se prioriza la eficacia y la viabilidad de los análisis en edificaciones existentes, evitando intervenciones costosas o destructivas. Esta propuesta se basa en la coherencia con estudios que han registrado mejoras significativas en la interpretación de la interacción suelo-estructura y la respuesta dinámica de edificaciones.

V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

El análisis de la interacción suelo–estructura (ISE) en el módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén–2025 evidenció que, aunque la flexibilidad del suelo incrementa moderadamente los periodos de vibración, las derivas y los asentamientos, todos los valores se mantienen dentro de los límites normativos de la E.030. Los cambios en momentos y cortantes son mínimos, observándose solo una ligera redistribución en columnas. Esto confirma que la edificación presenta un desempeño sísmico adecuado, sin requerir refuerzos estructurales inmediatos, recomendándose la implementación de monitoreo estructural y estudios geofísicos periódicos para asegurar su seguridad y funcionalidad a largo plazo.

El análisis del comportamiento del módulo administrativo bajo condiciones estáticas suelo estructura no generó variaciones significativas en los momentos flectores ni en las fuerzas cortantes en las vigas, con diferencias máximas de 1.72% y 0.12%, respectivamente. Sin embargo, en las columnas se observó una disminución moderada en los momentos flectores, alcanzando hasta un 4.24%, lo cual indica una redistribución de cargas internas asociada a la flexibilidad de la cimentación.

La evaluación del comportamiento dinámico del módulo administrativo frente a cargas sísmicas mediante la interacción suelo-estructura provocó un incremento en los periodos de vibración del sistema estructural, alcanzando variaciones de 8.17%, 7.24% y 3.25% para los bloques I, II, III, respectivamente. También ocasionó un incremento relativo máximo de 21.67% en derivas. Además, produjo asentamientos de hasta 17.29 mm en la cimentación y asentamiento diferencial máximo de 2.07 mm en el bloque II. de Este comportamiento es coherente con la teoría estructural, que indicó que una base flexible reduce la rigidez global de la estructura, generando

un sistema más flexible y con mayores periodos, derivas y asentamientos. Este Hallazgo confirma que la ISE tiene incidencia directa en la respuesta dinámica, aunque en el caso estudiado no representa un riesgo estructural significativo.

La simulación de la interacción suelo- estructura bajo condiciones estáticas y dinámicas utilizando el método de elementos finitos permitió representar adecuadamente la ISE tanto en condiciones estáticas como dinámicas, capturando sus efectos con fidelidad y coherencia respecto a investigaciones previas. Esta herramienta resultó clave para analizar con precisión los cambios en momentos, cortantes y desplazamientos estructurales.

Las recomendaciones para el diseño y refuerzo estructural del módulo administrativo en función a los resultados obtenidos, se determinó que no es necesario implementar refuerzos estructurales inmediatos, dado que la edificación cumple con los límites normativos. No obstante, se recomienda la incorporación sistemática de sensores estructurales junto con la aplicación de estudios geofísicos constituye la solución más adecuada para garantizar un monitoreo y una evaluación continua y precisa del comportamiento estructural y de las condiciones del subsuelo. Esta integración de tecnologías retrofitting preventivo permite detectar a tiempo las zonas vulnerables, optimizar las intervenciones de refuerzo y conservación del módulo administrativo, y asegurar su seguridad y funcionalidad frente a la interacción suelo-estructura en condiciones estáticas y dinámicas.

En base a los resultados, se rechaza la hipótesis. No se verificaron asentamientos diferenciales dentro del rango de 15mm a 25mm. En cuanto a la distribución de cargas, si bien se identificaron variaciones en columnas y vigas, estas no alcanzaron el rango estimado de 10% a 30%, por lo que se rechaza también este punto. Finalmente, respecto a la capacidad de resistencia estructural, no se evidenció una disminución significativa del dentro del rango de 5% a 10%, ya

que los cambios registrados fueron mínimos y sin incidencia estructural relevante. Por tanto, la hipótesis no se valida, aunque se reconoce que la interacción suelo-estructura genera efectos moderados en el comportamiento del módulo administrativo.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda que futuras investigaciones sobre edificaciones institucionales construidas sobre suelos similares al del módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén consideren de manera obligatoria el análisis de interacción suelo-estructura (ISE), tanto en condiciones estáticas como dinámicas. Esta recomendación se basa en que la ISE, aunque no siempre genere cambios estructurales críticos, sí altera la distribución de esfuerzos, el periodo estructural y la respuesta global del sistema. Como propuesta de mejora en el diseño, se sugiere comparar alternativas de cimentación como zapatas conectadas, zapatas combinadas o losas de cimentación, que podrían reducir asentamientos diferenciales y optimizar la rigidez del sistema estructural.

Se aconseja ampliar el alcance de la investigación hacia edificaciones de diferente configuración geométrica y estructural, tales como pórticos, muros portantes, sistemas duales y edificios de mayor altura. Estas variaciones permitirían analizar cómo influye la ISE en función del tipo de sistema estructural, su rigidez, cantidad de niveles y tipo de cimentación empleada. Además, Se propone realizar comparaciones entre edificaciones cimentadas superficialmente y aquellas con cimentaciones profundas, como pilotes, para determinar los cambios en el comportamiento estructural ante la interacción con el suelo.

Se sugiere implementar modelos de análisis dinámico más avanzados, como el análisis paso a paso en el dominio del tiempo (time history) o modelos basados en normativas internacionales como la norma rusa. Estos modelos permiten representar de forma más realista fenómenos como la no linealidad del suelo, la degradación progresiva de rigidez, la redistribución

de esfuerzos durante sismos y el amortiguamiento dependiente de la deformación. Aplicar estos enfoques sería útil especialmente en estructuras críticas o de gran altura ubicadas sobre suelos flexibles.

Se recomienda integrar sistemas de monitoreo estructural que incluyan sensores de desplazamiento en la base para medir asentamientos, acelerómetros en elementos estructurales clave para registrar vibraciones y galgas extensiométricas para evaluar deformaciones. Esta instrumentación permitiría monitorear el comportamiento de la estructura en tiempo real ante eventos sísmicos o cargas gravitacionales, además de validar los modelos numéricos utilizados y facilitar decisiones de refuerzo o mantenimiento. Asimismo, se recomienda complementar estos estudios con ensayos geofísicos no invasivos tales como la refracción sísmica, micro tremores y el método MASW, que permiten obtener perfiles dinámicos del terreno sin alterar la infraestructura, contribuyendo a una caracterización más precisa del suelo y una mejor simulación de la interacción suelo-estructura.

VI. Referencias Bibliográficas

- Achá, M., Moscoso, Á., & Gonzales, G. (2024). Análisis paramétrico de la interacción suelo-estructura en una cimentación aislada por el método de elementos finitos. *Investigación y desarrollo*, 24(1), 5-20. doi:<https://doi.org/10.23881/idupbo.024.1-1i>
- Acuña Izquierdo, F., Smith Castilla, J., Luna Villadiego, M., & Barrios Valverde, J. (2023). Interacción Suelo Estructura: una Revisión del Estado del Arte. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*, 7, 6564-6577. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7427
- Acuña, I. F., & Molina, G. C. (Agosto de 2023). Efectos de la interacción suelo estructura (ISE) en una edificación de 5 pisos tipo pórtico en concreto reforzado sobre suelo blando (arcilla) típico en la ciudad de Montería – Córdoba. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 4471-4494. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7293
- Alonso-Pandavenes, O., Andrade-Mendoza, C., & Torrijo-Echarri, F. J. (2023). La investigación geofísica en los estudios de balsas de relaves: su aplicación e inclusión en el ACUERDO N° MERNNR-MERNNR-2020-0043-AM de la República de Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 39-57. doi:http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2602-84842023000200039
- Alvarado García, C. A., & García Mascco, A. G. (2021). *Influencia del análisis de Interacción Suelo-Estructura en Respuesta Estructural en Edificios de Concreto Armado-Lima 2021 [Tesis de Título Profesional, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29874>

- Araca LLanos, F. H., Gómez Catacora, L., Cahui Galarza, A., & Marín Mamani, G. (2020). Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento de las viviendas aporticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca. *Revista Científica de la UCSA*, 7(2), 70-81. doi:10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.02.070
- Araca, L. F., Gómez, C. L., Cahui, G. A., & Marín, M. G. (2020). Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento de las viviendas aporticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca. *Revista Científica de la UCSA*, 7(2), 70-81. doi:10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.02.070
- Arestegui Tacuri, R. J. (2024). *Evaluación del desempeño sísmico considerando interacción suelo-estructura de la infraestructura de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, UNSCH, 2023 [Tesis de título profesional, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]*. Repositorio Institucional de la UNSCH. Obtenido de <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7227>
- Armando, H., Héctor, S., Agustín, D., & Norma, L. (2019). Análisis tridimensional de la interacción suelo-estructura estática de un edificio con cimentación a base de zapatas desplantadosobre un suelo friccionante . *Revista Libros electrónicos de prensa de IOS*, 1010-1017. doi:10.3233/STAL190141
- ArquiñegoLaulate, J. J., & Velásquez Barrios, N. I. (2021). *Influencia del análisis de Interacción Suelo-Estructura en Respuesta Estructural en Edificios de Concreto Armado-Lima 2021 [Tesis de Título Profesional, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29874>

- Bacuilima-Illescas, M. A., & Barbecho-Chuisaca, J. (2022). Sistemas de Monitoreo de Salud Estructural de Estructuras Civiles: una revisión bibliográfica. *Revista Multidisciplinaria Arbitrada de Investigación Científica*, 6(3), 1811-1837. doi:<https://doi.org/10.56048/MQR20225.6.3.2022.1811-1837>
- Botero, P. J., Jaramillo, F. J., & Rochel, A. R. (2004). Evaluación de los efectos inerciales de interacción dinámica suelo-estructura para edificaciones ubicadas en Medellín. *REVISTA Universidad EAFIT*, 40(134), 90-104. doi:hdl.handle.net/10784/17200
- Braña Nuez, P., Gamón Payret, R., Fundora Sautié, N., & Martínez Cid, J. (02 de Setiembre de 2022). Influencia de la altura en la consideración de la interacción dinámica suelo-estructura en edificaciones con tipología mixta ubicadas en zonas de alto peligro sísmico. 40(1), págs. 6-27. doi:<https://doi.org/10.14482/inde.40.01.621.852>
- Cabrera, R. J. (2020). *Evaluación lineal y no lineal de la interacción suelo-estructura en edificios de concreto reforzado [Tesis de Magister, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito]*. Repositorio Institucional de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Obtenido de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1198>
- Calderín, M. F., Almenarez, L. D., & Boada, F. D. (2020). Consideración del Fenómeno Interacción Suelo-Estructura en Edificio Prefabricado. *Ciencias en su PC*, 1(4), 79-94. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1813/181366194007/181366194007.pdf>
- Calderín-Mestre, F., Almenarez-Labañino, D., & Boada-Fernández, D. (2020). Consideración del Fenómeno Interacción Suelo-Estructura en Edificio Prefabricado. *Ciencias en su PC*, 1(4), 79-94. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181366194007>
- Castro, P. C., & Pérez, M. G. (2020). *Análisis de la interacción suelo - estructura estática para una edificación regular de hormigón armado y 3 tipos de suelos [Tesis de pregrado,*

- Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito*]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18193>
- Ccapa, A. B. (2021). *Influencia de la interacción dinámica suelo-estructura en la respuesta sísmica de una edificación de concreto armado con irregularidad de piso blando en primer nivel en un suelo de tipo grava [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]*. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana Unión. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/4790>
- Chugden, O. N., & Perez, L. J. (2024). *Análisis de interacción estática sueloestructura mediante el modelamiento estructural sismorresistente de una edificación de 6 niveles, en la Ciudad de Jaén-2022 [Tesis de título, Universidad Nacional de Jaén]* . Repositorio Institucional de la UNJ. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/665>
- Condorluicho, L. L. (2023). *Influencia de la Interacción Suelo-Estructura en la Respuesta Dinámica de un Edificio Aporticado en Cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De Cajamarca]*. Repositorio Institucional de la UNC. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5501>
- Damián, G. Y. (2023). *Interacción suelo – estructura y no linealidad de los elementos resistentes para determinar el nivel de daño por sismo en la I.E. N°11014 ubicada en la provincia de Chiclayo [Tesis de título profesional, Universidad San Matin de Porres]*. Repositorio Institucional de la USMP. Obtenido de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/13722>

- Dhahbia, G., & Salah, K. (2019). Soil-structure interaction effects on theseismic performanceof frame structures. *Revista de la Construcción. Journal of Construction*, 18(2), 349-363. doi:<https://doi.org/10.7764/RDLC.18.2.349>
- Di Nuzzo, F., Brunelli, D., Polonelli, T., & Benini, L. (2021). Sistema de monitorización de la salud estructural con sensores IoT y MEMS de banda estrecha. *Revista IEEE Xplore*, 21(14), 16371 - 16380. doi:<https://doi.org/10.1109/JSEN.2021.3075093>
- Diario oficial El Peruano. (21 de Julio de 2021). *Cajamarca: Fuerte sismo de magnitud 5.2 se registró esta mañana en San Ignacio*. Recuperado el 19 de Julio de 2024, de Instituto Geofísico del Perú: <https://www.elperuano.pe/noticia/125077-cajamarca-fuerte-sismo-de-magnitud-52-se-registro-esta-manana-en-san-ignacio>
- E.030 Diseño Sismorresistente. (22 de Octubre de 2018). *Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO*. Obtenido de Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): <https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUphg6C559bi-/view>
- Falcon, N. N. (2024). *Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023 [Tesis de título, Universidad César Vallejo]*. Repositorio Institucional de la UCV. Recuperado el 04 de Agosto de 2024, de file:///D:/TESIS%202024/Falcon_NNE-SD.pdf
- Fernández Limés, A., & Cobelo Cristiá, W. (Setiembre de 2022). Influencia de la Interacción Suelo-Estructura en Edificación de Baja Altura. *Revista Ciencia y Construcción*, 3(3), 34-41. Obtenido de <https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/120/100>

- Fernández Limés, A., Fernández Lorenzo, I., & Cobelo Cristiá, W. (2023). Influencia de la interacción suelo-estructura estática en edificios de 100 metros de altura. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 41(2), 213-232. doi:10.14482/inde.41.02.201.456
- Fernández, L. A., Fernández, L. I., & Cobelo, C. W. (2023). Influencia de la interacción suelo-estructura estática en edificios de 100 metros de altura. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 41(2), 213-232. doi:10.14482/inde.41.02.201.456
- Garay Chávez, R. K. (2017). *Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto “multifamiliar los Balcones del Valle” barrio Columbo-Cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]*. Repositorio Institucional de la UNC. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1022>
- Gonzales, J. A. (Junio de 2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Recuperado el 26 de Julio de 2024, de Scala learning: https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf
- Guamán-González, G. G., Maldonado-Noboa, C., & Maldonado-Noboa, J. S. (2025). Monitoreo de Salud Estructural de un puente peatonal con galgas extensiométricas mediante el uso de iot technologies, sap 2000, bim- revit. *Revista Multidisciplinaria Arbitrada de Investigación Científica*, 9(2), 443-443. doi:<https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.2.2025.e443>
- Hansen, J. B. (1970). *Scribd*. Obtenido de Una formula revisada y ampliada para la capacidad de carga: <https://es.scribd.com/document/828514231/Hansen-1970>
- Indeci. (2005). *Ciudades sostenibles*. Obtenido de Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca: <https://siar.regioncajamarca.gob.pe/fuente-informacion/instituto-nacional-defensa-civil-indeci>

- Instituto Geofísico del Perú. (2009). *Sismología y Geodesia Espacial*. Obtenido de El Pulso de la Tierra: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/Moneda-143/Moneda-143-10.pdf>
- JC Sun. (2021). *MIDAS Engineering software*. Obtenido de Explicación básica de la malla de elementos finitos: <https://www.midasoft.com/bridge-library/basic-finite-element-mesh-explained>
- Joseph E. Bowles, R. S. (FOUNDATION ANALYSIS AND). 1997. Obtenido de https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2012/1/CI4402/1/material_docente/detalle?id=424204
- Lancheros, F., & Lady, C. (30 de Junio de 2012). *Investigación no experimental*. Recuperado el 29 de Julio de 2024, de Konrad Lorenz: <https://repositorio.konradlorenz.edu.co/handle/001/2317>
- Lincoln, A. M. (15 de Agosto de 2008). *Centro de Capacitación y Prevención para el Manejo de Emergencias y Medio Ambiente*. Recuperado el 19 de Julio de 2024, de S.O.S Vidas Perú: https://www.preventionweb.net/files/16782_historiadelosterremotosenelperu.pdf
- López, C. W., & Ocas, L. M. (2021). *Comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo -estructura de una edificación de cuatro niveles en La Molina -Cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/28236>
- Lopez, P. L. (2004). Población, muestra y muestreo. *Scielo*, 9(8). Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012
- Meyerhof, G. G. (1965). Cimentaciones superficiales. *Revista de la División de Mecánica de Suelos y Cimentaciones*, 91(2), 21-31. Obtenido de <https://doi.org/10.1061/JSFEAQ.0000719>

- NAFEMS. (s.f.). *The importance of mesh convergence – Part 1*. Obtenido de NAFEMS: <https://www.nafems.org/publications/knowledge-base/the-importance-of-mesh-convergence-part-1/>
- Nelson, A. L., Gabriela, E. P., Christian, F. C., Juan, C. V., Leonardo, J. L., José, D. A., . . . Vanessa, V. M. (2022). A Structural Design Comparison Between Two Reinforced Concrete Regular 6-Level Buildings using Soil-Structure Interaction in Linear Range. *Ingeniería e investigación*, 42(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.15446/ing.investig.v42n1.86819>
- Olivera , R., & Villareal , G. (2023). Interacción Suelo-Estructura para edificaciones con platea de cimentación por los modelos estático y dinámico. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 25, 137-171. doi:<https://doi.org/10.36561/ING.25.9>
- Oliveros Caicedo, M. A., Cotes prieto, D. S., & Zapata Orduz, L. E. (s.f.). Análisis comparativo en la respuesta lineal de sistemas estructurales muro-pórtico representativos de Bucaramanga incorporando interacción suelo estructura. *Revista Politécnica*, 19(38), 173-191. doi:<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n38a11>
- Ortega, C. (2024). *QuestiónPro*. Recuperado el 26 de Julio de 2024, de <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-no-probabilistico/>
- Ortiz-Abril, C. A., Maldonado-Noboa, C. H., & Maldonado-Noboa, J. S. (2023). Determinación de la velocidad de la onda de corte y el periodo del suelo, mediante ensayos geofísicos y acelerómetros triaxiales. *Revista Multidisciplinaria Arbitrada de Investigación Científica*, 7(1), 2227-2249. doi:<https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.1.2023.2227-2249>
- Prada, C. G., & Mateo, S. I. (2022). *Influencia de la interacción suelo-estructura en la respuesta sísmica de un edificio de oficinas de 6 pisos y 2 sótanos considerando diferentes*

condiciones de suelo [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica Del Perú].

Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24247>

Rios, C. D. (2020). *ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN SÍSMICA SUELO - ESTRUCTURA EN UN EDIFICIO CON SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES SOMETIDO A DIFERENTES PERFILES DE SUELO, TRUJILLO 2020 [Tesis de Título Profesional, Universidad Privada del Norte].* Repositorio de la UPN. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24318>

Rizwan Riaz, M., Motoyama, H., & Hori, M. (2021). Review of soil-structure interaction based on continuum mechanics theory and use of high performance computing. *Geosciences*, 11(2), 72. doi:<https://doi.org/10.3390/geosciences11020072>

Romero Romero, E. C., & Almache Sanchez, L. M. (2022). Evaluación estructural de la iglesia patrimonial El Tambo considerando base rígida e Interacción dinámica suelo estructura. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(12), 3-23. doi:10.23857/pc.v7i8

SimScale. (2021). *What is convergence in Finite Element Analysis (FEA)?* Obtenido de SimScale Blog: <https://www.simscale.com/blog/convergence-finite-element-analysis/>

Terzaghi, K. (1943). *Ceint.* Obtenido de Mecánica teórica de suelos : <https://archive.org/details/theoretical-soil-mechanics-1943-by-karl-terzaghi/page/n11/mode/2up>

Universidad de Sevilla. (05 de Enero de 2022). *Biblus.* Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/3828/fichero/Cap%C3%ADtulos%252F5+An%C3%A1lisis+modal.pdf>

- Villarreal Castro, G. A., & Aguila Gómez, C. T. (2021). Interacción suelo-estructura y su influencia en la respuesta sísmica de edificios de concreto armado. *Revista Internacional de Ingeniería en Estructuras*, 26(3), 426-471. doi:<https://doi.org/10.24133/riie.v26i3.2336>
- Yajahuanca, C. D. (2024). *Análisis de la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos de albañilería confinada en la Molina, Nueva Cajamarca, 2023 [Tesis de título profesional, Universidad Católica Sede Sapientae]*. Repositorio Institucional de UCSS. Obtenido de <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/2212>

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por la vida y salud que nos ha brindado hasta el momento y permitir llegar hasta este punto de nuestra vida.

Al asesor por su apoyo constante e incondicional durante todo el proceso, que a través de su experiencia y dedicación se nos ha permitido que esta investigación se culmine de manera satisfactoria.

A nuestra familia por su amor incondicional y porque nunca nos dejaron de lado, brindándonos el apoyo emocional y económico pilares fundamentales para dar por concluida esta etapa de nuestra vida.

Dedicatoria

A mi adorables padres, Vilma Davila Guevara y Rogelio Laban Palacios

Quiero dedicarles esta tesis con todo mi amor y agradecimiento. Gracias por ser mi mayor fuente de inspiración y por enseñarme a enfrentar los desafíos con valentía y determinación. Su amor incondicional y tus sacrificios han sido el pilar fundamental en mi vida, permitiéndome llegar hasta aquí.

Cada paso que doy es un reflejo de sus enseñanzas y valores, y esta obra es un pequeño tributo a todo lo que han hecho por mí. Les agradezco por estar siempre a mi lado, apoyándome en cada etapa de este viaje académico.

Con todo mi cariño y admiración, esta tesis es para ustedes.

Laban Davila Yonatan.

A mis queridos padres, Olga Herrera Pintado y Sebastián Alberca Alberca:

Dedico esta tesis a ustedes con todo mi amor y gratitud. Su apoyo incondicional, amor, y sacrificio han sido la fuerza que me ha impulsado a alcanzar mis metas.

Mamá Olga, gracias por ser mi guía y por enseñarme la importancia de la perseverancia y la dedicación. Tu amor y sabiduría han sido fundamentales en cada paso de mi vida.

Papá Sebastián, gracias por ser mi ejemplo de trabajo arduo y honestidad. Tus consejos y tu fe en mí me han dado la confianza para superar cualquier obstáculo.

Este logro es tanto mío como de ustedes, ya que sin su apoyo y amor incondicional no habría sido posible. Les agradezco de corazón por todo lo que han hecho por mí.

Con todo mi amor y admiración,

Alberca Herrera Widclinter Duranquesnay

ANEXOS

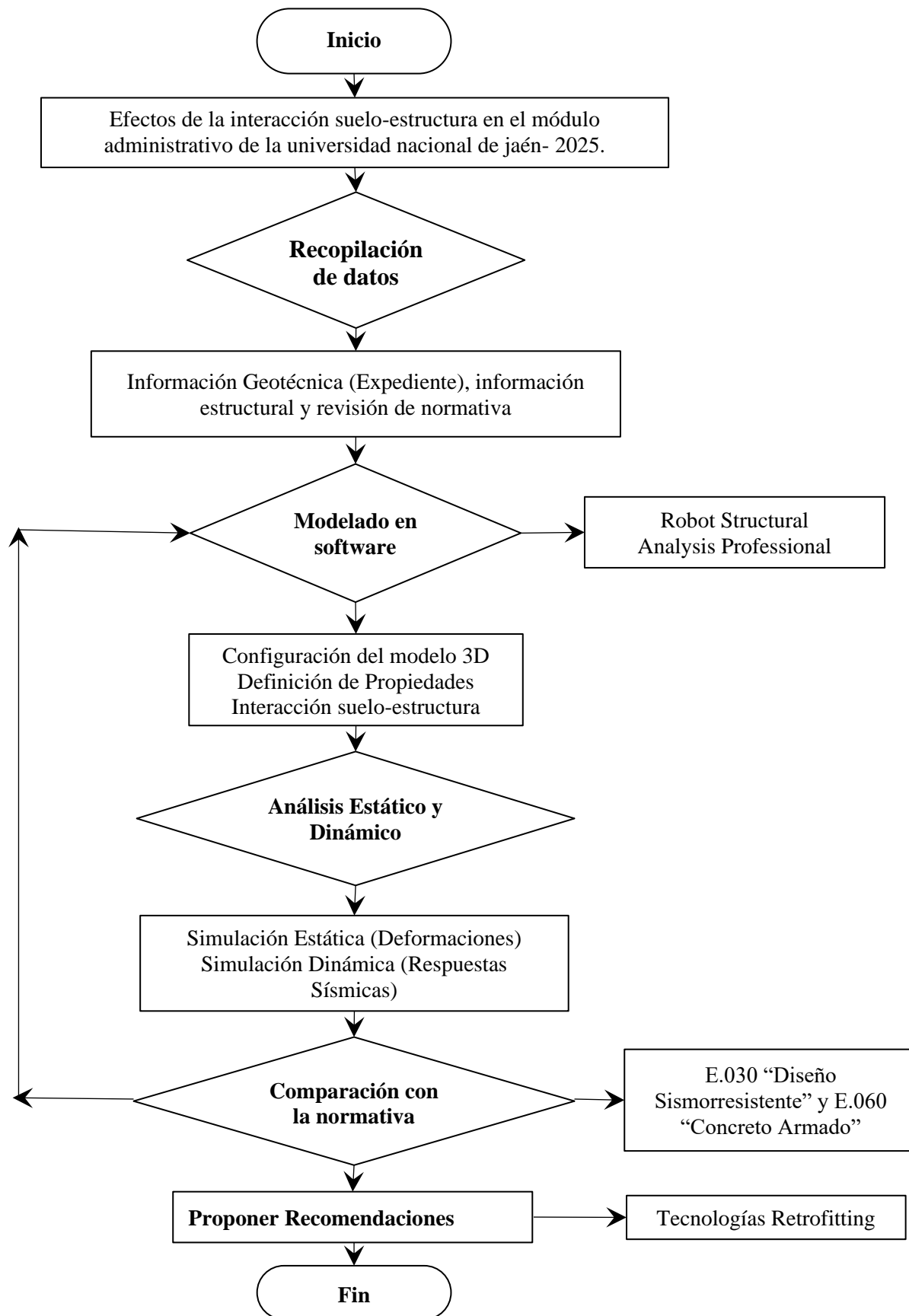
Anexo 1.*Matriz de operacionalización de la variable*

Variable	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Técnicas	Escala
Iteración Suelo- Estructura	Interacción Estática	Deformaciones estructurales	Software de modelado estructural (Robot Estructural)	Simulación estructural Modelamiento numérico por elementos finitos	Razón
		Asentamientos diferenciales			Razón
		Fuerzas internas			Razón
	Interacción Dinámica	Frecuencia natural de vibración	Software de análisis dinámico (Robot Estructural)	Análisis modal espectral Simulación sísmica	Razón
		Amortiguamiento			
		Desplazamientos máximos			
	Desempeño Estructural en Eventos Sísmicos	Respuesta estructural a las fuerzas internas	Software de modelado estructural (Robot Estructural)	Análisis comparativo con la normativa Simulación sísmica avanzada	Razón
		Desplazamientos relativos			
		Cumplimiento de la normativa sísmica	Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”		Nominal

Nota. El anexo 1 muestra la tabla de operacionalización de la variable "Interacción suelo-estructura," desglosada en dimensiones, indicadores, instrumentos de medición, técnicas de recolección de datos, y escala.

Anexo 2.

Flujograma del procedimiento de ejecución del proyecto de tesis



Anexo 3.*Tabla de espectro de diseño del bloque I y bloque III del Módulo administrativo*

Tn	C	Sa	Sa/g	Sv	Sd
0.0000	2.5000	2.1459	0.2188	0.0000	0.0000
0.1000	2.5000	2.1459	0.2188	0.3371	0.053
0.2000	2.5000	2.1459	0.2188	0.6742	0.212
0.3000	2.5000	2.1459	0.2188	1.0112	0.477
0.4000	2.5000	2.1459	0.2188	1.3483	0.847
0.5000	2.5000	2.1459	0.2188	1.6854	1.324
0.6000	2.5000	2.1459	0.2188	2.0225	1.906
0.7000	2.5000	2.1459	0.2188	2.3596	2.594
0.8000	2.5000	2.1459	0.2188	2.6967	3.389
0.9000	2.5000	2.1459	0.2188	3.0337	4.289
1.0000	2.5000	2.1459	0.2188	3.3708	5.295
1.1000	2.2727	1.9509	0.1989	3.3708	5.824
1.2000	2.0833	1.7883	0.1823	3.3708	6.354
1.3000	1.9231	1.6507	0.1683	3.3708	6.883
1.4000	1.7857	1.5328	0.1563	3.3708	7.413
1.5000	1.6667	1.4306	0.1458	3.3708	7.942
1.6000	1.5625	1.3412	0.1367	3.3708	8.472
1.7000	1.3841	1.1881	0.1211	3.1725	8.472
1.8000	1.2346	1.0597	0.1080	2.9963	8.472
1.9000	1.1080	0.9511	0.0970	2.8386	8.472
2.0000	1.0000	0.8584	0.0875	2.6967	8.472
2.1000	0.9070	0.7786	0.0794	2.5683	8.472
2.2000	0.8264	0.7094	0.0723	2.4515	8.472
2.3000	0.7561	0.6491	0.0662	2.3449	8.472
2.4000	0.6944	0.5961	0.0608	2.2472	8.472
2.5000	0.6400	0.5494	0.0560	2.1573	8.472
2.6000	0.5917	0.5079	0.0518	2.0744	8.472
2.7000	0.5487	0.4710	0.0480	1.9975	8.472
2.8000	0.5102	0.4379	0.0446	1.9262	8.472
2.9000	0.4756	0.4083	0.0416	1.8598	8.472

Tn	C	Sa	Sa/g	Sv	Sd
3.0000	0.4444	0.3815	0.0389	1.7978	8.472
3.1000	0.4162	0.3573	0.0364	1.7398	8.472
3.2000	0.3906	0.3353	0.0342	1.6854	8.472
3.3000	0.3673	0.3153	0.0321	1.6343	8.472
3.4000	0.3460	0.2970	0.0303	1.5863	8.472
3.5000	0.3265	0.2803	0.0286	1.5410	8.472
4.0000	0.2500	0.2146	0.0219	1.3483	8.472
5.0000	0.1600	0.1373	0.0140	1.0787	8.472
6.0000	0.1111	0.0954	0.0097	0.8989	8.472
7.0000	0.0816	0.0701	0.0071	0.7705	8.472
8.0000	0.0625	0.0536	0.0055	0.6742	8.472
9.0000	0.0494	0.0424	0.0043	0.5993	8.472
10.0000	0.0400	0.0343	0.0035	0.5393	8.472

Nota. El anexo 3 mostró valores de tiempo de 0s a 10s para el diseño de los espectros, tales como el de aceleraciones (sa/g), de velocidades (sv) y desplazamiento (sd). Para el diseño se trabaja con el espectro de aceleración. Esta descripción es afín para el módulo II.

Anexo 4.

Tabla de espectro de diseño del bloque I del Módulo administrativo

Tn	C	Sa	Sa/g	Sv	Sd(m)
0.0000	2.5000	1.8394	0.1875	0.0000	0.0000
0.1000	2.5000	1.8394	0.1875	0.2889	0.045
0.2000	2.5000	1.8394	0.1875	0.5779	0.182
0.3000	2.5000	1.8394	0.1875	0.8668	0.408
0.4000	2.5000	1.8394	0.1875	1.1557	0.726
0.5000	2.5000	1.8394	0.1875	1.4446	1.135
0.6000	2.5000	1.8394	0.1875	1.7336	1.634
0.7000	2.5000	1.8394	0.1875	2.0225	2.224
0.8000	2.5000	1.8394	0.1875	2.3114	2.905
0.9000	2.5000	1.8394	0.1875	2.6004	3.676
1.0000	2.5000	1.8394	0.1875	2.8893	4.538

Tn	C	Sa	Sa/g	Sv	Sd(m)
1.1000	2.2727	1.6722	0.1705	2.8893	4.992
1.2000	2.0833	1.5328	0.1563	2.8893	5.446
1.3000	1.9231	1.4149	0.1442	2.8893	5.900
1.4000	1.7857	1.3138	0.1339	2.8893	6.354
1.5000	1.6667	1.2263	0.1250	2.8893	6.808
1.6000	1.5625	1.1496	0.1172	2.8893	7.262
1.7000	1.3841	1.0183	0.1038	2.7193	7.262
1.8000	1.2346	0.9083	0.0926	2.5683	7.262
1.9000	1.1080	0.8152	0.0831	2.4331	7.262
2.0000	1.0000	0.7358	0.0750	2.3114	7.262
2.1000	0.9070	0.6673	0.0680	2.2014	7.262
2.2000	0.8264	0.6081	0.0620	2.1013	7.262
2.3000	0.7561	0.5563	0.0567	2.0099	7.262
2.4000	0.6944	0.5109	0.0521	1.9262	7.262
2.5000	0.6400	0.4709	0.0480	1.8491	7.262
2.6000	0.5917	0.4354	0.0444	1.7780	7.262
2.7000	0.5487	0.4037	0.0412	1.7122	7.262
2.8000	0.5102	0.3754	0.0383	1.6510	7.262
2.9000	0.4756	0.3499	0.0357	1.5941	7.262
3.0000	0.4444	0.3270	0.0333	1.5410	7.262
3.1000	0.4162	0.3062	0.0312	1.4912	7.262
3.2000	0.3906	0.2874	0.0293	1.4446	7.262
3.3000	0.3673	0.2702	0.0275	1.4009	7.262
3.4000	0.3460	0.2546	0.0260	1.3597	7.262
3.5000	0.3265	0.2402	0.0245	1.3208	7.262
4.0000	0.2500	0.1839	0.0188	1.1557	7.262
5.0000	0.1600	0.1177	0.0120	0.9246	7.262
6.0000	0.1111	0.0818	0.0083	0.7705	7.262
7.0000	0.0816	0.0601	0.0061	0.6604	7.262
8.0000	0.0625	0.0460	0.0047	0.5779	7.262
9.0000	0.0494	0.0363	0.0037	0.5137	7.262
10.0000	0.0400	0.0294	0.0030	0.4623	7.262

Anexo 5.

Tipo de suelo donde esta cimentado el módulo administrativo de la UNJ.

5.2 SUELO DE APOYO: Arena Arcillosa (SC) – (C-1, M-2)

Este tipo de suelo se encontró en varias zonas (exceptuando las zonas de la arcilla, mencionado anteriormente – Ver Plano de Zonificación en Anexos), las estructuras más importantes sobre este suelo son:

- Facultad de Ingeniería Civil
- Facultad de Industrias Alimentarias
- Facultad de Ingeniería Forestal

PAG. 13

- Facultad de Tecnología Medica
- Facultad de Ingeniería Mecánica
- Pool de Aulas
- Biblioteca Central
- Comedor Universitario
- Auditorium

- El área de Cimentación para el módulo Administrativo presenta un suelo de similares características al de la Facultad de Ingeniería Civil, por lo que se recomienda, al igual que el de Ingeniería Civil, eliminar los suelos orgánicos y cimentar sobre el material Arena Arcilloso.

Nota. La tabla muestra información relevante a considerar en la cimentación del módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén.

Anexo 6.

Tabla de combinaciones de cargas según la Norma E.060 “Concreto Armado”

COMBINACIÓN DE CARGAS R.N.E (E.060)	
SERVI	PP + CM + CV.
COMB 1	1.4CM + 1.7CV.
COMB 2	1.25(CM + CV) + SDINX.
COMB 3	1.25(CM + CV) - SDINX.
COMB 4	1.25(CM + CV) + SDINY.
COMB 5	1.25(CM + CV) - SDINY.
COMB 6	0.9CM + SDINX
COMB 7	0.9CM + SDINX
COMB 8	0.9CM + SDINY
COMB 9	0.9CM + SDINY
ENVOL	ENVOLVENTE DE (COMB1, COMB2,...COMB9)

Nota. La tabla muestra las diferentes combinaciones de carga que se pueden crear para simular los escenarios más desfavorables que podrían afectar a la estructura debido a que no siempre las cargas actúan de la misma forma.

Anexo 7.

Tabla resumen de la metodología aplicada.

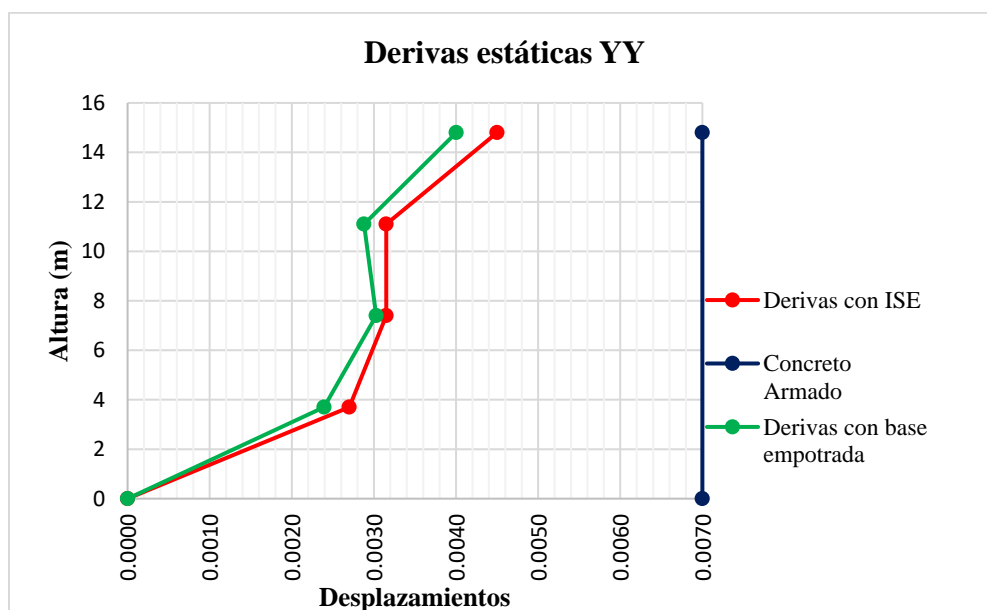
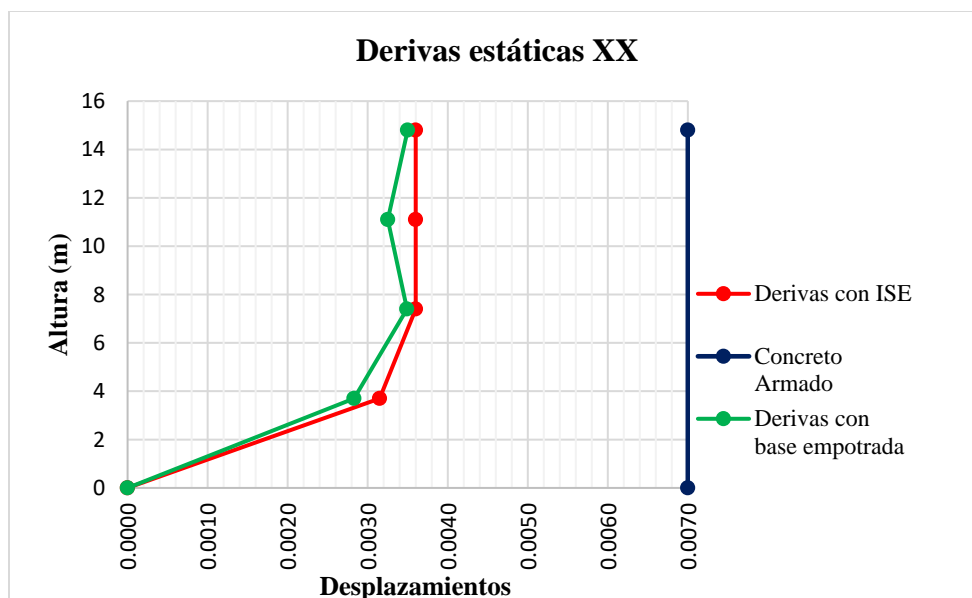
Ítem	Descripción
Modelo estructural	Tres bloques del módulo administrativo de la Universidad Nacional de Jaén, modelados en Autodesk Robot Structural Analysis 2025. Se consideró cimentación con zapatas corridas representadas mediante resortes de fundación.
Supuestos	Materiales lineales elásticos; suelo homogéneo e isótropo; análisis modal espectral con ISE y base empotrada para comparación; amortiguamiento estructural + radiacional; cargas aplicadas según RNE E.020

Ítem	Descripción
Resortes de fundación	Coeficiente de balasto vertical $K_z = 4100 \text{ T/m}^3$; $K_x = K_y = 3280 \text{ T/m}^3$ (80% de K_z). Valores obtenidos del estudio de suelos y ajustados según Bowles (1997).
Amortiguamiento	$\xi = 5\%$ estructural según Norma E.030 y ASCE 7-22. Considera disipación adicional del suelo con modelos clásicos.
Parámetros sísmicos (E.030)	Zona sísmica $Z = 0.45$; Suelo $S = S3$; Factor de uso $U = 1.0$; Coef. reducción $R = 7$ y 6 ; Coef. sísmico $C = 2.50$. Valores de T , TP y TL obtenidos según espectro de diseño.
Combinaciones de carga	Combinaciones de cargas según RNP E,060. Incluye torsión accidental ($\pm 5\%$) según RNP E.030 y segundo orden geométrico (P- Δ).
Controles verificados	Deriva máxima $\leq 0.007h$ (E.030); Corte basal; Periodos de vibración; Asentamientos diferenciales; Índice de estabilidad $\theta < 0.10$ (P- Δ).
Instrumentación recomendada	Instalación de sensores estructurales (acelerómetros, inclinómetros, extensómetros) para monitoreo permanente; ensayos geofísicos no invasivos (MASW, ReMi, micro tremores) para validar modelos futuros.

Nota. k_x , k_y y k_z corresponden a las rigideces de fundación en dirección horizontal y vertical, respectivamente. ξ representa el amortiguamiento equivalente. Z , S , U , R , C corresponden a los parámetros de la Norma Técnica E.030. Las combinaciones de carga incluyen la torsión accidental ($\pm 5\%$) y los efectos de segundo orden geométrico (P- Δ). Elaboración propia en base a la Norma Técnica E.030 (RNE), E.060 (RNE), Bowles (1997)

Anexo 8.

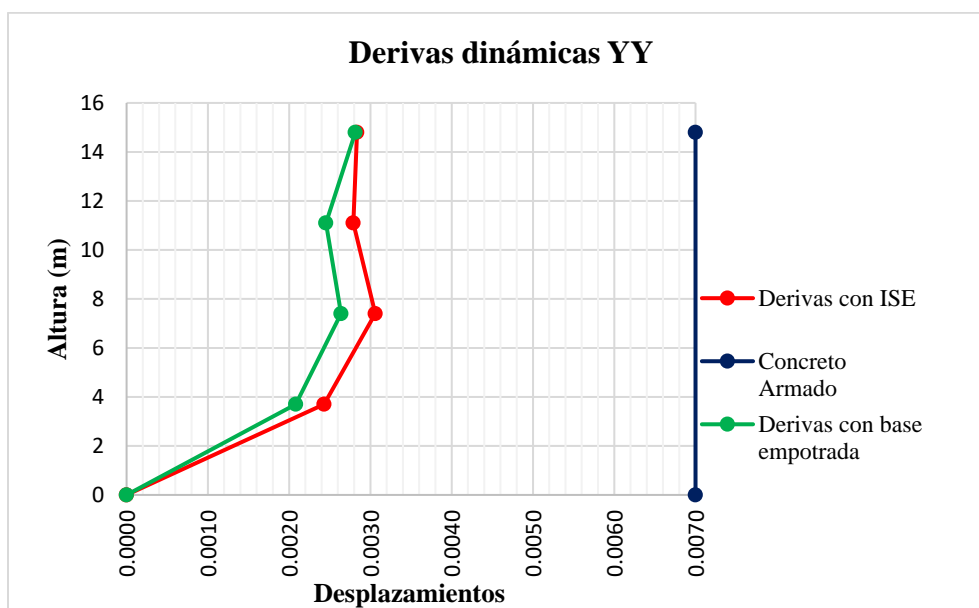
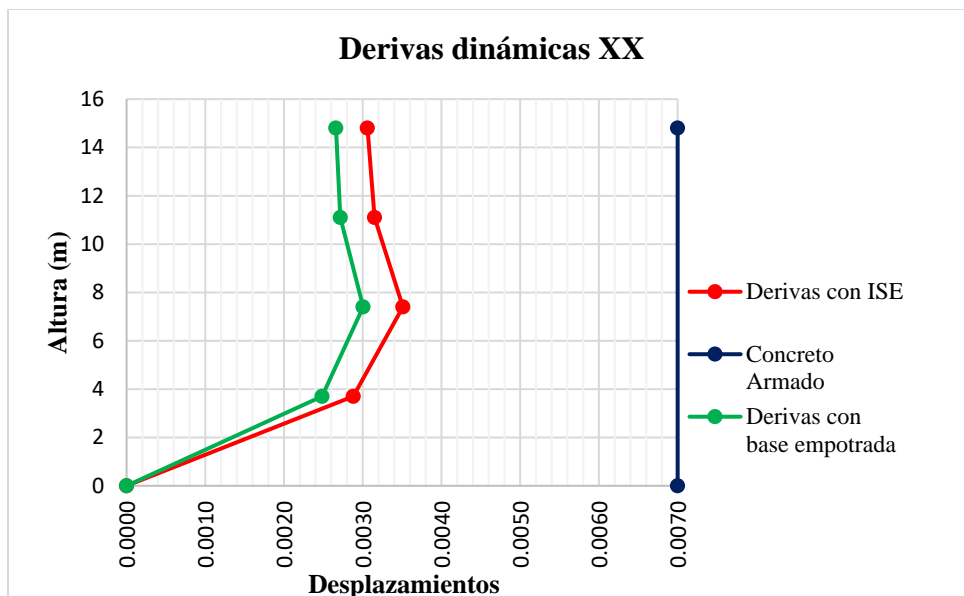
Gráfico de derivas estáticas en las direcciones XX y YY del bloque I



El gráfico muestra las derivas estáticas en la dirección XX y YY tanto para el análisis con ISE como el análisis con base empotrada, en ambos análisis las derivas cumplen con la normativa nacional (E.030) donde deben ser menores a 0.007. Las derivas más desfavorables las encontramos en el piso 2 y piso 4 para las direcciones XX y YY respectivamente.

Anexo 9.

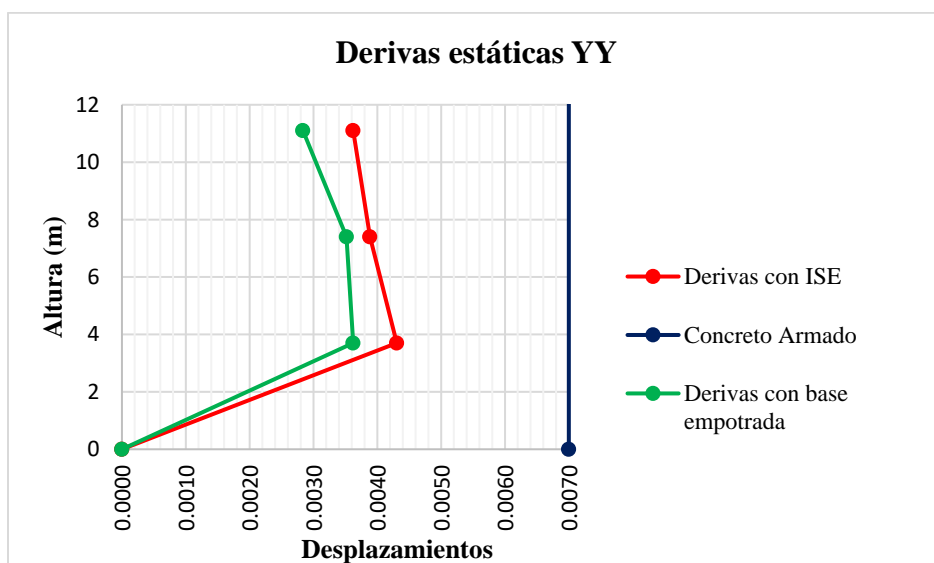
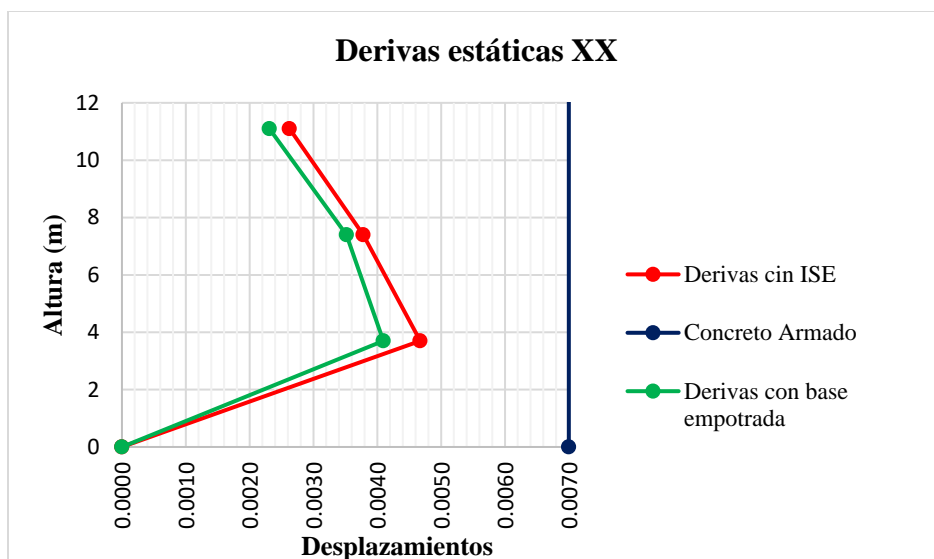
Gráfico de derivas dinámicas en las direcciones XX y YY del bloque I



El gráfico muestra las derivas dinámicas en la dirección XX y YY tanto para el análisis con ISE como el análisis con base empotrada, en ambos análisis las derivas cumplen con la normativa nacional (E.030) donde deben ser menores a 0.007. Las derivas más desfavorables están el piso 3 para ambas direcciones y ambos métodos.

Anexo 10.

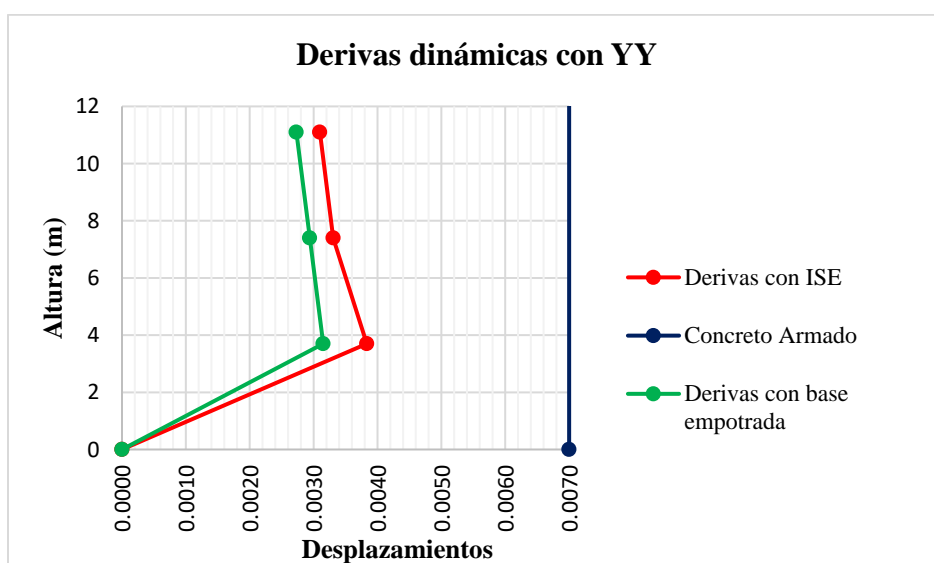
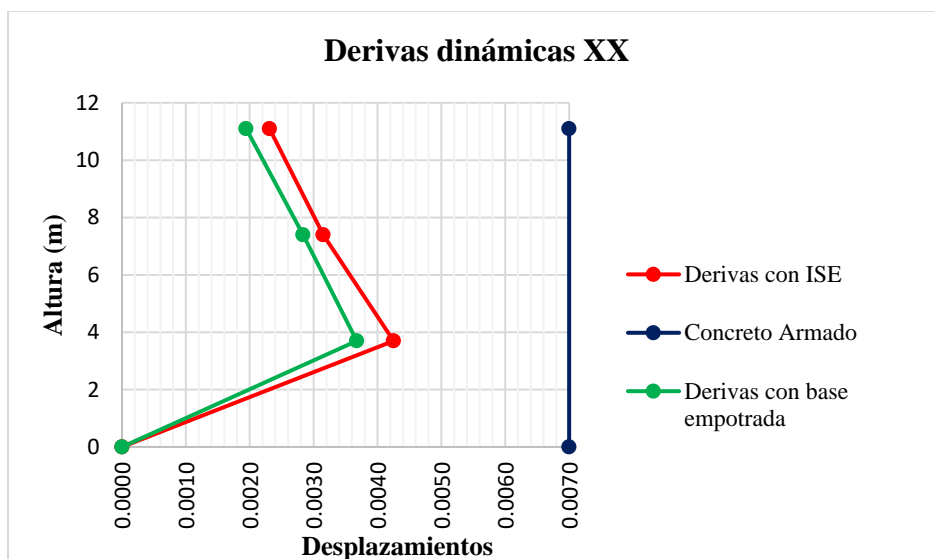
Gráfico de derivas estáticas en las direcciones XX y YY del bloque II



El gráfico muestra las derivas estáticas en la dirección XX y YY tanto para el análisis con ISE como el análisis con base empotrada, en ambos análisis las derivas cumplen con la normativa nacional (E.030) donde deben ser menores a 0.007. Las derivas más desfavorables están el piso 2 para ambas direcciones y ambos análisis.

Anexo 11.

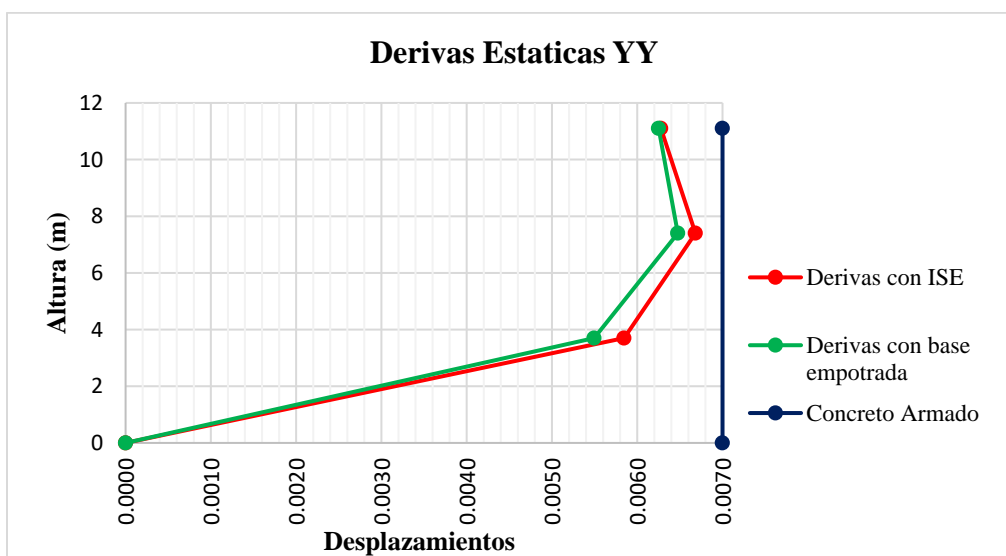
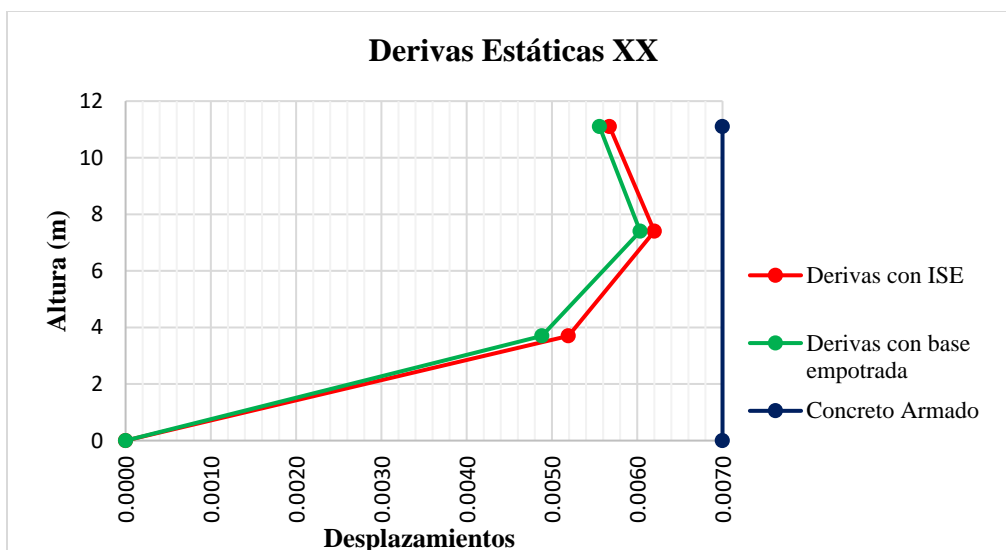
Gráfico de derivas dinámicas en las direcciones XX y YY del bloque II



El gráfico muestra las derivas dinámicas en la dirección XX y YY tanto para el análisis con ISE como el análisis con base empotrada, en ambos análisis las derivas cumplen con la normativa nacional (E.030) donde deben ser menores a 0.007. Las derivas más desfavorables están el piso 2 para ambas direcciones y ambos análisis.

Anexo 12.

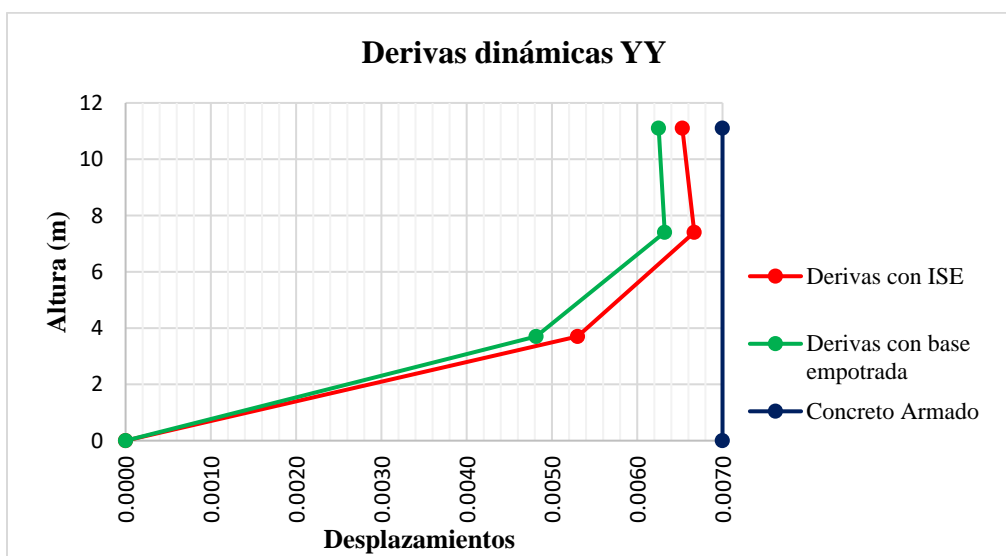
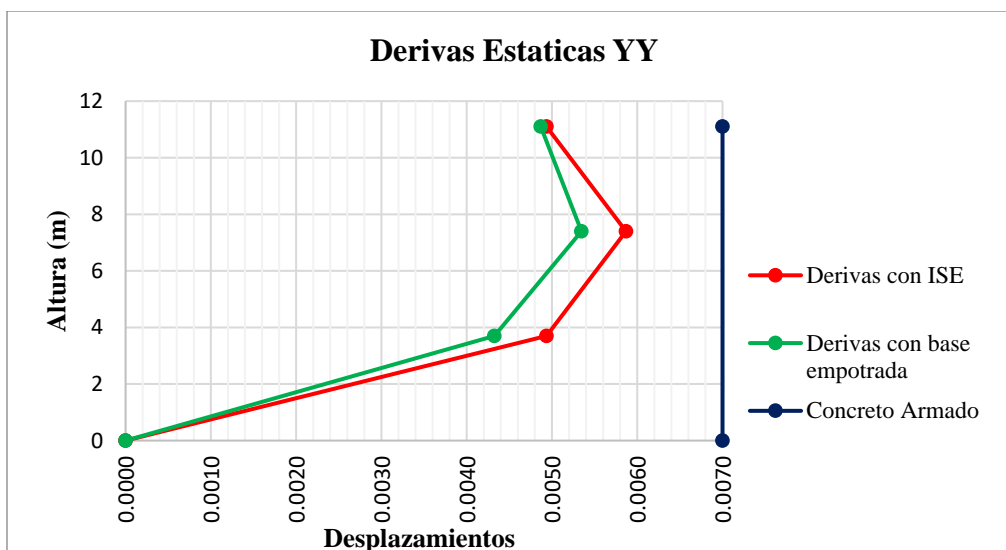
Gráfico de derivas estáticas en las direcciones XX y YY del bloque II



El gráfico muestra las derivas estáticas en la dirección XX y YY tanto para el análisis con ISE como el análisis con base empotrada, en ambos análisis las derivas cumplen con la normativa nacional (E.030) donde deben ser menores a 0.007. Las derivas más desfavorables están el piso 2 para ambas direcciones y ambos análisis.

Anexo 13.

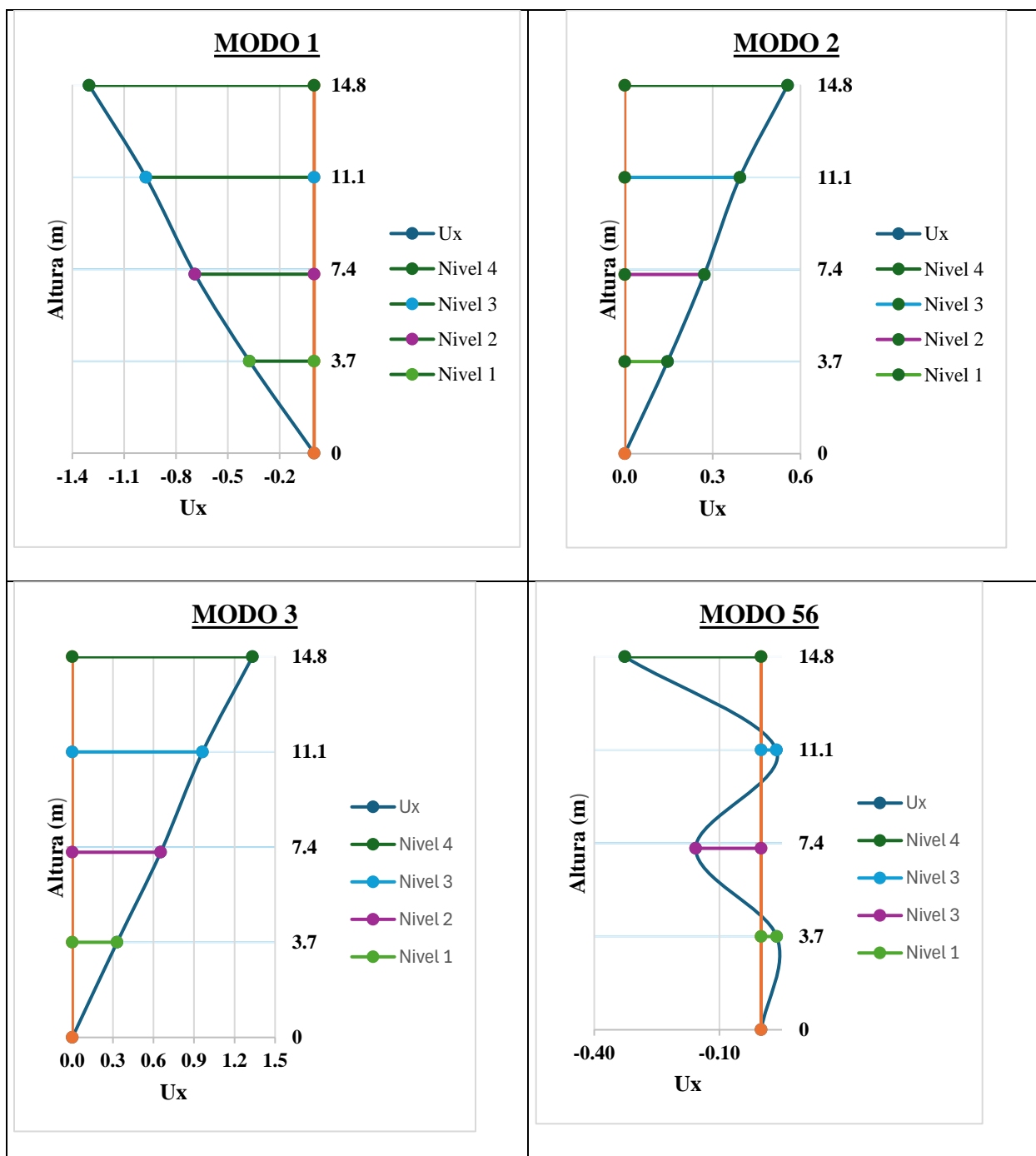
Gráfico de derivas dinámicas en las direcciones XX y YY del bloque I



El gráfico muestra las derivas dinámicas en la dirección XX y YY tanto para el análisis con ISE como el análisis con base empotrada, en ambos análisis las derivas cumplen con la normativa nacional (E.030) donde deben ser menores a 0.007. Las derivas más desfavorables están el piso 2 para ambas direcciones y ambos análisis.

Anexo 14.

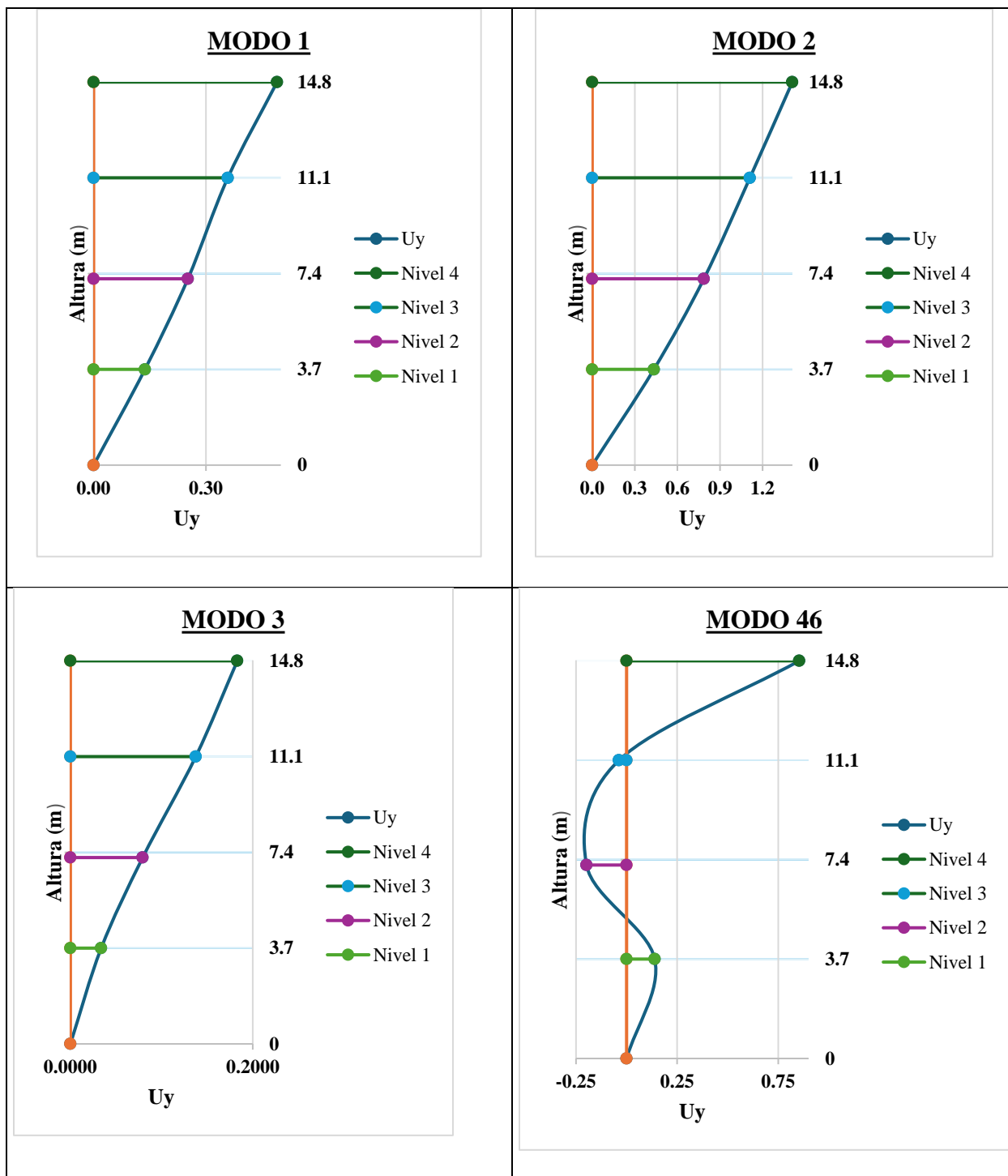
Formas Modales Deformadas del Bloque I en dirección X (Modos 1, 2, 3 y 56)



Nota. Los gráficos muestran las formas modales deformadas correspondientes a los Modos 1, 2 y 3 (representativos del comportamiento traslacional y torsional) y el Modo 4 (modo 56), en el cual se cumple con el 90 % de la masa modal acumulada en la dirección X, según lo establece la NTP E.030.

Anexo 15.

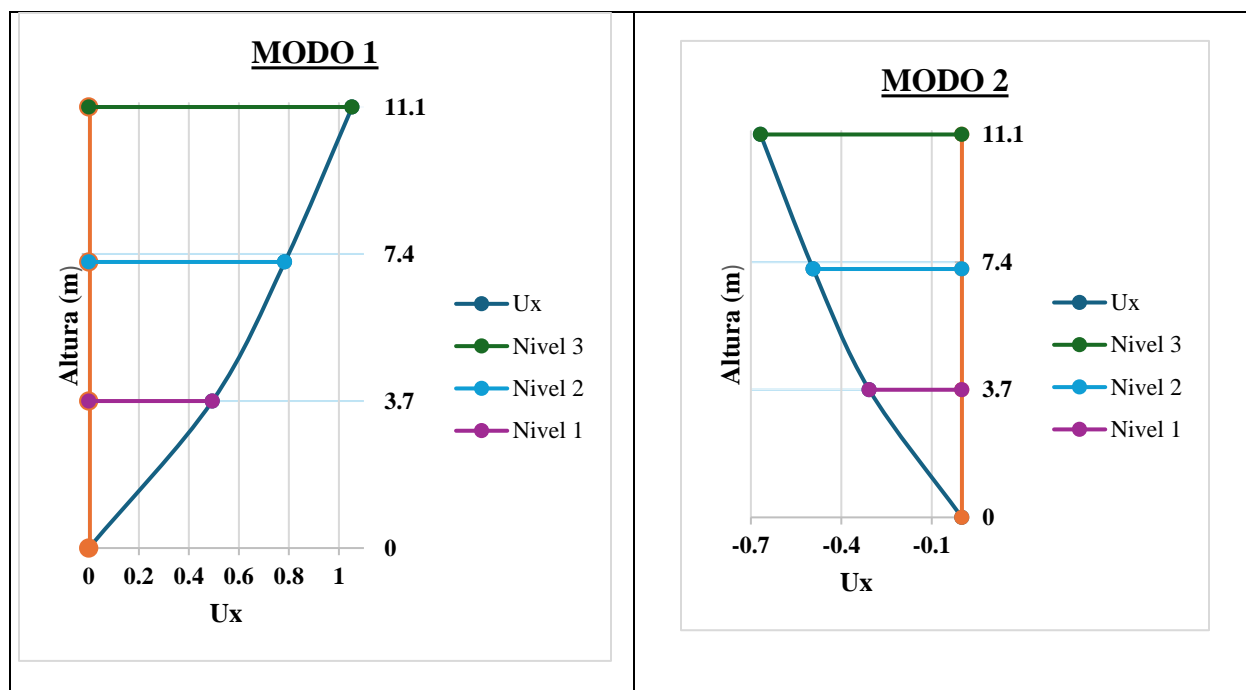
Formas Modales Deformadas del Bloque I en dirección Y (Modos 1, 2, 3 y 46)

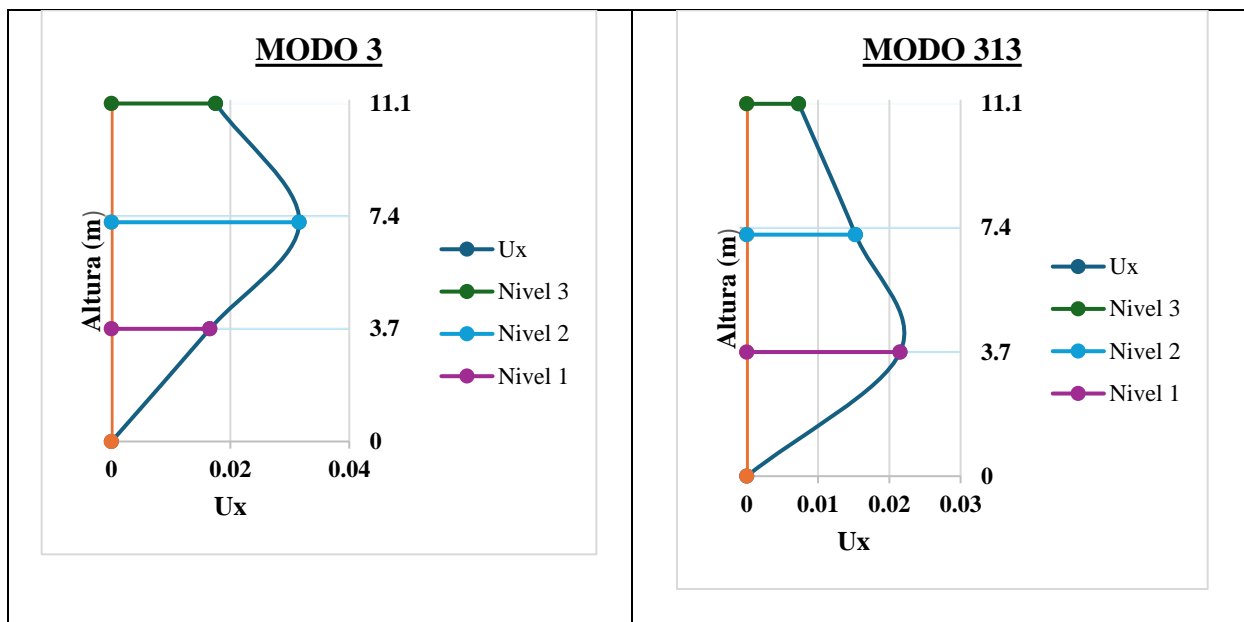


Nota. Los gráficos muestran las formas modales deformadas correspondientes a los Modos 1, 2 y 3 (representativos del comportamiento traslacional y torsional) y el Modo 4 (modo 46), en el cual se cumple con el 90 % de la masa modal acumulada en la dirección Y, según lo establece la NTP E.030.

Anexo 16.

Formas Modales Deformadas del Bloque II en dirección X (Modos 1, 2, 3 y 313)

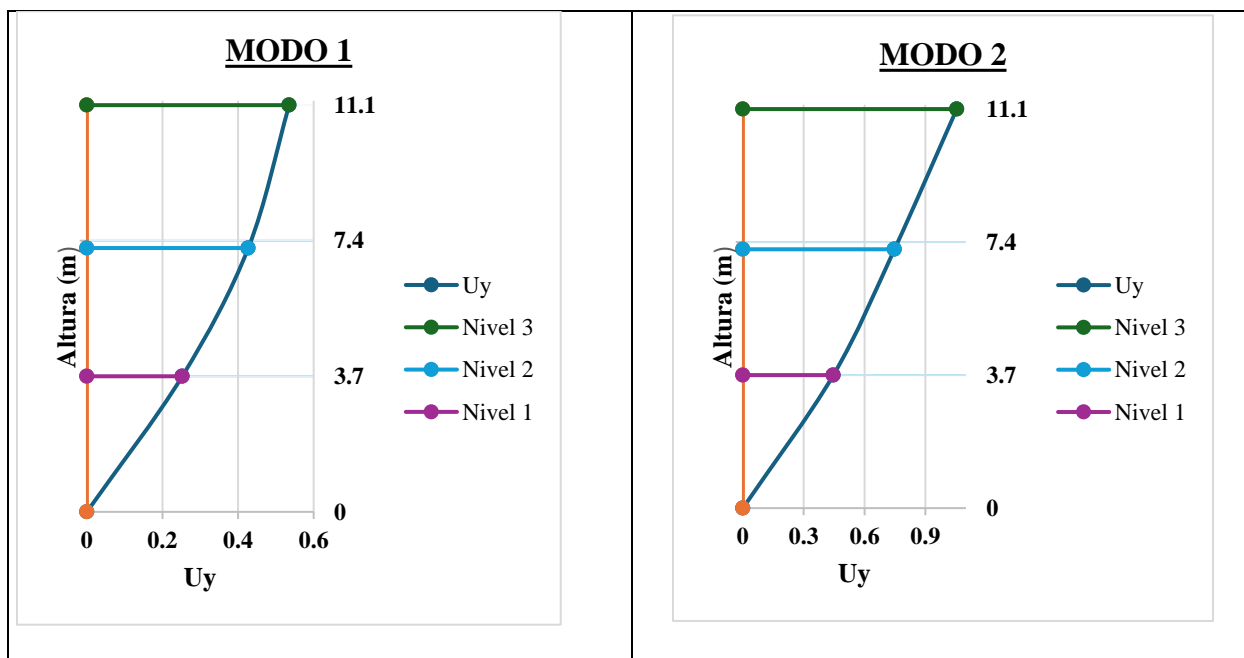


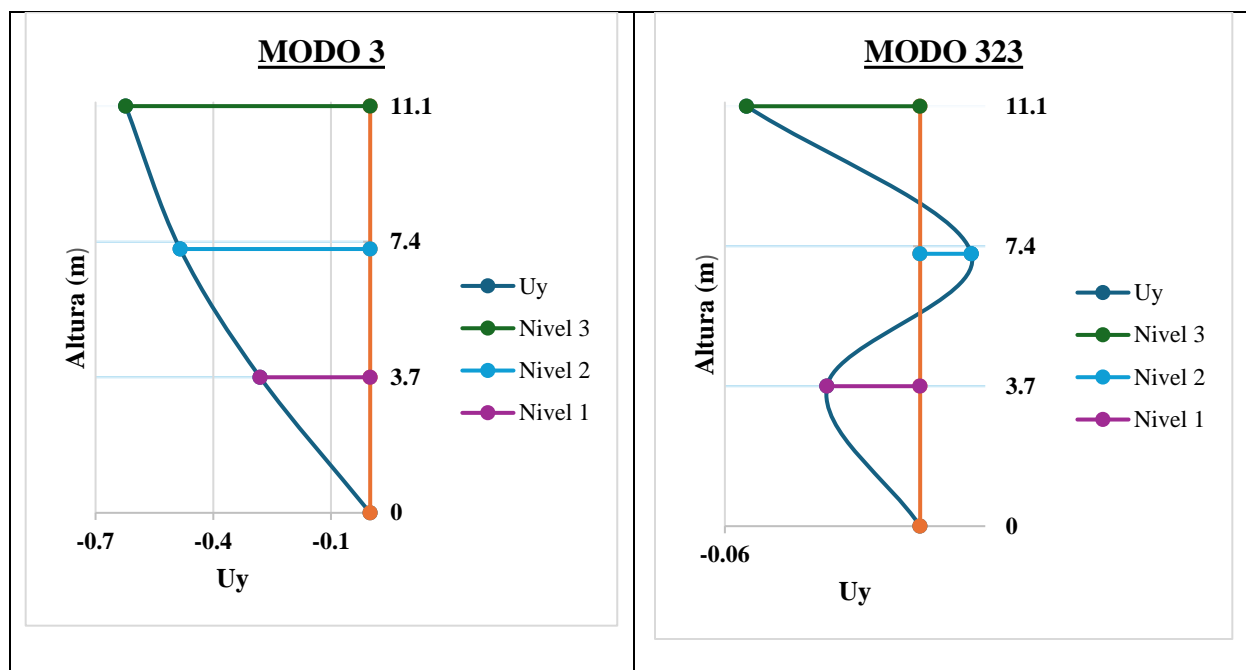


Nota. Los gráficos muestran las formas modales deformadas correspondientes a los Modos 1, 2 y 3 (representativos del comportamiento traslacional y torsional) y el Modo 4 (modo 313), en el cual se cumple con el 90 % de la masa modal acumulada en la dirección X, según lo establece la NTP E.030.

Anexo 17.

Formas Modales Deformadas del Bloque II en dirección Y (Modos 1, 2, 3 y 313)

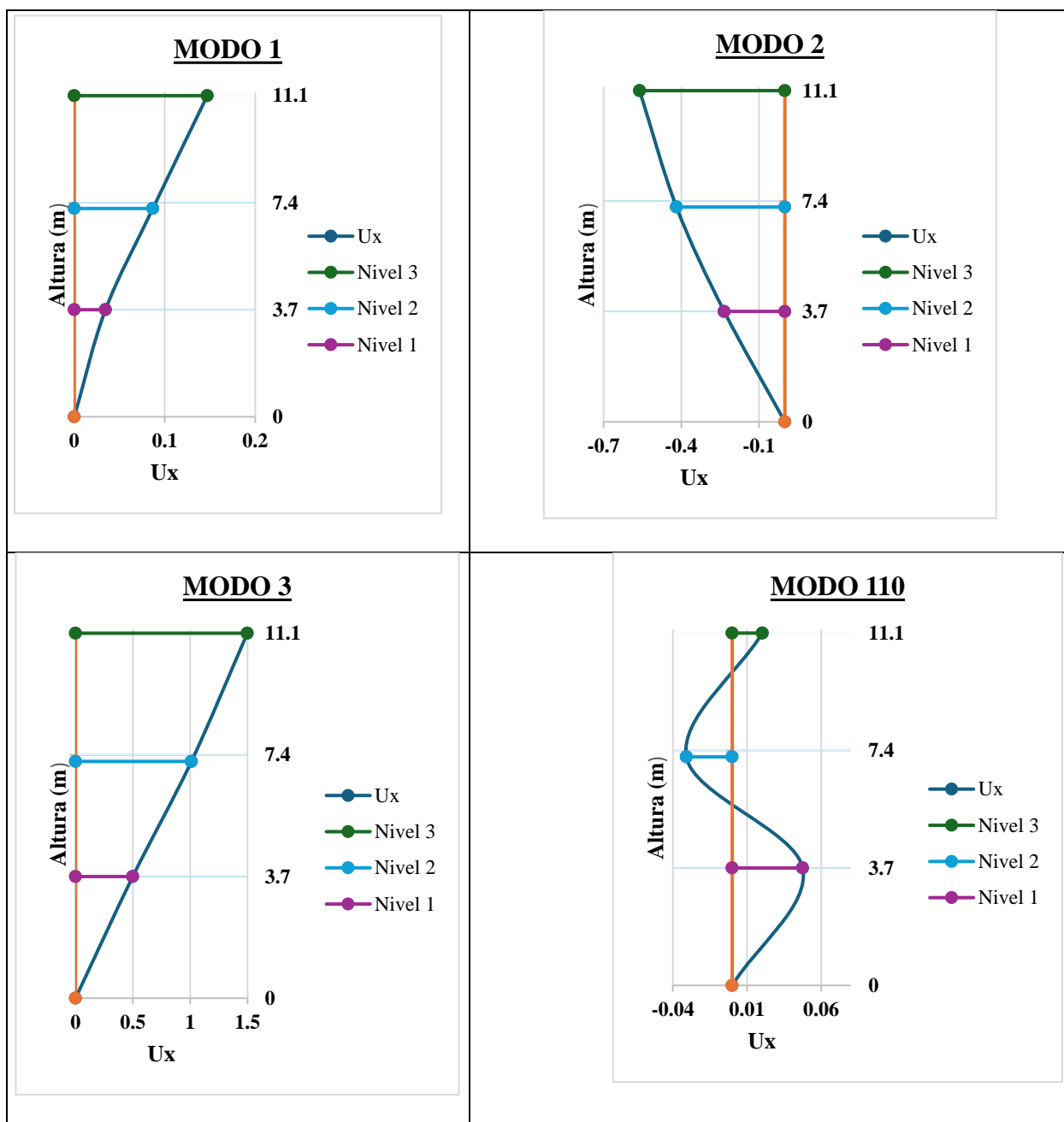




Nota. Los gráficos muestran las formas modales deformadas correspondientes a los Modos 1, 2 y 3 (representativos del comportamiento traslacional y torsional) y el Modo 4 (modo 323), en el cual se cumple con el 90 % de la masa modal acumulada en la dirección Y, según lo establece la NTP E.030.

Anexo 18.

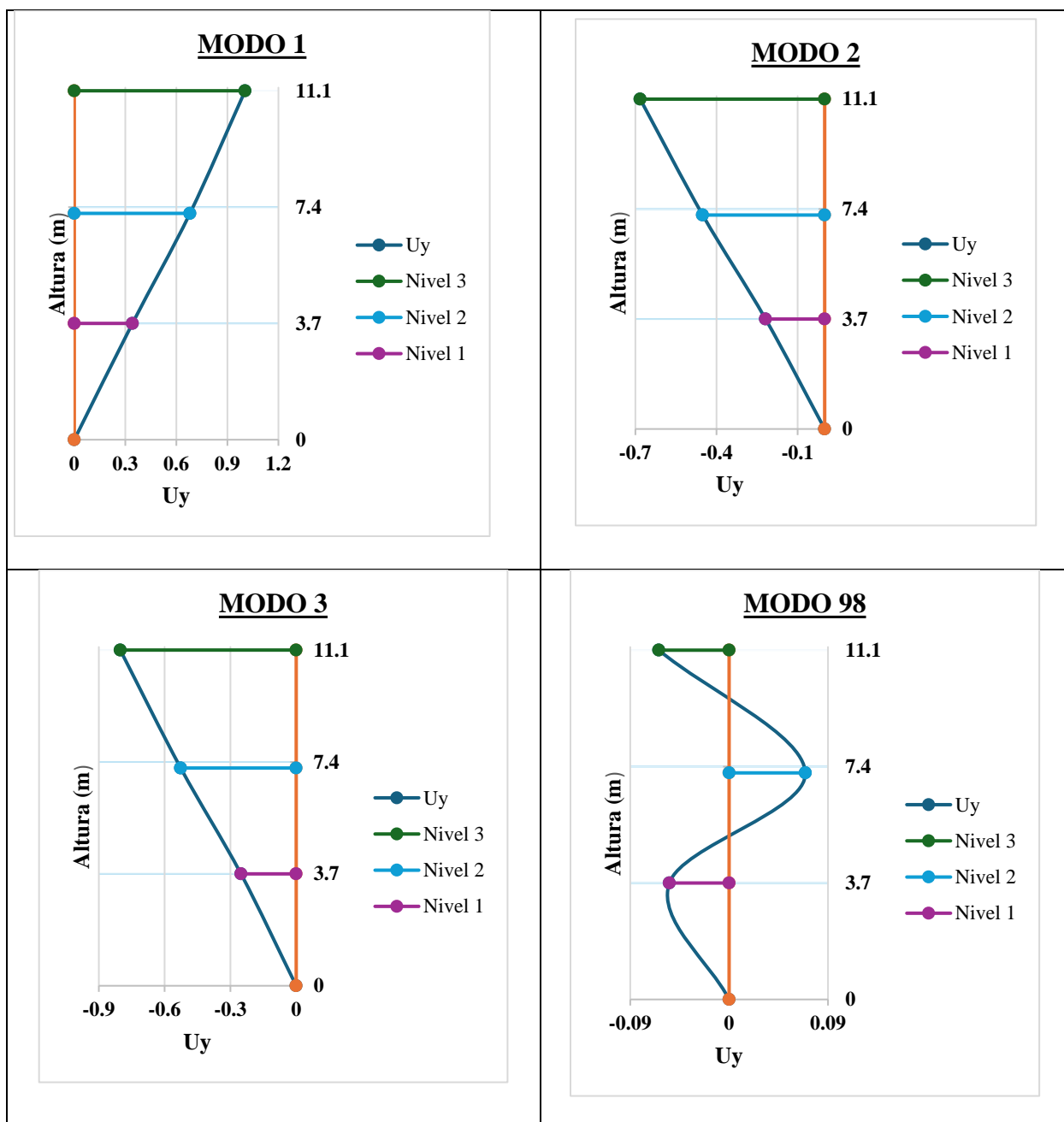
Formas Modales Deformadas del Bloque III en dirección X (Modos 1, 2, 3 y 313)



Nota. Los gráficos muestran las formas modales deformadas correspondientes a los Modos 1, 2 y 3 (representativos del comportamiento traslacional y torsional) y el Modo 4 (modo 110), en el cual se cumple con el 90 % de la masa modal acumulada en la dirección X, según lo establece la NTP E.030.

Anexo 19.

Formas Modales Deformadas del Bloque III en dirección Y (Modos 1, 2, 3 y 98)



Nota. Los gráficos muestran las formas modales deformadas correspondientes a los Modos 1, 2 y 3 (representativos del comportamiento traslacional y torsional) y el Modo 4 (modo 98), en el cual se cumple con el 90 % de la masa modal acumulada en la dirección Y, según lo establece la NTP E.030.

Anexo 20.

Diagramas de deformación de la estructura

Ilustración 1

Diagrama de deformación del bloque I en la dirección XX

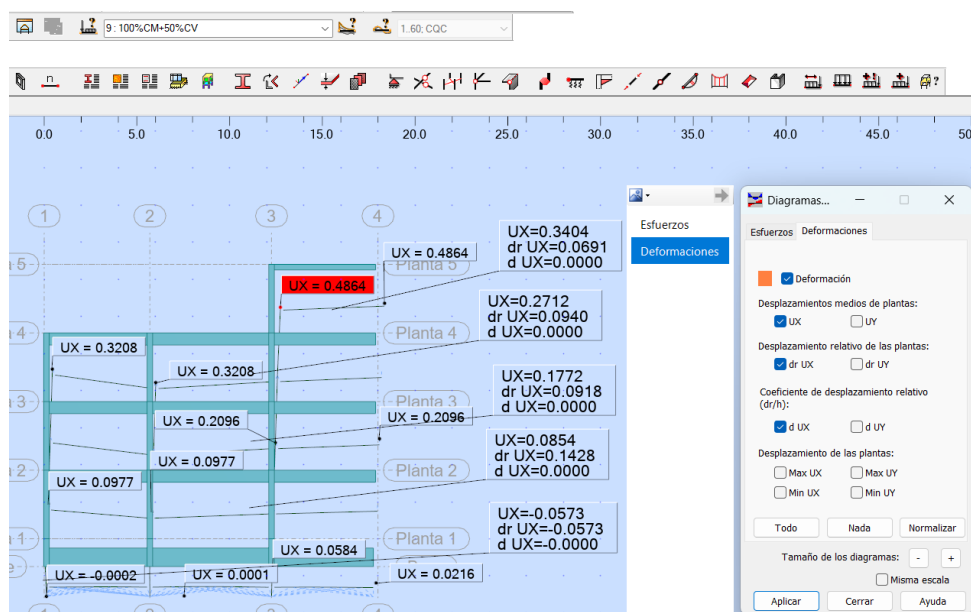


Ilustración 2

Diagrama de deformación del bloque I en la dirección YY

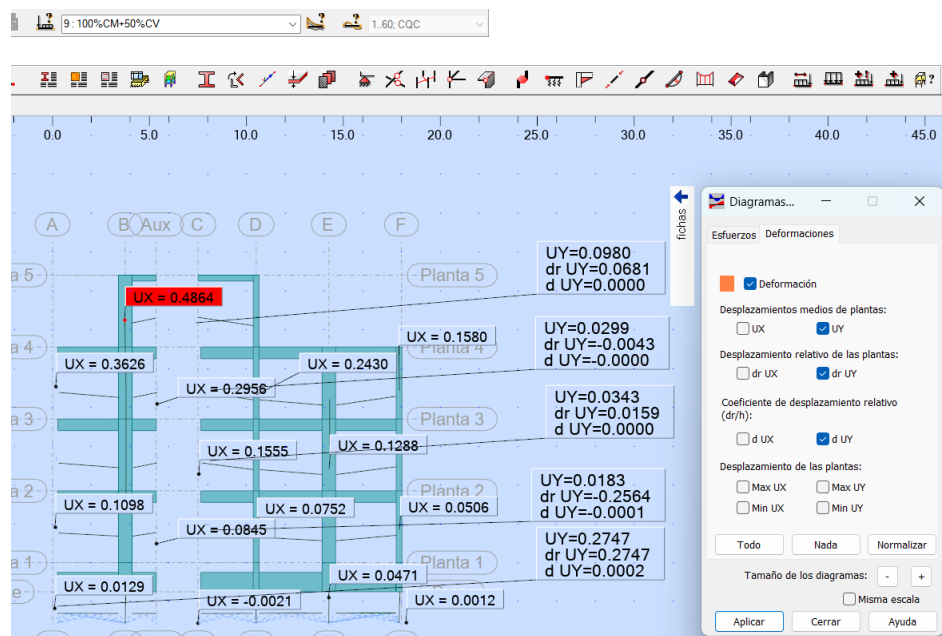


Ilustración 3

Diagrama de deformación del bloque I en la dirección XX

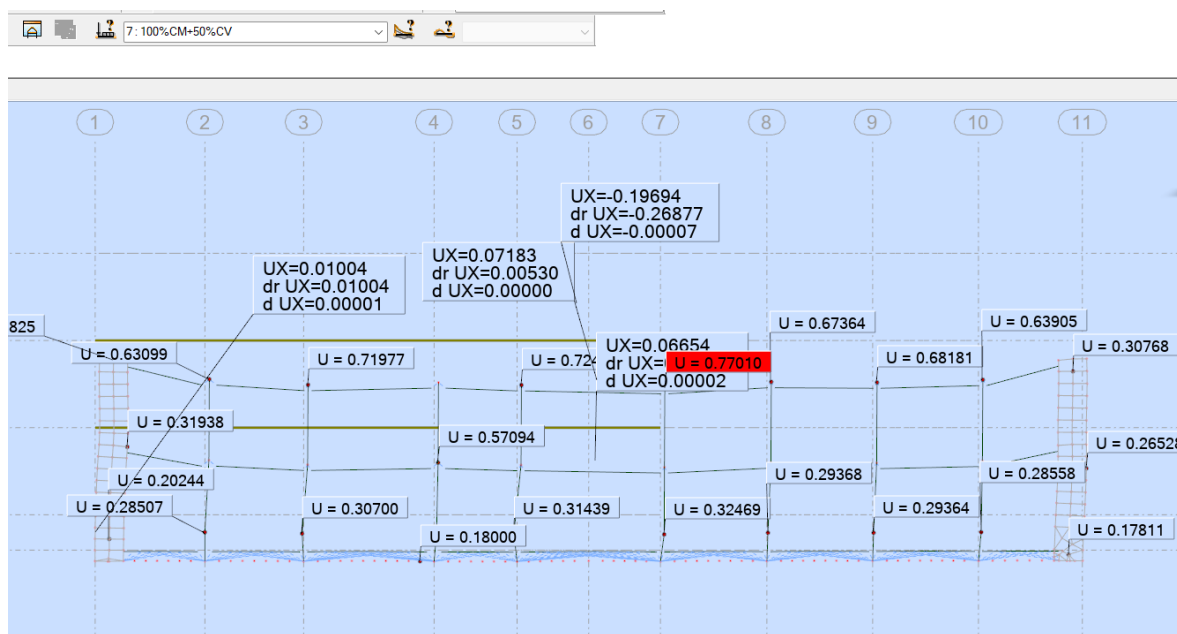


Ilustración 4

Diagrama de deformación del bloque I en la dirección YY

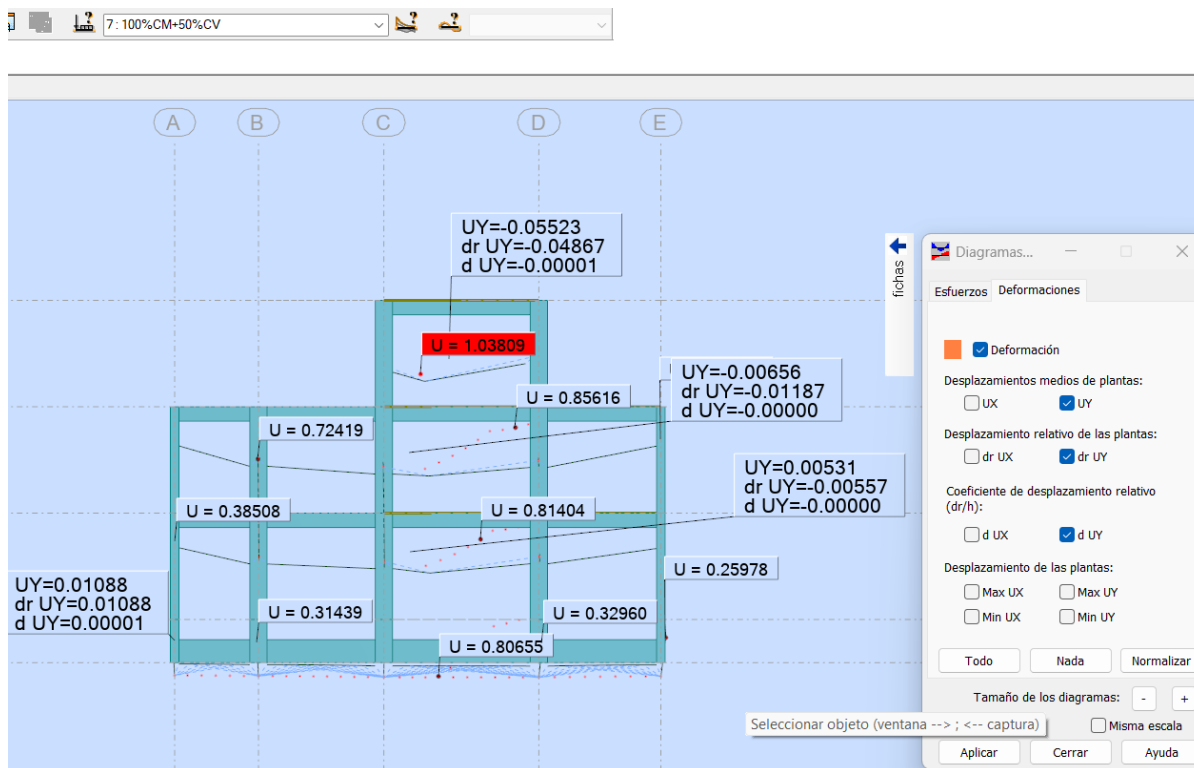


Ilustración 5

Diagrama de deformación del bloque I en la dirección XX

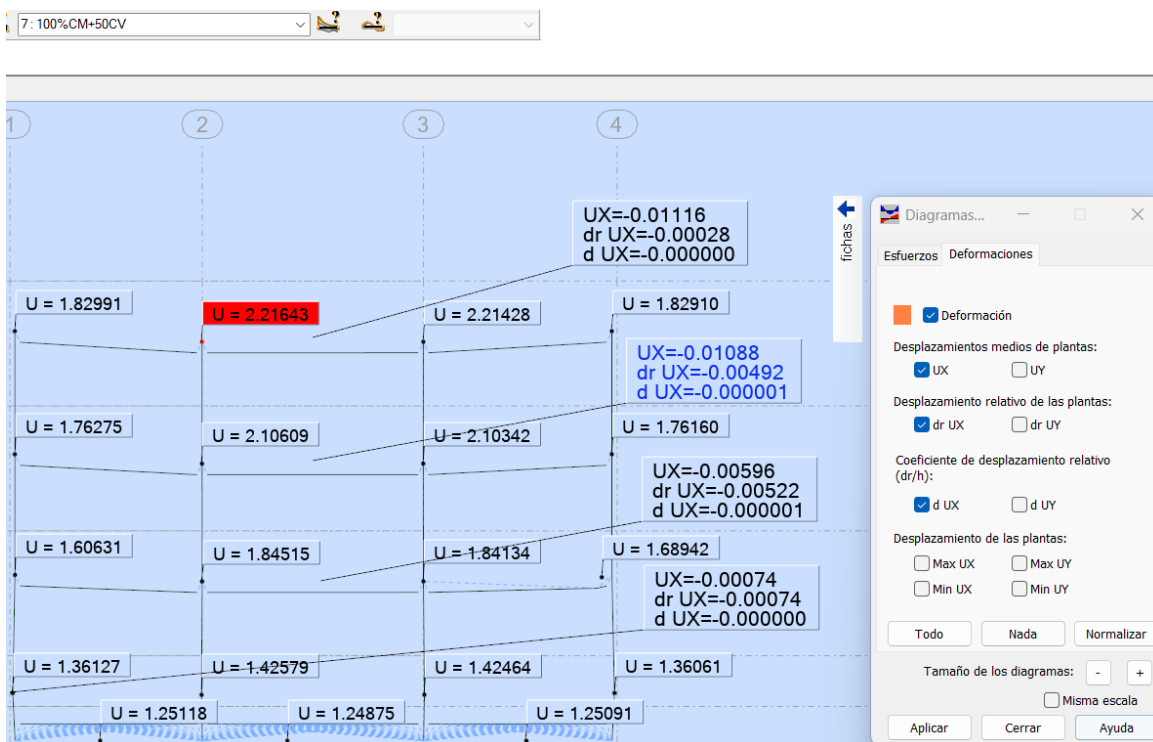
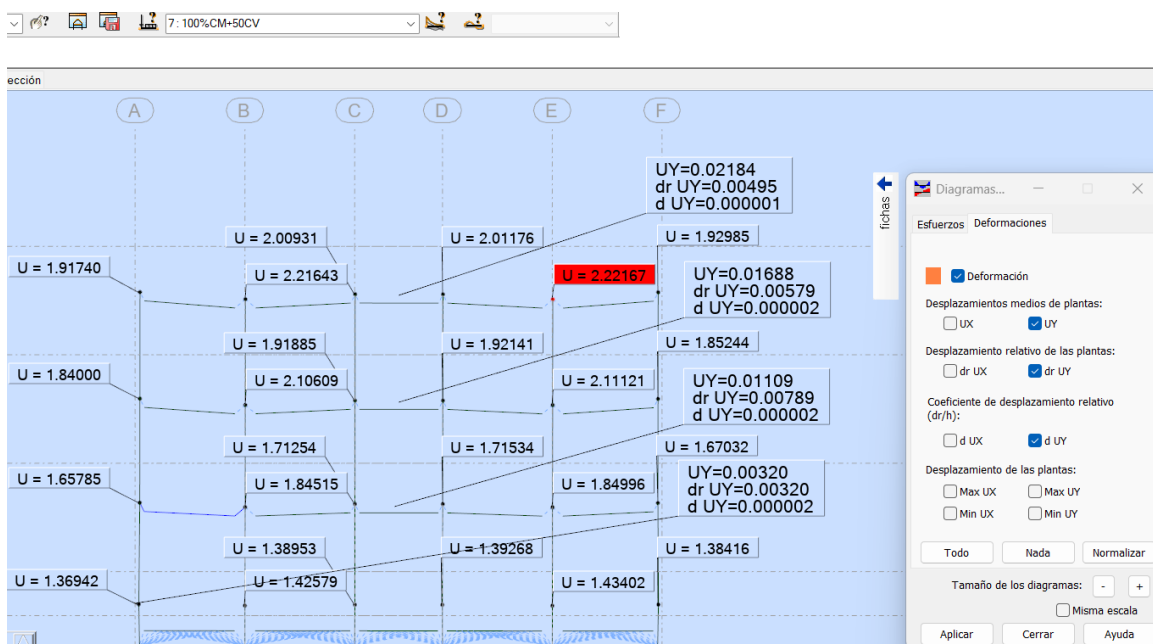


Ilustración 6

Diagrama de deformación del bloque I en la dirección YY



La ilustración del 1 al 6 contienen diagramas de deformación de la estructura en la dirección X como Y perteneciendo la ilustración 1 y 2 al bloque I, la 3 y 4 al bloque II y la figura

5 y 6 al bloque III. En todos los casos se observa desplazamientos medio de plantas, desplazamientos relativos de las plantas (dr_{UX} y dr_{UY}) y el coeficiente relativo (dr/h) que al multiplicarlo por $0.75 R$ se obtiene las derivas de plantas donde se debe obtener valores menores a 0.007 conforme a la norma E.030 en la tabla N°11 (límite para la distorsión de entrepiso). Se obtuvo los LAS deformaciones con la combinación para la estimación de peso según el artículo 26 de la Norma antes mencionada ($100\%CM+50\%CV$), pudiéndose obtener para cualquier combinación que se crea conveniente según la profundidad del análisis. Todos los desplazamientos están dentro de los parámetros permitidos por la normativa nacional.

Anexo 21.

Diagramas de reacción del suelo (k) frente a las cargas verticales del módulo administrativo.

Ilustración 7

Diagrama de reacción del suelo del bloque I ($100\%CM+50\%CV$)

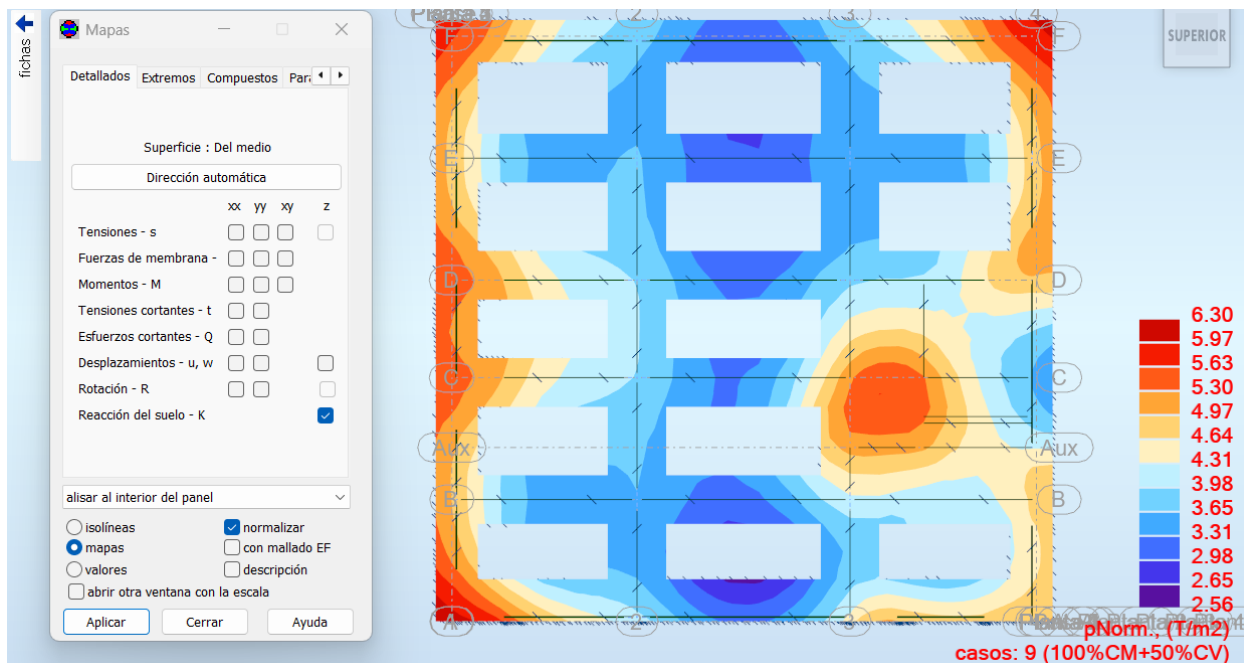


Ilustración 8

Diagrama de reacción del suelo del bloque I (comb1+....+comb9)

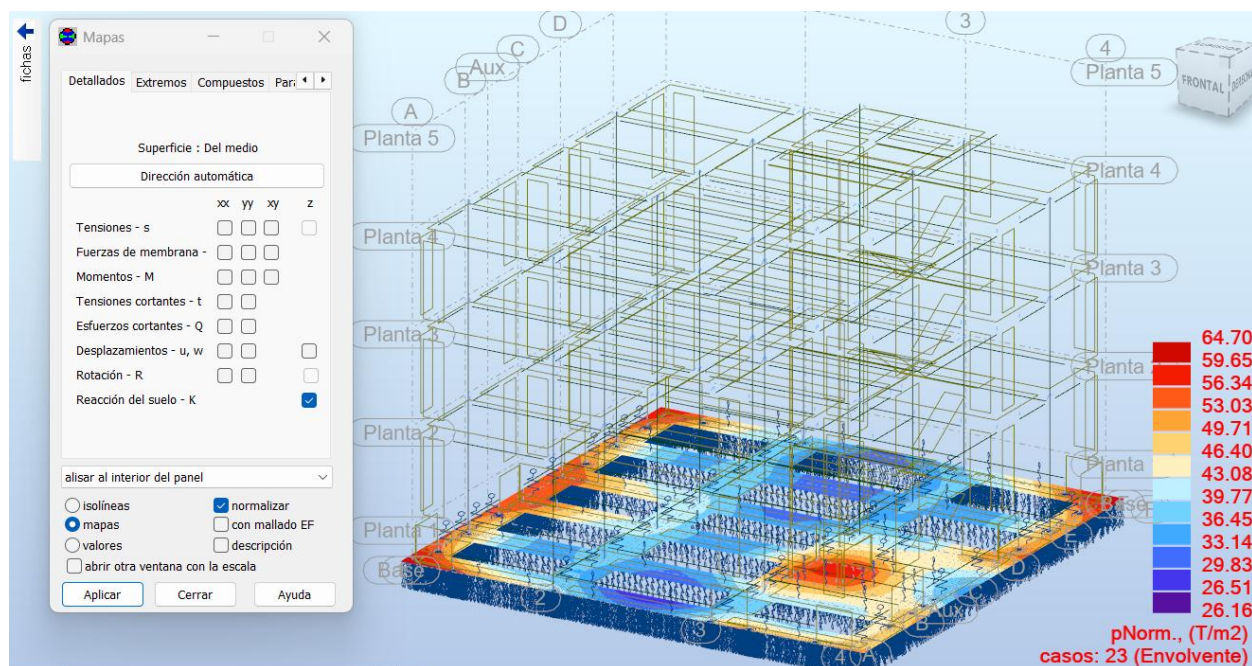


Ilustración 9

Diagrama de reacción del suelo del bloque II (100%CM+50%CV)

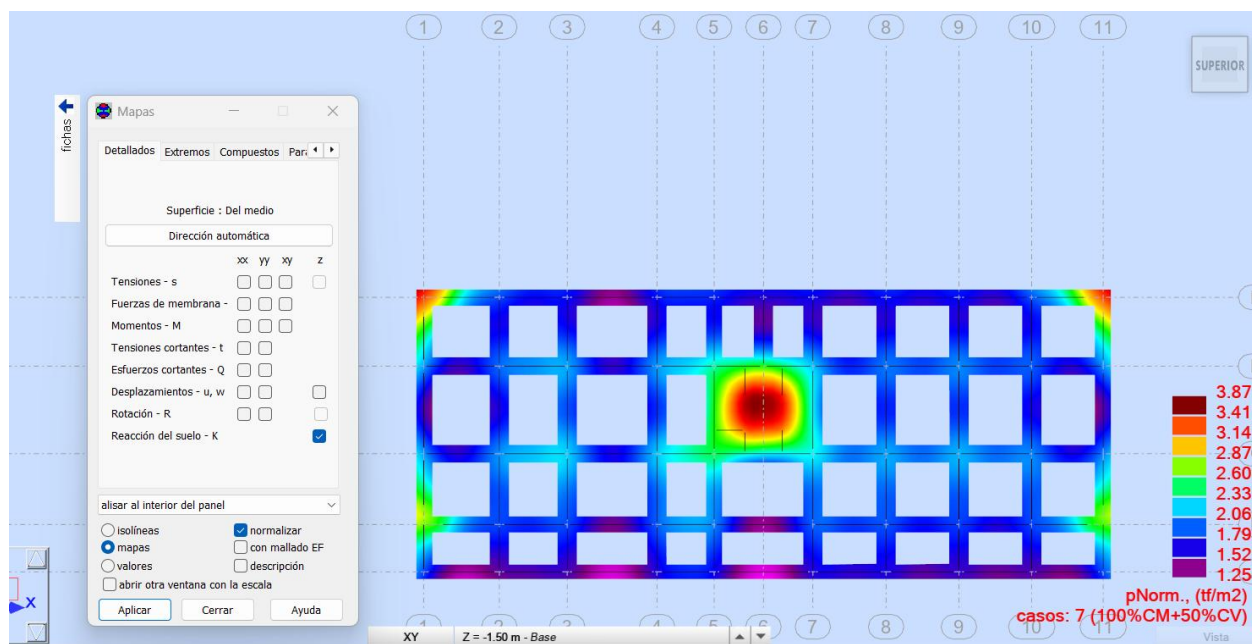


Ilustración 10

Diagrama de reacción del suelo del bloque II (comb1+....+comb9)

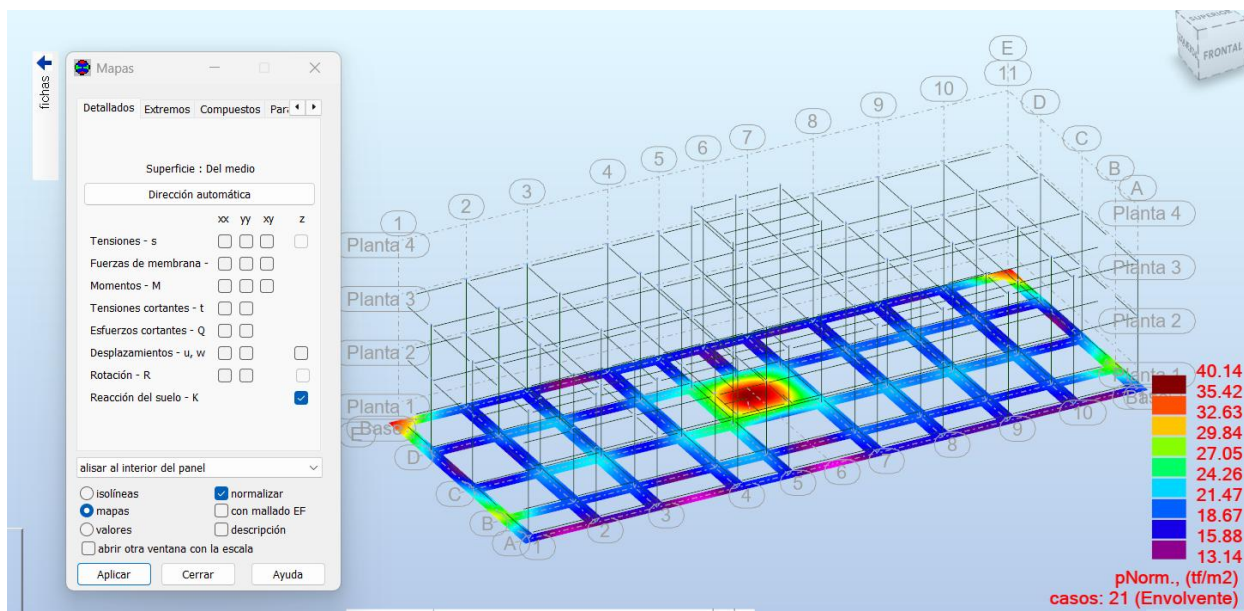


Ilustración 11

Diagrama de reacción del suelo del bloque II (100%CM+50%CV)

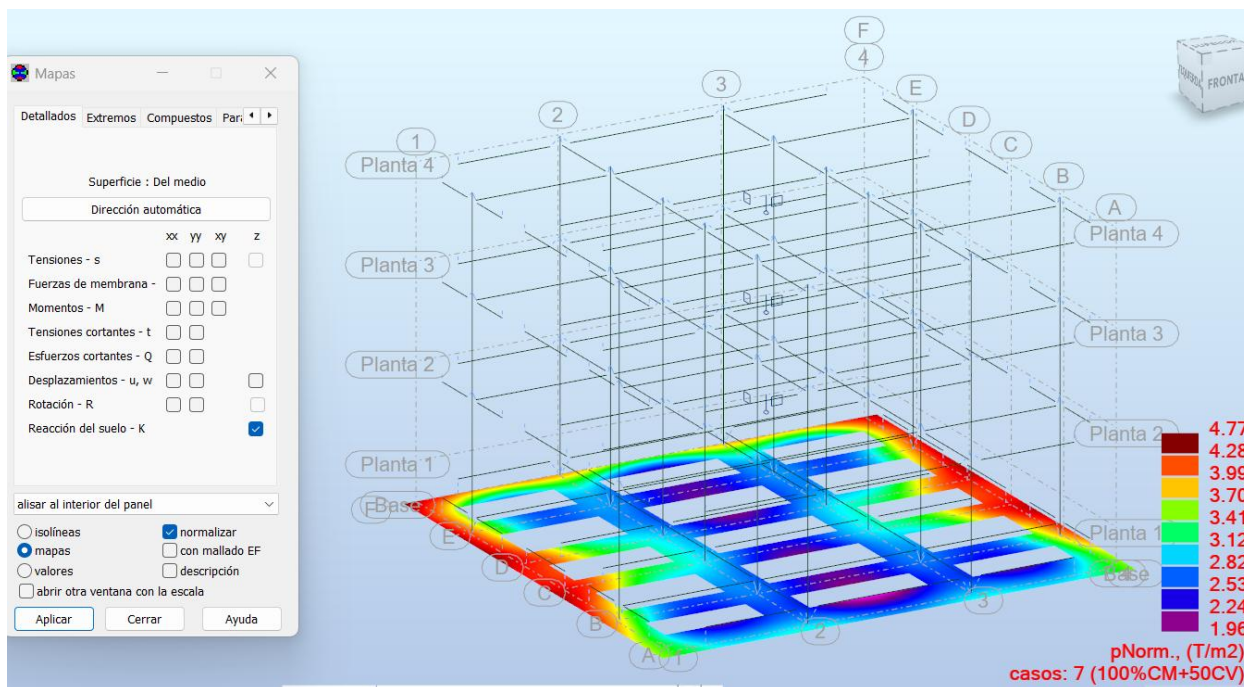
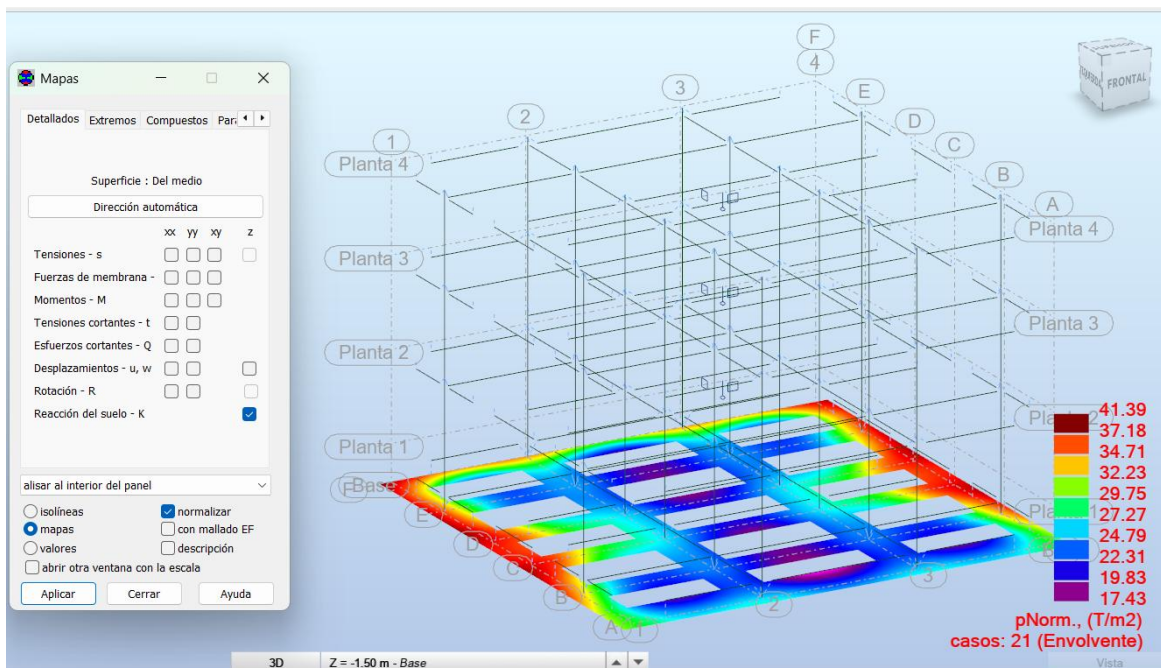


Ilustración 12

Diagrama de reacción del suelo del bloque III (comb1+....+comb9)



Las ilustraciones de la figura 7 a la 12 muestran los diagramas de reacciones del suelo para cada bloque, permitiendo evaluar la interacción suelo-estructura bajo condiciones reales de carga. Según el estudio de suelos, se utilizó un coeficiente de balasto de 4100 t/m^3 y una capacidad portante admisible de 20.1 t/m^2 , lo que equivale a una capacidad última de 60.3 t/m^2 con un factor de seguridad de 3. En la combinación $100 \% \text{CM} + 50 \% \text{CV}$, los valores máximos de reacción en los bloques I, II y III fueron de 6.30 , 3.87 y 4.77 t/m^2 , respectivamente, cumpliendo holgadamente con la capacidad admisible del terreno. En la combinación envolvente, los bloques II y III alcanzaron reacciones de 40.14 y 41.39 t/m^2 , dentro del límite último. El bloque I alcanzó un valor de 64.70 t/m^2 , superando ligeramente la capacidad última. No obstante, esta superación ocurre de forma puntual en una esquina localizada donde se ubican placas de corte, tratándose de una concentración de esfuerzos no generalizada, por lo que no compromete la seguridad estructural de la edificación ya construida.

Anexo 22.

Verificación de las medidas de los elementos estructurales del módulo administrativo

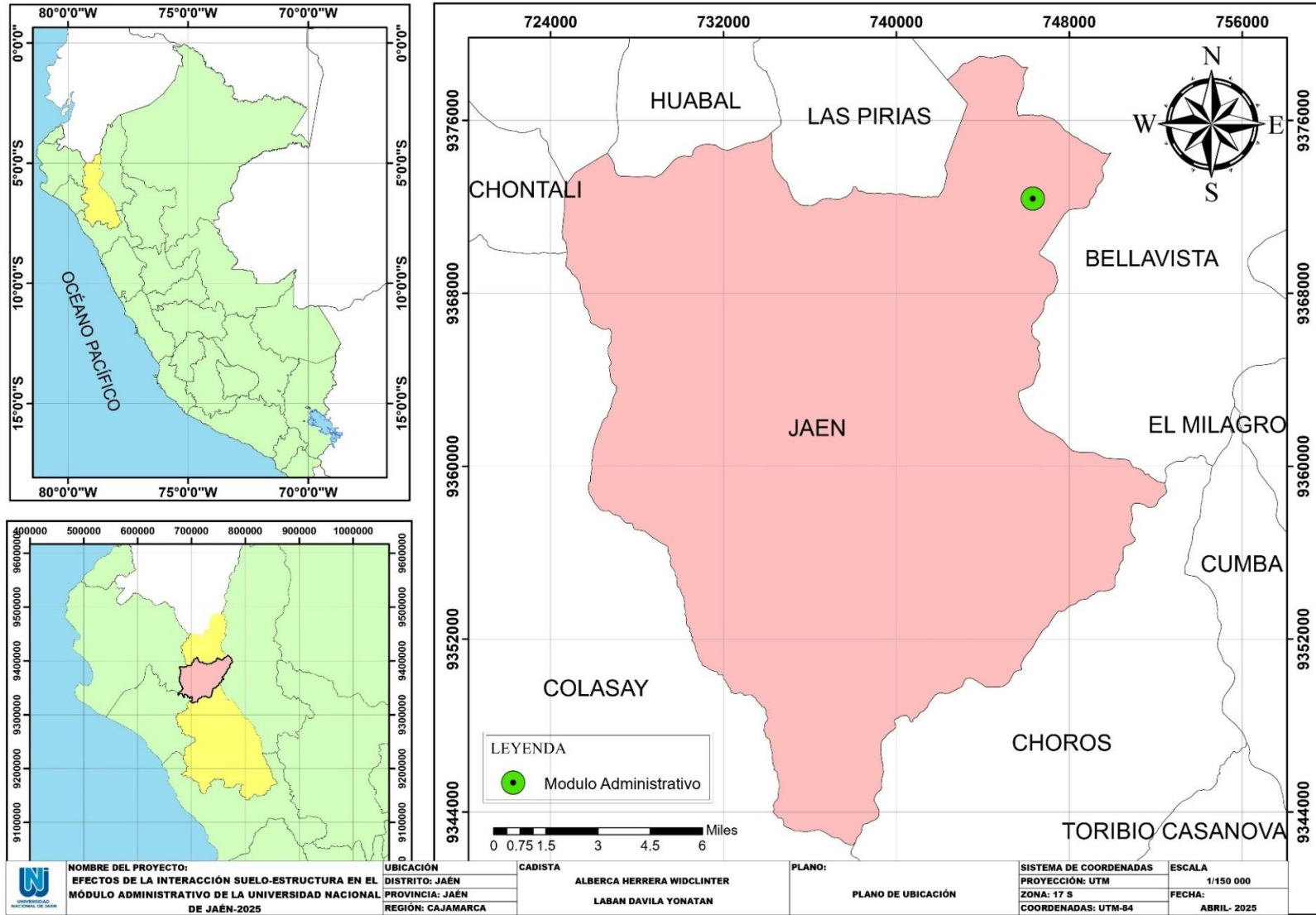




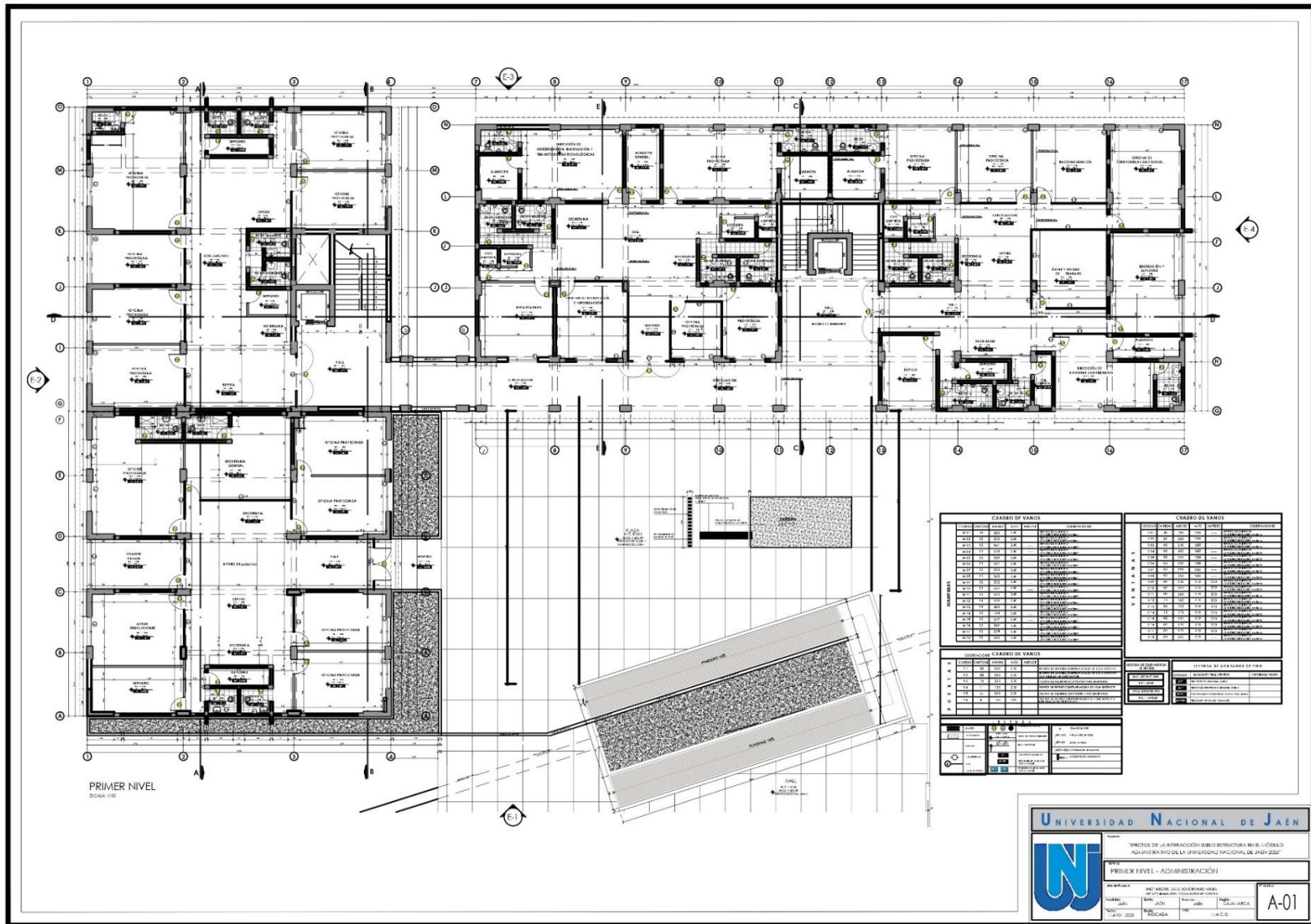
Nota. Las imágenes mostraron la verificación de las dimensiones de los elementos estructurales en relación con los planos del módulo administrativo.

Anexo 23. Planos

Anexo 23.1 Plano de ubicación

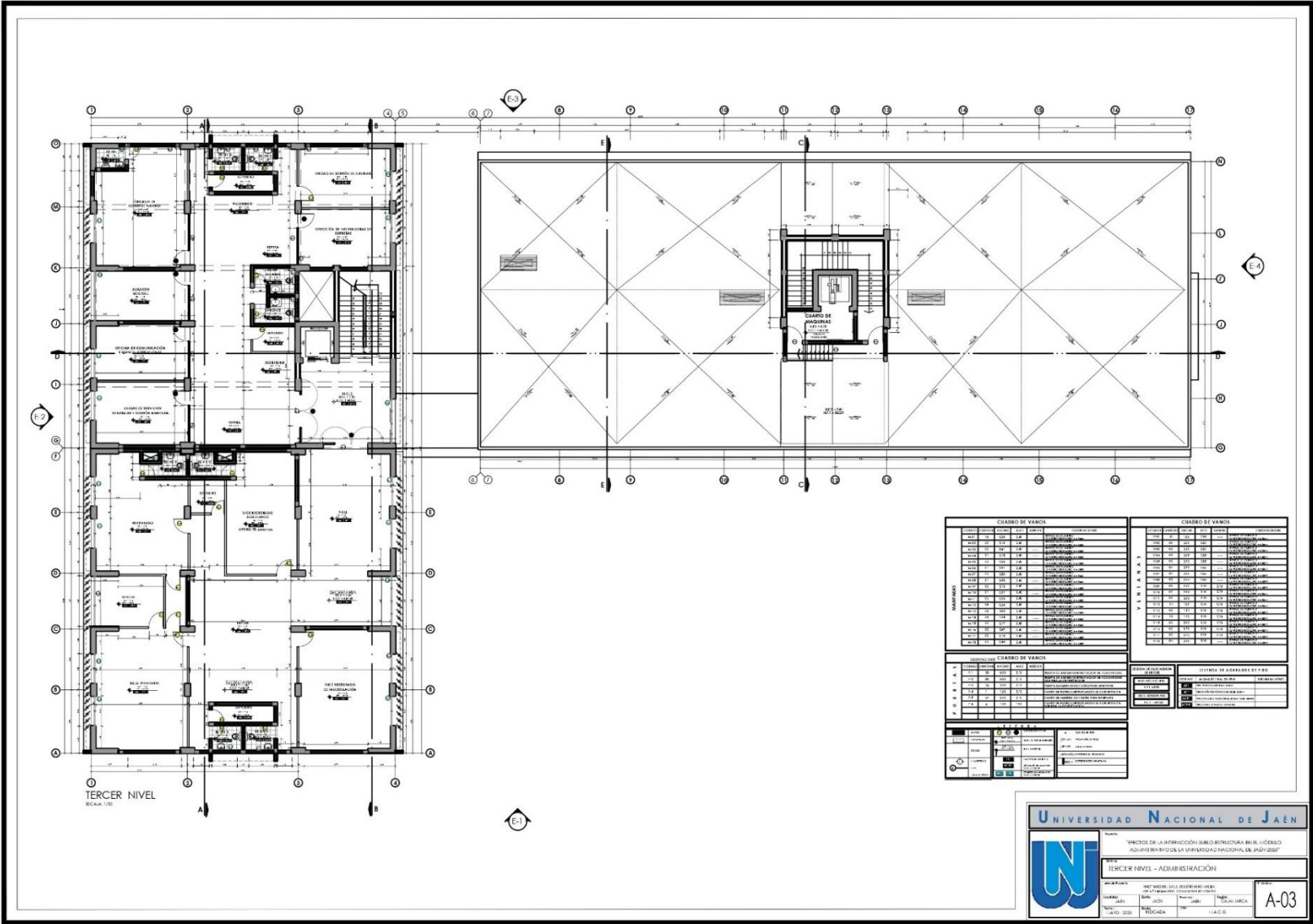


Anexo 23.2. Arquitectura primer nivel



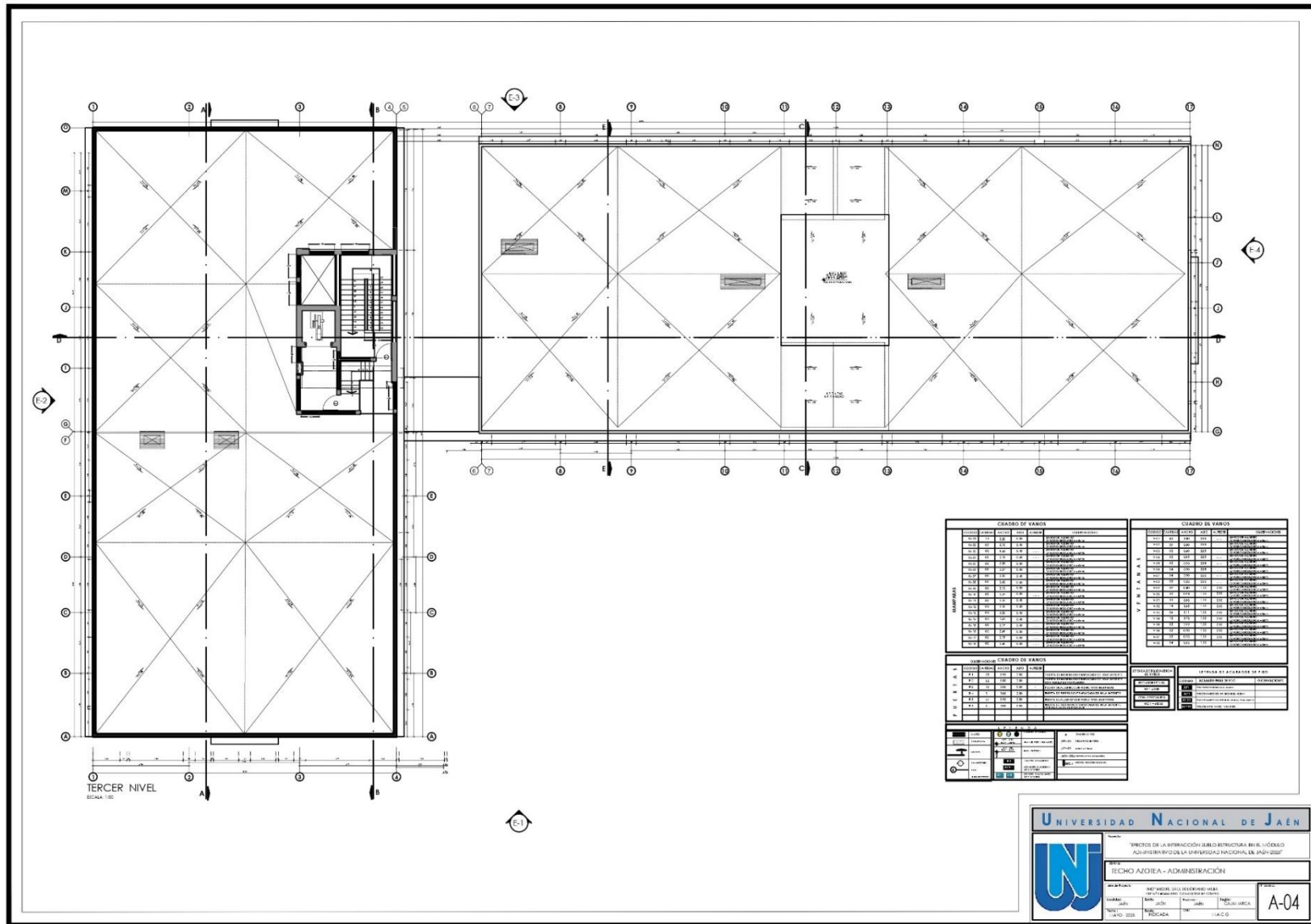
Nota. Plano de arquitectura tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo.

Anexo 23.4. Arquitectura tercer nivel



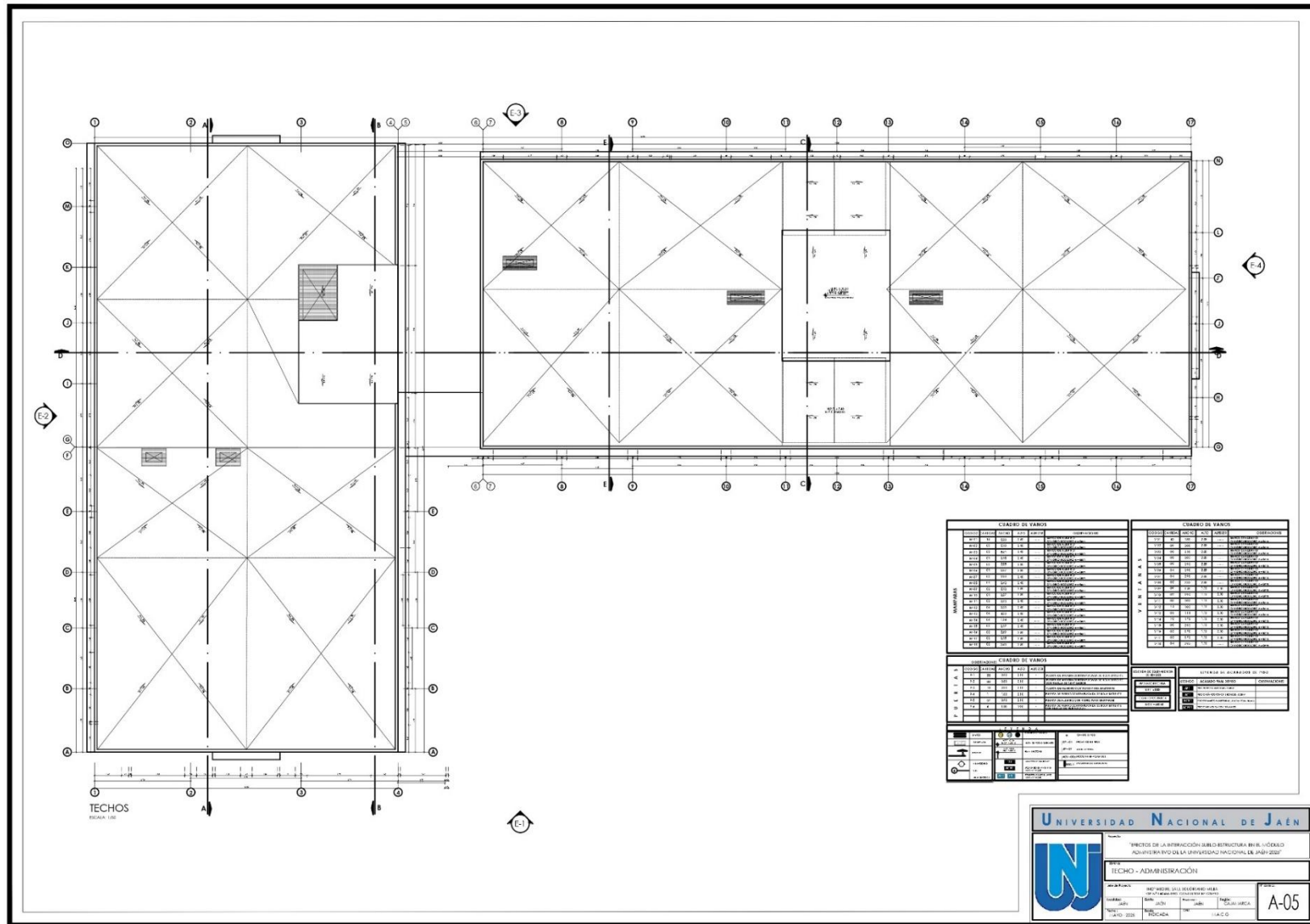
Nota. Plano de arquitectura tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

Anexo 23.5. Plano- Azotea



Nota. Plano de arquitectura tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

Anexo 23.6. Plano de techo



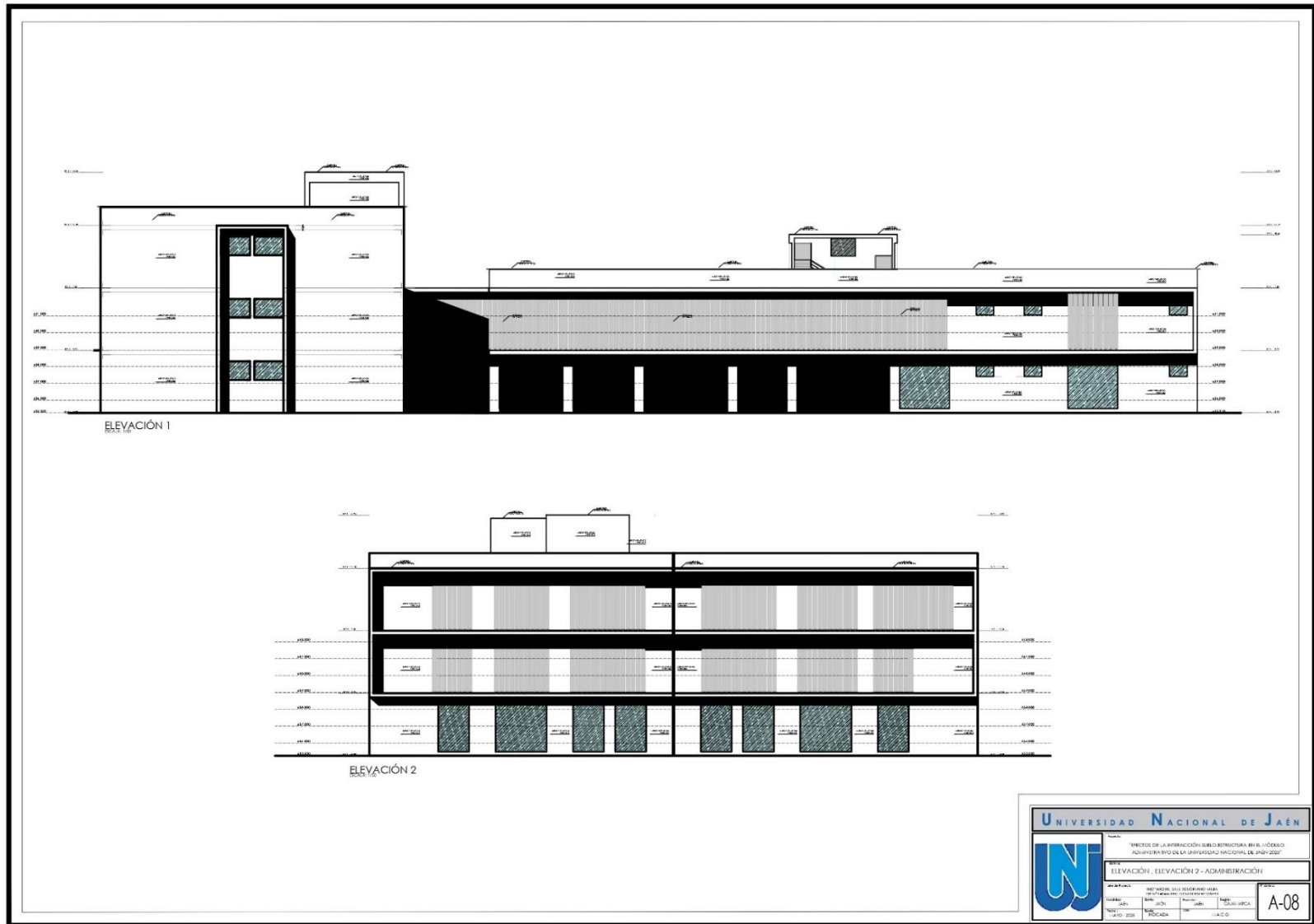
Nota. Plano de arquitectura tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

Anexo 23.8. Corte C-C, D-D y E-E



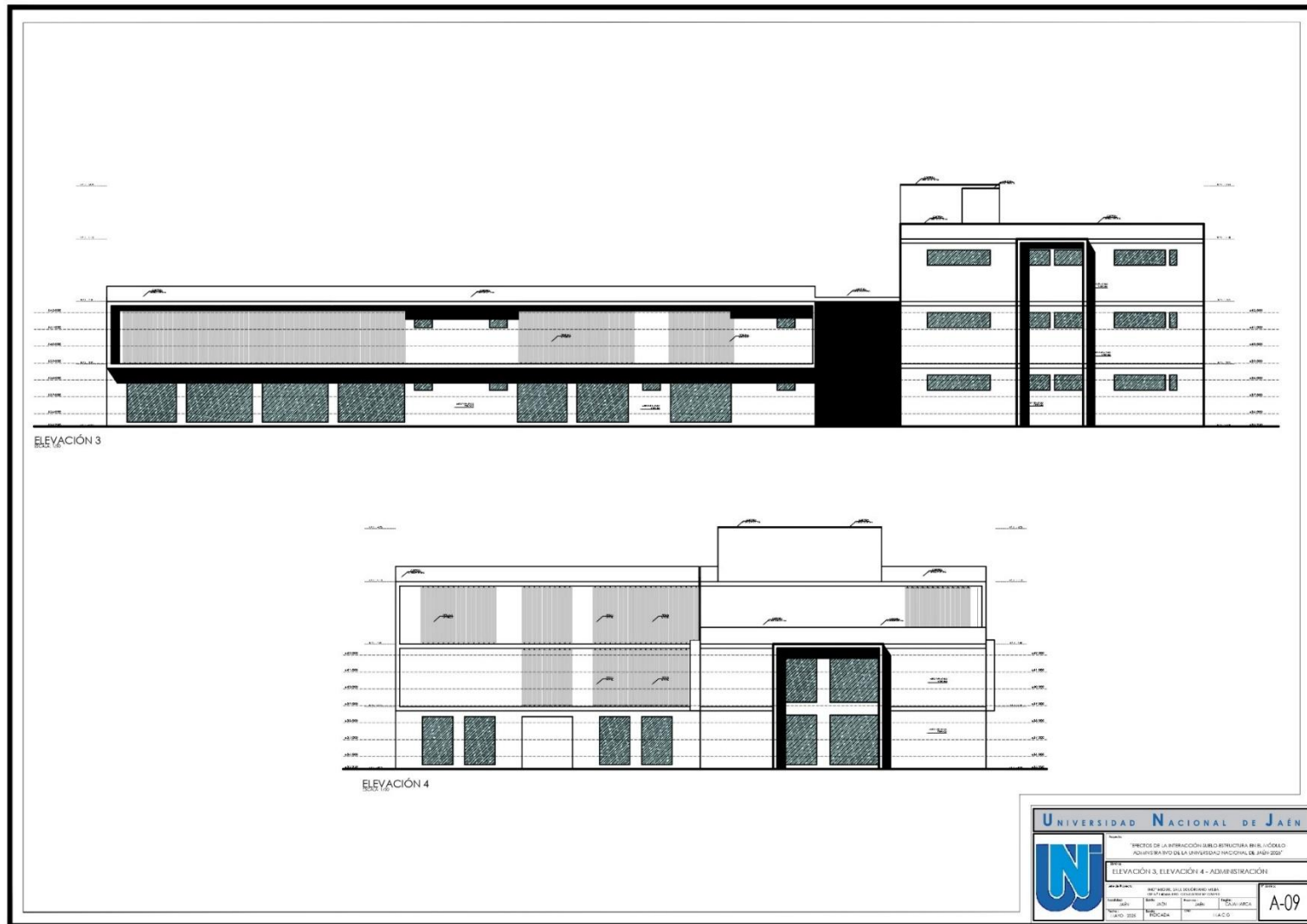
Nota. Plano de arquitectura tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

Anexo 23.9. Elevación 1 y 2



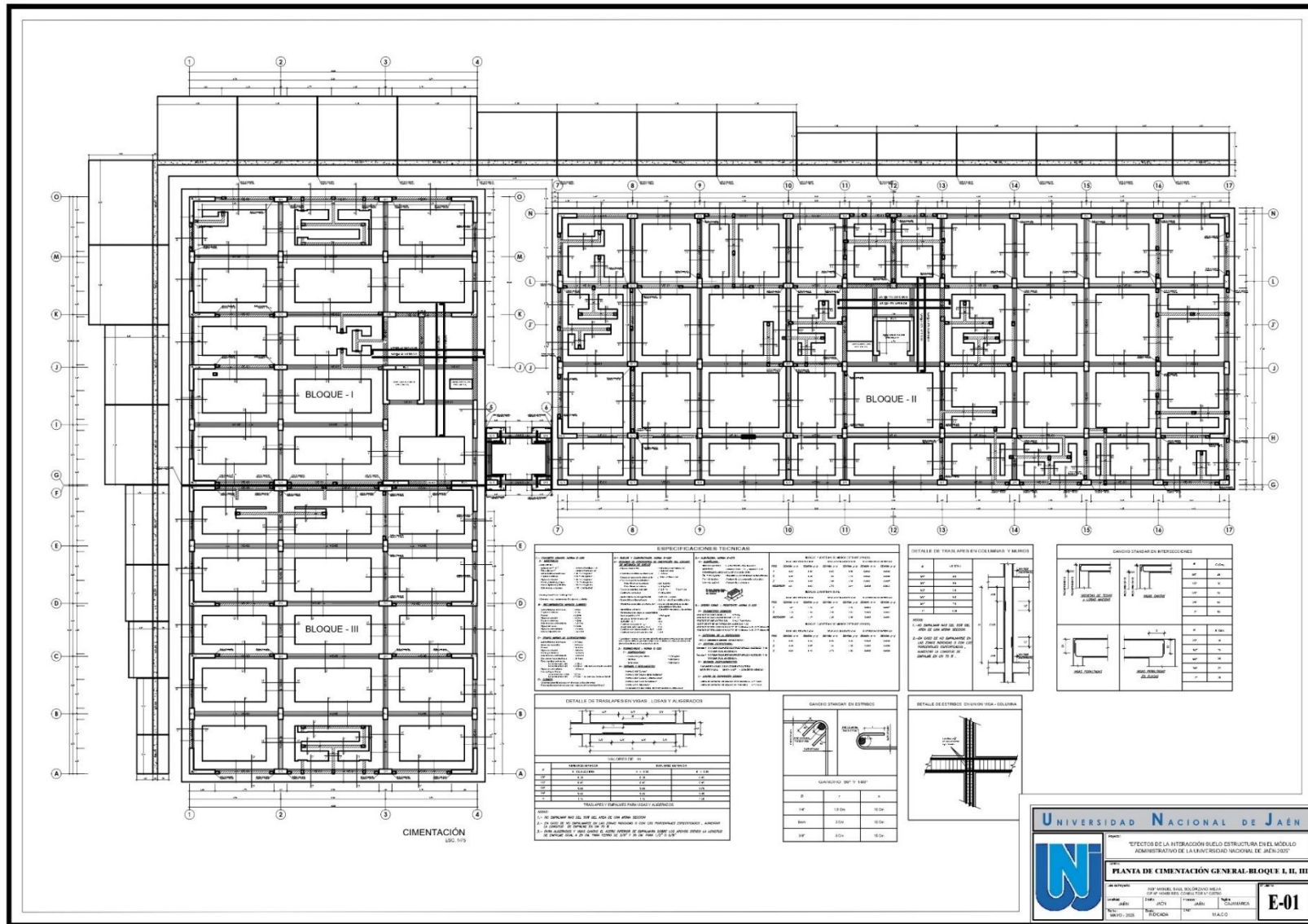
Nota. Plano de arquitectura tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

Anexo 23.10. Elevación 3 y 4



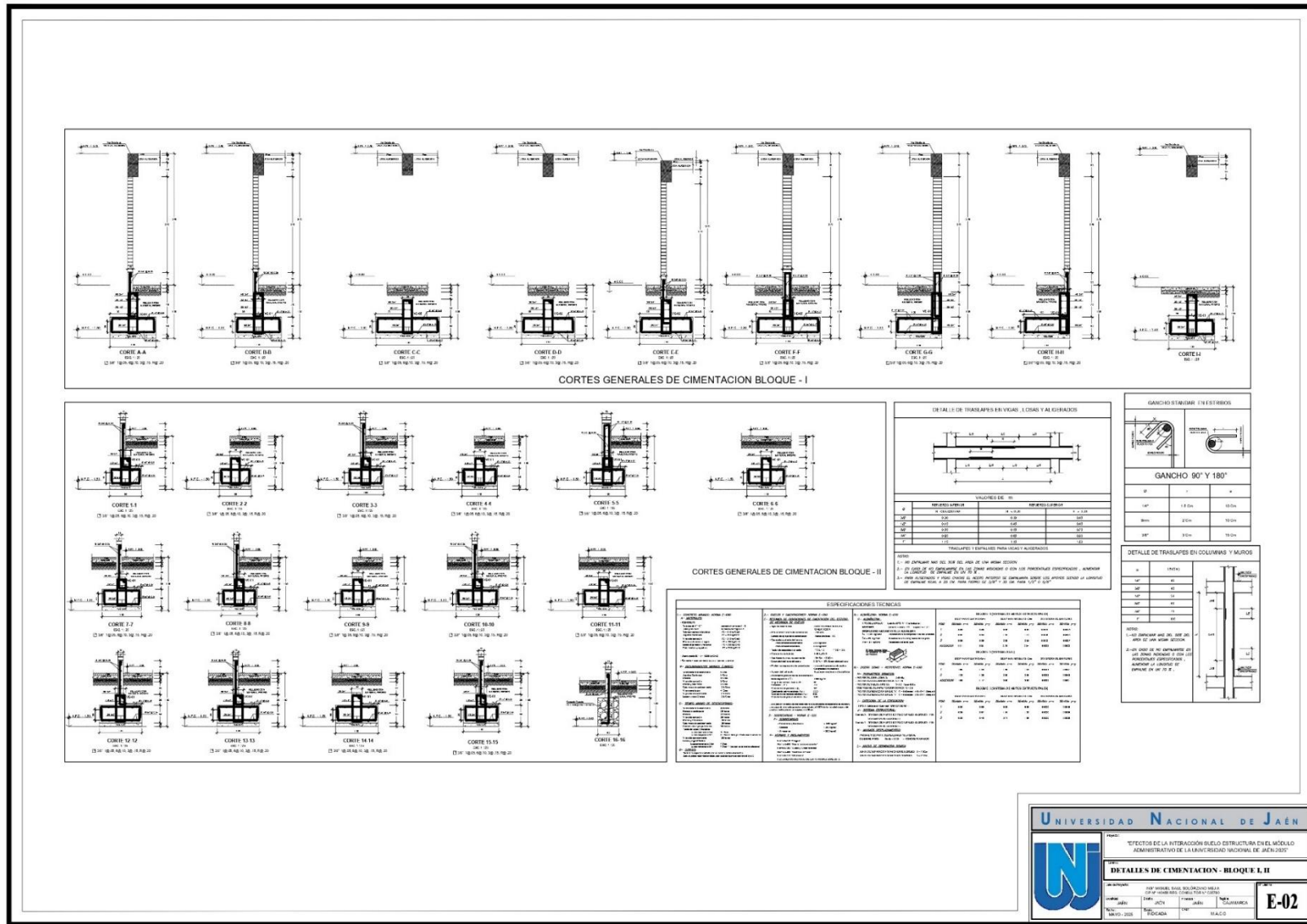
Nota. Plano de arquitectura tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

Anexo 23.11. Estructura- cimentación bloques I, II y III



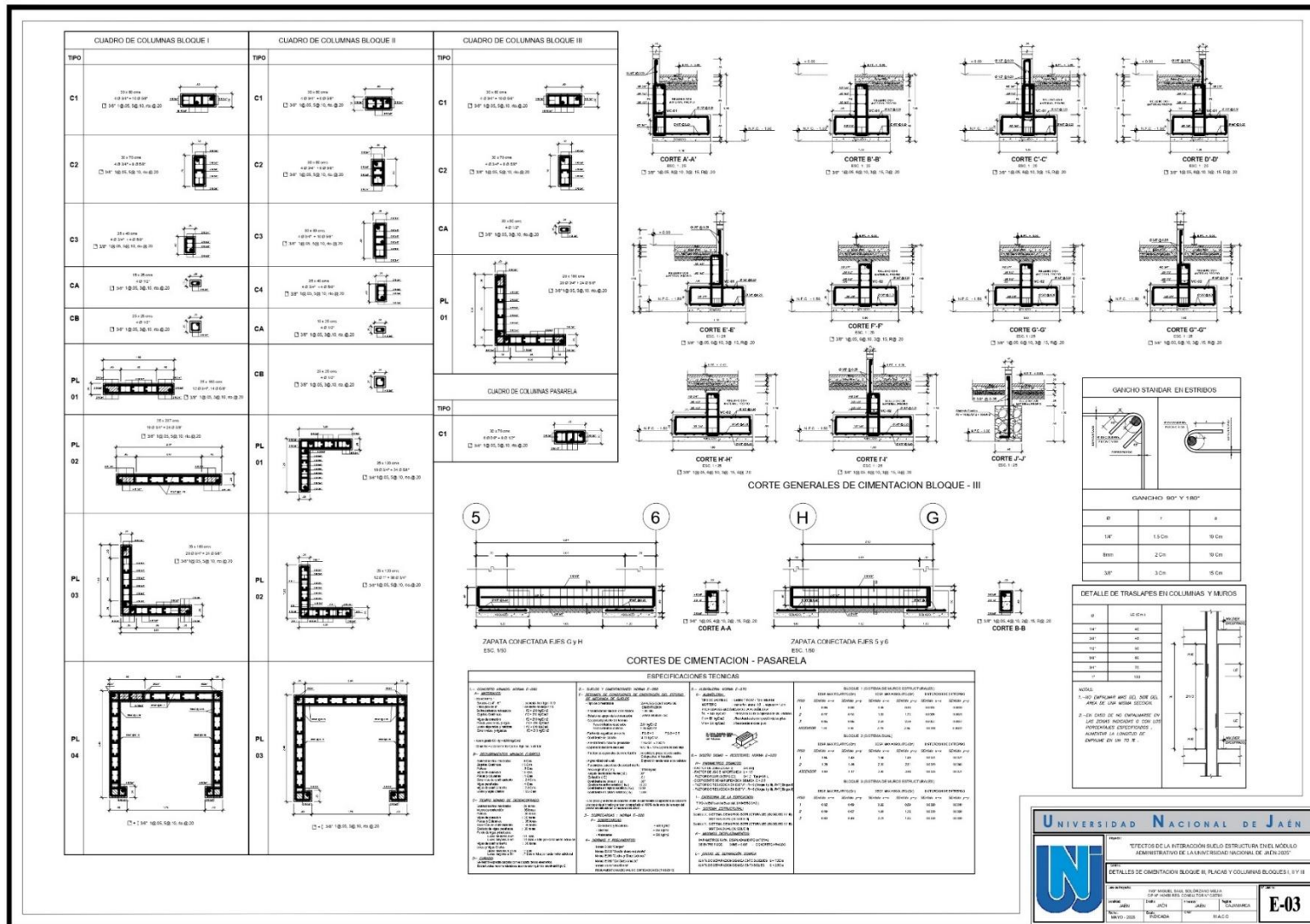
Nota. Plano de estructuras tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

Anexo 23.12. Detalles de cimentación bloques I y II



Nota. Plano de estructuras tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

Anexo 23.13. Detalles de cimentación bloque III y Detalles de placas y columnas bloques I, II y III



Nota. Plano de estructuras tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE OBRAS DE CONSTRUCCION

TEMA: DETALLES DE CIMENTACION BLOQUE II, PLACAS Y COLUMNAS BLOQUES I Y III

INSTRUMENTACION: []

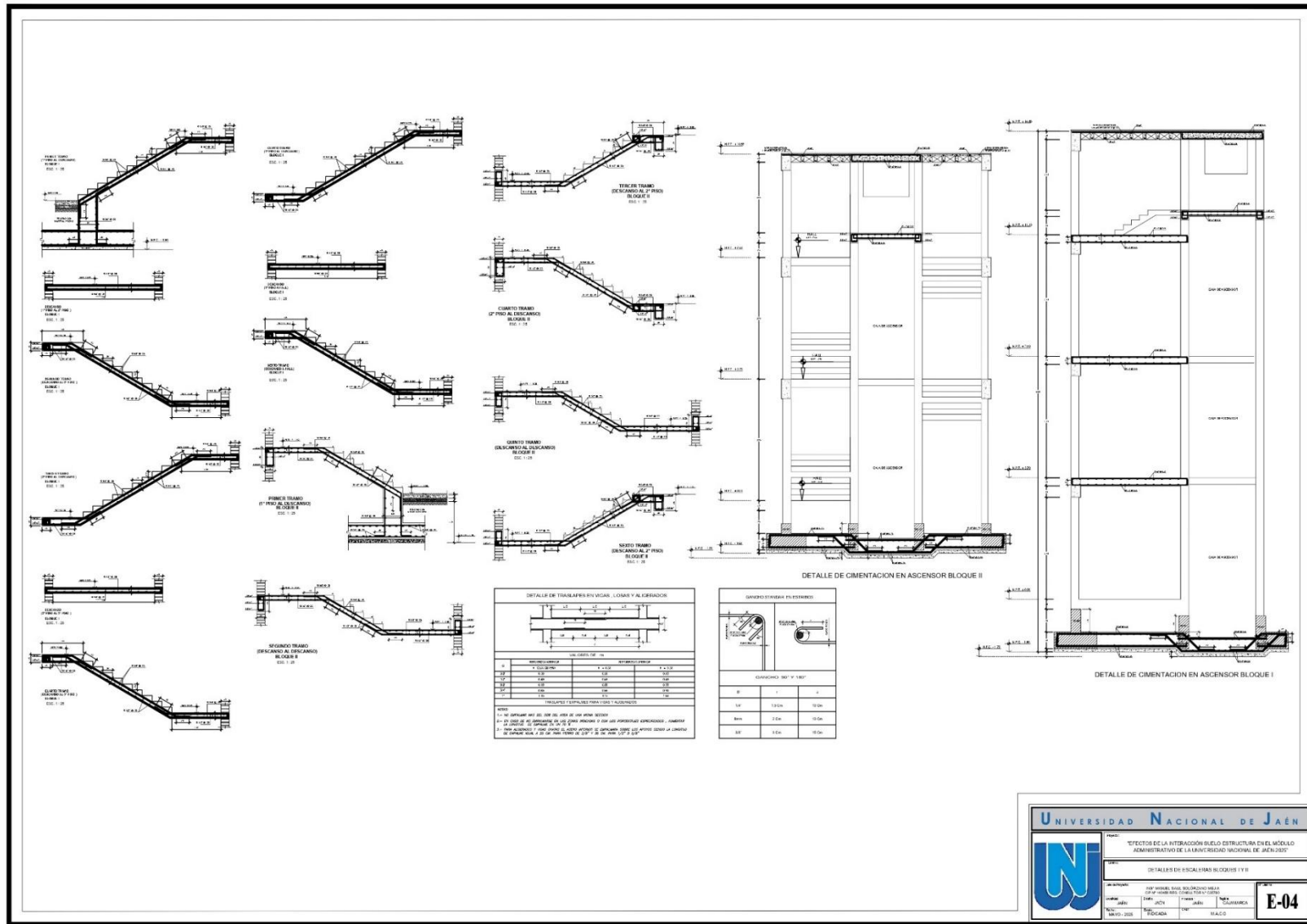
FECHA: []

PROFESOR: []

ALUMNO: []

E-03

Anexo 23.14. Detalles de escalera bloque I y II



Nota. Plano de estructuras tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

PROYECTO: EFECTOS DE LA INTERACCION SUELO ESTRUCTURA EN EL MODELO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN 2007

DETALLE DE ESCALERA BLOQUE I Y II

INTEGRANTE: JOSE ANTONIO GARCIA GARCIA

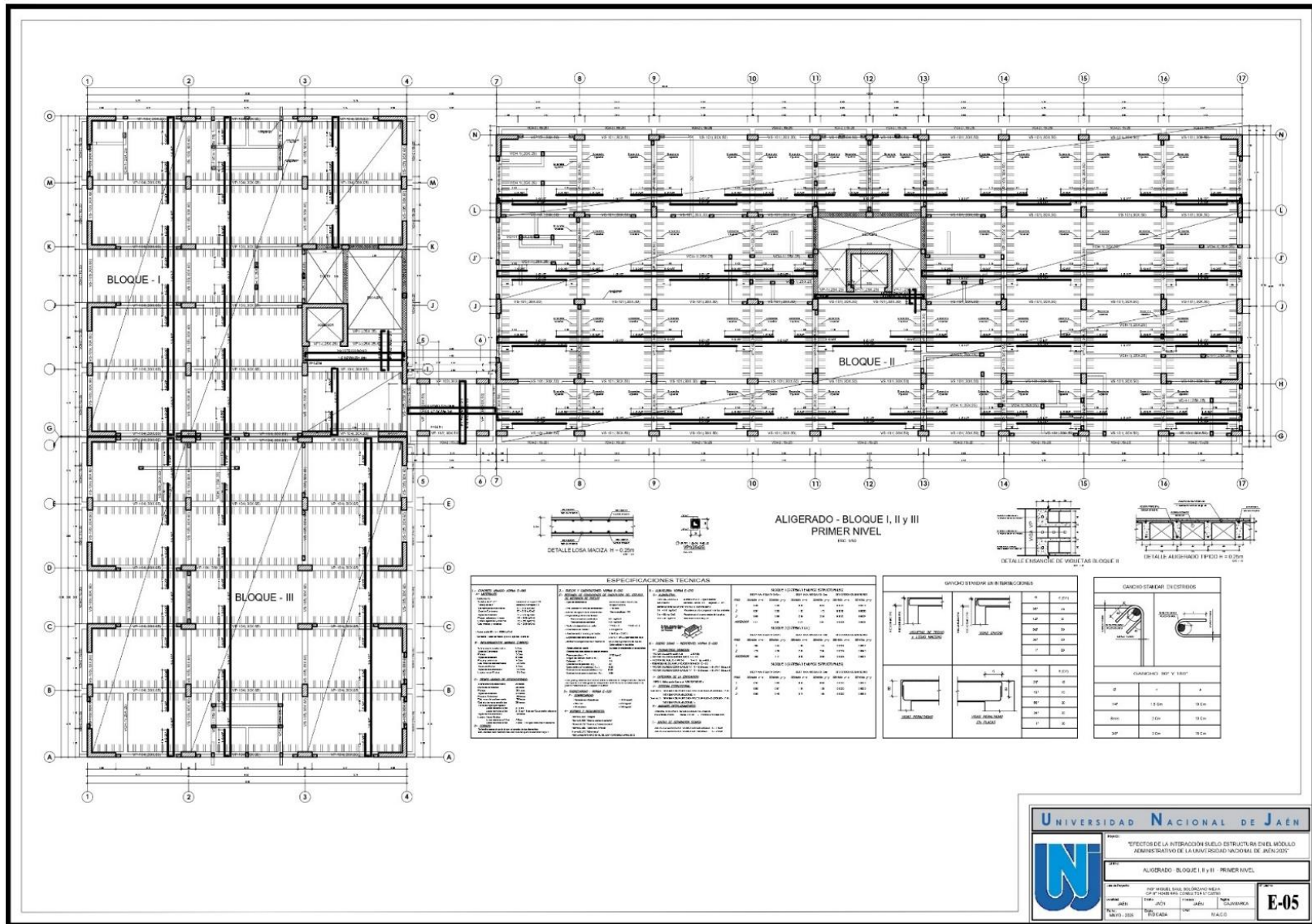
FECHA: 2008

ESCUELA: INGENIERIA CIVIL

PROFESOR: DR. JUAN CARLOS GARCIA GARCIA

GRUPO: E-04

Anexo 23.15. Aligerado bloques I, II y III primer nivel



Nota. Plano de estructuras tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

PROYECTO DE LA INTEGRACIÓN DEL MÓDULO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN 2007

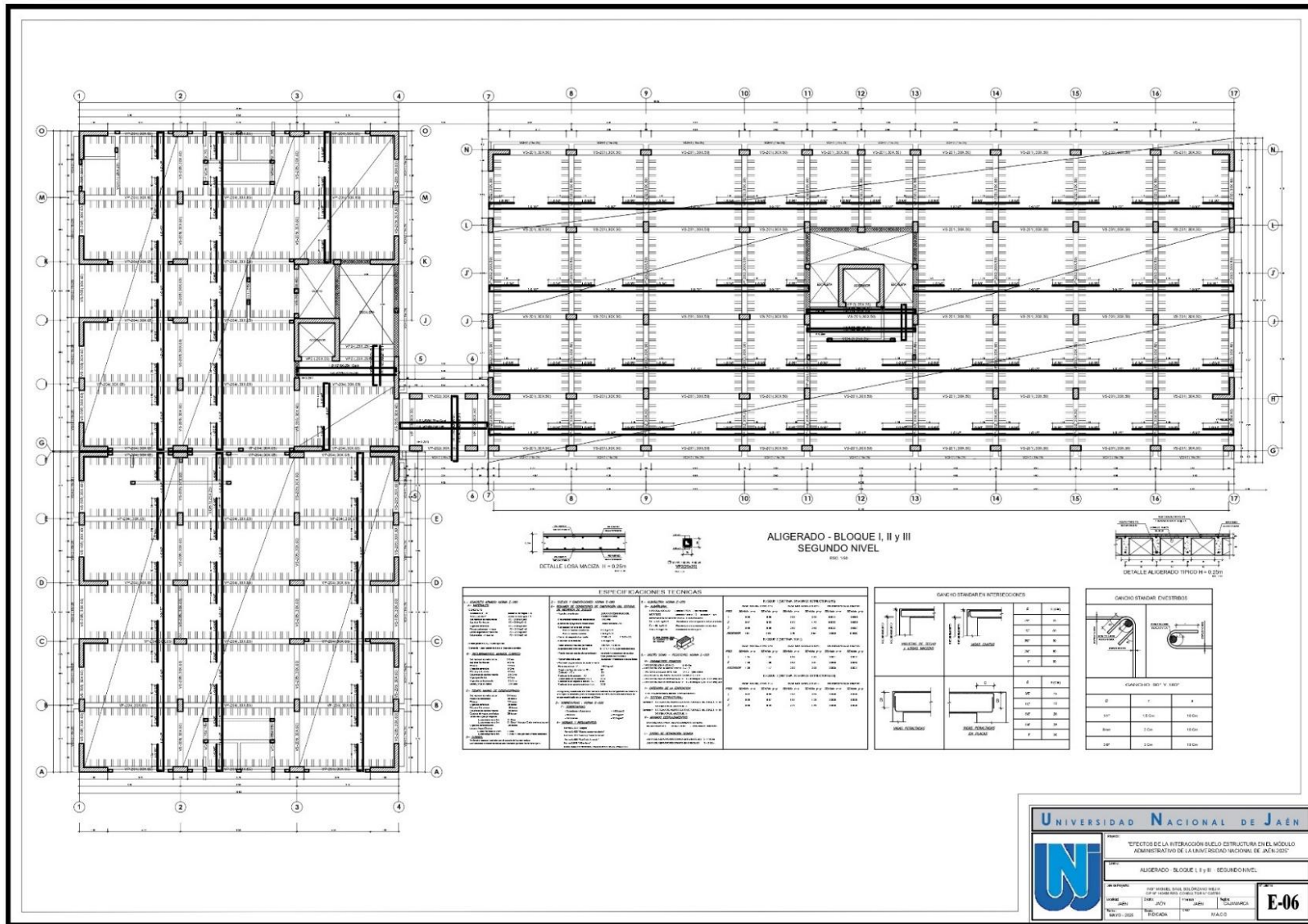
ALIGERADO BLOQUE I, II Y III - PRIMER NIVEL

OPCIÓN TIPO DE BARRAS

OPCIÓN TIPO DE ESTRIBOS

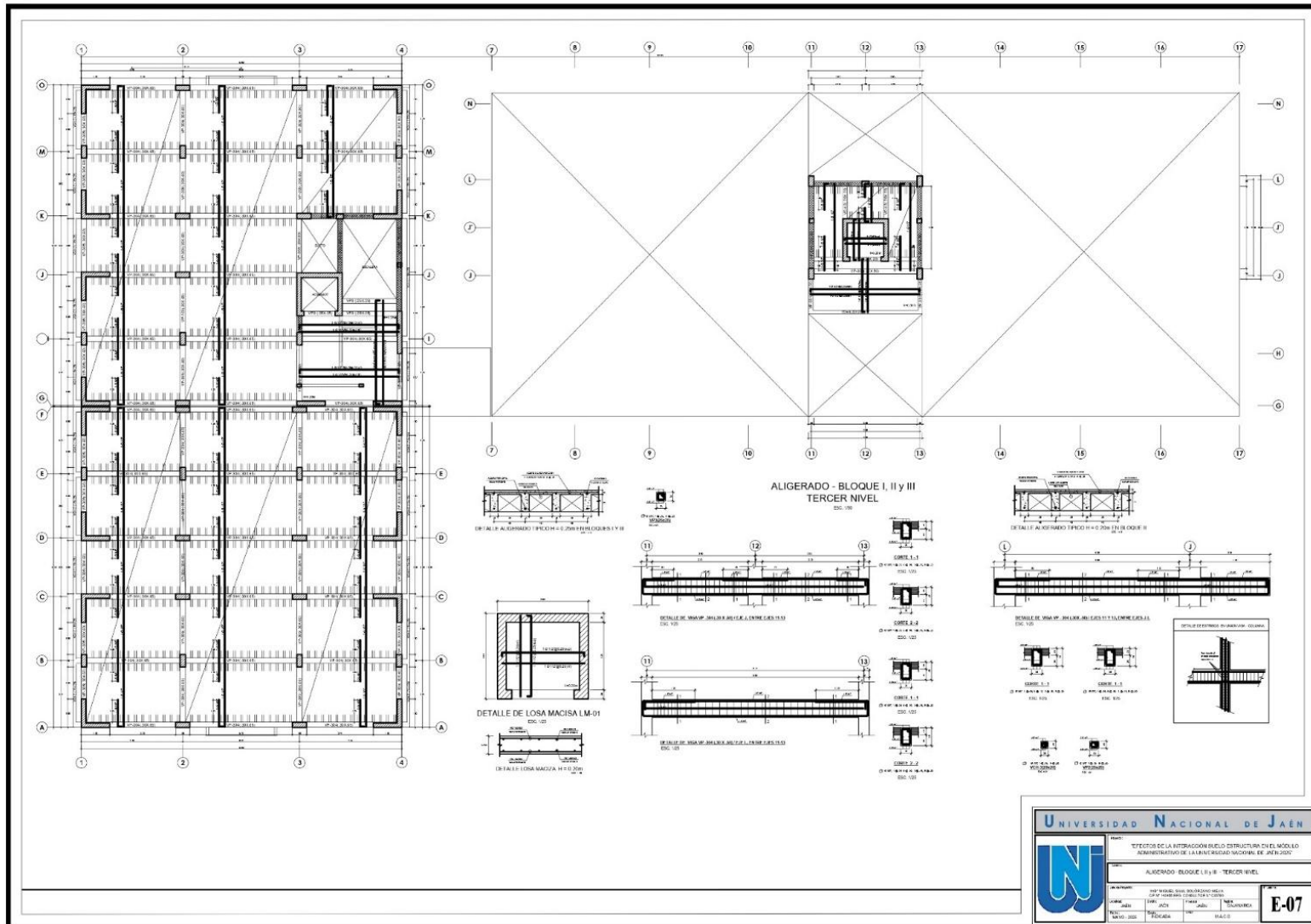
E-05

Anexo 23.16. Aligerado bloques I, II y III segundo nivel



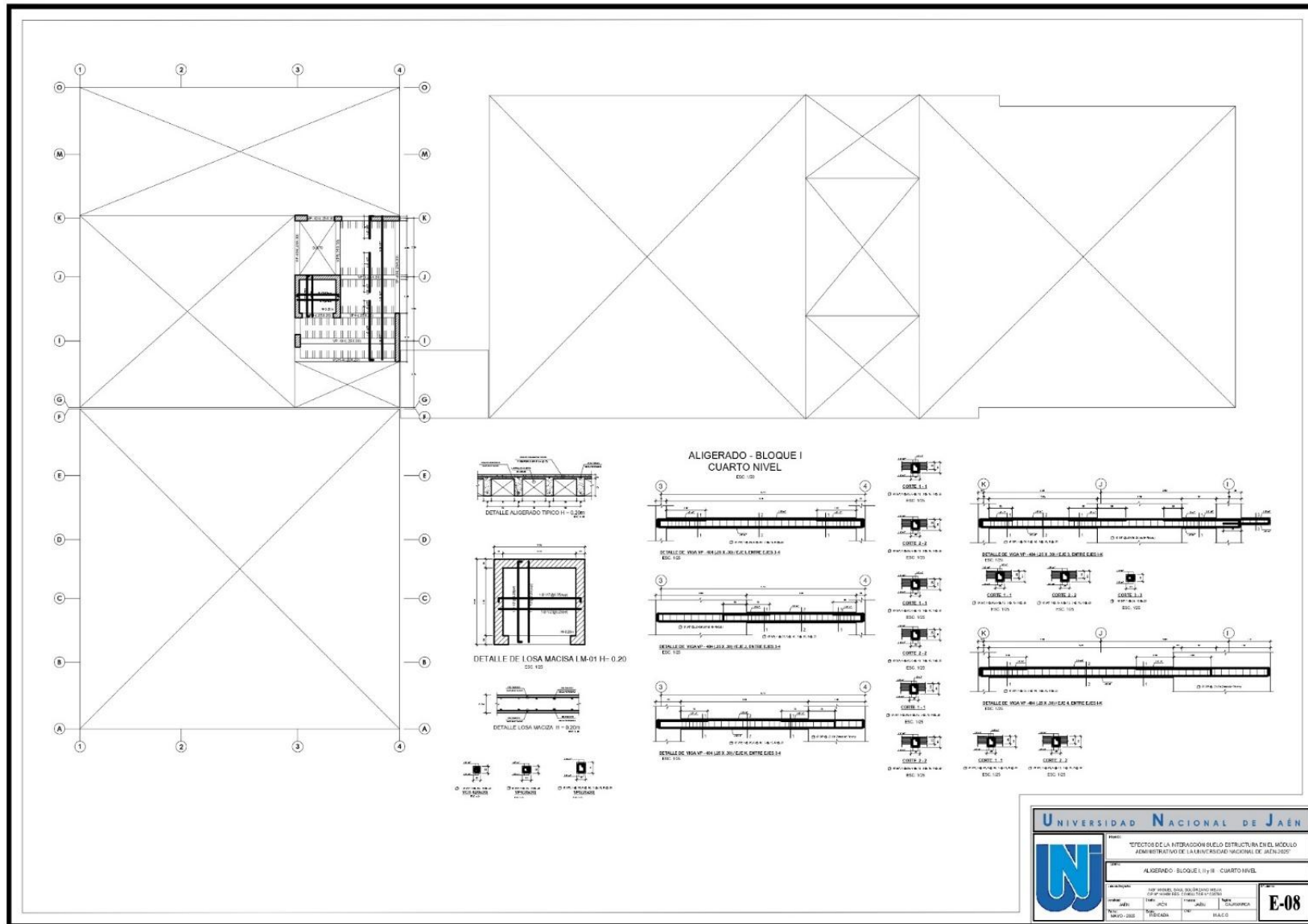
Nota. Plano de estructuras tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

Anexo 23.17. Aligerado bloques I, II y III tercer nivel



Nota. Plano de estructuras tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

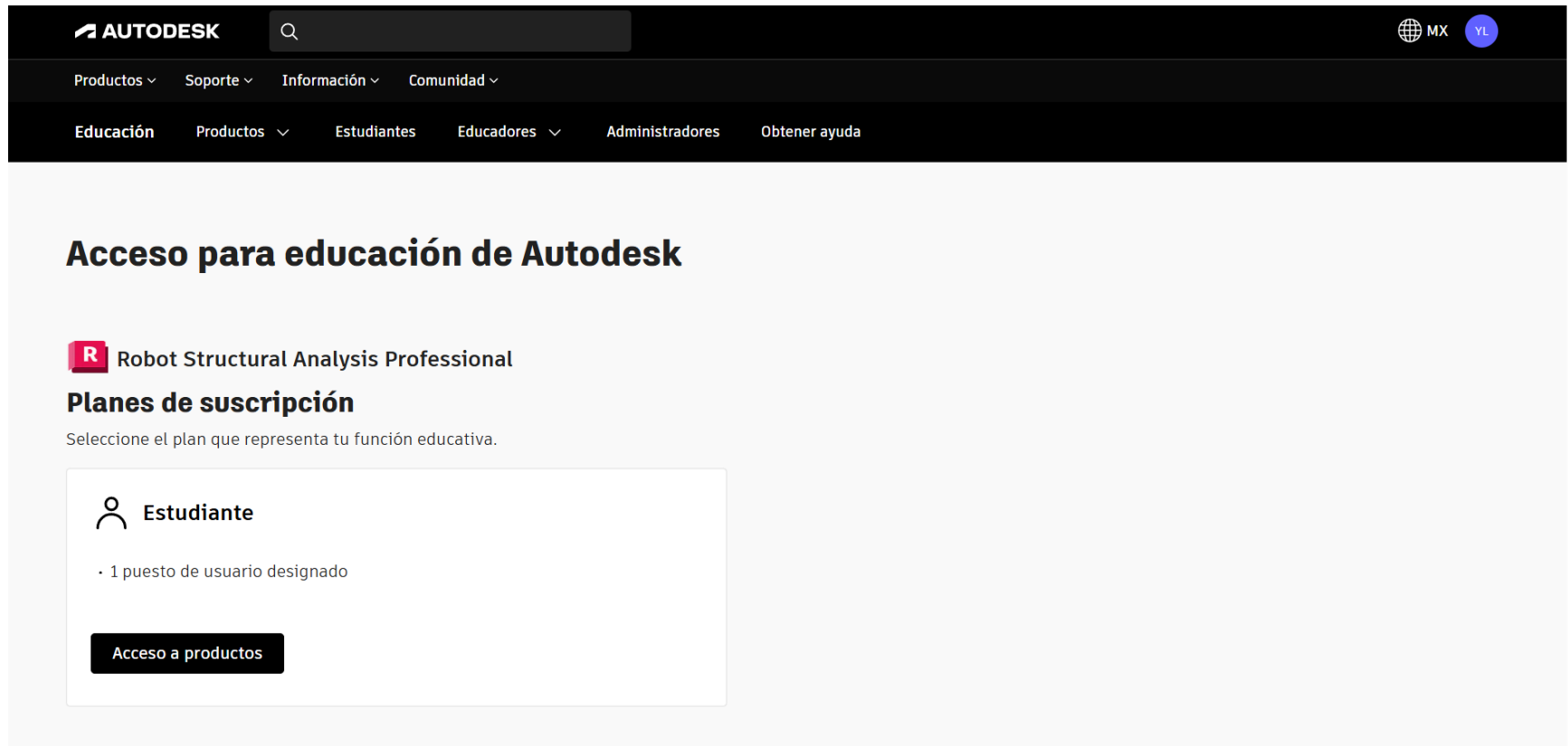
Anexo 23.17. Aligerado bloques I, II y III cuarto nivel



Nota. Plano de estructuras tomado del expediente Técnico del Módulo Administrativo

Anexo 24.

Licencia Estudiantil





The screenshot shows the Autodesk website's navigation bar with the logo and search bar. Below the navigation bar, there are two rows of menu items: 'Productos', 'Soporte', 'Información', and 'Comunidad' in the first row; and 'Educación', 'Productos', 'Estudiantes', 'Educadores', 'Administradores', and 'Obtener ayuda' in the second row. The main content area features a large heading 'Acceso para educación de Autodesk'. Below this, there is a red square icon with a white 'R' followed by the text 'Robot Structural Analysis Professional'. Underneath, the heading 'Planes de suscripción' is displayed, followed by the instruction 'Seleccione el plan que representa tu función educativa.' A white box contains a person icon and the text 'Estudiante', with a bullet point below it stating '1 puesto de usuario designado'. At the bottom of this box is a black button with the text 'Acceso a productos'.

Nota. Licencia estudiantil de AUTODESK

Anexo 25.

Certificado de Análisis, diseño y modelamiento con Robot Structural Analysis Profesional nivel básico, intermedio y avanzado

CERTIFICADO

Otorgado a: _____



YONATAN LABAN DAVILA

Por participar y aprobar el curso:



ANÁLISIS, DISEÑO Y MODELAMIENTO CON ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL NIVEL BÁSICO - INTERMEDIO - AVANZADO

Desarrollado con éxito el 17 de marzo de 2025 al 19 de mayo de 2025
Con un total de 260 horas académicas


Emitido el 21 de mayo de 2025

Mg. Carmen L. Nontol Chichipe
Coordinación Académica
Cersa Construcción y Capacitación S.A.C

Ing. Enrique Francisco Lujan Silva
Colegio de Ingenieros del Perú
DECANO CIP-CDLL



CCCES-2505-7577-103

TEMARIO:

Calificación: 18

MÓDULO 1: Módulo Básico

- Entorno de Robot Structural Analysis Professional
- Definición y Modelación de Elementos Estructurales
- Definición y Modelación de Elementos Estructurales
- Cargas Gravitacionales, Análisis y Resultados
- Mapas de Estructuras de Áreas
- Método Sísmico Estático Equivalente
- Cargas de Viento en Estructuras
- Tablas y Reportes

MÓDULO 2: Módulo Intermedio

- Análisis Dinámico Modal Espectral
- Análisis Dinámico Concreto Armado I
- Diseño de Concreto Armado II
- Análisis y Diseño de Cimentaciones Superficiales
- Interoperabilidad con Revit

MÓDULO 3: Módulo Avanzado

- Análisis y Diseño de Muros de Contención
- Diseño de Estructuras de Acero



Anexo 26.*Consentimiento de uso de datos del edificio*

Jaén-23 del enero del 2024

Unidad Ejecutora de Inversiones de la Universidad Nacional de Jaén

Yo, Alberca Herrera Widdclinter Duranquesnay identificados con DNI N.º 71884330 y código de estudiante 2019210126 y mi compañero Laban Davila Yonatan, identificados con DNI N.º 75771435 y código de estudiante 2019210174, ante ustedes con el debido respeto nos dirigimos y exponemos:

Queriendo elaborar el proyecto de tesis, y pertenecer al curso de seminario I; teniendo en cuenta que nuestro tema involucra la metodología de elementos finitos (MEF), hemos considerado conveniente aplicar la metodología antes mencionada al Pabellón de administración. En ese sentido solicito se nos otorgue el permiso e información necesaria correspondiente a la recolección de datos, uso y posteriormente publicación de resultados de la investigación a desarrollar.

Atentamente



 Est. Alberca Herrera Widdclinter Duranquesnay

DNI:71884330



 Est. Laban Davila Yonatan

DNI:75771435

**Anexo 27.**

validación del modelo por cuestionario firmado por ingenieros especialistas en estructuras.