



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Aplicación del software Autodesk Robot en el diseño estructural
de un edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Cuaila Rea, Frank Renato (0000-0001-8934-7833)

ASESOR:

M(o). De La Cruz Vega, Sleyther Arturo (0000-0003-0254-301X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

CALLAO - PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi querida Jiménez K., mis padres, hermanos y amigos, con quienes pasé momentos maravillosos. A pesar de la distancia, siempre estuvieron allí para darme sus sabios consejos y apoyo absoluto.

Frank Renato, Cuaila Rea

AGRADECIMIENTO

Es un honor el poder corresponder a estas personas ya que, sin su aporte, la elaboración de este proyecto hubiera sido casi imposible finalizarla.

A Dios, por el ímpetu para consumir mis metas. A mi madre, Cecilia Rea; mi padre, Antonio Cuaila, quienes vertieron su confianza en mí con lecciones y sobre todo su generosa paciencia.

Un agradecimiento especial al Ing. Hugo Salazar Correa por su voz guía y apoyo dogmático en la docencia del análisis y diseño estructural durante el pregrado.

Finalmente y no menos importante, agradezco a todos aquellos que me apoyaron, dieron su tiempo y consejo en el proceso de esta meta.

Frank Renato, Cuaila Rea

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- MARCO TEÓRICO	4
III.- METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación:	11
3.2. Variables y Operacionalización:	12
3.3. Población, muestra y unidad de análisis:	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	13
3.5. Procedimientos:	13
3.6. Método de análisis de datos:	14
3.7. Aspectos éticos:	15
IV.- RESULTADOS	16
V.- DISCUSIÓN	20
VI.- CONCLUSIONES	23
VII.- RECOMENDACIONES	24
REFERENCIAS	25
ANEXOS	29
ANEXO 1: Declaratoria de autenticidad (autor)	29
ANEXO 2: Declaratoria de autenticidad (asesor)	30

ANEXO 3: Matriz de operacionalización de variables	31
ANEXO 4: Instrumento de recolección de datos	32
ANEXO 5: Descripción del proyecto	59
ANEXO 6: Estructuración del proyecto	62
ANEXO 7: Análisis estructural	68
ANEXO 8: Memoria de cálculo	76
ANEXO 9: Panel fotográfico	120
ANEXO 10: Planos	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del estudio de mecánica de suelos.....	16
Tabla 2. Desplazamientos laterales y distorsiones	18
Tabla 3. Diseño de elementos estructurales	19
Tabla 4. Distribución de ambientes en departamentos	60
Tabla 5. Peraltes o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección	62
Tabla 6. Predimensionamiento de losa.....	62
Tabla 7. Pesos unitarios y espesores de losas aligeradas armadas en una dirección de Concreto Armado	63
Tabla 8. Predimensionamiento de vigas	63
Tabla 9. Factores para predimensionar la columna de acuerdo a su ubicación...	64
Tabla 10. Predimensionamiento de columnas	64
Tabla 11. Predimensionamiento de placas	65
Tabla 12. Factores de zona	69
Tabla 13. Tipos de perfiles de suelo	69
Tabla 14. Factor de suelo “S”	69
Tabla 15. Períodos “ T_p ” y “ T_L ”	70
Tabla 16. Coeficiente para estimar el período fundamental	70
Tabla 17. Parámetros sísmicos.....	71
Tabla 18. Cortantes obtenidas del análisis estático y dinámico	75
Tabla 19. Diseño de columnas.....	88
Tabla 20. Diseño de vigas.....	105
Tabla 21. Diseño de muros estructurales.....	109

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Configuración de la estructura.....	17
Figura 2. Ubicación del proyecto	59
Figura 3. Arquitectura - planta	60
Figura 4. Arquitectura - elevación.....	61
Figura 5. Arquitectura - modelo 3D.....	61
Figura 6. Definición de materiales	66
Figura 7. Definición de secciones.....	66
Figura 8. Definición de espesores de losa.....	67
Figura 9. Modelo de cálculo del panel	67
Figura 10. Zonas sísmicas.....	68
Figura 11. Cortantes estáticas en la dirección X.....	72
Figura 12. Cortantes estáticas en la dirección Y.....	72
Figura 13. Espectro de aceleraciones	73
Figura 14. Parámetros del análisis espectral.....	73
Figura 15. Cortantes dinámicas en la dirección X.....	74
Figura 16. Cortantes dinámicas en la dirección Y.....	74
Figura 17. Columna – combinaciones de carga	76
Figura 18. Columna – armado longitudinal	76
Figura 19. Columna – armado transversal.....	77
Figura 20. Columna – disposición de armaduras	77
Figura 21. Columna – modelo de pandeo.....	78
Figura 22. Columna – resultados.....	78
Figura 23. Viga – combinaciones de carga.....	89
Figura 24. Viga – parámetros de planta.....	89
Figura 25. Viga – opciones de cálculo.....	90
Figura 26. Viga – armado longitudinal	90
Figura 27. Viga – armado transversal.....	91
Figura 28. Viga – disposición de armaduras.....	91
Figura 29. Viga – revisión de resultados.....	92
Figura 30. Viga – edición de armadura.....	92

Figura 31. Escalera – mapa de esfuerzos	109
Figura 32. Escalera – corte por paneles	110
Figura 33. Losas - discretización del armado	113
Figura 34. Losas – mapa de armaduras (-) en la dirección X	113
Figura 35. Losas – mapa de armaduras (+) en la dirección X	114
Figura 36. Losas – mapa de armaduras (-) en la dirección Y	114
Figura 37. Losas – mapa de armaduras (+) en la dirección Y	115
Figura 38. Losas – mapa de flechas.....	115
Figura 39. Losas – acero de refuerzo (-) en la dirección X.....	116
Figura 40. Calicata C1 a profundidad 3,20 m	120
Figura 41. Calicata C2 a profundidad 3,15 m	120
Figura 42. Calicata C3 a profundidad 3,20 m	121
Figura 43. Calicata C4 a profundidad 4,00 m	121
Figura 44. Calicata C5 a profundidad 4,00 m	122
Figura 45. Calicata C6 a profundidad 3,60 m	123

RESUMEN

El objetivo principal es diseñar estructuralmente aplicando el software Autodesk Robot, un edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021.

La metodología es de tipo aplicada, de diseño transeccional y descriptivo. Su enfoque es cuantitativo. La muestra es la edificación misma, la unidad de análisis fueron 6 calicatas a una profundidad de 4 metros.

Los resultados muestran un suelo gobernado por material gravoso y poca presencia de finos, con presión admisible de $2,74 \text{ kg/cm}^2$. Se configuró el modelo de la edificación con un sistema de pórticos de concreto armado y muros estructurales, con una regularidad de $R = 6,00$. Del análisis sísmico se obtienen los desplazamientos laterales máximos, en la dirección $x = 6,21 \text{ cm}$; en la dirección $y = 6,19 \text{ cm}$. Con una distorsión de entrepiso de $0,004$. De acuerdo a los resultados, se obtuvo una tabla resumen con las secciones finales de los elementos estructurales.

Finalmente se concluye que la aplicación de Autodesk Robot ha reducido el tiempo de diseño de los elementos, generando tablas de cuantificación, memorias de cálculo y planos básicos, que pueden exportarse a programas como Revit y Autocad, facilitando el flujo de trabajo del proyecto.

Palabras clave: edificación, Robot Structural, análisis sísmico, diseño estructural, metodología BIM.

ABSTRACT

The main objective is to design structurally applying Autodesk Robot software, a 6-story multifamily building, Lurin, 2021.

The methodology is of an applied type, of transectional and descriptive design. Their approach is quantitative. The sample is the building itself, the unit of analysis was 6 test pit, at a depth of 4 meters.

The results show a soil governed by heavy material and little presence of fines, with permissible pressure of 2.74 kg/cm^2 . The building model was configured with a system of reinforced concrete and structural walls, with a regularity of $R = 6.00$. From the seismic analysis, the maximum lateral displacements are obtained, in the direction $x = 6,21 \text{ cm}$; in the direction $y = 6,19 \text{ cm}$. With a mezzanine distortion of 0.004 . According to the results, a summary table was obtained with the final sections of the structural elements.

Finally, it is concluded that the Autodesk Robot application has reduced the design time of the elements, generating quantification tables, calculation memories and basic drawings, which can be exported to programs such as Revit and Autocad, facilitating the workflow of the project.

Keywords: building, Robot Structural, seismic analysis, structural design, BIM methodology.

I.- INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el diseño estructural es conocido por proponer a través de modelos matemáticos el comportamiento de miembros estructurales individuales, conjuntos estructurales y soportes fundamentales con gran precisión, lo que permite un ajuste en las dimensiones de los elementos a diseñar, de acuerdo a las posibles cargas que actuarán durante su vida útil. Durante las últimas décadas este trabajo laborioso se multiplicó y con la ayuda de los procesadores digitales, la computadora, el trabajo se alivió para que las estructuras actuales sean más eficientes y garanticen seguridad. Según Rojas (2020) aunque el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías aumentan considerablemente en el rubro de la construcción, todavía hay brechas e inconsistencias en las etapas de diseño en proyectos de infraestructura. En muchos casos, los expedientes técnicos y su contenido parcial tales como memorias de cálculo, planos de especialidad, especificaciones técnicas, etc., no se encuentran completos y tienen incompatibilidades con cada otro (Building Smart Chapter, 2022).

En Perú, son muchas las empresas que usan herramientas de diseño estructural como: SAFE, SAP2000, ETABS, CYPE, etc., pero pocos trabajan con Autodesk Robot Structural, a pesar que éste posee muchas ventajas. Las herramientas de detección de incompatibilidades integradas, la interoperabilidad y el ahorro de tiempo que, seguramente es uno de los aspectos que emerge inmediatamente como ventaja de usar un programa de diseño estructural con la metodología BIM (Building Information Modeling). Y en el mundo de la construcción, sabemos muy bien cuánto puede significar el ahorro de tiempo (Ortiz y Quispe, 2020).

Actualmente, en razón a lo descrito anteriormente, hay un déficit conocido de los proyectos de ingeniería civil diseñados mediante la herramienta Autodesk Robot Structural Analysis (Rojas, 2020). Si bien es cierto, la aplicación del software Autodesk Robot Structural Analysis es relativamente nuevo y las empresas son reacias a adoptarlo. Porque todo lo que no se conoce a profundidad nos da miedo, porque se cree que los costes se van a elevar o por no tocar lo que ha funcionado desde siempre.

Se formuló el problema general según lo expuesto en párrafos previos ¿Cómo influye la aplicación del software Autodesk Robot en el diseño estructural de un edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021? De la misma manera los problemas específicos: ¿Cuáles son los estudios básicos del edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021? ¿De qué manera se establece la configuración estructural del edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021? ¿Cómo se determina el análisis sísmico del edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021? ¿Cómo se realiza el diseño de elementos estructurales del edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021?

El trabajo de investigación actual está considerando diferentes aspectos: Justificación teórica al profundizar la aplicación del software Autodesk Robot, con el propósito de mejorar todas las fases del diseño estructural en el proyecto de construcción. Justificación por conveniencia al ser de interés de los investigadores como parte de su deseo en especializarse en la rama de Estructuras en Ingeniería Civil. Justificación práctica al expresar que el modelo estructural planteado, contará con facilidad de inserción, extracción o modificación de la información en la fase de diseño de la estructura y compartirla con las demás especialidades del proyecto. Justificación económica al contribuir al ahorro de tiempo y costos, detectando las posibles incompatibilidades del proyecto. Justificación social porque la presente investigación va aportar a la difusión de más proyectos de edificación aplicando la herramienta Autodesk Robot, ya sea mejorada o con criterios propios que se ajusten a la normativa vigente. La investigación también aportará a la publicación de los estudios básicos, obtenidos a través del estudio de mecánica de suelos de la zona, para futuros proyectos con características similares a la edificación multifamiliar de estudio.

El objetivo general es diseñar estructuralmente aplicando el software Autodesk Robot, un edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021. Y los objetivos específicos son: Realizar los estudios básicos para el edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021. Definir la configuración estructural del edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021. Analizar sísmicamente el edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021. Diseñar los elementos estructurales del edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021.

Como hipótesis general se planteó que, la aplicación del software Autodesk Robot será favorable en el diseño estructural del edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021. Y las hipótesis específicas son: Los estudios básicos del edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021, permitirá reconocer el tipo y características de suelo del predio. La configuración estructural del edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021, permitirá estimar las dimensiones y ubicar los elementos estructurales. El análisis sísmico del edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021, permitirá verificar los modos de vibración, derivas y distorsión permisibles de acuerdo a la norma vigente. Se puede realizar el diseño de elementos estructurales de la obra multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021.

II.- MARCO TEÓRICO

Montoya (2016) en su tesis para optar el grado de magister en ingeniería civil opción estructuras, en la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Titulado: *Optimización de estructuras de naves industriales empleando tecnología BIM*. Con el objetivo: Optimizar el proyecto, análisis y preparación de proyectos de naves industriales a través de herramientas digitales BIM, además, de utilizar un interfaz entre ésta con algún software de cálculo estructural con el propósito de reducir tiempo y minimizar errores. Con metodología de tipo aplicada y diseño no experimental. Concluye que se logró reducir el tiempo de desarrollo del proyecto a la mitad de lo que se llevaría hacerlo de la manera “tradicional”, ya que unificó las áreas que intervienen, generó información de manera global y en automático, como plantas, cortes fachadas y tablas de cuantificación, el vínculo fomentó la comunicación entre el modelo y el análisis estructural, lo que optimizó el tiempo y minimizó errores. Pese a la interoperabilidad entre los programas es buena, es recomendable revisar el modelo en Robot antes de realizar el análisis correspondiente ya que puede presentar algunos errores, como inestabilidad en los nodos, desconocer las propiedades de las secciones, entre otros.

Benatar (2015) en su tesis para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Metropolitana. Titulado: *Diseño Estructural Sismorresistente de Vivienda Multifamiliar*. Con el objetivo: Realizar el análisis y diseño estructural sismorresistente en el sistema pórticos de concreto armado para la residencia multifamiliar, considerando los parámetros establecidos por las normas CONVENIN. Con metodología de tipo aplicada y diseño no experimental. Concluye que en el caso de este proyecto, luego de realizar el análisis dinámico de la estructura con apoyo del programa de software estructural, fue necesario modificar algunos de los elementos estructurales pre-dimensionados en la etapa de estructuración del edificio. Específicamente, incrementar las secciones transversales de las columnas, siendo las dimensiones finales, notables en comparación a lo previsto. Cabe precisar que, no existe una manera única de realizar el diseño de una estructura de edificación, así como los miembros que la conforman. Existen infinitas posibilidades al momento de combinar los elementos, así como la colocación del refuerzo, con lo cual se logra cumplir el objetivo.

Echeverría y Suntaxi (2016) en su tesis para optar por el título de ingeniero civil en la Escuela Politécnica Nacional. Titulado: *Análisis y diseño estructural de los edificios LOAIZA, UNACH y PLUS I, en los programas Etabs, STAAD.PRO Y Robot considerando para el diseño la NEC 2015*. Con el objetivo: Comparar los resultados adquiridos de los softwares con propósito de analizar cargas y estructuras Etabs, Robot Structural y STAAD.Pro, a través del modelado de tres edificios. Con metodología de tipo aplicada, diseño no experimental y por su alcance correlacional. Llega a la conclusión que uno de los factores que influyen en la variación de los resultados, fue el peso total de la estructura. Según los resultados obtenidos del análisis, la variación entre las herramientas informáticas, con referencia a un programa y otro para las tres edificaciones es ínfima, se demuestra que es menos del 1%, sin embargo la variación de un edificio particular, entre los programas Robot y Etabs, demostró una variación del 5,97%. Por lo tanto, se tienen valores diferentes con respecto al parámetro peso en los softwares manipulados, se muestran a continuación las consideraciones de estos softwares: en el software Etabs se pueden precisar las características geométricas y mecánicas de una losa tipo Deck (placa o plancha colaborante), sin embargo, en el software STAAD.Pro no tiene en cuenta los ductos de losa. Por lo tanto, genera también un peso adicional que se distribuye de manera diferente en la estructura.

Domínguez y Moreno (2018) en su tesis para obtener el título de ingeniero civil. Titulado: *Diseño estructural sismorresistente de un edificio de siete niveles bajo la metodología BIM en la provincia de Pomabamba, Ancash, 2018*. Con el objetivo: Realizar el diseño sísmico y estructural para la torre de siete pisos, aplicando técnicas que ofrece la metodología BIM en el distrito de Pomabamba. Con metodología de tipo aplicada y diseño no experimental descriptivo. Llega a la conclusión, que fué necesario integrar algunos elementos, como paredes estructurales o muros de corte en las áreas necesarias, minimizando los desplazamientos, derivas excesivas obtenidas durante su análisis. Durante el diseño sismorresistente del casco, estructura, se encontró la irregularidad en planta Ip, esta irregularidad disminuyó el valor Ro de ambos sentidos (x, y) a $R_o=6.3$, por lo tanto esto generó un incremento en la magnitud de corte basal. Se logró realizar el modelo integrado BIM, unificando las especialidades arquitectura, estructura e

instalaciones de acuerdo al plan de gestión BIM para el manejo de los profesionales involucrados en las distintas disciplinas del proyecto. Al unificar el modelo para la interoperabilidad, fue posible identificar interferencias, incompatibilidades, metrados, presupuesto. Finalmente, se obtuvo el proyecto con datos más precisos que aportaron en gran medida al desarrollo del proyecto que, con métodos tradicionales.

Estrada y Verde (2020) en su tesis para obtener el título de ingeniero civil. Titulado: *Análisis comparativo del diseño estructural con la aplicación del software Etabs respecto al método tradicional de un edificio de cinco pisos con semisótano ubicado en el distrito de San Martín de Porres - Lima*. Con el objetivo: Elaborar el análisis correlacional del diseño estructural, aplicando el método tradicional con respecto a la herramienta herramienta Etabs para una estructura con semisótano y cinco niveles, situado en el distrito de San Martín de Porres. Con metodología de tipo aplicada y diseño no experimental explicativa. Concluye que según los resultados de la investigación, se descubrió que existe una ligera variación en la estructuración, que influyen en la magnitud de carga del proyecto estructural con la aplicación del programa Etabs en relación con el método tradicional, lo que nos permitió ver que esto afecta y genera una diferencia en las dimensiones finales de las secciones de elementos y cargas de la estructura, a su vez, ciertos elementos que se modifican, que se indican en el plano de arquitectura. Un edificio se puede diseñar de diferentes maneras, uno de los cuales son los métodos aplicados durante esta investigación, lo que nos permite diseñar de forma independiente con respecto a la otra, sin embargo, estos pueden acoplarse con la ayuda de un programa estructural junto con la teoría a manera de verificación. Normas técnicas y conocimientos, para lograr una estructura liviana, con cantidades de materiales precisos.

Afuso (2017) en su tesis para obtener el título de ingeniero civil. Titulado: *Diseño estructural de un edificio de concreto armado de cinco pisos y tres sótanos ubicado en el distrito de Barranco*. Con objetivo: Diseñar el edificio propuesto en sus elementos principales de modo que cumplan con los lineamientos de ser un diseño económico, resistente a las cargas aplicadas, especialmente gravedad y sismo, y que demuestre un adecuado comportamiento bajo cargas de servicio como dispone

el actual Reglamento Nacional de Edificaciones. Con metodología de tipo aplicada y diseño no experimental. Concluye que el estándar actual, norma E.030-2018 es más riguroso para los edificios irregulares. Hay una variación que influye en el coeficiente de reducción R , de las fuerzas de sismo, al añadir dos factores de irregularidad, uno en altura " I_a " y otro factor, en planta " I_p ". De la misma manera, los desplazamientos laterales en estructuras irregulares deben calcularse, solo el resultado obtenido en el análisis lineal inelástico debe multiplicarse por R . Por otro lado, se menciona que los edificios irregulares en planta o altura no son aptos para edificaciones con uso esencial y están obligados a usar sistemas de aislamiento sísmico, ubicados en la zonificación 3 y 4. El uso de herramientas informáticas, como Etabs y SAP2000 proporcionan el análisis estructural de un edificio de manera muy eficaz. Puede hacer un modelo de construcción en 3D para análisis sísmicos y usar un modelo de pórticos en 2D para el análisis de cargas de gravedad. Finalmente, se verifican los resultados para que cumplan con los resultados estimados, de acuerdo con los criterios del diseñador.

Existen un sin número de definiciones de BIM, dentro de las cuáles la que más resalta proviene de la empresa Autodesk, BIM del inglés Building Information Modeling o en español modelado de la información de la construcción, es una metodología de trabajo en el rubro de la construcción, permite la creación y administración de un activo, proyecto de infraestructura, basado en un modelo interactivo de tres dimensiones y retroalimentado por una plataforma en la nube que permite a los diferentes participantes analizar y gestionar la información de forma efectiva, generando una representación digital del activo durante su ciclo de vida, que abarca el planeamiento y diseño, y finalmente, operaciones (Autodesk, 2022).

Robot Structural Analysis Professional es una herramienta digital de análisis y diseño estructural de la compañía Autodesk, permite a los ingenieros diseñar variedad de estructuras con el método de elementos finitos y ofrece una interfaz de trabajo dinámica ya que pertenece a la metodología BIM. Autodesk (2021) refiere que es una herramienta de análisis y diseño de carga estructural, que verifica el cumplimiento de códigos internacionales y flujos de trabajo integrados, para compartir datos a través de la interoperabilidad con el programa Revit. Puede

ayudarlo a modelar diseños más eficientes, con precisión, coordinados y finalmente conectarlos a BIM.

Revit es un software que ayuda a los equipos de arquitectura, ingeniería y construcción a crear edificios e infraestructura de alta calidad. Modela formas, estructuras y sistemas en 3D con exactitud paramétrica, precisión, y facilidad. Optimiza el trabajo de documentación, con revisiones instantáneas de planos, elevaciones, programaciones y secciones a medida que cambian los proyectos (Autodesk, 2022).

El diseño estructural es la creación de un sistema de elementos lo más parecido al objeto de estudio, que adquiera un correcto comportamiento frente a las cargas solicitadas. Morales (2012) refiere que el diseño estructural es un proceso cíclico, que parte de consideraciones generales y se afinan los resultados mediante aproximaciones sucesivas, logrando la optimización del sistema teniendo en cuenta criterios como peso y costo mínimos, dando a entender que no existen soluciones únicas, sino razonables. De acuerdo a Mc Cormac (2011), más específicamente el diseño estructural implica el siguiente proceso: Inicia con la estructuración, también conocido como fase de predimensionamiento; aquí definen los materiales de trabajo, los elementos que conforman la estructura y sus dimensiones de forma global. Le sigue el análisis, en esta fase se incluyen restricciones y las cargas a las que se somete la estructura. Además, busca determinar e interpretar cómo afectan las cargas que intervienen en la estructura a lo largo de su período de servicio. Finalmente, en el dimensionamiento se llega a definir a detalle, los elementos y secciones finales de la estructura. Se revisan los requisitos de seguridad que deben cumplir. Además, se elaboran las especificaciones técnicas y planos de construcción. Según Harmsen (2005) el proceso real implica pasar varias veces por cada etapa, es decir, es mucho más complejo e iterativo a medida que la estructura evoluciona hacia su forma final.

La calicata o pozo (ASTM D420) es una excavación directa al terreno, que permite observar directamente la estratigrafía del terreno, tomar muestras y realizar ensayos que no requieran ser confinados. Así lo afirma el INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y GERENCIA (2020) y corresponde a un estudio básico de

ingeniería, investigación de campo con la finalidad de diseño de ingeniería y construcción, estipulado en la Norma E.050.

Según el INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y GERENCIA (2020) se tienen las siguientes definiciones básicas: Acero es un elemento de alta resistencia como alambres, torón, barra, o un paquete (tendón) de los elementos mencionados, utilizado para aplicar fuerza de preesforzado al concreto. Concreto armado es la combinación de dos materiales compuestos principalmente por acero estructural, reforzado o no de acuerdo a requerimiento, y concreto. Losa es un elemento estructural cuyo espesor es reducido respecto a sus otras dimensiones, es construido con fines de piso o techo, generalmente de orientación horizontal, constituido por concreto y acero, este último distribuido para una o dos direcciones de acuerdo al tipo de apoyo existente en su perímetro. Además, sirve para rigidizar la estructura, frente a cargas horizontales de sismo. Viga es un elemento estructural de orientación horizontal o en algunos casos particulares inclinado, en cuanto a dimensión longitudinal se refiere es muy superior a la dimensión transversal. Este elemento se diseña para resistir fundamentalmente esfuerzos de corte y flexión. Columna es un elemento estructural de orientación vertical, en cuanto a dimensión longitudinal se refiere es muy superior a la dimensión transversal. Este elemento se diseña para resistir fundamentalmente esfuerzos axiales de compresión. Placa es un elemento estructural, generalmente de orientación vertical. Este elemento es empleado para separar o encerrar espacios, resiste cargas axiales de compresión y también cargas laterales, provenientes de líquidos o suelos perpendiculares a su plano. Cimentación es un arreglo estructural, cuya función esencial es que trasmite las cargas de elementos verticales, tales como muros y columnas derivadas al terreno.

Cabe indicar, que éste trabajo de investigación se limita a analizar la superestructura, conformada por los elementos de concreto armado mencionados, exceptuando la cimentación.

Norma E.020 Cargas, proporciona las condiciones de carga mínima establecida, de acuerdo al factor uso o servicio. Cabe mencionar que esta norma se complementa con la norma E.030 Diseño Sismorresistente.

Norma E.030 Diseño Sismorresistente, esta norma se rige bajo el principio y filosofía de no causar daños graves en la estructura, ni causar posibles daños a sus huéspedes frente a un sismo severo que pueda ocurrir en el sitio. Por otro lado, establece los requerimientos mínimos de diseño para que las estructuras, en cuanto a edificaciones, y obras de arte se refiere, puedan prever desastres como: fuga de materiales peligrosos, fuego, deslizamiento de tierras u otros afines.

Norma E.050 Suelos y Cimentaciones, muestra los requerimientos para ejecutar un estudio de mecánica de suelos (EMS), cuyo objetivo sea brindar la información necesaria para cimentar edificaciones y otras obras indicados en esta Norma. Cabe mencionar que la información del EMS es válida exclusivamente para el tipo y área de obra indicada en el informe.

Norma E.060 Concreto Armado, esta norma fija las exigencias y requisitos mínimos para analizar, diseñar, definir los materiales, el proceso constructivo, exigir el control del producto o calidad, y finalmente supervisar una estructura constituida en concreto armado, simple y preesforzado.

III.- METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación:

Es de tipo aplicada, ya que aporta información novedosa que puede ser útil y estimable para la teoría al plantear problemas en circunstancias y características concretas, que requieren soluciones inmediatas y específicas (Baena, 2017).

Diseño de investigación:

Es transeccional y descriptivo. Dado que los datos son recolectados en un momento único, no serán alterados ni modificados, es decir, se limita a estudiar y analizar la información basado en las normas técnicas vigentes, que nos permitan obtener resultados, cumplir los objetivos planteados y describir lo que se intervenga (Hernández, et al., 2014).



Donde:

“M” es la muestra

“O” es la observación de la variable

Enfoque de investigación:

Es cuantitativo porque, se apoya en una base de datos, a través de la medición numérica que siguen un conjunto de procesos, con la finalidad de probar hipótesis (Hernández, et al., 2014). Es decir, inicia con establecer la idea que una vez acotada y delimitada, se deriva una serie de preguntas y objetivos de investigación con el fin de probar teorías.

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable 1:

Software Autodesk Robot es una herramienta digital de análisis y diseño estructural de la compañía Autodesk, permite a los ingenieros diseñar variedad de estructuras, a través del método de elementos finitos y ofrece una interfaz de trabajo dinámica ya que pertenece a la metodología BIM (Villaroel, 2016).

Variable 2:

Diseño estructural es la creación de un sistema de elementos lo más parecido al objeto de estudio, que adquiera un correcto comportamiento frente a las cargas solicitadas. Morales (2012) refiere que el diseño estructural es un proceso cíclico, que parte de consideraciones generales y se afinan los resultados mediante aproximaciones sucesivas, logrando la optimización del sistema teniendo en cuenta criterios como peso y costo mínimos, dando a entender que no existen soluciones únicas, sino razonables.

Operacionalización:

La matriz de operacionalización de variables se aprecia en el anexo 03.

3.3. Población, muestra y unidad de análisis:

Población:

Es un conjunto de casos que encajan o coinciden de acuerdo a su alcance, elementos, tiempo y unidades de muestreo (Bernal, 2010). La población del presente trabajo de investigación es la edificación misma que cuenta con un área de terreno de 1,025.00 m², Lurín, 2021.

Muestra:

En este caso la muestra es equivalente a la población, y es de tipo no probabilístico, ya que no depende de la probabilidad de selección, sino de las particularidades de la investigación (Tamayo, 2003). La muestra del presente

trabajo de investigación es la edificación misma que cuenta con un área de terreno de 1,025.00 m², Lurín, 2021.

Unidad de Análisis:

La unidad de análisis fueron 6 muestras de suelo, con una profundidad de 4 metros, en puntos estratégicos del terreno con área de 1,025.00 m², Lurín, 2021.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

La técnica empleada para recolectar información en esta investigación fue la observación directa, a través de la inspección a la zona de estudio, los planos de arquitectura y bibliografía del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.

Los instrumentos empleados fueron: fichas técnicas del estudio de mecánica de suelos; herramientas informáticas BIM Autodesk Robot Structural Analysis 2021, Revit 2021 y hojas de cálculo Microsoft Excel 2019.

3.5. Procedimientos:

Considerando los objetivos, técnicas e instrumentos del presente informe, se desarrolló el siguiente procedimiento.

Primero, se realizó la pesquisa de la condición actual del suelo y el plano arquitectónico del proyecto multifamiliar de seis pisos, ubicado en la Av. Portillo Grande, distrito de Lurín, Lima.

Segundo, se realizó el estudio de mecánica de suelos a través de las fichas de muestreo. Para este caso, se optó por calicatas o pozos (ASTM D420), por recomendación del especialista y de acuerdo al RNE E.050: Suelos y Cimentaciones vigente, fueron (06) puntos de exploración.

Tercero, una vez resueltos los datos geotécnicos y el plano arquitectónico se procedió a compilar y revisar bibliografía, documentos normativos, revistas y las fichas técnicas obtenidas con el propósito de evaluar estructuralmente el proyecto de edificación.

Cuarto, se modeló la estructura considerando un predimensionamiento basado en la expertiz del diseñador, a través de la herramienta informática Autodesk Robot Structural Analysis 2021.

Quinto, se evaluó la integridad estructural del edificio multifamiliar de seis niveles, con la herramienta informática Autodesk Robot Structural Analysis 2021. Cabe resaltar que este paso es cíclico, se analiza y optimiza el modelo propuesto hasta que cumplan las cargas solicitadas.

Sexto, se procedió a calcular la cantidad de acero, de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis estructural.

Séptimo, se exportaron los resultados a la herramienta Revit 2021 para generar los planos de especialidad estructura del proyecto.

3.6. Método de análisis de datos:

En este caso, el método de análisis de datos es descriptivo. Ya que tiene como finalidad, valga la redundancia, describir los resultados conseguidos al diseñar la estructura propuesta. Es decir, el método de análisis de datos descriptivo se centra en interpretar los resultados obtenidos a través de gráficos, tablas, etc. (Hernández, et al., 2014).

Para poder procesar la información recolectada se usaron los instrumentos previamente mencionados, y en este punto se detallan sus funciones:

Fichas técnicas del estudio de mecánica de suelos, para la clasificación de suelos, granulometría, límites de consistencia. Resultados regulados de acuerdo a la norma peruana de suelos y cimentaciones E.050.

Autodesk Robot Structural Analysis 2021, para la creación de un sistema de elementos lo más parecido al objeto de estudio, que adquiera un correcto comportamiento frente a las cargas solicitadas.

Revit 2021, para la presentación de planos de especialidad estructura del proyecto.

Hojas de cálculo Microsoft Excel 2019, para presentación de tablas y gráficas donde se visualicen los resultados obtenidos.

3.7. Aspectos éticos:

El presente trabajo de investigación se realizó bajo los objetivos y alcance del código de ética de la universidad César Vallejo, que plantea promover las buenas prácticas científicas, proteger y respetar los derechos de autores así como su confidencialidad y privacidad. Asimismo, cabe resaltar que en la ingeniería se debe llegar a altos estándares de ética, considerando la premisa que las tecnologías influyen directamente en la calidad de vida de las personas, por lo expuesto, el presente trabajo se realizó con la validación de datos, a través de softwares reconocidos mundialmente como Autodesk y Microsoft, profesionales expertos en el tema y la voz guía de un profesional metodológico que hizo posible la elaboración y culminación de este proyecto.

IV.- RESULTADOS

Se sugiere revisar el Anexo 4, donde se muestra el estudio de suelos desarrollado.

Tabla 1. Resultados del estudio de mecánica de suelos

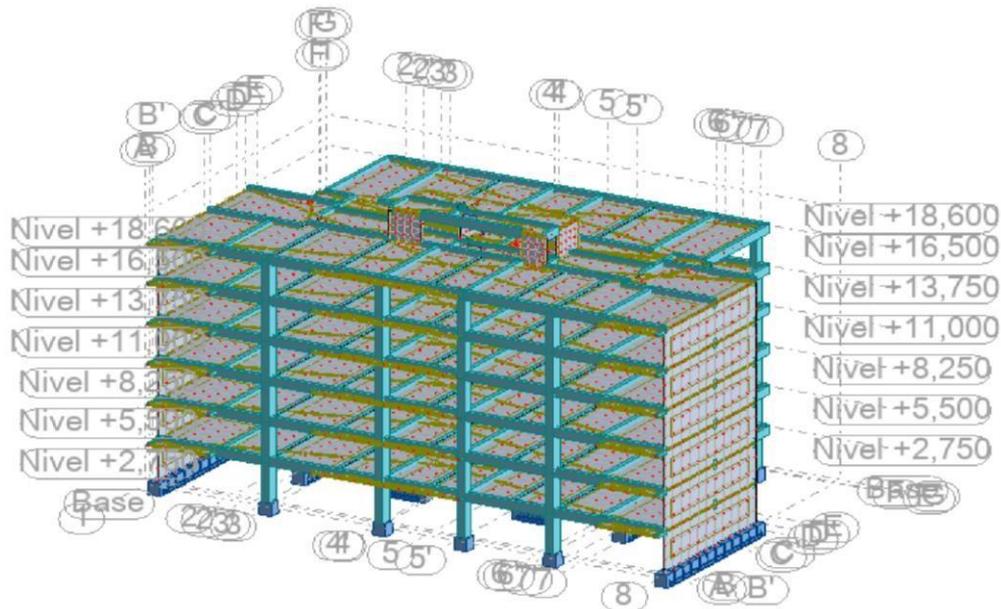
Resultados del estudio de mecánica de suelos												
Calicata	Profundidad (m)	Humedad (%)	Pasa malla #4	Pasa malla #200	SUCS	AASHTO	Cloruros (%)	Sulfatos (%)	Sales (%)	Ang. de fricción (°)	Cohesión (kg/cm ²)	Capacidad admisible (kg/cm ²)
C-01	0,00 – 3,20	1,90%	43,0	1,0	GW	A-1-a	0.0960	0,174	0,297	-	-	-
C-02	0,00 – 3,15	1,80%	44,0	0,0	GW	A-1-a	0.0932	0,182	0,312	-	-	-
C-03	0,00 – 3,30	1,70%	41,0	0,0	GW	A-1-a	0.0968	0,175	0,297	-	-	-
C-04	0,00 – 4,00	1,20%	45,0	4,0	GW	A-1-a	0.0933	0,240	0,313	34,3	0,00	3,07
C-05	0,00 – 4,00	1,40%	40,0	1,0	GW	A-1-a	0.0987	0,285	0,320	31,4	0,05	2,74
C-06	0,00 – 3,60	2,00%	37,0	0,0	GW	A-1-a	0.0880	0,313	0,342	-	-	-

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 1, resultados del estudio de mecánica de suelos, se aprecia que la profundidad de la muestra de suelo es de 4,00 m, los estratos presentan material gravoso (GW) con poca presencia de finos, sin plasticidad, de consistencia suelta y un bajo contenido de humedad. Con respecto a los ensayos químicos, se concluye que la exposición de cloruros es insignificante, sulfatos es moderado, y de sales solubles no es perjudicial. Con respecto a la capacidad admisible, se realizaron ensayos de corte directo con muestras representativas de las calicatas C-04 y C-05, resultando la capacidad admisible de 2,74 kg/cm², siendo una resistencia adecuada para el material encontrado.

Se sugiere revisar el Anexo 6 donde se muestra el proceso de estructuración del edificio.

Figura 1. Configuración de la estructura



Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la Figura 1, configuración de la estructura, el modelo fue compuesto por un sistema de pórticos de concreto armado y muros estructurales, con elevación máxima de 18,60 m a partir del nivel 0,00 (base). Con respecto a los elementos horizontales, se propuso una losa maciza en la zona central de la planta, y el resto, una losa nervada de espesor uniforme; las vigas principales y secundarias con un peralte máximo de 0,60 m. Con respecto a los elementos verticales, se plantearon tres secciones de columnas, de acuerdo a su ubicación en planta; finalmente se modelaron muros de corte, para resistir una fracción de las fuerzas sísmicas, así mismo, controlar las derivas y distorsiones.

Cabe indicar que estos elementos fueron predimensionados de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, capítulo Estructuras; material bibliográfico de diversos autores dedicados al diseño de estructuras en concreto armado y finalmente de acuerdo al análisis empleado, modificados bajo la expertiz del investigador.

Se sugiere revisar el Anexo 7 donde se muestra el proceso de análisis estructural detallado.

Tabla 2. Desplazamientos laterales y distorsiones

Nivel (m)	Análisis estático		Análisis dinámico		Distorsión / Drift	
	Dirección x (cm)	Dirección y (cm)	Dirección x (cm)	Dirección y (cm)	Deriva x	Deriva y
18,60	6,215	6,192	4,833	4,761	0,003	0,003
16,50	5,517	5,486	4,239	4,181	0,003	0,004
13,75	4,658	4,464	3,569	3,384	0,004	0,004
11,00	3,677	3,384	2,808	2,543	0,004	0,004
8,25	2,624	2,295	1,998	1,715	0,004	0,004
5,50	1,580	1,292	1,197	0,954	0,003	0,003
2,75	0,635	0,473	0,482	0,347	0,002	0,002

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 2, desplazamientos laterales y distorsiones, se observa que la distorsión máxima de entrepiso para las direcciones “x” e “y” son menores al límite permisible para concreto armado (0,007). Además, en cuanto a desplazamientos se refiere, los valores obtenidos a través del análisis estático son ligeramente superiores a los resultados del análisis dinámico, sin embargo, no generan un mayor impacto con respecto a las distorsiones de entrepiso.

Por otro lado, de acuerdo a la Tabla 2, desplazamientos laterales y distorsiones, se tendrá en consideración los desplazamientos máximos, es decir, los obtenidos del análisis estático para el diseño de muros estructurales o placas en el software Autodesk Robot Structural Analysis 2021, ya que muestran, valga la redundancia los mayores desplazamientos laterales.

Se sugiere revisar la memoria de cálculo (anexo 8), donde se muestra el diseño de los elementos estructurales.

Tabla 3. Diseño de elementos estructurales

Elemento	Detalle	Dimensiones (m)
Losa	Nervada	h= 0,25
Losa	Maciza	h= 0,20
Losa	Maciza	h= 0,25
Losa	Escalera	h= 0,15
Viga	V-101, V-102, V-104, V-106, V-110	0,35 x 0,60
Viga	V-103, V-108, V-109, V-111, V-112, V-113, V-114, V-118, V-119, V-120, V-121	0,30 x 0,60
Viga	V-117, V-122	0,25 x 0,60
Columna	C-01, C-06	0,40 x 0,70
Columna	C-02, C-03, C-04, C-05, C-07, C-08	0,50 x 0,70
Columna	C-09, C-10, C-11, C-12	0,50 x 0,80
Muro	PL-01, PL-02	0,25 x 10,70
Muro	PL-03, PL-04	0,30 x 2,35
Muro	PL-05, PL-08	0,40 x 2,20
Muro	PL-06	0,30 x 2,20
Muro	PL-07	0,30 x 1,90
Muro	PL-09.1	0,30 x 10,40
Muro	PL-09.2	0,25 x 2,05
Muro	PL-09.3	0,20 x 2,70
Muro	PL-09.4	0,25 x 2,57

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 3, se observa que se han modificado ligeramente las secciones planteadas en la etapa de estructuración (ver anexo 6). Con respecto a las vigas, durante el proceso de diseño se adicionaron dos secciones nuevas con la finalidad de optimizar la estructura: Viga 0,35x0,60 y Viga 0,25x0,60. Con respecto a las columnas, se incrementó ligeramente la sección transversal, de dos columnas con la finalidad de soportar los esfuerzos de flexo compresión, como resultado se obtuvo: Columna 0,50x0,70 y Columna 0,50x0,80. Con respecto a los muros y losas no hubo modificaciones en sus secciones.

V.- DISCUSIÓN

Con respecto a los estudios básicos, los investigadores Estrada y Verde (2020), mencionan que una de las limitaciones de la investigación, es el estudio de mecánica de suelos, ya que vivimos en un contexto pandémico causado por el COVID-19, declarado por el gobierno peruano como estado de emergencia. Cabe señalar que en su investigación fue posible estimar las características geotécnicas con apoyo del mapa de microzonificación sísmica de Lima Metropolitana actualizado al 2018, estudios preliminares y cercanos al distrito ubicado en San Martín de Porres. Este no es el caso del proyecto planteado en Lurín, ya que la información de acceso público es escasa, por otro lado, las construcciones circundantes corresponden al uso industrial. Bajo esa premisa, al tratarse de una edificación de categoría C, es decir, de uso común, y de acuerdo al Artículo 6 de la Norma E.050, del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente, fue necesario realizar un estudio básico de suelos.

Finalmente, y de acuerdo a los resultados presentados, el estudio de mecánica de suelos nos ha permitido reconocer el tipo, características físicas y mecánicas del suelo del predio, a través de distintos ensayos de laboratorio tales como: el ensayo granulométrico por tamizado, contenido de humedad, clasificación de suelos SUCS y ASSHTO, ensayos químicos y finalmente ensayos de corte directo.

Con respecto a la configuración estructural, durante el proceso de estructuración del edificio, se pudo observar que el software Autodesk Robot Structural Analysis 2021 integra una amplia base de datos, en cuanto a materiales se refiere: el concreto, acero, aluminio y madera son los que predominan; así también, el programa le permite definir nuevos materiales para el proyecto, con valores de propiedades mecánicas que se pueden obtener fácilmente de una ficha técnica o manuales internacionales, como el ACI, AISC, etc. Los investigadores Echeverría y Suntaxi (2016), también mencionaron que los materiales que dispone el programa dentro de su biblioteca, corresponden a los empleados en diferentes países y regiones del mundo.

En cuanto a las secciones de perfiles y espesores de losas, el programa ha permitido la elección de distintos tipos de modelo de análisis en láminas o panel, sea por rigidez elástica, uniones rígidas y distribución de cargas. Este paso es importante, ya que, al no definir correctamente el modelo de análisis, se puede cometer el error de distribución de cargas, especialmente cuando existen excentricidades en uniones vigas – columnas, losas aligeradas y losas macizas con apoyo unidireccional. Así lo afirma el investigador Montoya (2016), menciona también que una de las ventajas del programa, es visualizar el modelo de manera global en un entorno 2D y 3D, reduciendo los errores de cálculo y generando un modelo más preciso, conforme a la realidad.

Con respecto al análisis sísmico, la aplicación del programa propuesto, Autodesk Robot Structural Analysis 2021, facilitó de manera considerable el análisis de la edificación. Durante el proceso se revisaron minuciosamente aspectos relevantes y necesarios del análisis sísmico de la estructura, como: carga permanente (muerta), carga variable (viva), cargas accidentales (sismo), período fundamental de vibración y desplazamientos máximos y distorsiones de entrepiso, tomando como referencia la norma peruana E.030, con el fin de que los resultados sean coherentes. El investigador Afuso (2017), menciona igualmente, que los resultados deben ser verificados, según el buen criterio del diseñador, para así detectar algún posible error durante el procedimiento del análisis.

De los resultados del análisis estático y dinámico, la norma peruana de diseño sismorresistente E.030, menciona que la fuerza cortante dinámica de entrepiso del primer nivel no puede ser menor al 80% de la obtenida a través del análisis estático, bajo esa premisa se elaboró la Tabla 18. Esto va de acuerdo a los resultados obtenidos por los investigadores Estrada y Verde (2020), mencionan igualmente, haber incrementado parcialmente las magnitudes de cortantes dinámicas, para cumplir lo dispuesto en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Cabe indicar que el escalado de magnitudes solo aplica para las fuerzas cortantes, es decir, no influye en los resultados de desplazamientos y distorsiones obtenidos, por lo tanto, estos se mantienen.

Con respecto al diseño de los elementos estructurales, el programa ofrece una amplia variedad de normas de diseño para concreto armado, entre ellas destaca ACI-318M-14, el cual se usó de base con ligeras modificaciones de acuerdo a la norma peruana de concreto armado E.060, del Reglamento Nacional de Edificaciones. La configuración de parámetros para los elementos estructurales, se muestra en el anexo 8.

Una de las bondades que ofrece el programa Autodesk Robot Structural, es la edición de los armados de los elementos estructurales de la edificación, detalles para vigas, pilares, muros estructurales y finalmente losas. En cuanto al acero de refuerzo, el investigador Benatar (2015) menciona que, existen muchas combinaciones o colocaciones posibles, lo cual permite cumplir el objetivo de diseñar los elementos de la estructura.

Por otro lado, gracias a la interoperabilidad y tecnología BIM se pudo crear una serie de planos básicos en minutos, lo cual fue bastante útil. De manera tradicional se hubiera requerido de mayor tiempo, desde días hasta semanas dependiendo del tamaño de la construcción, esto representa una notable ventaja con respecto al factor tiempo. Los investigadores Domínguez y Moreno (2018), sostienen que el cálculo del acero, tablas de cuantificación y edición de planos estructurales con la aplicación de los softwares Autodesk Robot Structural y Revit, permiten realizar el diseño de manera más eficiente y automática.

VI.- CONCLUSIONES

Se han realizado los estudios básicos como se detalla en el anexo 4. De acuerdo a los resultados, el material que predomina es grava bien graduada (GW) con poca presencia de finos, sin plasticidad, presencia de sulfatos moderado, y capacidad admisible $2,74 \text{ kg/cm}^2$, ideal para construcciones importantes si se proyecta a futuro, ya que por ahora pertenece al uso industrial.

Se estableció la configuración estructural como se detalla en el anexo 6, en hojas de cálculo y el software Autodesk Robot Structural Analysis 2021, bajo el criterio de la norma peruana E.030 vigente. De acuerdo a los resultados, se concluye que el modelo se compone por un sistema de pórticos de concreto armado e incorpora muros estructurales, con un factor de regularidad $R = 6,00$. Finalmente con respecto a las losas, son macizas y aligeradas, de acuerdo a sectores en la planta, con el fin de minimizar la carga de la estructura.

Se efectuó el análisis sísmico de la estructura, aplicando el software Autodesk Robot Structural Analysis 2021, bajo el criterio de la norma peruana E.030 vigente. De acuerdo a los resultados, se escalaron las fuerzas cortantes dinámicas al 80% de las obtenidas con el análisis estático. Con respecto a los desplazamientos máximos y distorsiones de entrepiso, estos cumplen lo dispuesto para el concreto armado con una distorsión máxima de 0,004 (menor a 0,007 según reglamento).

Se diseñaron los elementos estructurales, a través del software Autodesk Robot Structural Analysis 2021, generando un reporte detallado de cada elemento como se muestra en el anexo 8, así también, el programa permitió la edición y detallado en planos, que finalmente gracias a la tecnología BIM e interoperabilidad de programas, se logra exportar los planos de armados en vigas, columnas y placas a Revit.

VII.- RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio de mecánica de suelos, con la cantidad necesaria de muestras de acuerdo al área de estudio, de esta manera se podrá generar un mapa detallado de la estratigrafía, propiedades químicas y mecánicas, que servirán de apoyo para determinar las cimentaciones adecuadas, por último y no menos importante, el estudio servirá de apoyo para determinar los parámetros sísmicos.

Se recomienda configurar la estructura con cierta regularidad, es decir, simetría en planta y altura, en cuanto a las secciones predimensionados, deben mantener cierta “holgura” ya que podrían modificarse durante la etapa del análisis por los esfuerzos a los que se someten, alterando la arquitectura planteada.

Para el análisis sísmico, se recomienda hacer una revisión total del contenido de la norma peruana E.030, verificar los metrados de cargas por niveles de la estructura de manera rápida en una hoja de cálculo, para evitar posibles errores, ya que de estos factores dependerán los resultados del programa Autodesk Robot, es decir, si se coloca información con poco criterio o errada, el resultado también lo será.

Para el diseño de los elementos, se recomienda tener conocimientos previos sobre diseño de concreto armado y acero, según lo requiera. Actualmente, existen guías digitales o cursos en plataformas de internet, además de libros como se muestra en las referencias. Este conocimiento es necesario, para configurar los parámetros del programa, materiales empleados, tipos de análisis y finalmente la colocación de acero de refuerzo en planos, lo más óptimo posible. De esta manera se logrará reducir enormemente la cantidad de tiempo empleado en la etapa de planificación del proyecto.

REFERENCIAS

- AFUSO, Alejandro. *Diseño estructural de un edificio de concreto armado de cinco pisos y tres sótanos ubicado en el distrito de Barranco*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9336>.
- AUTODESK. BIM structural analysis for engineers. [En línea] 2022. [Citado el: 4 de enero de 2022.] Disponible en <https://www.autodesk.com/products/robot-structural-analysis/overview#robot-structural-analysis-intro>.
- AUTODESK. Building Information Modeling. [En línea] 2022. [Citado el: 4 de enero de 2022.] Disponible en <https://www.autodesk.es/solutions/bim>.
- AUTODESK. Revit: BIM software for designers, builders, and doers. [En línea] 2022. [Citado el: 4 de enero de 2022.] Disponible en <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>.
- BAENA, Guillermina. *Metodología de la investigación*. México : Patria, 2017. ISBN: 978-607-744-748-1.
- BAÑON, Luis, BAÑON, Carlos y MARCO, Antonio. La metodología BIM como herramienta vertebradora de los estudios de Grado de ingeniería civil. *Redes de investigación y docencia universitaria*. [En línea] 2021. [Citado el: 14 de marzo de 2022.] Disponible en <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/119553?locale=es&msckid=22b706e8aa3111ec828727f7d0e192f9>. ISBN: 978-84-09-29261-5.
- BENATAR, Miguel. *Diseño Estructural Sismorresistente de Vivienda Multifamiliar*. Caracas : Universidad Metropolitana, 2015. Disponible en <http://repositorios.unimet.edu.ve/docs/16/ATTA145B4D6.pdf>.
- BERNAL, Cesar. *Metodología de la investigación*. Colombia : Prentice Hall, 2010. ISBN: 978-958-699-128-5.

- BUILDING SMART CHAPTER. 2022. Introducción a la metodología BIM. [En línea] 2022. [Citado el: 12 de enero de 2022.] <https://www.buildingsmart.es>. ISSN: 2386-5784.
- DELGADO, M., ROSALES, A. y ARANA, V. Evaluation of the Evacuation of Essential Buildings: Interaction of Structural and Human Behaviour through Nonlinear Time-History Analysis and Agent-Based Modelling. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. [En línea] 2022. [Citado el: 14 de marzo de 2022.] Disponible en <http://hdl.handle.net/10757/651838>. ISSN: 17578981.
- DOMÍNGUEZ, Noé y MORENO, Alan. *Diseño estructural sismorresistente de un edificio de siete niveles bajo la metodología BIM en la provincia de Pomabamba, Ancash, 2018*. Huaraz : Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/26694>.
- ECHEVERRÍA, María y SUNTAXI, Byron. *Análisis y diseño estructural de los edificios LOAIZA, UNACH y PLUS I, en los programas Etabs, STAAD.PRO Y Robot considerando para el diseño la NEC 2015*. Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2016. Disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15944>.
- ESTRADA, Sofia y VERDE, Jhosep. *Análisis comparativo del diseño estructural con la aplicación del software Etabs respecto al método tradicional de un edificio de cinco pisos con semisótano ubicado en el distrito de San Martín de Porres - Lima*. Lima : Universidad San Martín de Porres, 2020. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12727/7712>.
- HARMSSEN, Teodoro. *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO*. Lima : Fondo Editorial PUCP, 2005. ISBN: 9972-42-730-7.
- HERNANDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. *Metodología de la investigación*. México : MC GRAW HILL, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y GERENCIA. 2019. *Norma E.020 Cargas*. Lima : Fondo Editorial ICG, 2019. ISBN: 978-612-4280-43-6.

- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y GERENCIA. *Norma E.030 Diseño sismorresistente*. Lima : Fondo Editorial ICG, 2019. ISBN: 978-612-4280-43-6.
- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y GERENCIA. *Norma E.050 Suelos y cimentaciones*. Lima : Fondo Editorial ICG, 2019. ISBN: 978-612-4280-43-6.
- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y GERENCIA. *Norma E.060 Concreto armado*. Lima : Fondo Editorial ICG, 2019. ISBN: 978-612-4280-43-6.
- MC CORMAC, Jack. *Structural Analysis*. México : Alfaomega Group, 2011. ISBN: 978-84-267-1709-2.
- MONTOYA, Denise. *Optimización de estructuras de naves industriales empleando tecnología BIM*. Aguascalientes : Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2016. Disponible en <http://hdl.handle.net/11317/661>.
- MORALES, Roberto. *Diseño en concreto armado*. Lima : Holz, 2012. Disponible en <https://idoc.pub/documents/idocpub-jlk9d1ey8545>.
- ORTIZ, Willington. y QUISPE, Rosa. *Implementación de metodología BIM para el diseño vial acceso Dique de arranque Provincia Mariscal Nieto, Region Moquegua*. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2020. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/59399>.
- QUIISO, E., RIVERA, J. y FARJE, J. Proposal for the applications of ICE and BIM sessions to increase productivity in construction. *Journal of Physics: Conference Series*. [En línea] 2022. [Citado el: 11 de marzo de 2022.] Disponible en <http://hdl.handle.net/10757/655943>. DOI: 10.1088/1742-6596/1803/1/012027.
- ROJAS, Vany. *Diseño estructural aplicando herramienta Robot Structural, en Edificación Cinco Niveles de Concreto Armado*. Chiclayo : Universidad Cesar Vallejo, 2020. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66663>.
- ROSSADO, Verónica, et al. Virtual Reality and BIM Methodology as Teaching-Learning Improvement Tools for Sanitary Engineering Courses. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*. [En línea] 2021. [Citado

el: 14 de marzo de 2022.] DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i06.13535>.
ISSN: 1863-0383.

TABOADA, José, et al. Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*. [En línea] 2011. [Citado el: 20 de febrero de 2022.] DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/iigeo.v14i28.672>.

TAMAYO, Mario. *El proceso de la investigación científica*. México : LIMUSA, 2003.
ISBN: 968-18-5872-7.

VILLAREAL, Genner, CERNA, Marco y ESPINOZA, Cesar. SEISMIC INTERACTION OF SOIL-STRUCTURE IN BUILDINGS WITH LIMITED DUCTILITY WALLS ON FOUNDATION PLATES. *Revista Internacional de*. [En línea] 2020. [Citado el: 14 de marzo de 2022.] Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29151/raguiar%2c%2bArt%3%adculo%2b5%2bInteracci%3%b3n.pdf?sequence=1>.

VILLAROEL, Carlos. *Análisis y Diseño de ESTRUCTURAS CON AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2016*. Santa Cruz : SENAPI, 2016. N° 1-1423/2016. Disponible en https://www.academia.edu/36552062/LIBRO_ROBOT_STRUCTURAL_eVERSION.

ANEXO 3: Matriz de operacionalización de variables

Título: Aplicación del software Autodesk Robot en el diseño estructural de un edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín, 2021
Autor: Cuaila Rea, Frank Renato

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Variable 1: Software Autodesk Robot	Es un programa gráfico integrado que se usa para modelación, análisis y diseño de varios tipos de estructuras. El programa permite a los usuarios crear estructuras, efectuar cálculos estáticos y dinámicos para luego verificar resultados. (Villaroel, 2016)	Robot Structural Analysis Professional es una herramienta digital de análisis y diseño estructural que permite diseñar variedad de estructuras con el método de elementos finitos.	Herramientas informáticas BIM	Software BIM Autodesk Robot Structural Analysis	Nominal
Variable 2: Diseño estructural	El diseño estructural incluye la disposición y el dimensionamiento de las estructuras y de sus partes, de manera que soporten en forma satisfactoria las cargas a las cuales puedan estar sujetas. (Mc Cormac, 2011)	El diseño estructural es la creación de un sistema de elementos lo más parecido al objeto de estudio, que adquiera un correcto comportamiento frente a las cargas solicitadas.	Estudios básicos	Ensayo de mecánica de suelos	Razón
			Configuración estructural	Estructuración Predimensionamiento	Razón
			Análisis sísmico	Parámetros sísmicos Irregularidades estructurales Análisis Estático Análisis Dinámico	Razón
			Diseño de elementos estructurales	Diseño de vigas Diseño de columnas Diseño de muros de corte Diseño de losas	Razón

ANEXO 4: Instrumento de recolección de datos



ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN



PROYECTO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS

SOLICITANTE : FRANK RENATO CUAILA REA
PROYECTO : EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS
UBICACIÓN : AV. PORTILLO GRANDE SUBLOTE 24 URB. MACROPOLIS
1RA ETAPA-LURIN
FECHA : DICIEMBRE DEL 2021

Franklin Paul
FRANKLIN PAUL
COMENZ SAPALLANAY
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN SUELOS
Reg. CIP N° 157231



REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO: "EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS"
SOLICITANTE: FRANK RENATO CUALA REA
UBICACIÓN: LURIN
CALKATA: C-1
FECHA: 22/11/2022

PROF. (m)	SECCION	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	ESTRATO	CLASIFICACIÓN		PANEL FOTOGRAFICO
				SUCS	AASHTO	
0.40m		relleno	E-1			
2.00m		grava bien graduada	E-2	GW	A-1-a	

Observaciones: Tipo de Excavación a cielo abierto (calicata), profundidad de calicata especificado por el cliente.

Franklin Raul Gomez Sapallanay
 FRANKLIN RAUL
 GOMEZ SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137831

REGISTRO DE EXCAVACION



PROYECTO: "EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS"
SOLICITANTE: FRANK RENATO CUSLA REA
UBICACION: LURIN
CALICATA: C-2
FECHA: 22/11/2023

PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	ESTRATO	CLASIFICACION		PANEL FOTOGRAFICO
				UNCS	AASHTO	
0.30m		relleno	E-1			
2.85m		grava bien gradada	E-2	GW	A-1-a	

Observaciones: Tipo de Excavación a cielo abierto (calicata), profundidad de calicata especificado por el cliente.

Francisco Fallanay
 FRANCISCO FALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137831



REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO : "EDIFICIO MULTIFAMILIAR 4 PISOS"
SOLICITANTE : FRANK RENATO CLAVELA REA
UBICACIÓN : LURIN
CALICATA : C-1
FECHA : 22/11/2021

PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	ESTRATO	CLASIFICACIÓN		PANEL FOTOGRAFICO
				SUCS	ASBITO	
0.30m		relleno	E-1			
3m		grava bien gradada	E-2	GW	A-1-e	

Observaciones: Tipo de Excavación a cielo abierto (calicata), profundidad de calicata especificado por el cliente.

FRANKLIN RAUL
 GOMEZ SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 157831

REGISTRO DE EXCAVACIÓN



PROYECTO : "EDIFICIO MULTIFAMILIAR 4 PISOS"
SOLICITANTE : FRANK RENATO CLAYLA REA
UBICACIÓN : LURIN
CALICATA : C-4
FECHA : 22/11/2021

PROF. (m)	NÚMERO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	ESTRATO	CLASIFICACIÓN		PANEL FOTOGRÁFICO
				SUCS	AABITO	
0.15m		relleno	E-1			
1.85m		grava bien graduada	E-2	GW	A-1-a	

Observaciones : Tipo de Excavación a cielo abierto (calicata), profundidad de calicata especificado por el cliente.


 FRANKLIN RAÚL
 GÓMEZ SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137831



REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO: "EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS"
SOLICITANTE: FRANK RENATO CUMILA REA
UBICACIÓN: LURIN
CALCATA: C-5
FECHA: 22/11/2021

PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	ESTRATO	CLASIFICACIÓN		PANEL FOTOGRAFICO
				SUCS	AAENTO	
0.40m		relleno	E-1			
3.00m		gravilla bien gradada	E-2	GW	A-1-a	

Observaciones: Tipo de Excavación a cielo abierto (calcata), profundidad de calcata especificado por el cliente.

Jesús Sapallanay
 JESÚS RAÚL
 GÓMEZ SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 157831



REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO: "EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS"
SOLICITANTE: FRANK REMATO CUALA REA
UBICACIÓN: LURN
CALCATA: C-6
FECHA: 22/11/2023

PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	ESTRATO	CLASIFICACIÓN		PANEL FOTOGRAFICO
				SUCS	ASHTO	
0.20m		relleno	E-1			
3.40m		grava bien gradada	E-2	GW	A-1-a	

Observaciones: Tipo de Excavación a cielo abierto (calcata), profundidad de calcata especificado por el cliente.

FRANKLIN PAUL
 GOMEZ SAPALLAMAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137831



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO : "EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS"
 SOLICITANTE : FRANK RENATO CUAJILA REA
 UBICACIÓN : LURIN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 ASTM D 422- 63**

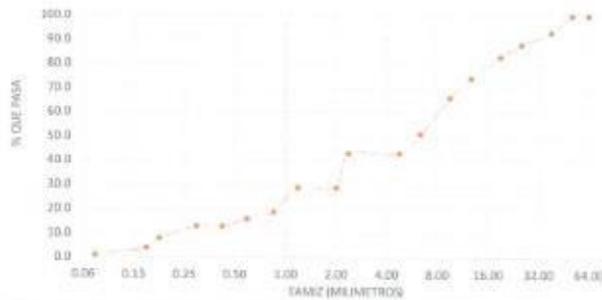
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CAUCATA: C-1 PROF: 3.20m FECHA: 7/12/2021
 PESO DE LA MUESTRA 4256.00 % DE HUMEDAD : 1.9%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% Peseo Retenido	% Retenido Acumulados	% PASA
3"	76.200		0.0	100.0
2 1/2"	63.500		0.0	100.0
2"	50.800		0.0	100.0
1 1/2"	38.100	7.00	7.0	93.0
1"	25.400	5.00	12.0	88.0
3/4"	19.050	5.00	17.0	83.0
1/2"	12.700	9.00	26.0	74.0
3/8"	9.525	8.00	34.0	66.0
1/4"	6.350	15.00	49.0	51.0
N° 4	4.750	8.00	57.0	43.0
N° 8	2.380		57.0	43.0
N°10	2.000	14.00	71.0	29.0
N°16	1.190		71.0	29.0
N°20	0.850	10.00	81.0	19.0
N° 30	0.600	3.00	84.0	16.0
N° 40	0.420	3.00	87.0	13.0
N° 50	0.297		87.0	13.0
N°80	0.177	5.00	92.0	8.0
N° 100	0.149	4.00	96.0	4.0
N° 200	0.074	3.00	99.0	1.0
< N° 200		1.00	100.0	0.0
			100.0	

Fracciones	
Grava	57.0
Arena	42.0
Finos	1.0
Consistencia	
L. Líquido	--
L. Plástico	--
L. Plástico	--
Clasificación	
S.U.C.S.	
GW	
AASHTO	
A-1-a	
BUENO	

CURVA GRANULOMÉTRICA



Frank Renato Cuaquila Rea
 FRANK RENATO CUAJILA REA
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137821

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO (NORMA MTC E - 219)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS
MATERIAL : SUELO - EXISTENTE
UBICACIÓN : LURIN

FECHA : 07/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Calotea : 101
Prof. (m) : 3.2

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLORUROS		SULFATOS (SO4)		SALES SOLUBLES TOTALES	
	ASTM D 5194 AASHTO T-290		ASTM E 275 AASHTO T-290		MTC E 219 ASTM D 1888	
C1	0.096	(%)	0.174	(%)	0.297	(%)
PROFUNDIDAD: 3.2m	960	(ppm)	1740	(ppm)	2970	(ppm)

Observaciones:

Franklin Rade
FRANKLIN RADE
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN SUELOS
REG. CIP N° 127631



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO : "EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS"
 SOLICITANTE : FRANK RENATO CUAILA REA
 UBICACIÓN : LURIN

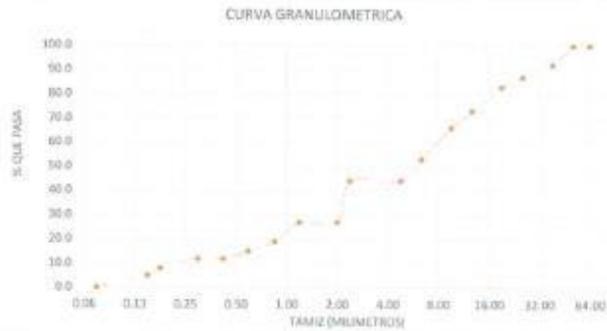
**MÉTODO DE ENSAYO PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 ASTM D 422- 63**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CAUCATA: C-2 PROF: 5.15m FECHA: 7/12/2021
 PESO DE LA MUESTRA 4368.00 % DE HUMEDAD: 1.8%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% Pasa Retención	% Retención Acumulada	% PASA
3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	8.00	8.0	92.0
1"	25.400	5.00	13.0	87.0
3/4"	19.050	4.00	17.0	83.0
1/2"	12.700	10.00	27.0	73.0
3/8"	9.525	7.00	34.0	66.0
1/4"	6.350	13.00	47.0	53.0
N° 4	4.750	9.00	56.0	44.0
N° 8	2.380		56.0	44.0
N°10	2.000	17.00	73.0	27.0
N°16	1.180		73.0	27.0
N°20	0.850	8.00	81.0	19.0
N° 30	0.600	4.00	85.0	15.0
N° 45	0.420	3.00	88.0	12.0
N° 50	0.297		88.0	12.0
N°80	0.177	4.00	92.0	8.0
N° 100	0.149	3.00	95.0	5.0
N° 200	0.074	5.00	100.0	0.0
< N° 200			100.0	0.0

Fracciones	
Grava	56.0
Areña	44.0
Finos	0.0
Consistencia	
L. Líquido	---
L. Plástico	---
I. Plástico	---
Clasificación S.U.C.S.	
GW	
AASHTO	
A-1-a	
BUENO	



Francisco Ravello
 FRANCISCO RAU
 GÓMEZ SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CP 17 137891



ANALISIS FISICO QUIMICO
(NORMA MTC E - 219)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR 4 PISOS
MATERIAL : SUELO - EXISTENTE
UBICACIÓN : LURN

FECHA : 07/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : 02
Prof. (m) : 3.15

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLORUROS		SULFATOS (SO ₄)		SALES SOUBLES TOTALES	
	ASTM D 5194 AASHTO T-290		ASTM E 275 AASHTO T-290		MTC E 219 ASTM D 1888	
C2	0.0932	(%)	0.182	(%)	0.132	(%)
PROFUNDIDAD: 3.15m	932	(ppm)	1820	(ppm)	3120	(ppm)

Observaciones:

Francisco Gomez
FRANCISCO GOMEZ
GOMEZ SAPALLANAY
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN SUELOS
REG. CIP N° 127831



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO : "EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS"
 SOLICITANTE : FRANK RENATO CUAILA REA
 UBICACIÓN : LURIN

MÉTODO DE ENSAYO PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422- 63

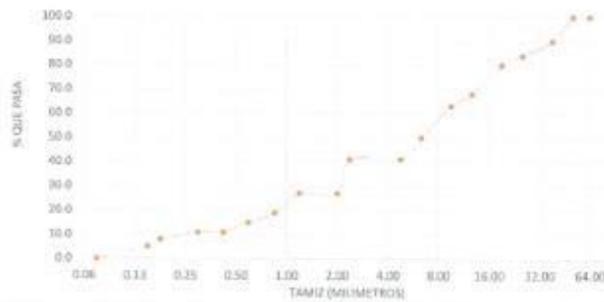
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-3 PROF: 3.30m FECHA: 7/12/2021
 PESO DE LA MUESTRA: 5221.00 % DE HUMEDAD: 1.7%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% Pasa Retenidos	% Retenidos Acumulados	% PASA
3"	76.200		0.0	100.0
2 1/2"	63.500		0.0	100.0
2"	50.800		0.0	100.0
1 1/2"	38.100	10.00	10.0	90.0
1"	25.400	8.00	18.0	82.0
3/4"	19.050	4.00	22.0	78.0
1/2"	12.700	12.00	34.0	66.0
3/8"	9.525	5.00	39.0	61.0
1/4"	6.350	13.00	52.0	48.0
Nº 4	4.750	9.00	61.0	39.0
Nº 6	2.500		69.0	31.0
Nº 10	2.000	14.00	83.0	17.0
Nº 16	1.180		87.0	13.0
Nº 20	0.850	8.00	95.0	5.0
Nº 30	0.600	4.00	99.0	1.0
Nº 40	0.420	4.00	100.0	0.0
Nº 60	0.250		100.0	0.0
Nº 80	0.177	3.00	100.0	0.0
Nº 100	0.149	3.00	100.0	0.0
Nº 200	0.074	5.00	100.0	0.0
< Nº 200			100.0	0.0

Fracciones	
Grava	59.0
Arena	41.0
Finos	0.0
Consistencia	
L. Líquido	---
L. Plástico	---
L. Plástico	---
Clasificación S.U.C.S.	
GW	
AASHTO	
A-1-a	
BUENO	

CURVA GRANULOMÉTRICA



Franklin Rull
 FRANKLIN RULL
 GOMEZ SAPALLAMAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137631

ANALISIS FISICO QUIMICO (NORMA MTC E - 219)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS
MATERIAL : SUELO - EXISTENTE
UBICACIÓN : LURIN

FECHA : 07/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Calista : 05
Prof. (m) : 3.30

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLORUROS	SULFATOS (SO4)	SALES SOUBLES TOTALES	
	ASTM D 5194 AASHTO T-290	ASTM E 275 AASHTO T-290	MTC E 219 ASTM D 1586	
C3	0.0868 (%)	0.175 (%)	0.297 (%)	
PROFUNDIDAD: 3.30m	868 (ppm)	1750 (ppm)	2970 (ppm)	

Observaciones:

Franklin Raul Gomez Sapallanay
FRANKLIN RAUL
GOMEZ SAPALLANAY
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN SUELOS
Reg. CIP N° 17781



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO : "EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS"
 SOLICITANTE : FRANK RENATO GUAILA REA
 UBICACIÓN : LURIN

MÉTODO DE ENSAYO PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422- 63

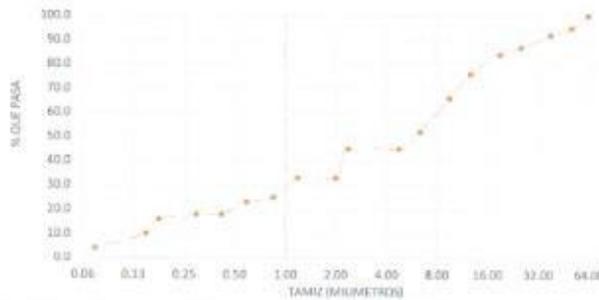
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-4 PROF: 4m FECHA: 7/12/2021
 PESO DE LA MUESTRA 5123.00 % DE HUMEDAD : 1.2%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% Pasa Retenido	% Retenido Acumulados	% PASA
3"	76.200		0.0	100.0
2 1/2"	63.500		0.0	100.0
2"	50.800	5.00	5.0	95.0
1 1/2"	38.100	3.00	8.0	92.0
1"	25.400	6.00	13.0	87.0
3/4"	19.050	3.00	16.0	84.0
1/2"	12.700	8.00	24.0	76.0
3/8"	9.525	10.00	34.0	66.0
1/4"	6.350	14.00	48.0	52.0
N° 4	4.750	7.00	55.0	45.0
N° 8	2.380		55.0	45.0
N°10	2.000	12.00	67.0	33.0
N°16	1.190		67.0	33.0
N°20	0.850	8.00	75.0	25.0
N° 30	0.600	2.00	77.0	23.0
N° 40	0.420	5.00	82.0	18.0
N° 50	0.297		82.0	18.0
N°80	0.177	2.00	84.0	16.0
N° 100	0.149	6.00	90.0	10.0
N° 200	0.074	8.00	98.0	2.0
< N° 200		4.00	100.0	0.0
			100.0	

Fracciones	
Grava	55.0
Árena	41.0
Finos	4.0
Consistencia	
Líquido	---
Plástico	---
Líquido	---
Clasificación	
S.U.C.S.	
GW	
AASHTO	
A-1-a	
BUENO	

CURVA GRANULOMÉTRICA



Frank Renato Guaila Rea
 FRANK RENATO GUAILA REA
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137631

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO (NORMA MTC E - 219)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR 8 PISOS
MATERIAL : SUELO - EXISTENTE
UBICACIÓN : LURN

FECHA : 07/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Calota : 06
Prof. (m) : 4

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLORUROS		SULFATOS (SO ₄)		SALES SOUBLES TOTALES	
	ASTM D 5194		ASTM E 275		MTC E 219	
	AASHTO T-290		AASHTO T-290		ASTM D 1888	
C4	0.0933	(%)	0.240	(%)	0.213	(%)
PROFUNDIDAD: 4m	933	(ppm)	2400	(ppm)	2130	(ppm)

Observaciones:

Fernando Gomez
FERNANDO RAÚL
GÓMEZ SAPALLANAY
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN SUELOS
Reg. CIP N° 127851



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO : "EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS"
 SOLICITANTE : FRANK RENATO CUJAILA REA
 UBICACIÓN : LURÍN

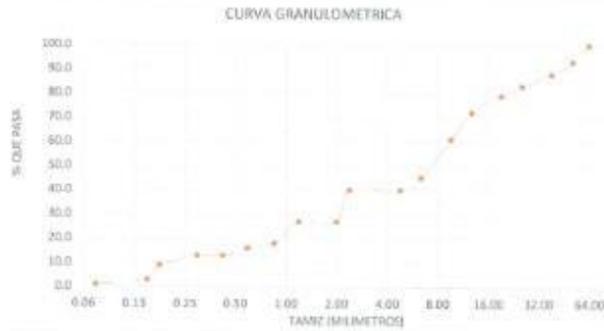
MÉTODO DE ENSAYO PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 ASTM D 422- 63

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CAUCATA: C-5 PROF: Am FECHA: 7/12/2021
 PESO DE LA MUESTRA 5123.00 % DE HUMEDAD : 1.4%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% Pesos Retenidos	% Retenidos Acumulados	% PASA
3"	76.200		0.0	100.0
2 1/2"	63.500		0.0	100.0
2"	50.800	7.00	7.0	93.0
1 1/2"	38.100	5.00	12.0	88.0
1"	25.400	4.00	17.0	83.0
3/4"	19.050	4.00	21.0	79.0
1/2"	12.700	7.00	28.0	72.0
3/8"	9.525	11.00	39.0	61.0
1/4"	6.350	16.00	55.0	45.0
Nº 4	4.750	5.00	60.0	40.0
Nº 8	2.500		60.0	40.0
Nº 10	2.000	13.00	73.0	27.0
Nº 16	1.190		73.0	27.0
Nº 20	0.850	9.00	82.0	18.0
Nº 30	0.600	2.00	84.0	16.0
Nº 40	0.420	3.00	87.0	13.0
Nº 50	0.297		87.0	13.0
Nº 60	0.250	4.00	91.0	9.0
Nº 100	0.149	6.00	97.0	3.0
Nº 200	0.074	2.00	99.0	1.0
< Nº 200		1.00	100.0	0.0
		100.0		

Fracciones	
Grava	80.0
Arena	39.0
Finos	1.0
Consistencia	
L. Líquido	--
L. Plástico	--
L. Plástico	--
Clasificación S.U.C.S.	
GW	
AASHTO	
A-1-a	
BUENO	



Francisco Carrasco
 FRANCISCO RAÚL
 CARRASCO SÁLLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137831

ANALISIS FISICO QUIMICO (NORMA MTC E - 219)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



OSHA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS
MATERIAL : SUELO - EXISTENTE
UBICACION : LURN

FECHA 07/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : 1.05
Prof. (m) : 1.4

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLORUROS		SULFATOS (904)		SALES SOLUBLES TOTALES	
	ASTM D 5194		ASTM E 275		MTC E 219	
	AASHTO T-290		AASHTO T-290		ASTM D 1888	
C5	0.0987	(%)	0.285	(%)	0.320	(%)
PROFUNDIDAD: 4m	987	(ppm)	2850	(ppm)	3200	(ppm)

Observaciones:

Franklin R. Ramirez
FRANKLIN RAMIREZ
GOMEZ SAPALLANAY
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN SUELOS
Reg. C.P. N° 127621



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO : "EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS"
 SOLICITANTE : FRANK RENATO CUAILA REA
 UBICACIÓN : LURIN

MÉTODO DE ENSAYO PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422- 63

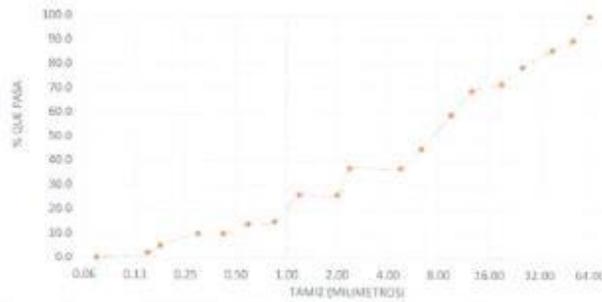
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-6 PROF: 3.6m FECHA: 7/12/2023
 PESO DE LA MUESTRA 4872.00 % DE HUMEDAD: 2%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% Pesos Retenidos	% Retenidos Acumulados	% PASA
3"	76.200		0.0	100.0
3 1/2"	89.000		0.0	100.0
2"	50.800	10.00	10.0	90.0
1 1/2"	38.100	4.00	14.0	86.0
1"	25.400	7.00	21.0	79.0
3/4"	19.050	7.00	28.0	72.0
1/2"	12.700	3.00	31.0	69.0
3/8"	9.525	10.00	41.0	59.0
1/4"	6.350	14.00	55.0	45.0
N° 4	4.750	8.00	63.0	37.0
N° 8	2.380		63.0	37.0
N° 10	2.000	11.00	74.0	26.0
N° 16	1.180		74.0	26.0
N° 20	0.850	11.00	85.0	15.0
N° 30	0.590	1.00	86.0	14.0
N° 40	0.420	4.00	90.0	10.0
N° 60	0.297		90.0	10.0
N° 80	0.177	5.00	95.0	5.0
N° 100	0.149	3.00	98.0	2.0
N° 200	0.074	2.00	100.0	0.0
< N° 200			100.0	0.0

Fracciones	
Grava	63.0
Arena	37.0
Finos	0.0
Consistencia	
L. Líquido	--
L. Plástico	--
I. Plástico	--
Clasificación	
S.U.C.S.	
GW	
AASHTO	
A-1-a	
BUENO	

CURVA GRANULOMÉTRICA



Frank Renato Cuaila Rea
 FRANK RENATO RAUL
 GOMEZ SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137631

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO (NORMA MTC E - 219)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR 6 PISOS
MATERIAL : SUELO - EXISTENTE
UBICACIÓN : LURN

FECHA : 07/12/2021

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : 1.00
Prof. (m) : 3.6

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLORUROS		SULFATOS (SO ₄)		SALES SOUBLES TOTALES	
	ASTM D 5194		ASTM E 275		MTC E 219	
	AASHTO T-290		AASHTO T-290		ASTM D 1888	
C6	0.088	(%)	0.313	(%)	0.342	(%)
PROFUNDIDAD: 3.6m	880	(ppm)	3130	(ppm)	3420	(ppm)

Observaciones:

Fernando Casco
INGENIERO CIVIL
COMERC. SAPALLANAY
ESPECIALISTA EN SUELOS
Reg. CIP 17137831



PARA LA CALICATA C-4

PROFUNDIDAD=1.20m

OBTENCIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE		
Según Terzaghi y Peck		
Factor de Seguridad $F_s =$	3.00	Introducir Dato
Peso Volumétrico $\gamma =$	17.75 KN/m ³	Dato Automático
Profundidad de Cimentación $D_f =$	1.20 m	Introducir Dato
Ángulo de Fricción Interna $\phi =$	34.30 °	Introducir Dato
Cohesión $c =$	0.00 kPa	Dato Automático
Ancho de la Cimentación $B =$	0.50 m	Introducir Dato
Largo de la Cimentación $L =$	3.00 m	Introducir Dato
Coef. de Capacidad de Carga $N_c =$	43.35	Dato Automático
Coef. de Capacidad de Carga $N_q =$	30.60	Dato Automático
Coef. de Capacidad de Carga $N_y =$	43.15	Dato Automático
$\xi_c =$	1.12	Dato Automático
$\xi_q =$	1.11	Dato Automático
$\xi_y =$	0.93	Dato Automático
Cálculo de Capacidad Portante en Zapatas Rectangulares		
$q_{adm} = \frac{1}{F_s} \left(c N_c \xi_c + \gamma D_f N_q \xi_q + \frac{1}{2} \gamma B N_y \xi_y \right)$		
q Admisible =	301.52 kPa	Dato Automático
q Admisible =	3.07 Kg/cm ²	Dato Automático
		1.81 gr/cm ³
		0 Kg/cm ²

Franklin Raúl Gómez Sapallanay
 FRANKLIN RAÚL
 GÓMEZ SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 REG. CIP N° 137851



PROFUNDIDAD=1.50m

OBTENCIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE		
<i>Según Terzaghi y Peck</i>		
Factor de Seguridad $F_s =$	3.00	Introducir Data
Peso Volumétrico $\gamma =$	17.75 KN/m ³	Dato Automático
Profundidad de Cimentación $D_f =$	1.50 m	Introducir Data
Ángulo de Fricción Interna $\phi =$	34.30 °	Introducir Data
Cohesión $c =$	0.00 kPa	Dato Automático
Ancho de la Cimentación $B =$	0.50 m	Introducir Data
Largo de la Cimentación $L =$	3.00 m	Introducir Data
Coef. de Capacidad de Carga $N_c =$	43.35	Dato Automático
Coef. de Capacidad de Carga $N_q =$	30.60	Dato Automático
Coef. de Capacidad de Carga $N_\gamma =$	43.15	Dato Automático
	$\xi_c =$ 1.12	Dato Automático
	$\xi_q =$ 1.11	Dato Automático
	$\xi_\gamma =$ 0.93	Dato Automático
Cálculo de Capacidad Portante en Zapatas Rectangulares		
$q_{adm} = \frac{1}{F_s} \left(cN_c\xi_c + \gamma D_f N_q \xi_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \xi_\gamma \right)$		
q Admisible =	362.00 kPa	Dato Automático
q Admisible =	3.69 Kg/cm ²	Dato Automático
		1.81 gr/cm ³
		0 Kg/cm ²

Franklin Trujillo
 FRANKLIN TRUJILLO
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 REG. CIP. 17.137.631



PROFUNDIDAD = 1.75m

OBTENCIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE		
Según Terzaghi y Peck		
Factor de Seguridad $F_s =$	3.00	Introducir Dato
Peso Volumétrico $\gamma =$	17.75 KN/m ³	Dato Automático
Profundidad de Cimentación $D_f =$	1.75 m	Introducir Dato
Ángulo de Fricción Interna $\phi =$	34.30 °	Introducir Dato
Cohesión $c =$	0.00 kPa	Dato Automático
Ancho de la Cimentación $B =$	0.50 m	Introducir Dato
Largo de la Cimentación $L =$	3.00 m	Introducir Dato
Coef. de Capacidad de Carga $N_c =$	43.35	Dato Automático
Coef. de Capacidad de Carga $N_q =$	30.60	Dato Automático
Coef. de Capacidad de Carga $N_\gamma =$	43.15	Dato Automático
	$\xi_c =$ 1.12	Dato Automático
	$\xi_q =$ 1.11	Dato Automático
	$\xi_\gamma =$ 0.93	Dato Automático
Cálculo de Capacidad Portante en Zapatas Rectangulares		
$q_{adm} = \frac{1}{F_s} \left(cN_c \xi_c + \gamma D_f N_q \xi_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \xi_\gamma \right)$		
q Admisible =	412.41 kPa	Dato Automático
q Admisible =	4.21 Kg/cm ²	Dato Automático
		1.81 gr/cm ³
		0 Kg/cm ²

Fernando Álvarez
 FERNANDO ÁLVAREZ
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137831



PROFUNDIDAD = 2m

OBTENCIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE		
Según Terzaghi y Peck		
Factor de Seguridad $F_s =$	3.00	<input type="button" value="Introducir Dato"/>
Peso Volumétrico $\gamma =$	17.75 KN/m ³	<input type="button" value="Dato Automático"/>
Profundidad de Cimentación $D_f =$	2.00 m	<input type="button" value="Introducir Dato"/>
Ángulo de Fricción Interna $\phi =$	34.30 °	<input type="button" value="Introducir Dato"/>
Cohesión $c =$	0.00 kPa	<input type="button" value="Dato Automático"/>
Ancho de la Cimentación $B =$	0.50 m	<input type="button" value="Introducir Dato"/>
Largo de la Cimentación $L =$	3.00 m	<input type="button" value="Introducir Dato"/>
Coef. de Capacidad de Carga $N_c =$	43.35	<input type="button" value="Dato Automático"/>
Coef. de Capacidad de Carga $N_q =$	30.60	<input type="button" value="Dato Automático"/>
Coef. de Capacidad de Carga $N_\gamma =$	43.15	<input type="button" value="Dato Automático"/>
	$\xi_c =$ 1.12	<input type="button" value="Dato Automático"/>
	$\xi_q =$ 1.11	<input type="button" value="Dato Automático"/>
	$\xi_\gamma =$ 0.93	<input type="button" value="Dato Automático"/>
Cálculo de Capacidad Portante en Zapatas Rectangulares		
$q_{adm} = \frac{1}{F_s} \left(c N_c \xi_c + \gamma D_f N_q \xi_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \xi_\gamma \right)$		
q Admisible =	462.82 kPa	<input type="button" value="Dato Automático"/>
q Admisible =	4.72 Kg/cm ²	<input type="button" value="Dato Automático"/>
		1.81 gr/cm ³
		0 Kg/cm ²

José Luis Gómez Sapallamay
 FIDELIN PAJUL
 GOMEZ SAPALLAMAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP 137281



PARA LA CALICATA C-5

PROFUNDIDAD = 1.20m

OBTENCIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE		
<i>Según Terzaghi y Peck</i>		
Factor de Seguridad $F_s =$	3.00	Introducir Dato
Peso Volumétrico $\gamma =$	17.75 KN/m^3	Dato Automático
Profundidad de Cimentación $D_f =$	1.20 m	Introducir Dato
Ángulo de Fricción Interna $\phi =$	31.40 °	Introducir Dato
Cohesión $c =$	4.90 kPa	Dato Automático
Ancho de la Cimentación $B =$	0.50 m	Introducir Dato
Largo de la Cimentación $L =$	3.00 m	Introducir Dato
Coef. de Capacidad de Carga $N_c =$	33.80	Dato Automático
Coef. de Capacidad de Carga $N_q =$	21.65	Dato Automático
Coef. de Capacidad de Carga $N_\gamma =$	27.68	Dato Automático
$\xi_c =$	1.11	Dato Automático
$\xi_q =$	1.10	Dato Automático
$\xi_\gamma =$	0.93	Dato Automático
Cálculo de Capacidad Portante en Zapatas Rectangulares		
$q_{adm} = \frac{1}{F_s} \left(c N_c \xi_c + \gamma D_f N_q \xi_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \xi_\gamma \right)$		
q Admisible =	268.71 kPa	Dato Automático
q Admisible =	2.74 Kg/cm^2	Dato Automático
	1.81 gr/cm^3	
	0.05 Kg/cm^2	

Franco J. Gomez
 FIDELIN BALB
 GOMEZ SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137831



PROFUNDIDAD = 1.50m

OBTENCIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE		
<i>Según Terzaghi y Peck</i>		
Factor de Seguridad $F_s =$	3.00	<input type="text" value="Introducir Datos"/>
Peso Volumétrico $\gamma =$	17.75 KN/m ³	<input type="text" value="Datos Automático"/>
Profundidad de Cimentación $D_f =$	1.50 m	<input type="text" value="Introducir Datos"/>
Ángulo de Fricción Interna $\phi =$	31.40 °	<input type="text" value="Introducir Datos"/>
Cohesión $c =$	4.90 kPa	<input type="text" value="Datos Automático"/>
Ancho de la Cimentación $B =$	0.50 m	<input type="text" value="Introducir Datos"/>
Largo de la Cimentación $L =$	3.00 m	<input type="text" value="Introducir Datos"/>
Coef. de Capacidad de Carga $N_c =$	33.80	<input type="text" value="Datos Automático"/>
Coef. de Capacidad de Carga $N_q =$	21.65	<input type="text" value="Datos Automático"/>
Coef. de Capacidad de Carga $N_\gamma =$	27.68	<input type="text" value="Datos Automático"/>
$\xi_c =$	1.11	<input type="text" value="Datos Automático"/>
$\xi_q =$	1.10	<input type="text" value="Datos Automático"/>
$\xi_\gamma =$	0.93	<input type="text" value="Datos Automático"/>
Cálculo de Capacidad Portante en Zapatas Rectangulares		
$q_{adm} = \frac{1}{F_s} \left(c N_c \xi_c + \gamma D_f N_q \xi_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \xi_\gamma \right)$		
q Admisible =	311.05 kPa	<input type="text" value="Datos Automático"/>
q Admisible =	3.17 Kg/cm ²	<input type="text" value="Datos Automático"/>

Franklin Raúl
 FRANKLIN RAÚL
 GÓMEZ SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137631



PROFUNDIDAD = 1.75m

OBTENCIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE		
Según Terzaghi y Peck		
Factor de Seguridad $F_s =$	3.00	Introduce dato
Peso Volumétrico $\gamma =$	17.75 KN/m^3	Dato Automático
Profundidad de Cimentación $D_f =$	1.75 m	Introduce dato
Ángulo de Fricción Interna $\phi =$	31.40 °	Introduce dato
Cohesión $c =$	4.90 kPa	Dato Automático
Ancho de la Cimentación $B =$	0.50 m	Introduce dato
Largo de la Cimentación $L =$	3.00 m	Introduce dato
Coef. de Capacidad de Carga $N_c =$	33.80	Dato Automático
Coef. de Capacidad de Carga $N_q =$	21.65	Dato Automático
Coef. de Capacidad de Carga $N_\gamma =$	27.68	Dato Automático
$\xi_c =$	1.11	Dato Automático
$\xi_q =$	1.10	Dato Automático
$\xi_\gamma =$	0.93	Dato Automático
Cálculo de Capacidad Portante en Zapatas Rectangulares		
$q_{adm} = \frac{1}{F_s} \left(c N_c \xi_c + \gamma D_f N_q \xi_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \xi_\gamma \right)$		
q Admisible =	346.33 kPa	Dato Automático
q Admisible =	3.53 Kg/cm^2	Dato Automático
		1.81 gr/cm^3
		0.05 Kg/cm^2

Franklin Rajuk
 FRANKLIN RAJUK
 COME Z. SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137831



PROFUNDIDAD = 2m

OBTENCIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE		
<i>Según Terzaghi y Peck</i>		
Factor de Seguridad $F_s =$	3.00	<input type="button" value="Introducir Dato"/>
Peso Volumétrico $\gamma =$	17.75 KN/m^3	<input type="button" value="Dato Automático"/>
Profundidad de Cimentación $D_f =$	2.00 m	<input type="button" value="Introducir Dato"/>
Ángulo de Fricción Interna $\phi =$	31.40 °	<input type="button" value="Introducir Dato"/>
Cohesión $c =$	4.90 kPa	<input type="button" value="Dato Automático"/>
Ancho de la Cimentación $B =$	0.50 m	<input type="button" value="Introducir Dato"/>
Largo de la Cimentación $L =$	3.00 m	<input type="button" value="Introducir Dato"/>
Coef. de Capacidad de Carga $N_c =$	33.80	<input type="button" value="Dato Automático"/>
Coef. de Capacidad de Carga $N_q =$	21.65	<input type="button" value="Dato Automático"/>
Coef. de Capacidad de Carga $N_\gamma =$	27.68	<input type="button" value="Dato Automático"/>
$\xi_c =$	1.11	<input type="button" value="Dato Automático"/>
$\xi_q =$	1.10	<input type="button" value="Dato Automático"/>
$\xi_\gamma =$	0.93	<input type="button" value="Dato Automático"/>
Cálculo de Capacidad Portante en Zapatas Rectangulares		
$q_{adm} = \frac{1}{F_s} \left(c N_c \xi_c + \gamma D_f N_q \xi_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \xi_\gamma \right)$		
q Admisible =	381.61 kPa	<input type="button" value="Dato Automático"/>
q Admisible =	3.89 Kg/cm^2	<input type="button" value="Dato Automático"/>

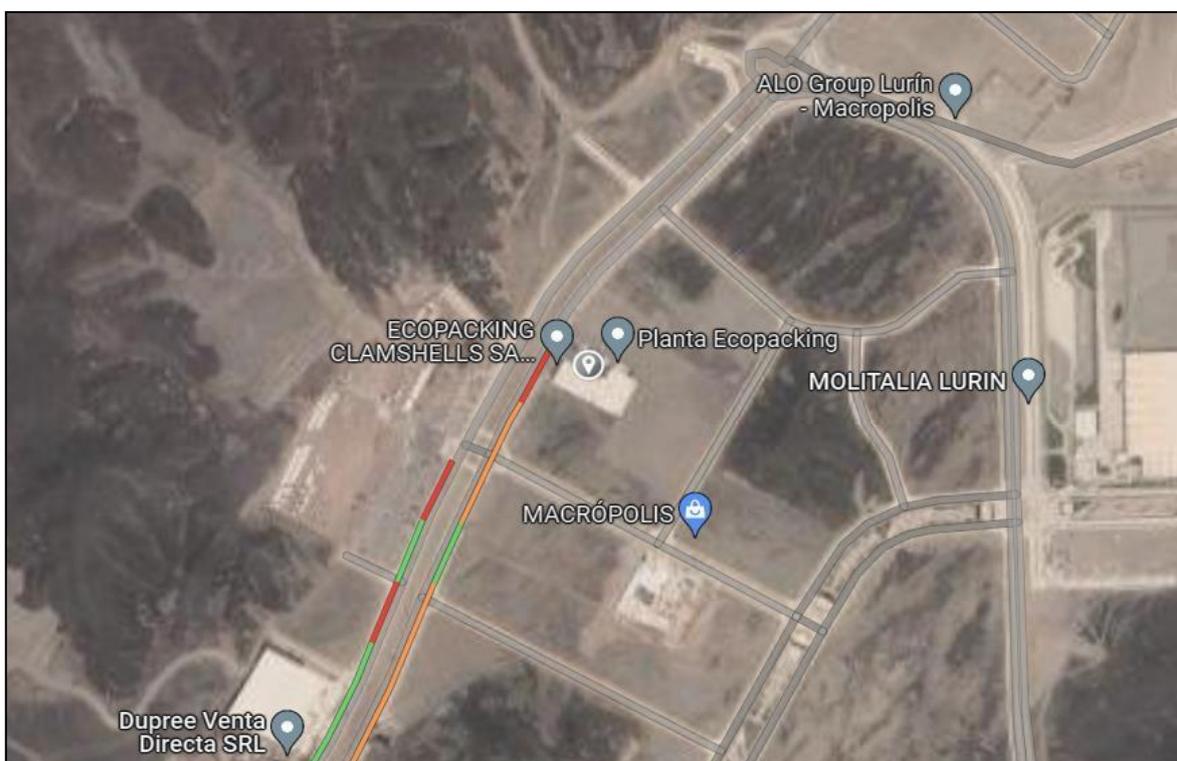
Franklin Raúl Gómez Sapallanay
FRANKLIN RAÚL GÓMEZ SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137631

ANEXO 5: Descripción del proyecto

Ubicación geográfica

El presente proyecto de un edificio multifamiliar se encuentra ubicado en la Av. Portillo Grande sub - lote 24 Urb. Macrópolis 1ra Etapa, en el distrito de Lurín, provincia y departamento de Lima. El terreno cuenta con un área de 1025,00 m².

Figura 2. Ubicación del proyecto



Fuente: elaboración propia

Descripción arquitectónica

El proyecto contará con 6 pisos y azotea. El primer nivel consta de 4 departamentos y 1 área común, el ingreso, hall y recepción. El segundo nivel y superiores constan de 5 departamentos, los cuales de acuerdo a su tipología incluyen lo indicado en la Tabla 4. También cuenta con ascensor, escalera y una terraza ubicada en el último nivel del edificio. Finalmente, la altura relativa de cada piso es de 2,75 m, y la altura total de la edificación a partir del nivel 0,00 es de 18,60 m.

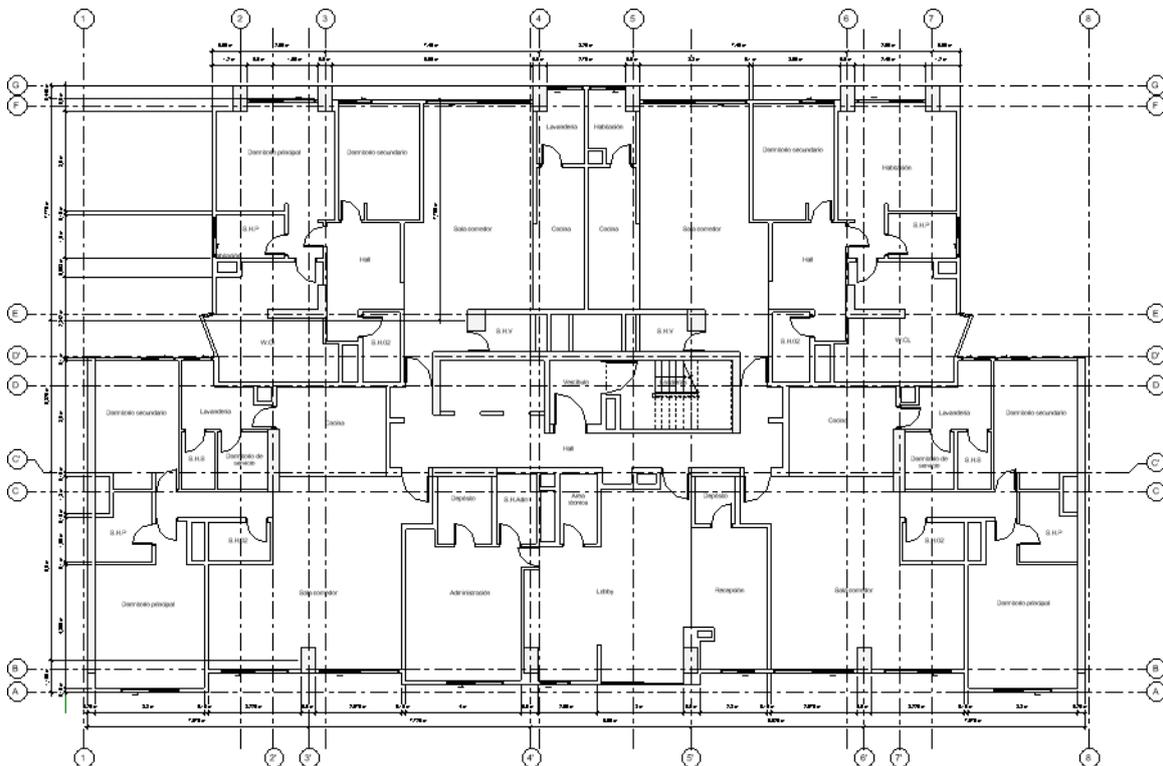
Tabla 4. Distribución de ambientes en departamentos

Tipología	Flat X01	Flat X02	Flat X03	Flat X04	Flat X05
Sala-comedor	X	X	X		X
Cocina	X	X	X	X	X
Lavandería	X	X	X	X	X
Baño principal	X	X	X	X	X
Baño secundario	X	X	X	X	X
Baño de servicio		X		X	
Baño de visita	X				X
Dormitorio principal	X	X	X	X	X
Dormitorio secundario	X	X		X	X
Dormitorio de servicio		X		X	
Walking closet	X		X		X
Depósito			X		

Fuente: elaboración propia

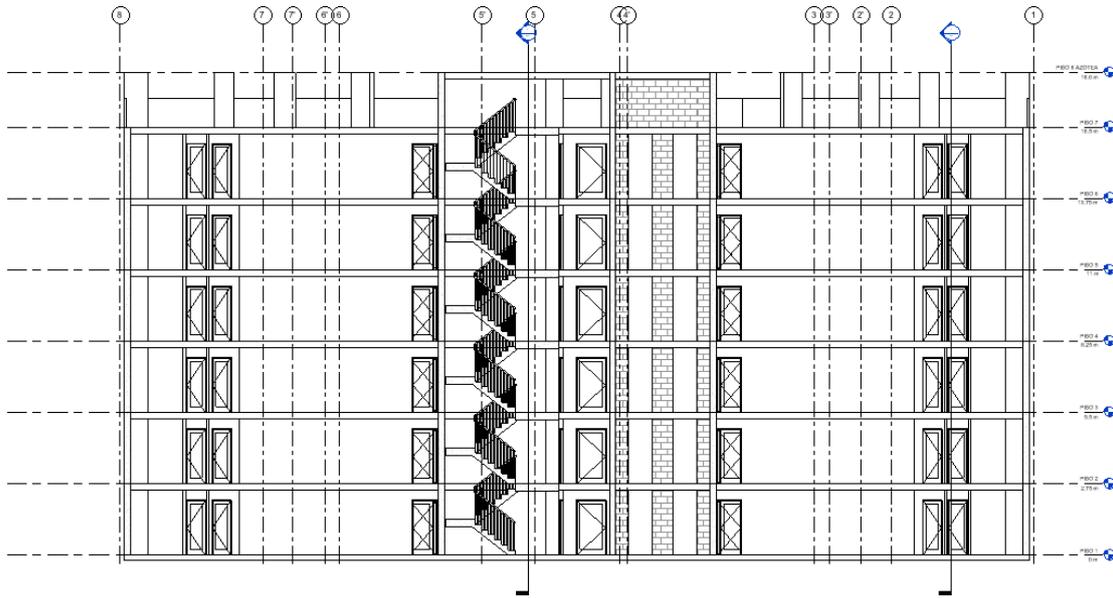
Las figuras que se muestran a continuación, fueron modelados en el programa Autodesk Revit 2021, los cuales nos sirven como referencia para el desarrollo de la estructuración y diseño sismorresistente de la edificación.

Figura 3. Arquitectura - planta



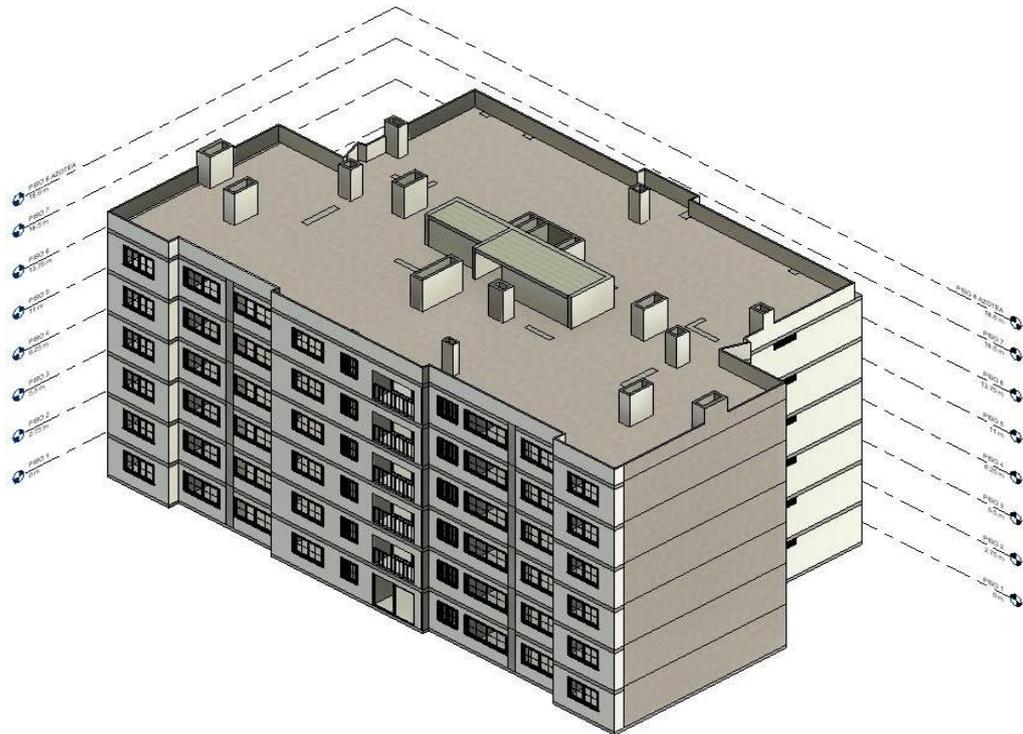
Fuente: elaboración propia

Figura 4. Arquitectura - elevación



Fuente: elaboración propia

Figura 5. Arquitectura - modelo 3D



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6: Estructuración del proyecto

De acuerdo a la arquitectura planteada, se procede a estructurar el edificio, es decir, definir la configuración de la estructura, predimensionamiento y ubicación de los elementos estructurales, definición de los parámetros sísmicos, finalmente el análisis sísmico estático o de fuerzas equivalentes y el análisis sísmico dinámico modal espectral a través del programa Autodesk Robot Structural Analysis 2021.

Predimensionamiento de Losa

Para el cálculo del peralte de la losa nervada en una dirección y de manera práctica, para no calcular deflexiones, se toma como referencia la Tabla 5.

Tabla 5. Peraltes o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección

	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes			
Lozas macizas en una dirección	$L/20$	$L/24$	$L/28$	$L/10$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$L/16$	$L/18,5$	$L/21$	$L/8$

Fuente: Norma E.060 Concreto Armado

Donde:

L = Longitud libre

h = Peralte de losa nervada

Tabla 6. Predimensionamiento de losa

Dirección	L (m)	$L/21$ (m)
x-x	4,400	0,210
y-y	5,050	0,240

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 6, se asume el espesor de losa $h = 0,25$ m, ya que es el espesor inmediato superior para losas aligeradas, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Pesos unitarios y espesores de losas aligeradas armadas en una dirección de Concreto Armado

Losas aligeradas armadas en una sola dirección de Concreto Armado				
Con vigueta de 0,10 m de ancho y 0,40 m entre ejes.				
Espesor aligerado	del	Espesor de losa superior en metros	Peso propio (kgf/m ²)	Kpa
0,17		0,05	2,8 (280)	
0,20		0,05	3,0 (300)	
0,25		0,05	3,5 (350)	
0,30		0,05	4,2 (420)	

Fuente: Norma E.020 Cargas

Predimensionamiento de vigas

El autor Morales (2012) en su libro, titulado: Diseño de Concreto armado, refiere una fórmula para calcular el peralte aproximado de una sección rectangular de viga, en función a la carga y restricción de apoyo:

$$h = \frac{L_n}{\left(\frac{4}{\sqrt{W_u}}\right)}$$

Donde:

h = Peralte de la viga

b = Ancho de la viga

L_n = Longitud libre

W_u = Carga por unidad de área (factorizada)

Tabla 8. Predimensionamiento de vigas

Eje	L_n (m)	$W_u=1.4WD+1.7WL$ (kg/m ²)	h (cm)	$b=L_n/20$ (cm)
C'-C'	6,75	1110	56,22	33,75
E-E	7,05	1110	58,72	35,25
F-F	7,45	1110	62,05	37,25
2-2	6,95	1110	57,89	34,75
4-4	7,55	1110	62,84	37,73

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 8, se considera como dirección principal la longitud más larga, es decir, el eje 4-4 paralelo a la dirección y-y. Se asume el peralte de la viga principal $h = 0,60$ m, con ancho $b = 0,30$ m. Dada la ligera similitud entre longitudes

de ejes, y para efectos de cálculo se asume una sección uniforme para todas las vigas, principales y secundarias en su dirección respectiva.

Predimensionamiento de columnas

El predimensionamiento de la columna, considera factores en función a la ubicación de la columna, sea interior, excéntrica y de esquina como muestra la Tabla 9.

Tabla 9. Factores para predimensionar la columna de acuerdo a su ubicación

Tipo de columna	λ	n
Columna interior	1,10	0,30
Columna excéntrica	1,25	0,25
Columna de esquina	1,50	0,20

Fuente: Diseño de Concreto Armado, Morales, 2012

Donde:

$$A_g = \frac{\lambda * P}{n * f'c}$$

A_g = Area total columna

P_s = Peso total de servicio que recibe la columna

λ, n = Coeficientes que dependen de la ubicación de columna

$f'c$ = Resistencia del concreto a la compresión

Tabla 10. Predimensionamiento de columnas

Tipo	Área (m ²)	Ps (kg/m ²)	λ/n	Pisos	f'c (kg/cm ²)	B (cm)	H (cm)
C-1 interior	29,11	750	3,67	6	280	40,00	45,00
C-2 excéntrica	33,50	750	5,00	6	280	40,00	70,00
C-3 esquina	10,48	750	7,50	6	280	40,00	35,00

Fuente: elaboración propia

De acuerdo al método de área tributaria y factores presentados en la Tabla 4 se obtienen 3 modelos de columnas: C-1 Columna Interior de dimensiones $B = 0,40 \text{ m}$, $H = 0,45 \text{ m}$; C-2 Columna Excéntrica de dimensiones $B = 0,40 \text{ m}$, $H = 0,70 \text{ m}$ y C-3 Columna Esquina de dimensiones $B = 0,40 \text{ m}$, $H = 0,35 \text{ m}$.

Predimensionamiento de placas

El predimensionamiento de placas o muros estructurales puede realizarse de manera práctica y sencilla, a través de la siguiente fórmula:

$$\phi V_c = V_u \quad A_c = \frac{V_c}{0.53\sqrt{f'c}}$$

Donde:

$\phi = 0.85$ factor de reducción de capacidad por corte

$V_c =$ Resistencia al esfuerzo cortante

$V_u =$ Fuerza cortante en la base

$f'c =$ Resistencia del concreto a la compresión

$A_c =$ Area del muro

De acuerdo al Capítulo 14 Muros de la norma técnica E.060: Concreto Armado, el espesor no debe ser menor a 10 cm, y para muros exteriores de sótanos no menor a 20 cm. Se puede estimar el espesor h con la siguiente expresión:

$$h = \frac{\text{Menor dimensión de muro}}{25}$$

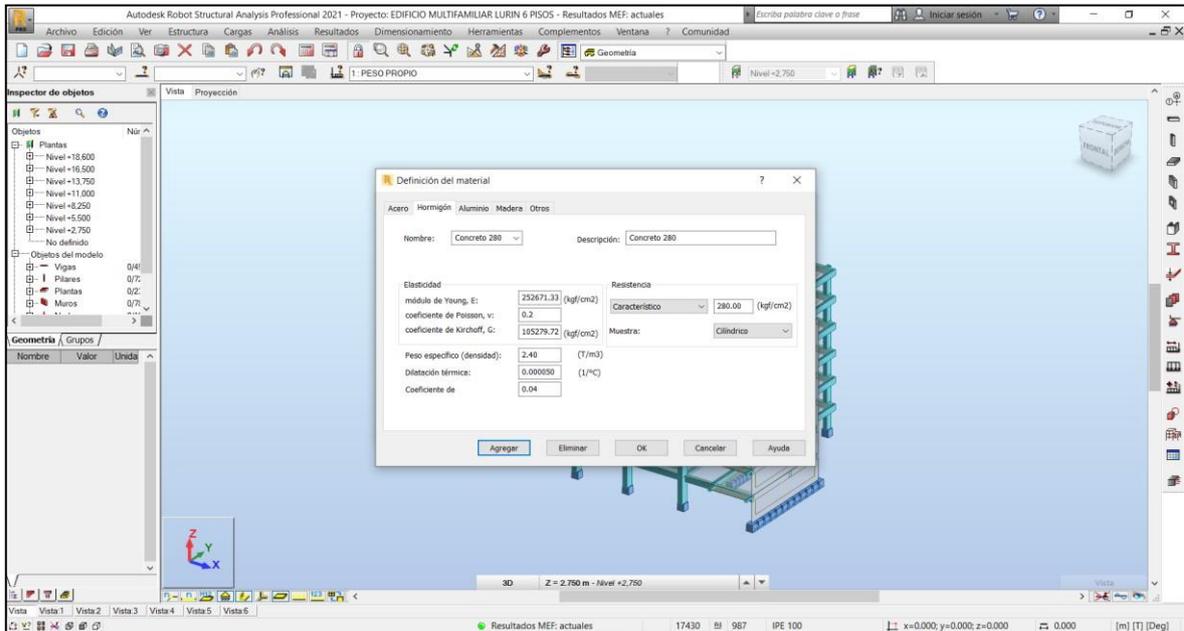
Tabla 11. Predimensionamiento de placas

Tipo	Dirección	Espesor (m)	Largo (m)
Muro – 01	Y	0,25	10,70
Muro – 02	Y	0,25	10,70
Muro – 03	X	0,30	2,35
Muro – 04	X	0,30	2,35
Muro – 05	Y	0,40	2,20
Muro – 06	X	0,30	2,20
Muro – 07	X	0,30	1,90
Muro – 08	Y	0,40	2,20
Muro – 09	X	0,30	10,40
Muro – 09	Y	0,25	2,05
Muro – 09	Y	0,20	2,70
Muro – 09	Y	0,25	2,57

Fuente: elaboración propia

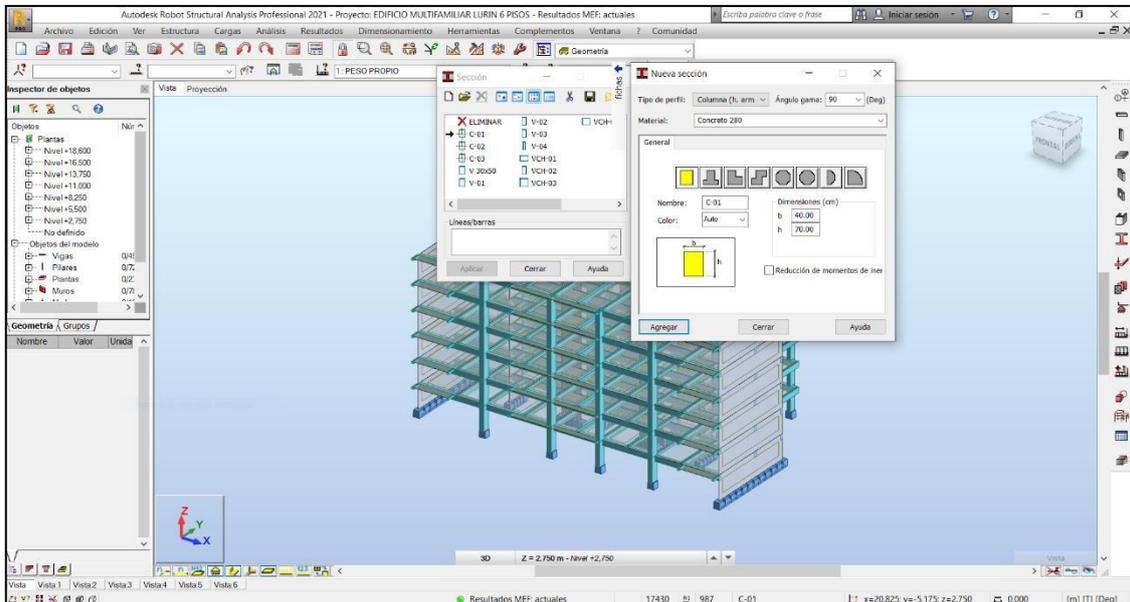
A continuación se muestra el modelado de los elementos en el software Autodesk Robot Structural Analysis 2021.

Figura 6. Definición de materiales



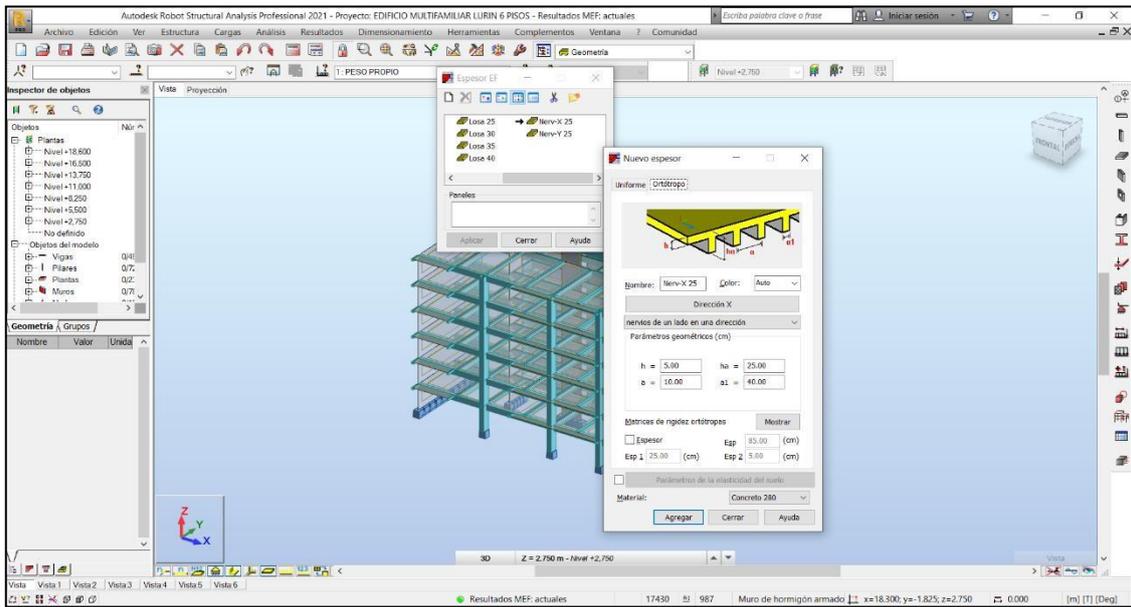
Fuente: elaboración propia

Figura 7. Definición de secciones



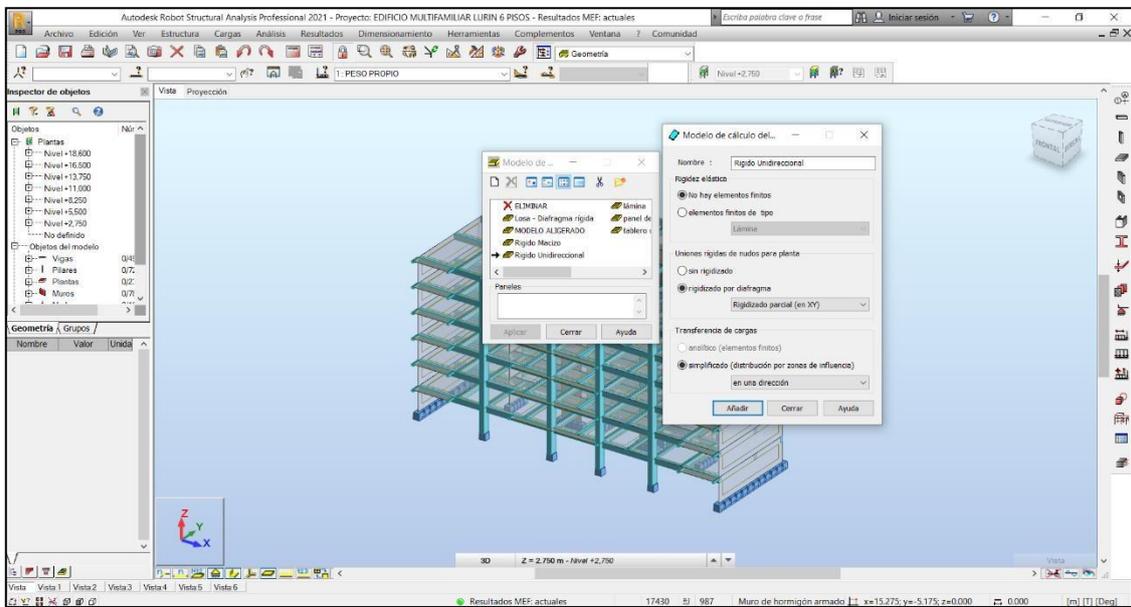
Fuente: elaboración propia

Figura 8. Definición de espesores de losa



Fuente: elaboración propia

Figura 9. Modelo de cálculo del panel



Fuente: elaboración propia

ANEXO 7: Análisis estructural

En esta etapa se desarrolla el análisis estructural de acuerdo al procedimiento sugerido en el Anexo I de la norma E.030 Diseño sismorresistente, para determinar las acciones sísmicas. En este caso se realizaron los dos análisis que recomienda la norma E.030, análisis estático o de fuerzas equivalentes y análisis dinámico modal espectral.

Cabe resaltar que las acciones sísmicas para el diseño estructural dependen de la zona sísmica (Z), perfil de suelo (S, T_p, T_L), uso de edificación (U), sistema sismorresistente (R), características de la edificación (T, C) y peso (P).

Factor de zona Z

El territorio nacional se divide en 4 zonas sísmicas como se muestra en la Figura 6, y se asume el factor de zona de acuerdo a la ubicación del proyecto.

Figura 10. Zonas sísmicas



Fuente: Norma E.030 Diseño sismorresistente

Tabla 12. Factores de zona

Zona	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma E.030 Diseño sismorresistente

Para este caso la edificación se encuentra ubicada en el distrito de Lurín, provincia de Lima, se encuentra en la zona 4, por lo tanto: $Z = 0,45$

Parámetros de sitio (S, TP y TL)

Factor de suelo (S)

De acuerdo al estudio de mecánica de suelos, se determina el tipo de perfil de suelo. Cabe indicar que los tipos de perfiles de suelo que considera la norma técnica E.030 Diseño sismorresistente, son cinco y se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Tipos de perfiles de suelo

Tipo de suelo	Descripción
S_0	Roca dura
S_1	Roca o suelos muy rígidos
S_2	Suelos intermedios
S_3	Suelos blandos
S_4	Condiciones excepcionales

Fuente: Norma E.030 Diseño sismorresistente

De acuerdo al estudio de mecánica de suelos, el perfil de suelo es S_2 .

Se considera el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación de suelo S y de los periodos T_P y T_L dados en las siguientes Tablas 14 y 15.

Tabla 14. Factor de suelo "S"

Zona	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z_1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Norma E.030 Diseño sismorresistente

De acuerdo a la Tabla 14, el factor de suelo $S = 1,05$.

Tabla 15. Períodos “ T_p ” y “ T_L ”

	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma E.030 Diseño sismorresistente

De acuerdo a la Tabla 15, se tienen los períodos $T_p = 0,6$ y $T_L = 2,0$.

Período fundamental de vibración

Para el cálculo de este factor es necesario conocer la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

T = Período fundamental de la estructura

h_n = Altura total de la edificación

C_T = Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio

Tabla 16. Coeficiente para estimar el período fundamental

C_T	Sistema estructural de la edificación
35,0	Pórticos de concreto armado sin muros de corte
35,0	Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento
45,0	Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras
45,0	Pórticos de acero arriostrados
60,0	Para edificios de albañilería y todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales y muros de ductilidad limitada

Fuente: Norma E.030 Diseño sismorresistente

De acuerdo a la Tabla 16, el período fundamental $T = \frac{18,60}{60} = 0,31$ s.

Factor de amplificación sísmica (C)

La norma E.030 Diseño sismorresistente proporciona algunas expresiones para el cálculo del factor C de acuerdo a las siguientes condiciones:

$$T < T_p$$

$$C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \left(\frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

En este caso se cumple la primera condición $0,31 < 0,60$, por lo tanto: $C = 2,5$.

Uso de la edificación (U)

De acuerdo a la Norma E.030, el factor $U = 1,00$ que corresponde a edificaciones comunes tales como viviendas, lo que guarda relación con el proyecto.

Factor de regularidad (R)

De acuerdo a la Norma E.030, la edificación es regular en planta y altura, por lo tanto, el factor de irregularidad en planta $I_p = 1,00$; el factor de irregularidad en altura $I_a = 1,00$. Al tratarse de un sistema compuesto de pórticos y muros estructurales, el factor $R_0 = 6,00$. Finalmente el factor $R = R_0 * I_p * I_a = 6,00$.

Tabla 17. Parámetros sísmicos

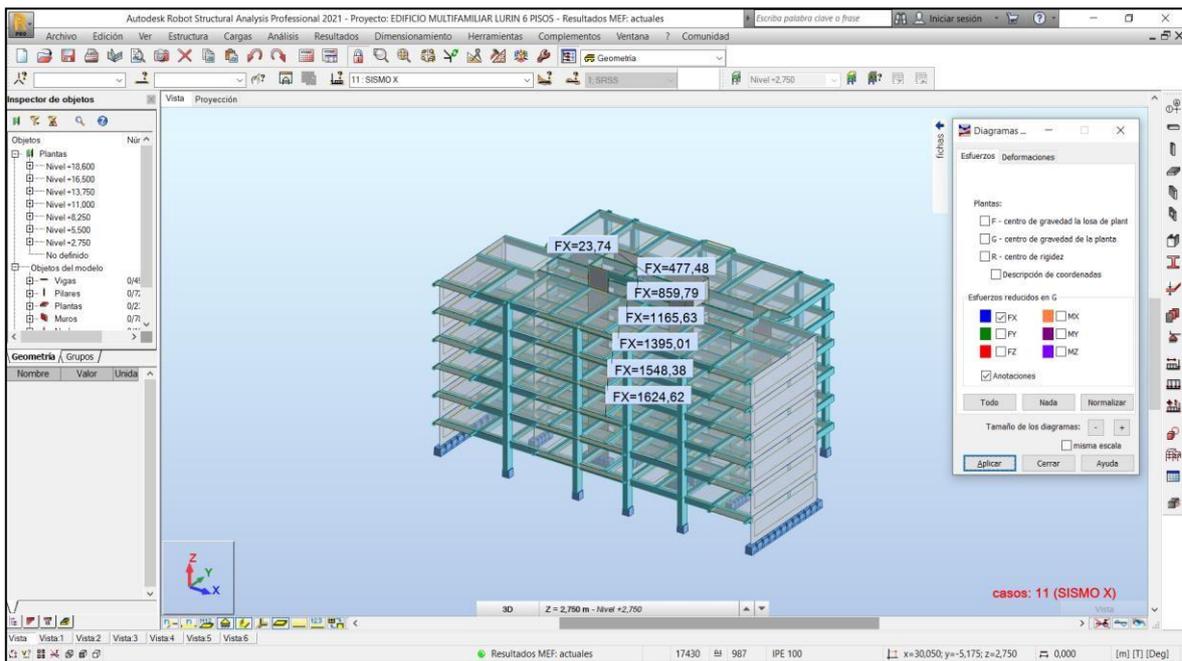
Parámetros	Factores
Z	0,45
U	1,00
S	1,05
C	2,50
R	6,00
g (m/s ²)	9,81
T _p (s)	0,6
T _l (s)	2,0
T (s)	0,31

Fuente: elaboración propia

Con apoyo de la Tabla 17, se pudieron calcular los valores de cortante basal, aceleración espectral, y cortantes distribuidos en cada piso para los métodos propuestos (estático o de fuerzas equivalentes y dinámico modal espectral) de la estructura, a través del programa Autodesk Robot Structural Analysis 2021.

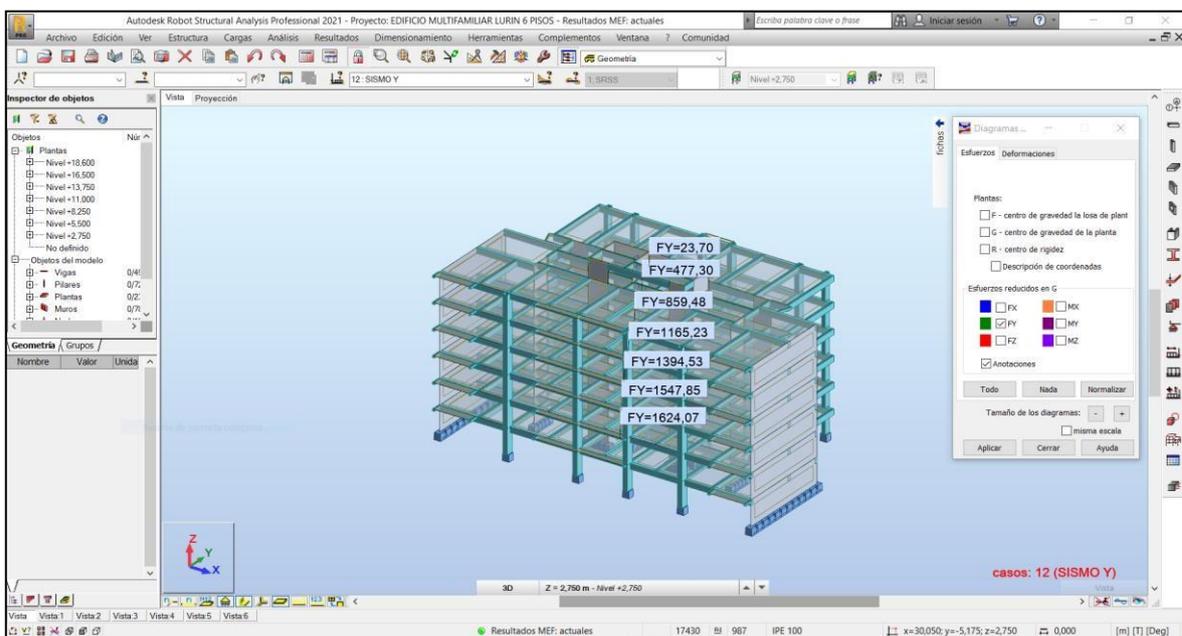
Los resultados del análisis se muestran a continuación:

Figura 11. Cortantes estáticas en la dirección X



Fuente: elaboración propia

Figura 12. Cortantes estáticas en la dirección Y

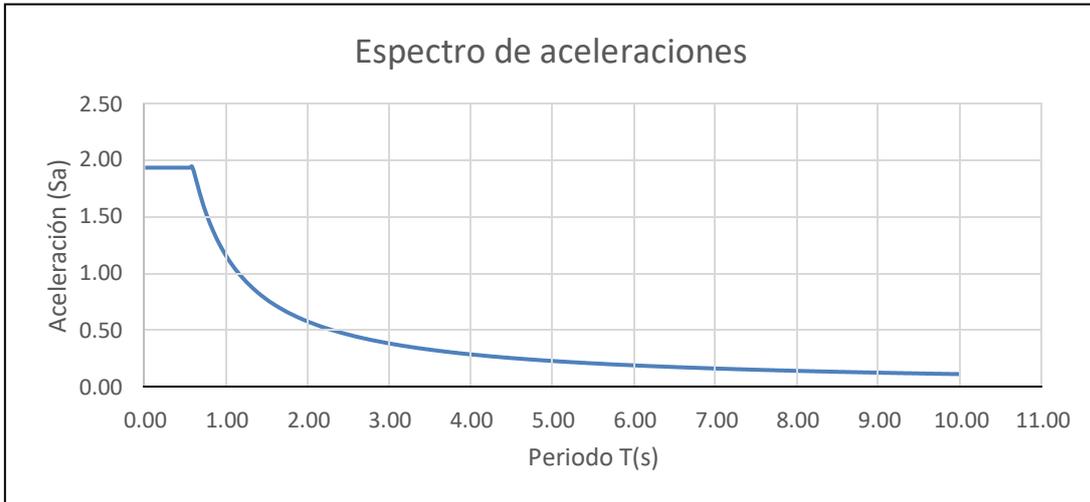


Fuente: elaboración propia

Con respecto al análisis dinámico modal espectral, se elaboró el gráfico de aceleraciones vs período, como se muestra en la Figura 13. Este gráfico se obtuvo

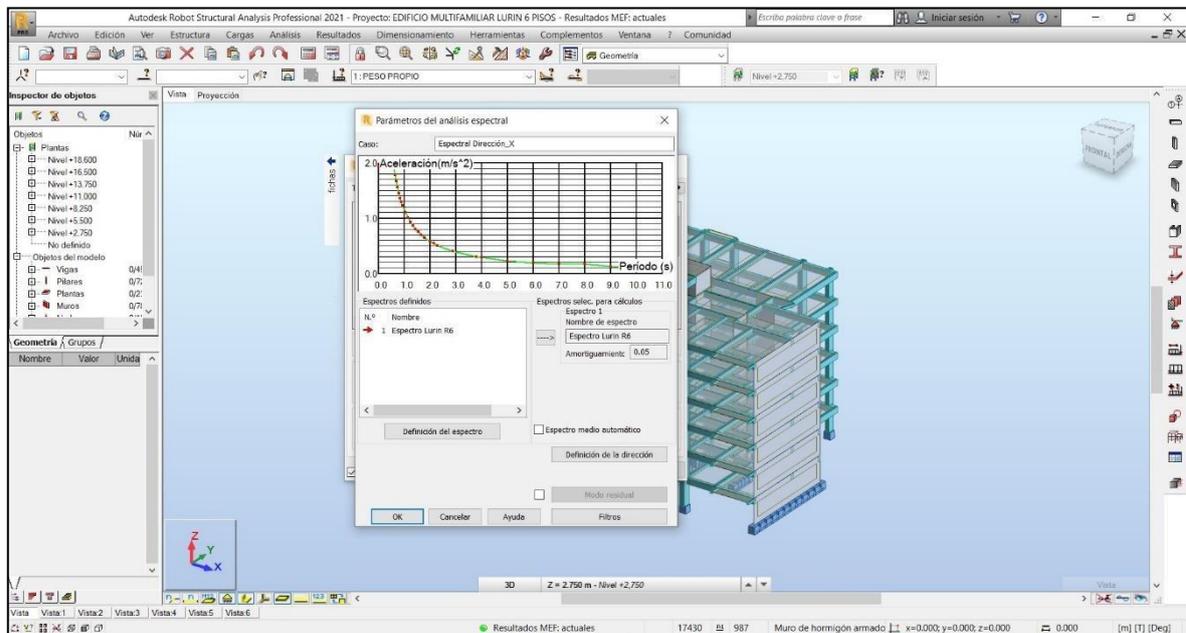
variando los valores de aceleración espectral S_a y período T , de acuerdo a las condiciones descritas en factor de amplificación C .

Figura 13. Espectro de aceleraciones



Fuente: elaboración propia

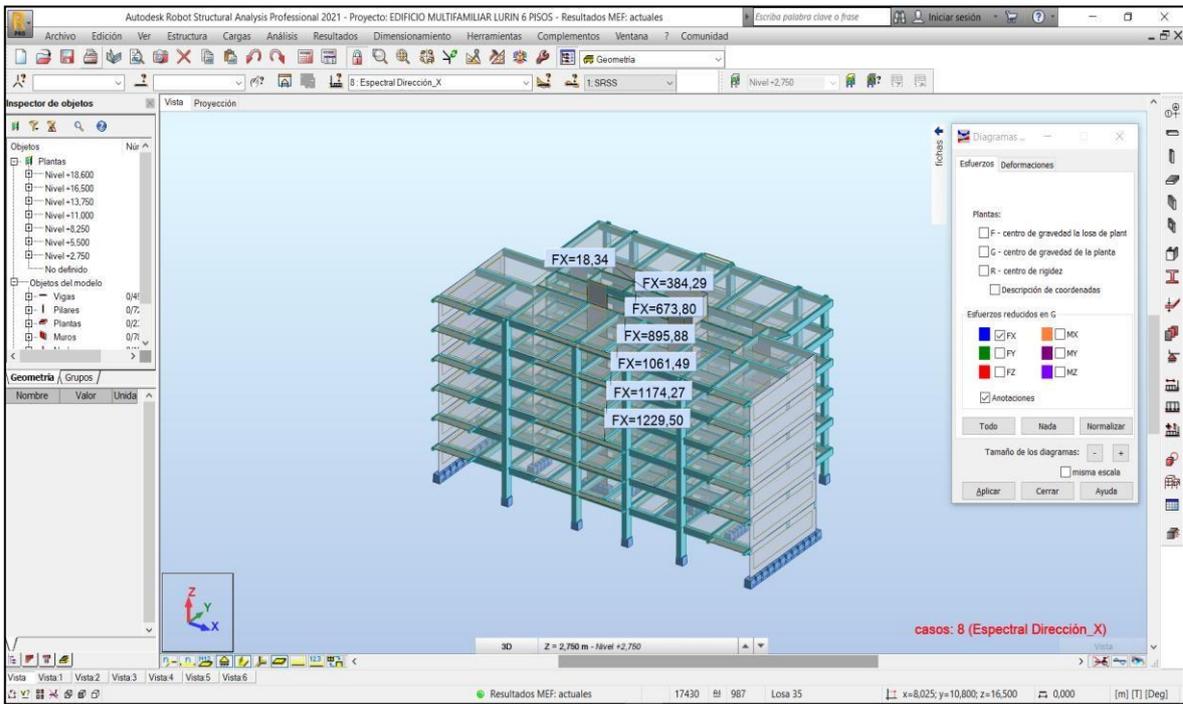
Figura 14. Parámetros del análisis espectral



Fuente: elaboración propia

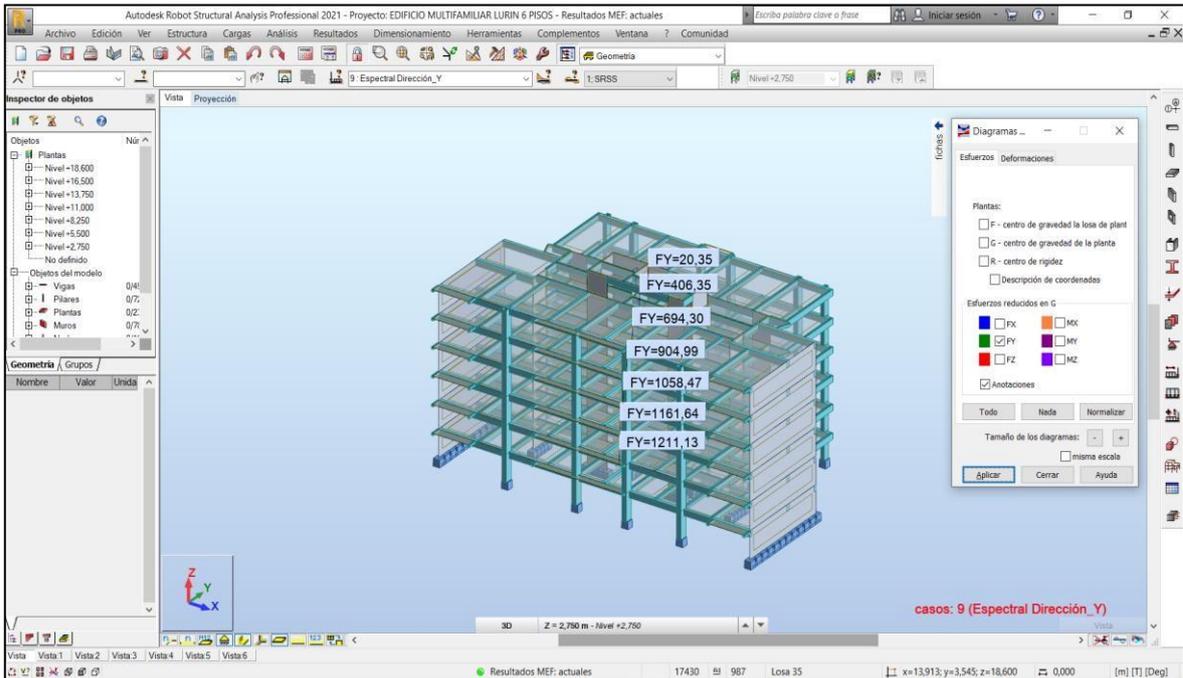
Se muestra a continuación las cortantes dinámicas de la estructura, obtenidas en el programa Autodesk Robot Structural Analysis 2021.

Figura 15. Cortantes dinámicas en la dirección X



Fuente: elaboración propia

Figura 16. Cortantes dinámicas en la dirección Y



Fuente: elaboración propia

A continuación se muestra un resumen de las cortantes estáticas y dinámicas obtenidas a través del análisis de la estructura en el software Autodesk Robot Structural Analysis 2021.

Tabla 18. Cortantes obtenidas del análisis estático y dinámico

Nivel	Análisis estático		Análisis dinámico	
	Dirección X (Tn)	Dirección Y (Tn)	Dirección X (Tn)	Dirección Y (Tn)
18,60	23,74	23,70	18,34	20,35
16,50	477,48	447,30	384,29	406,35
13,75	859,79	859,48	687,83	694,30
11,00	1165,63	1165,23	932,50	932,18
8,25	1395,01	1394,53	1116,01	1115,62
5,50	1548,38	1547,85	1238,70	1238,28
2,75	1624,62	1624,07	1299,70	1299,26

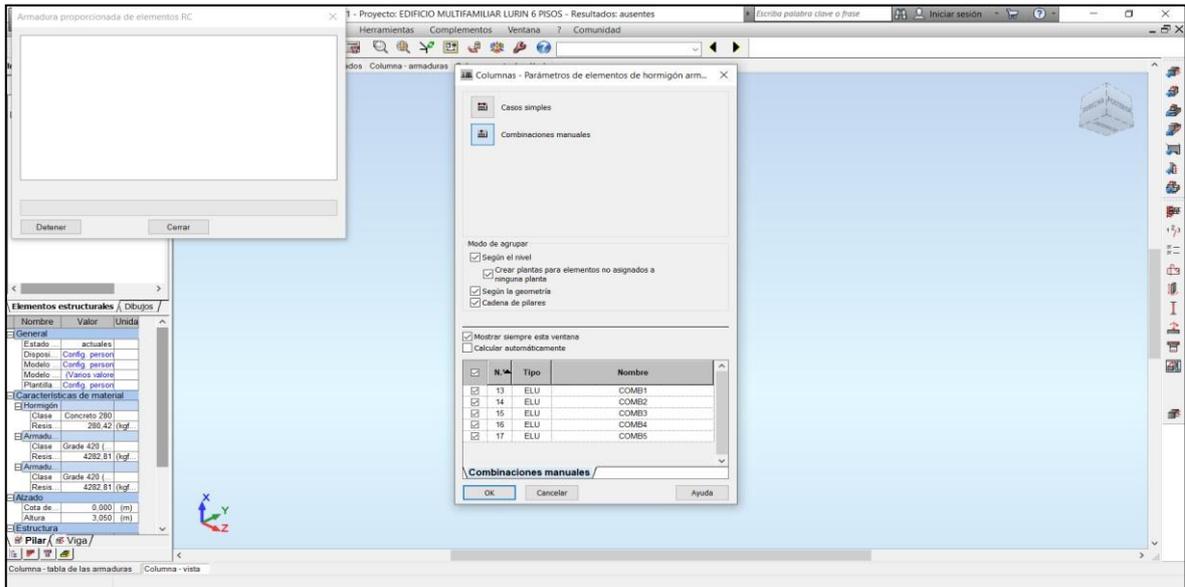
Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la norma E.030 Diseño sismorresistente, los valores del análisis dinámico deben ser como mínimo el 80% de los obtenidos a través del análisis estático, caso contrario se escalan proporcionalmente los resultados obtenidos, exceptuando los desplazamientos.

ANEXO 8: Memoria de cálculo

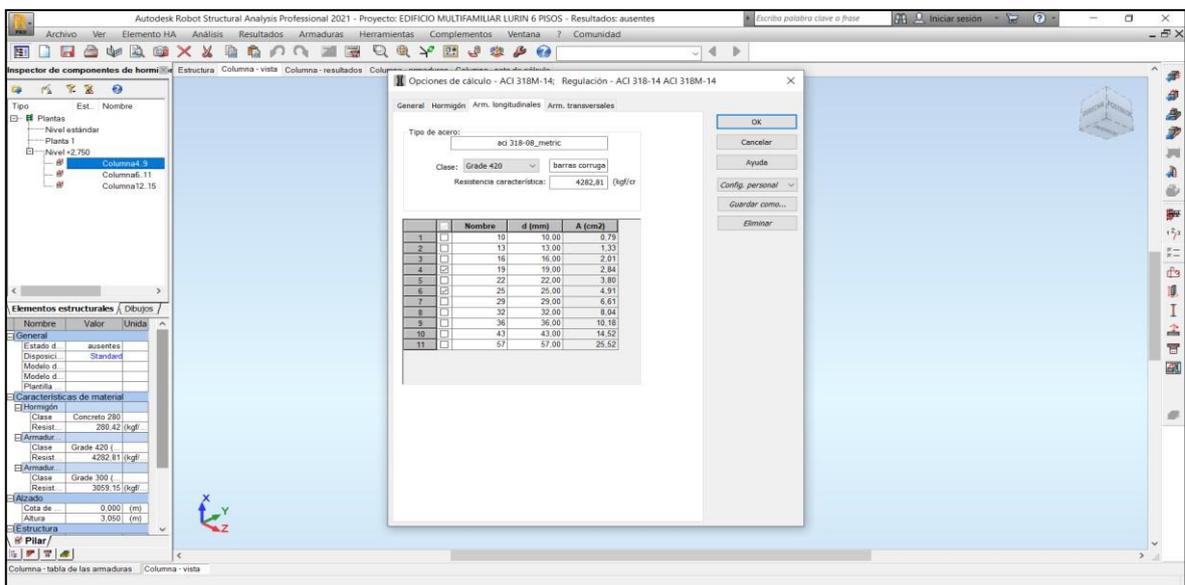
Diseño de columnas

Figura 17. Columna – combinaciones de carga



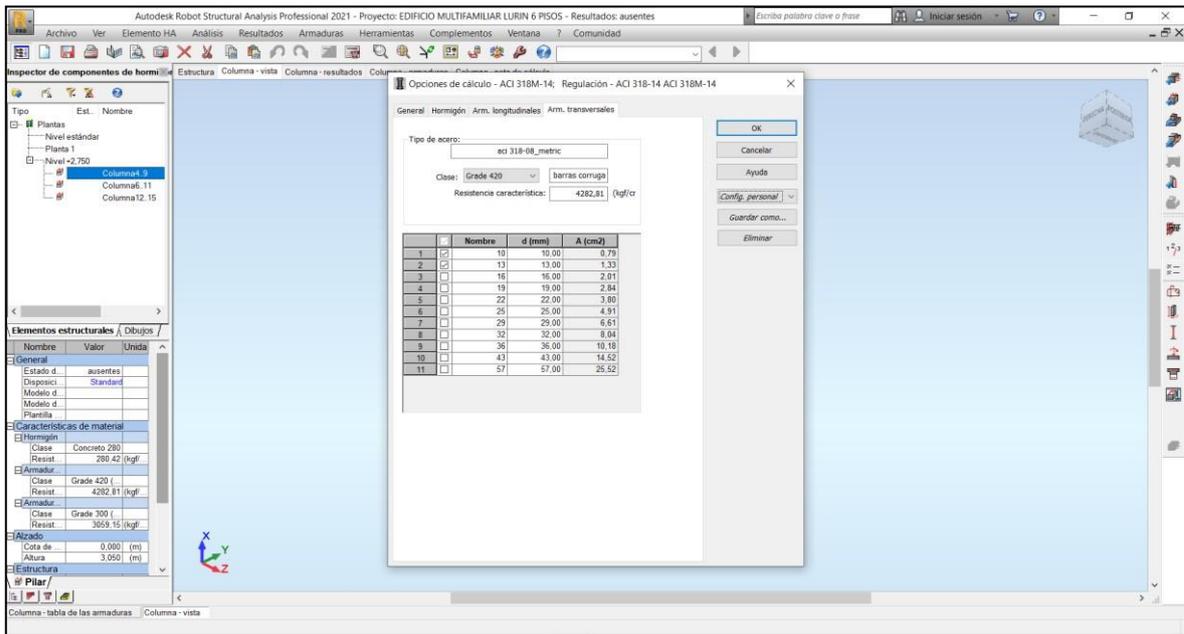
Fuente: elaboración propia

Figura 18. Columna – armado longitudinal



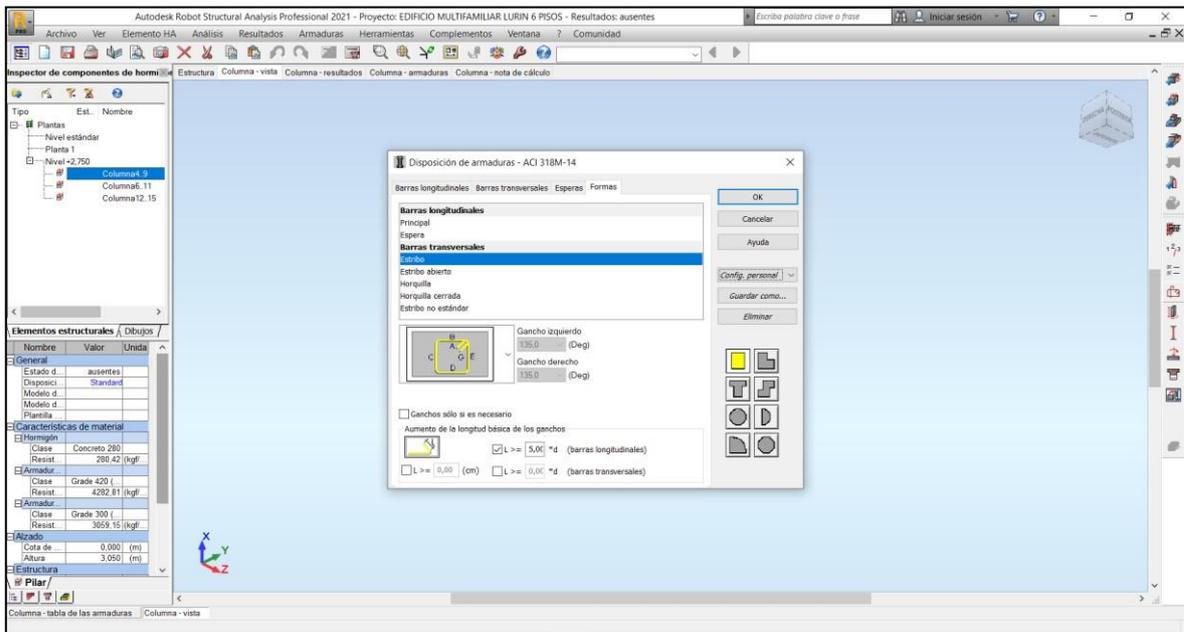
Fuente: elaboración propia

Figura 19. Columna – armado transversal



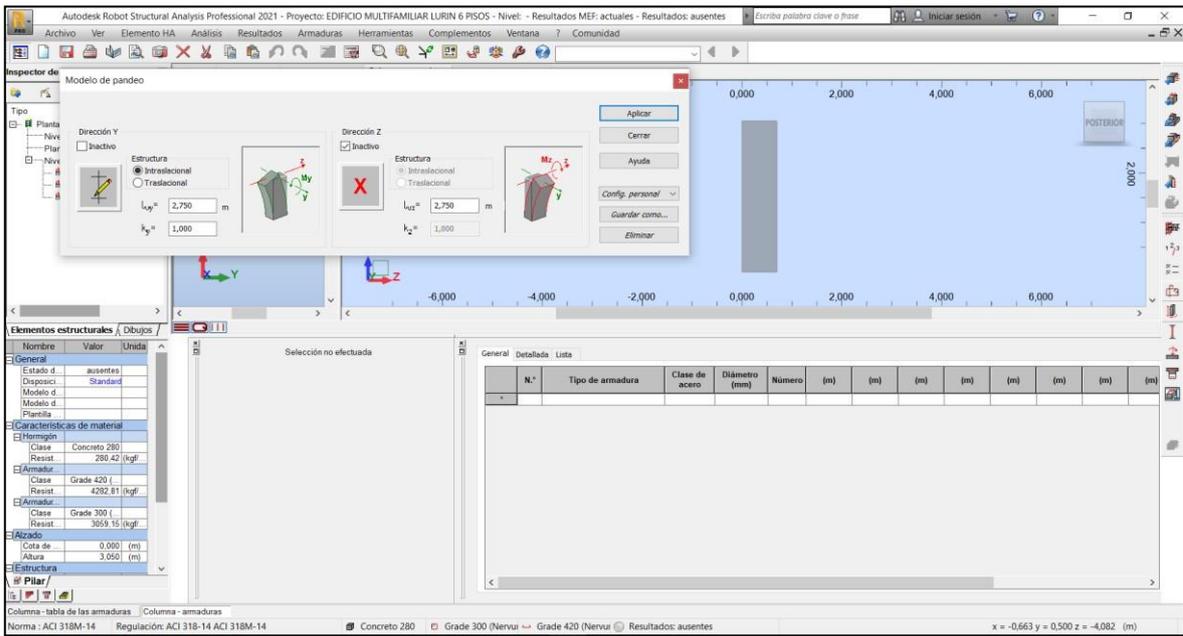
Fuente: elaboración propia

Figura 20. Columna – disposición de armaduras



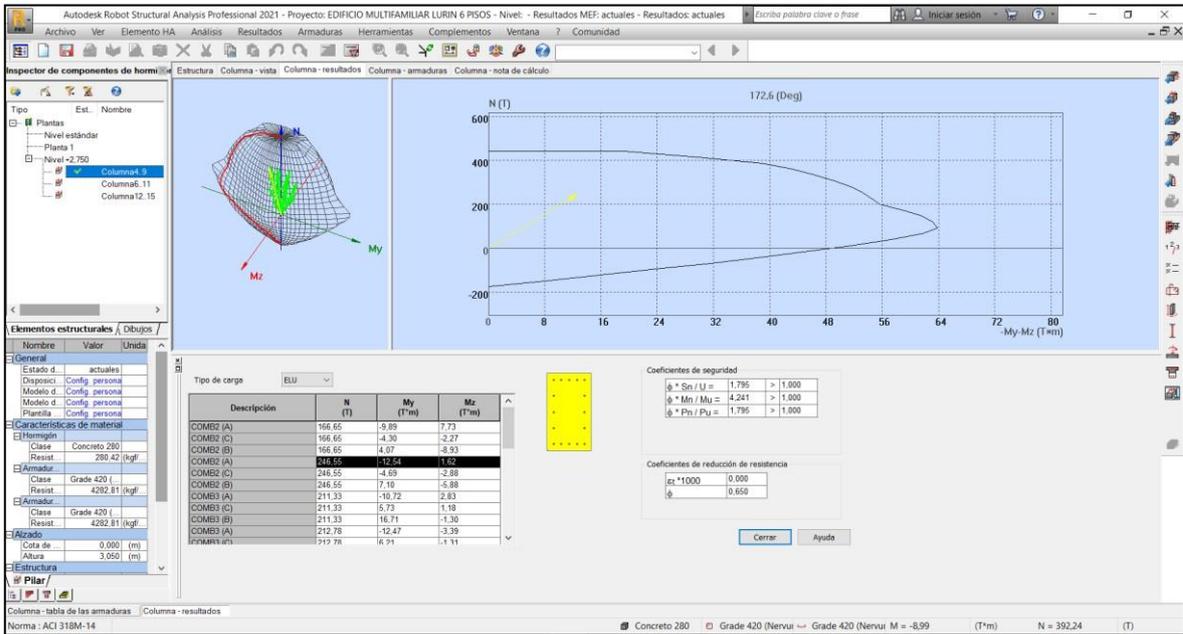
Fuente: elaboración propia

Figura 21. Columna – modelo de pandeo



Fuente: elaboración propia

Figura 22. Columna – resultados



Fuente: elaboración propia

1 Nivel:

- Nombre : Nivel +2,750
- Cota de nivel : 0,000 (m)
- Resistencia al fuego : 0 (h)
- Tipo de ambiente : no agresivo

2 Columna: C-1, C-6

OK

$$\phi * S_n/U = 1,795 > 1,000$$

$$\phi * M_n/M_u = 4,241 > 1,000$$

$$\phi * P_n/P_u = 1,795 > 1,000$$

U, Mu, Pu - Resistencia requerida

2.1 Característica de los materiales:

- Hormigón: : Concreto 280 $f_c = 280,00$ (kgf/cm²)
Densidad : 2400,00 (kg/m³)
- Armaduras longitudinales: Grade 420 $f_y = 4200,00$ (kgf/cm²)
- Armaduras transversales: Grade 420 $f_y = 4200,00$ (kgf/cm²)
- β_1 : 0,850
 $\beta_1 = a/c$, Coeficiente relativo a la profundidad del bloque de tensión de compresión rectangular equivalente A a la profundidad del eje neutro C
 $\beta_1 = <0,65-0,85>$

2.2 Geometría:

Número de elementos idénticos 2

- 2.2.1 Rectángulo 40,00 x 70,00 (cm)
- 2.2.2 Altura: L = 3,050 (m)
- 2.2.3 Espesor de la losa = 0,000 (m)
- 2.2.4 Altura de la viga = 0,600 (m)
- 2.2.5 Recubrimiento de la armadura = 4,00 (cm)

2.3 Opciones de cálculo:

- Cálculos según la norma : ACI 318M-14
- Tomar en cuenta la esbeltez : Y
- Estructura intraslacional : Y
- Estribos : hacia la losa
- : n = 1
- Categoría de dimensionamiento sísmico: SDC A

2.4 Cargas:

Caso	Natura	Grupo	N (T)	Myu (T*m)	Myl (T*m)	Myi (T*m)	Mzu (T*m)	Mzl (T*m)	Mzi (T*m)
COMB2	de cálculo	4	166,65	-9,89	4,07	-4,30	7,73	-8,93	-2,27
COMB2	de cálculo	9	246,55	-12,54	7,10	-4,69	1,62	-5,88	-2,88
COMB3	de cálculo	4	211,33	-10,72	16,71	5,73	2,83	-1,30	1,18
COMB3	de cálculo	9	212,78	-12,47	18,66	6,21	-3,39	1,81	-1,31
COMB4	de cálculo	4	99,61	-6,35	2,33	-2,88	6,74	-8,44	-2,37
COMB4	de cálculo	9	178,49	-8,45	5,11	-3,03	2,71	-6,42	-2,77
COMB1	de cálculo	4	232,92	-11,89	5,90	-4,77	3,30	-1,66	1,32
COMB1	de cálculo	9	236,23	-13,75	6,71	-5,57	-3,66	1,82	-1,47
COMB5	de cálculo	4	144,29	-7,19	14,96	6,10	1,85	-0,81	0,79
COMB5	de cálculo	9	144,72	-8,38	16,68	6,65	-2,30	1,27	-0,87

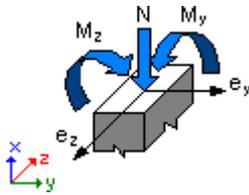
SERVICIO	Dimensionamiento ELS	4	164,08	-8,35	4,15	-3,35	2,32	-1,16	0,92
SERVICIO	Dimensionamiento ELS	9	166,40	-9,65	4,71	-3,91	-2,57	1,28	-1,03
PESO EST	Dimensionamiento ELS	4	156,07	-7,84	3,91	-3,14	2,17	-1,09	0,87
PESO EST	Dimensionamiento ELS	9	158,22	-9,06	4,44	-3,66	-2,41	1,20	-0,97

2.5 Lista de combinaciones

COMB2
COMB3
COMB4
COMB1
COMB5

2.6 Resultados de los cálculos:

2.6.1 Análisis ELU



Combinación dimensionante: COMB2 (A)

Clasificación de la sección: Controlado por compresión

$\phi = 0,650$ - Coeficiente de reducción de la resistencia, $\phi = \langle 0,65-0,90 \rangle$

$\epsilon_c (*1000) = -3,000$ - Deformación del hormigón

$\epsilon_t (*1000) = 0,000$ - Deformación a tracción del extremo de las armaduras

Esfuerzos seccionales:

$N = 246,55$ (T) $M_y = -12,54$ (T*m) $M_z = 1,62$ (T*m)

Esfuerzos de cálculo:

Nudo superior

$P_u = 246,55$ (T) $M_{yu} = -12,54$ (T*m) $M_{zu} = 1,62$ (T*m) $M_u = 12,64$ (T*m)

$U = 0,484$

Coeficiente de seguridad:

U, Mu, Pu - Resistencia requerida

$\phi * S_n / U = 1,795 > 1,000$

$\phi * M_n / M_u = 4,241 > 1,000$

$\phi * P_n / P_u = 1,795 > 1,000$

$\phi * S_n = 0,870$

$\phi * M_n = 53,62$ (T*m)

$\phi * P_n = 442,56$ (T)

2.6.1.1 Análisis detallado-Dirección Y:

2.6.1.1.1 Esfuerzo crítico

$P_c = 7226,64$ (T) (6.6.4.4.2)

$k * l_u = 2,750$ (m)

$EI = 5537,350$ (T*m²) (6.6.4.4.4b)

$\beta_d = 1,000$

$E_c = 251329,54 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$
 $E_s = 2039432,43 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$
 $I_g = 1143333,33 \text{ (cm}^4\text{)}$
 $I_{se} = 26123,11 \text{ (cm}^4\text{)}$

2.6.1.1.2 Análisis de la esbeltez

Estructura intraslacional

$l_u \text{ (m)}$	k	$k \cdot l_u \text{ (m)}$
2,750	1,000	2,750
$k \cdot l_{uy}/r_y = 13,609 < 40,000$		Columna poco esbelta (6.2.5b)(6.2.5c)

2.6.1.1.3 Análisis de pandeo

$MA = -12,54 \text{ (T}^*\text{m)}$ $MB = 7,10 \text{ (T}^*\text{m)}$
 Caso: sección en el extremo del pilar (Nudo superior), Esbeltez no considerada
 $M = -12,54 \text{ (T}^*\text{m)}$
 $Mc = M = -12,54 \text{ (T}^*\text{m)}$

2.6.1.2 Análisis detallado-Dirección Z:

$MA = 1,62 \text{ (T}^*\text{m)}$ $MB = -5,88 \text{ (T}^*\text{m)}$
 Caso: sección en el extremo del pilar (Nudo superior), Esbeltez no considerada
 $M = 1,62 \text{ (T}^*\text{m)}$
 $Mc = M = 1,62 \text{ (T}^*\text{m)}$

2.7 Armadura:

Sección de armado: **45,36 (cm²) 1,620 (%)**
 Armadura mínima (requisito normativo): 28,00 (cm²) 1,000 (%)
 Armadura máxima (requisito normativo): 224,00 (cm²) 8,000 (%)

Barras principales (Grade 420):

- 16 $\phi 19$ $l = 3,010$ (m)

Armaduras transversales (Grade 420):

Estribos	13 $\phi 10$	$l = 1,996$ (m)
horquillas	13 $\phi 10$	$l = 0,778$ (m)
	13 $\phi 10$	$l = 0,478$ (m)

3 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 1,372 (m³)
- Superficie de encofrado = 10,780 (m²)
- Acero Grade 420
 - Peso total = 266,60 (kG)
 - Densidad = 194,31 (kG/m³)
 - Diámetro medio = 14,79 (mm)
 - Especificación de las armaduras:

Diámetro	Longitud (m)	Peso (kG)	Número (piezas)	Peso total (kG)
10	0,478	0,29	26	7,67
10	0,778	0,48	26	12,48
10	1,996	1,23	26	32,00
19	3,010	6,70	32	214,45

1 Nivel:

- Nombre : Nivel +2,750
- Cota de nivel : 0,000 (m)
- Resistencia al fuego : 0 (h)
- Tipo de ambiente : no agresivo

2 Columna: C-02, C-03, C-04, C-05, C-07, C-08

OK

$$\phi * S_n / U = 1,073 > 1,000$$

$$\phi * M_n / \mu = 1,276 > 1,000$$

$$\phi * P_n / P_u = 1,075 > 1,000$$

U, μ , P_u - Resistencia requerida

2.1 Característica de los materiales:

- Hormigón: : Concreto 280 $f_c = 280,00$ (kgf/cm²)
Densidad : 2400,00 (kg/m³)
- Armaduras longitudinales: Grade 420 $f_y = 4200,00$ (kgf/cm²)
- Armaduras transversales: Grade 420 $f_y = 4200,00$ (kgf/cm²)
- β_1 : 0,850
 $\beta_1 = a/c$, Coeficiente relativo a la profundidad del bloque de tensión de compresión rectangular equivalente A a la profundidad del eje neutro C
 $\beta_1 = <0,65-0,85>$

2.2 Geometría:

Número de elementos idénticos 6

- 2.2.1 Rectángulo 50,00 x 70,00 (cm)
- 2.2.2 Altura: L = 3,050 (m)
- 2.2.3 Espesor de la losa = 0,000 (m)
- 2.2.4 Altura de la viga = 0,600 (m)
- 2.2.5 Recubrimiento de la armadura = 4,00 (cm)

2.3 Opciones de cálculo:

- Cálculos según la norma : ACI 318M-14
- Tomar en cuenta la esbeltez : Y
- Estructura intraslacional : Y
- Estribos : hacia la losa
- : n = 1
- Categoría de dimensionamiento sísmico: SDC A

2.4 Cargas:

Caso	Natura	Grupo	N (T)	Myu (T*m)	Myl (T*m)	Myi (T*m)	Mzu (T*m)	Mzl (T*m)	Mzi (T*m)
COMB2	de cálculo	6	417,18	-25,55	12,60	-10,29	18,99	-19,40	-4,04
COMB2	de cálculo	7	448,90	-25,99	13,11	-10,35	0,01	-9,91	-5,94
COMB2	de cálculo	8	378,07	-24,83	13,19	-9,62	17,91	-18,86	-4,15
COMB2	de cálculo	5	416,30	-25,97	12,15	-10,72	1,39	-10,59	-5,80
COMB2	de cálculo	10	188,86	28,92	-14,83	11,42	8,64	-14,57	-5,28
COMB2	de cálculo	11	424,80	20,24	-9,81	8,22	12,94	-16,72	-4,85
COMB3	de cálculo	6	443,20	-27,29	28,41	6,13	9,29	-4,42	3,81
COMB3	de cálculo	7	442,89	-27,33	28,61	6,24	-9,74	5,10	-3,80
COMB3	de cálculo	8	405,32	-26,77	28,75	6,54	8,03	-3,79	3,30
COMB3	de cálculo	5	406,73	-26,57	27,63	5,95	-8,54	4,50	-3,33

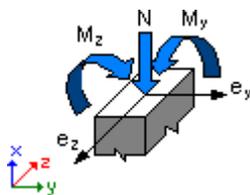
COMB3	de cálculo	10	389,53	18,77	5,26	13,36	-2,31	1,16	-0,92
COMB3	de cálculo	11	397,41	18,37	5,89	13,38	2,03	-1,01	0,81
COMB4	de cálculo	6	273,95	-16,81	8,28	-6,77	15,81	-17,80	-4,36
COMB4	de cálculo	7	305,52	-17,25	8,79	-6,83	3,19	-11,49	-5,62
COMB4	de cálculo	8	247,49	-16,20	8,94	-6,14	15,14	-17,47	-4,42
COMB4	de cálculo	5	284,92	-17,35	7,88	-7,26	4,17	-11,98	-5,52
COMB4	de cálculo	10	85,54	20,62	-10,63	8,12	9,29	-14,89	-5,22
COMB4	de cálculo	11	320,43	11,97	-5,62	4,94	12,36	-16,42	-4,91
COMB1	de cálculo	6	492,00	-29,40	14,58	-11,81	10,82	-5,42	4,32
COMB1	de cálculo	7	492,47	-29,42	14,57	-11,82	-10,79	5,38	-4,32
COMB1	de cálculo	8	449,76	-29,00	14,31	-11,67	9,39	-4,71	3,75
COMB1	de cálculo	5	452,95	-28,99	14,42	-11,62	-9,43	4,70	-3,78
COMB1	de cálculo	10	348,26	27,93	-14,07	11,13	-2,45	1,24	-0,98
COMB1	de cálculo	11	351,32	27,83	-14,07	11,07	2,25	-1,12	0,91
COMB5	de cálculo	6	299,97	-18,55	24,09	7,03	6,10	-2,82	2,53
COMB5	de cálculo	7	299,51	-18,58	24,29	7,14	-6,56	3,51	-2,53
COMB5	de cálculo	8	274,74	-18,14	24,51	7,45	5,26	-2,40	2,20
COMB5	de cálculo	5	275,35	-17,94	23,35	6,83	-5,76	3,11	-2,21
COMB5	de cálculo	10	286,21	10,47	9,45	10,06	-1,67	0,84	-0,66
COMB5	de cálculo	11	293,04	10,10	10,08	10,09	1,44	-0,71	0,58
SERVICIO	Dimensionamiento ELS	6	346,18	-20,64	10,24	-8,29	7,60	-3,81	3,04
SERVICIO	Dimensionamiento ELS	7	346,50	-20,65	10,23	-8,30	-7,58	3,78	-3,04
SERVICIO	Dimensionamiento ELS	8	316,55	-20,36	10,05	-8,19	6,59	-3,31	2,63
SERVICIO	Dimensionamiento ELS	5	318,82	-20,35	10,13	-8,16	-6,63	3,30	-2,65
SERVICIO	Dimensionamiento ELS	10	244,54	19,60	-9,87	7,81	-1,75	0,88	-0,70
SERVICIO	Dimensionamiento ELS	11	246,65	19,54	-9,88	7,78	1,60	-0,79	0,65
PESO EST	Dimensionamiento ELS	6	327,79	-19,38	9,63	-7,77	7,16	-3,59	2,86
PESO EST	Dimensionamiento ELS	7	328,09	-19,38	9,62	-7,78	-7,15	3,57	-2,86
PESO EST	Dimensionamiento ELS	8	300,06	-19,10	9,45	-7,68	6,21	-3,11	2,48
PESO EST	Dimensionamiento ELS	5	302,33	-19,09	9,52	-7,65	-6,24	3,11	-2,50
PESO EST	Dimensionamiento ELS	10	229,76	18,41	-9,25	7,34	-1,72	0,87	-0,68
PESO EST	Dimensionamiento ELS	11	231,61	18,35	-9,26	7,31	1,58	-0,78	0,64

2.5 Lista de combinaciones

COMB2
COMB3
COMB4
COMB1
COMB5

2.6 Resultados de los cálculos:

2.6.1 Análisis ELU



Combinación dimensionante: COMB1 (A)

Clasificación de la sección: Controlado por compresión

$\phi = 0,650$ - Coeficiente de reducción de la resistencia, $\phi = \langle 0,65-0,90 \rangle$

$\epsilon_c (*1000) = -3,000$ - Deformación del hormigón

$\epsilon_t (*1000) = 0,073$ - Deformación a tracción del extremo de las armaduras

Esfuerzos seccionales:

$N = 492,47$ (T) $M_y = -29,42$ (T*m) $M_z = -10,79$ (T*m)

Esfuerzos de cálculo:

Nudo superior

$$\frac{P_u = 492,47 \text{ (T)} \quad M_{yu} = -29,42 \text{ (T}^*\text{m)} \quad M_{zu} = -10,79 \text{ (T}^*\text{m)} \quad M_u = 31,33 \text{ (T}^*\text{m)}}{U = 0,775}$$

Coefficiente de seguridad:

U, Mu, Pu - Resistencia requerida

$$\phi * S_n / U = 1,073 > 1,000$$

$$\phi * M_n / M_u = 1,276 > 1,000$$

$$\phi * P_n / P_u = 1,075 > 1,000$$

$$\phi * S_n = 0,832$$

$$\phi * M_n = 39,98 \text{ (T}^*\text{m)}$$

$$\phi * P_n = 529,32 \text{ (T)}$$

2.6.1.1 Análisis detallado-Dirección Y:

2.6.1.1.1 Esfuerzo crítico

$$P_c = 8164,18 \text{ (T)} \quad (6.6.4.4.2)$$

$$k^* l_u = 2,750 \text{ (m)}$$

$$EI = 6255,730 \text{ (T}^*\text{m}^2) \quad (6.6.4.4.4b)$$

$$\beta_d = 1,000$$

$$E_c = 251329,54 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

$$E_s = 2039432,43 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

$$I_g = 1429166,67 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$I_{se} = 26123,11 \text{ (cm}^4\text{)}$$

2.6.1.1.2 Análisis de la esbeltez

Estructura intraslacional

$l_u \text{ (m)}$	k	$k^* l_u \text{ (m)}$
2,750	1,000	2,750

$$k^* l_{uy} / r_y = 13,609 < 39,943 \quad \text{Columna poco esbelta (6.2.5b)(6.2.5c)}$$

2.6.1.1.3 Análisis de pandeo

$$M_A = -29,42 \text{ (T}^*\text{m)} \quad M_B = 14,57 \text{ (T}^*\text{m)}$$

Caso: sección en el extremo del pilar (Nudo superior), Esbeltez no considerada

$$M = -29,42 \text{ (T}^*\text{m)}$$

$$M_c = M = -29,42 \text{ (T}^*\text{m)}$$

2.6.1.2 Análisis detallado-Dirección Z:

$$M_A = -10,79 \text{ (T}^*\text{m)} \quad M_B = 5,38 \text{ (T}^*\text{m)}$$

Caso: sección en el extremo del pilar (Nudo superior), Esbeltez no considerada

$$M = -10,79 \text{ (T}^*\text{m)}$$

$$M_c = M = -10,79 \text{ (T}^*\text{m)}$$

2.7 Armadura:

Sección de armado: **45,36 (cm²) 1,296 (%)**

Armadura mínima (requisito normativo): 35,00 (cm²) 1,000 (%)

Armadura máxima (requisito normativo): 280,00 (cm²) 8,000 (%)

Barras principales (Grade 420):

- 16 $\phi 19$ $l = 3,010$ (m)

Armaduras transversales (Grade 420):

Estribos 13 $\phi 10$ $l = 2,196$ (m)

horquillas 13 $\phi 10$ $l = 0,778$ (m)

13 $\phi 10$ $l = 0,578$ (m)

3 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 5,145 (m3)
- Superficie de encofrado = 35,280 (m2)
- Acero Grade 420
 - Peso total = 814,23 (kG)
 - Densidad = 158,26 (kG/m3)
 - Diámetro medio = 14,59 (mm)
 - Especificación de las armaduras:

Diámetro	Longitud (m)	Peso (kG)	Número (piezas)	Peso total (kG)
10	0,578	0,36	78	27,81
10	0,778	0,48	78	37,44
10	2,196	1,35	78	105,62
19	3,010	6,70	96	643,36

1 Nivel:

- Nombre : Nivel +2,750
- Cota de nivel : 0,000 (m)
- Resistencia al fuego : 0 (h)
- Tipo de ambiente : no agresivo

2 Columna: C-09, C-10, C-11, C-12

OK

$$\phi * S_n / U = 1,063 > 1,000$$

$$\phi * M_n / \mu_u = 1,548 > 1,000$$

$$\phi * P_n / P_u = 1,063 > 1,000$$

U, μ_u , P_u - Resistencia requerida

2.1 Característica de los materiales:

- Hormigón: : Concreto 280 $f_c = 280,00$ (kgf/cm2)
- Densidad : 2400,00 (kG/m3)
- Armaduras longitudinales: Grade 420 $f_y = 4200,00$ (kgf/cm2)
- Armaduras transversales: Grade 420 $f_y = 4200,00$ (kgf/cm2)
- β_1 : 0,850
 $\beta_1 = a/c$, Coeficiente relativo a la profundidad del bloque de tensión de compresión rectangular equivalente A a la profundidad del eje neutro C
 $\beta_1 = <0,65-0,85>$

2.2 Geometría:

Número de elementos idénticos 4

- 2.2.1 Rectángulo 50,00 x 80,00 (cm)
- 2.2.2 Altura: L = 3,050 (m)
- 2.2.3 Espesor de la losa = 0,000 (m)
- 2.2.4 Altura de la viga = 0,600 (m)
- 2.2.5 Recubrimiento de la armadura = 4,00 (cm)

2.3 Opciones de cálculo:

- Cálculos según la norma : ACI 318M-14
- Tomar en cuenta la esbeltez : Y
- Estructura intraslacional : Y
- Estribos : hacia la losa
- : $n = 1$
- Categoría de dimensionamiento sísmico: SDC A

2.4 Cargas:

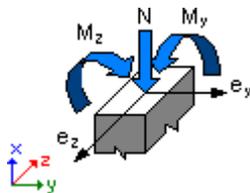
Caso	Natura	Grupo	N (T)	My (T*m)	Myl (T*m)	Myi (T*m)	Mzu (T*m)	Mzl (T*m)	Mzi (T*m)
COMB2	de cálculo	12	537,55	27,94	-15,29	10,65	13,63	-19,15	-6,04
COMB2	de cálculo	13	488,04	28,32	-14,46	11,21	17,62	-21,14	-5,64
COMB2	de cálculo	14	439,91	24,04	-11,59	9,79	13,43	-19,05	-6,06
COMB2	de cálculo	15	508,20	24,52	-11,03	10,30	4,54	-14,60	-6,95
COMB3	de cálculo	12	534,07	29,40	6,67	20,30	1,78	-1,28	0,56
COMB3	de cálculo	13	489,11	26,76	8,64	19,51	5,74	-3,26	2,14
COMB3	de cálculo	14	427,37	23,08	10,94	18,22	1,23	-1,00	0,34
COMB3	de cálculo	15	477,77	25,16	10,41	19,26	-5,01	2,11	-2,16
COMB4	de cálculo	12	355,56	18,39	-10,46	6,85	12,72	-18,71	-6,14
COMB4	de cálculo	13	321,44	18,71	-9,58	7,40	15,84	-20,27	-5,83
COMB4	de cálculo	14	294,50	15,82	-7,39	6,54	13,06	-18,88	-6,10
COMB4	de cálculo	15	345,27	16,39	-6,86	7,09	6,87	-15,79	-6,72
COMB1	de cálculo	12	622,02	32,12	-16,16	12,81	3,04	-1,46	1,24
COMB1	de cálculo	13	565,18	32,22	-16,28	12,82	5,98	-2,93	2,41
COMB1	de cálculo	14	497,51	27,70	-14,08	10,99	1,05	-0,47	0,44
COMB1	de cálculo	15	559,02	27,37	-13,97	10,84	-7,66	3,89	-3,04
COMB5	de cálculo	12	352,08	19,84	11,50	16,50	0,86	-0,83	0,18
COMB5	de cálculo	13	322,52	17,15	13,51	15,70	3,96	-2,38	1,42
COMB5	de cálculo	14	281,96	14,86	15,14	15,03	0,86	-0,83	0,18
COMB5	de cálculo	15	314,84	17,03	14,58	16,05	-2,67	0,93	-1,23
SERVICIO	Dimensionamiento ELS	12	437,42	22,55	-11,34	8,99	2,13	-1,02	0,87
SERVICIO	Dimensionamiento ELS	13	397,13	22,61	-11,42	9,00	4,19	-2,06	1,69
SERVICIO	Dimensionamiento ELS	14	349,90	19,45	-9,88	7,72	0,72	-0,32	0,30
SERVICIO	Dimensionamiento ELS	15	393,28	19,22	-9,80	7,61	-5,37	2,72	-2,13
PESO EST	Dimensionamiento ELS	12	413,35	21,16	-10,62	8,45	1,99	-0,95	0,81
PESO EST	Dimensionamiento ELS	13	374,13	21,20	-10,69	8,45	3,93	-1,93	1,59
PESO EST	Dimensionamiento ELS	14	330,78	18,27	-9,26	7,26	0,61	-0,27	0,26
PESO EST	Dimensionamiento ELS	15	372,21	18,05	-9,18	7,15	-4,98	2,53	-1,98

2.5 Lista de combinaciones

COMB2
COMB3
COMB4
COMB1
COMB5

2.6 Resultados de los cálculos:

2.6.1 Análisis ELU



Combinación dimensionante: COMB1 (A)

Clasificación de la sección: Controlado por compresión

$\phi = 0,650$ - Coeficiente de reducción de la resistencia, $\phi = \langle 0,65-0,90 \rangle$
 $\epsilon_c (*1000) = -3,000$ - Deformación del hormigón
 $\epsilon_t (*1000) = 0,000$ - Deformación a tracción del extremo de las armaduras

Esfuerzos seccionales:

$N = 622,02$ (T) $M_y = 32,12$ (T*m) $M_z = 3,04$ (T*m)

Esfuerzos de cálculo:

Nudo superior

$P_u = 622,02$ (T) $M_{yu} = 32,12$ (T*m) $M_{zu} = 3,04$ (T*m) $M_u = 32,26$ (T*m)
 $U = 0,855$

Coeficiente de seguridad:

U, Mu, Pu - Resistencia requerida

$\phi * S_n / U = 1,063 > 1,000$

$\phi * M_n / M_u = 1,548 > 1,000$

$\phi * P_n / P_u = 1,063 > 1,000$

$\phi * S_n = 0,909$

$\phi * M_n = 49,95$ (T*m)

$\phi * P_n = 661,14$ (T)

2.6.1.1 Análisis detallado-Dirección Y:

2.6.1.1.1 Esfuerzo crítico

$P_c = 15129,79$ (T) (6.6.4.4.2)

$k * l_u = 2,750$ (m)

$EI = 11593,070$ (T*m²) (6.6.4.4.4b)

$\beta_d = 1,000$

$E_c = 251329,54$ (kgf/cm²)

$E_s = 2039432,43$ (kgf/cm²)

$I_g = 2133333,33$ (cm⁴)

$I_{se} = 61108,92$ (cm⁴)

2.6.1.1.2 Análisis de la esbeltez

Estructura intraslacional

l_u (m) k $k * l_u$ (m)

2,750 1,000 2,750

$k * l_{uy} / r_y = 11,908 < 40,000$ Columna poco esbelta (6.2.5b)(6.2.5c)

2.6.1.1.3 Análisis de pandeo

$M_A = 32,12$ (T*m) $M_B = -16,16$ (T*m)

Caso: sección en el extremo del pilar (Nudo superior), Esbeltez no considerada

$M = 32,12$ (T*m)

$M_c = M = 32,12$ (T*m)

2.6.1.2 Análisis detallado-Dirección Z:

$M_A = 3,04$ (T*m) $M_B = -1,46$ (T*m)

Caso: sección en el extremo del pilar (Nudo superior), Esbeltez no considerada

$M = 3,04$ (T*m)

$M_c = M = 3,04$ (T*m)

2.7 Armadura:

Sección de armado:

Armadura mínima (requisito normativo):

78,54 (cm²) 1,963 (%)

40,00 (cm²) 1,000 (%)

Armadura máxima (requisito normativo): 320,00 (cm²) 8,000 (%)

Barras principales (Grade 420):

- 16 ϕ 25 l = 3,010 (m)

Armaduras transversales (Grade 420):

Estribos	10 ϕ 10	l = 2,396 (m)
	10 ϕ 10	l = 1,721 (m)
horquillas	10 ϕ 10	l = 0,878 (m)
	10 ϕ 10	l = 0,578 (m)

3 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 3,920 (m³)
- Superficie de encofrado = 25,480 (m²)
- Acero Grade 420
 - Peso total = 880,04 (kG)
 - Densidad = 224,50 (kG/m³)
 - Diámetro medio = 16,95 (mm)
 - Especificación de las armaduras:

Diámetro	Longitud (m)	Peso (kG)	Número (piezas)	Peso total (kG)
10	0,578	0,36	40	14,26
10	0,878	0,54	40	21,66
10	1,721	1,06	40	42,45
10	2,396	1,48	40	59,10
25	3,010	11,60	64	742,56

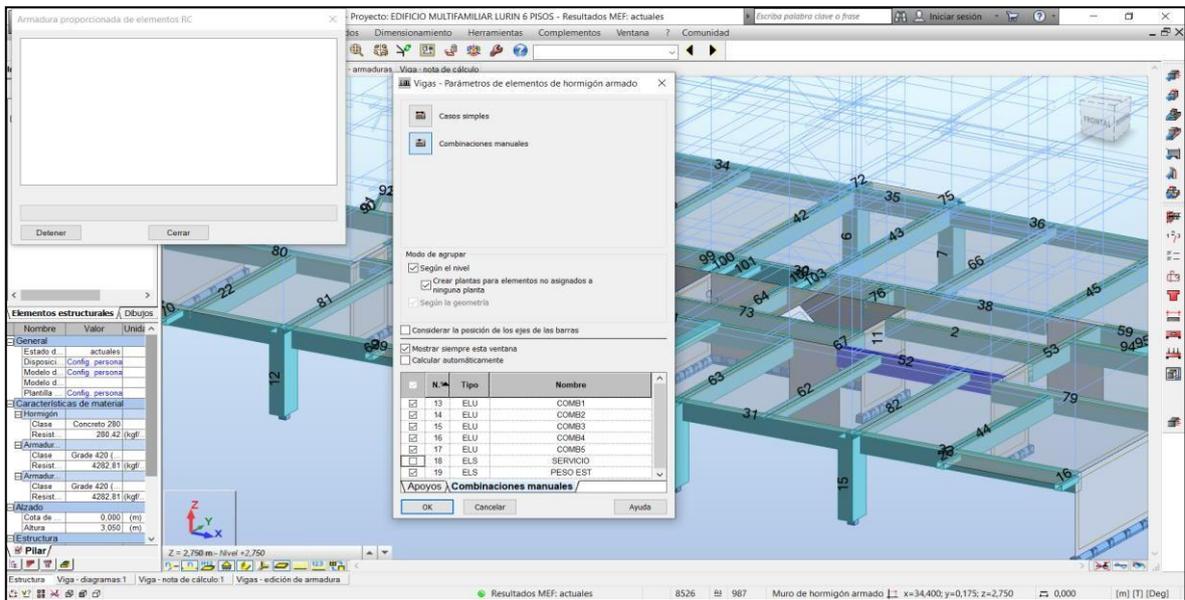
Tabla 19. Diseño de columnas

Elemento	Detalle	Dimensiones
Columna	C-01, C-06	0.40 x 0.70
Columna	C-02, C-03, C-04, C-05, C-07, C-08	0.50 x 0.70
Columna	C-09, C-10, C-11, C-12	0.50 x 0.80

Fuente: elaboración propia

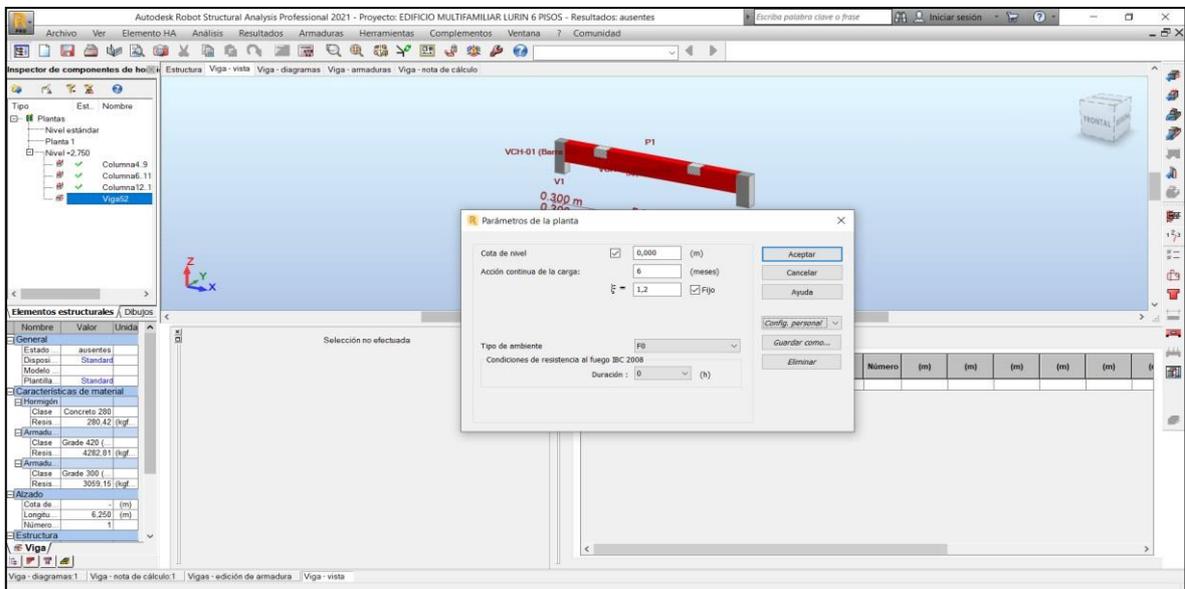
Diseño de vigas

Figura 23. Viga – combinaciones de carga



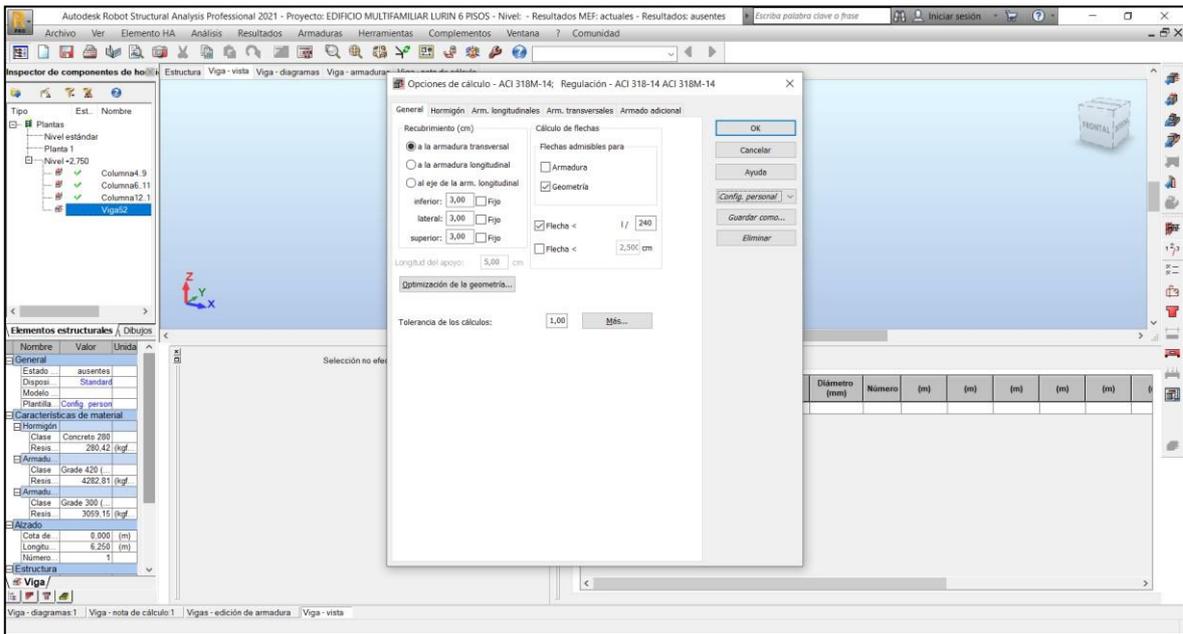
Fuente: elaboración propia

Figura 24. Viga – parámetros de planta



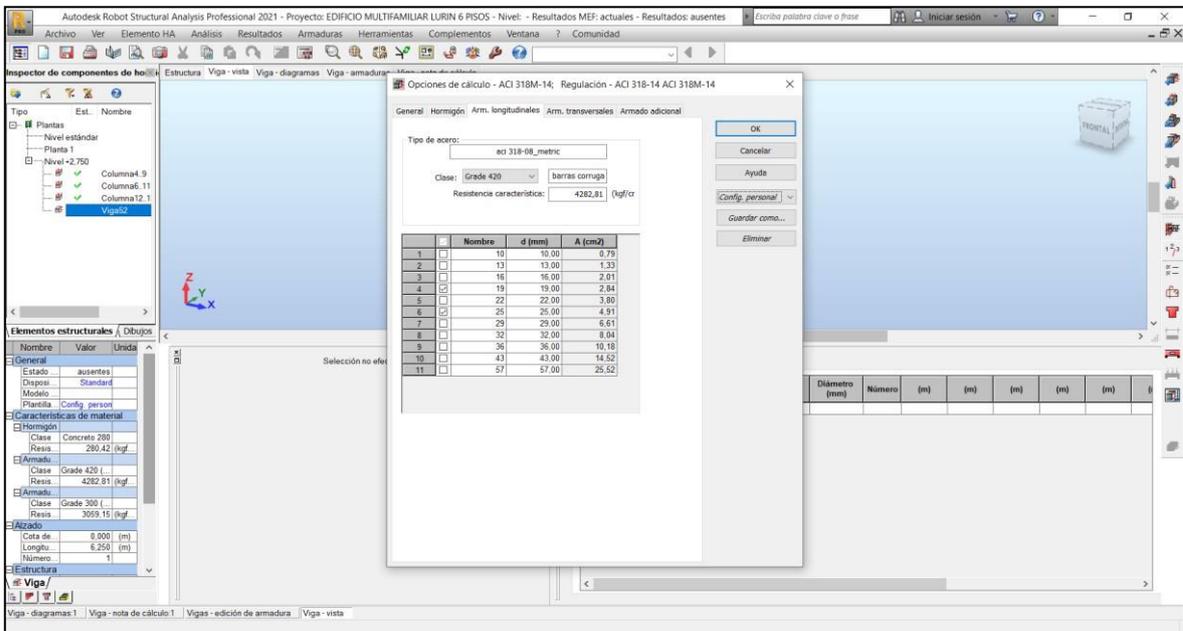
Fuente: elaboración propia

Figura 25. Viga – opciones de cálculo



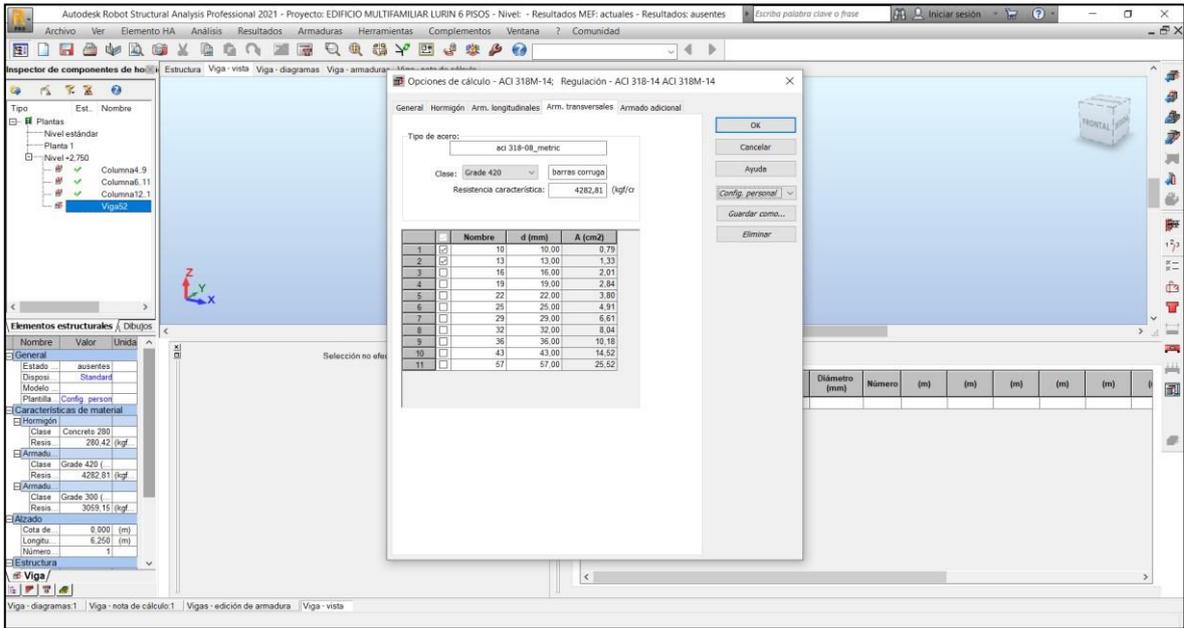
Fuente: elaboración propia

Figura 26. Viga – armado longitudinal



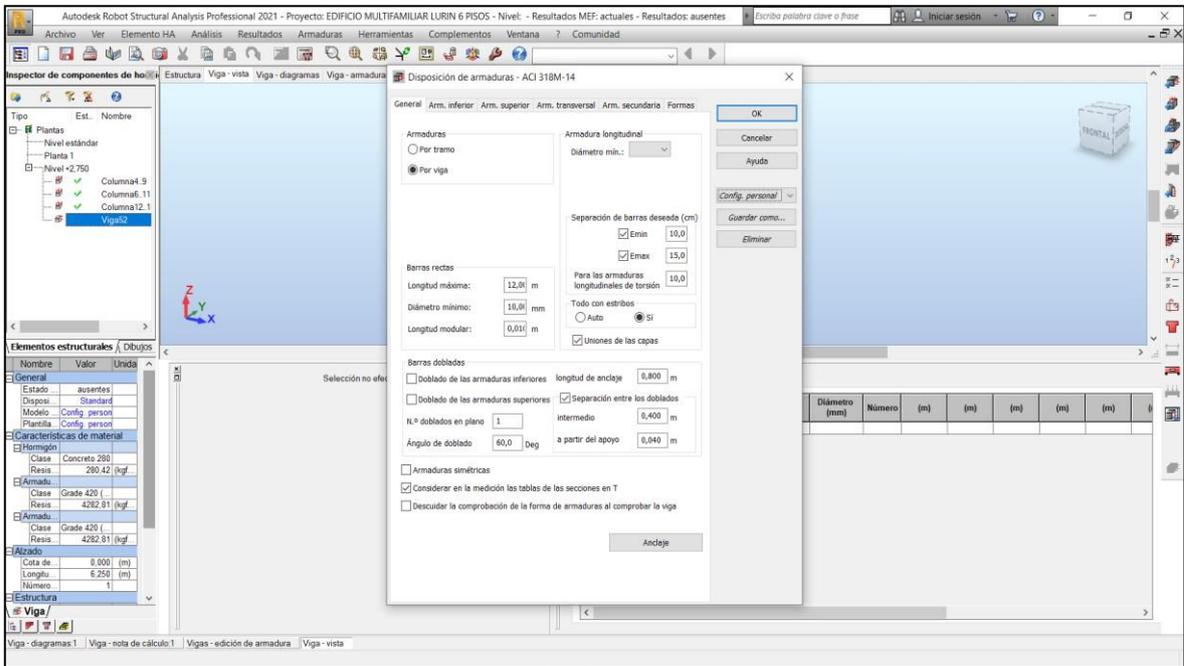
Fuente: elaboración propia

Figura 27. Viga – armado transversal



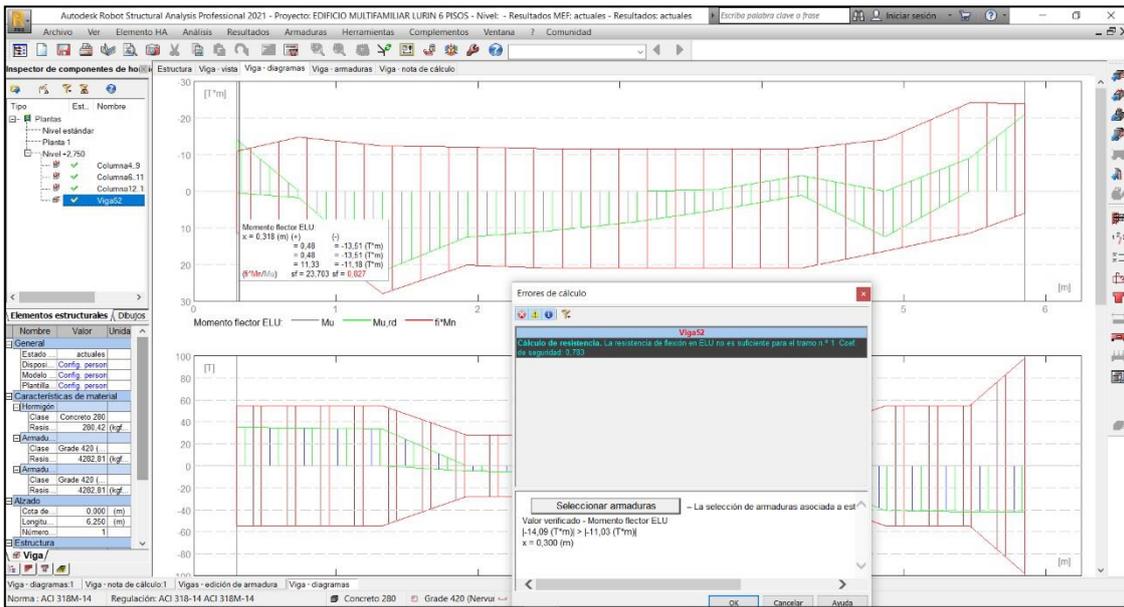
Fuente: elaboración propia

Figura 28. Viga – disposición de armaduras



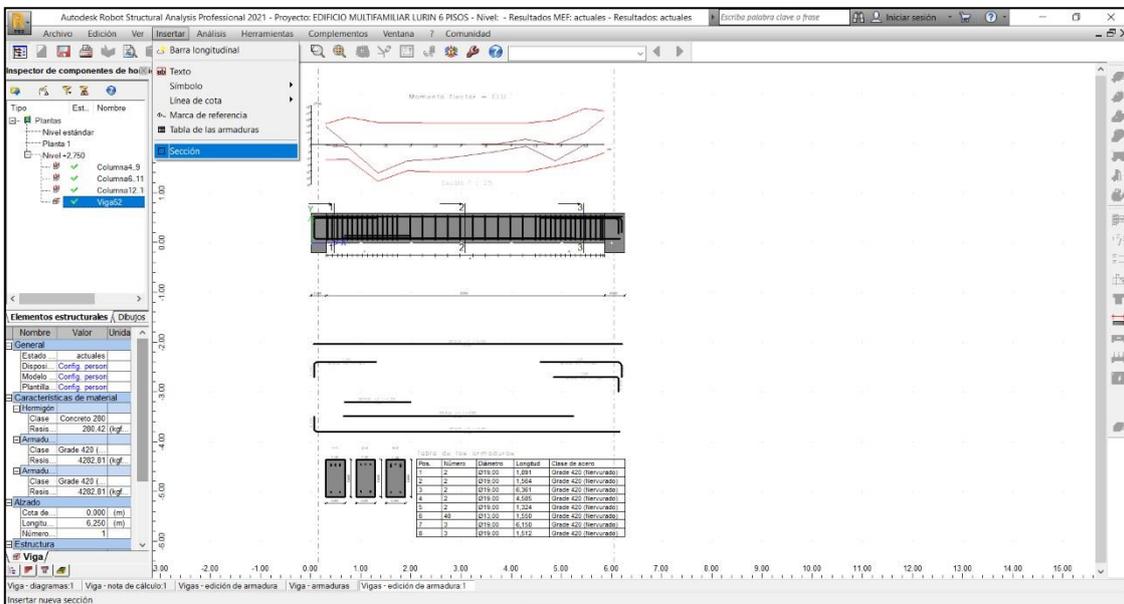
Fuente: elaboración propia

Figura 29. Viga – revisión de resultados



Fuente: elaboración propia

Figura 30. Viga – edición de armadura



Fuente: elaboración propia

1 Nivel:

- Nombre :
- Cota de nivel : 0,000 (m)
- Tipo de ambiente : F0
- Resistencia al fuego : 0 (h)

2 Viga: Viga1...1

OK

2.1 Característica de los materiales:

- Hormigón: : Concreto 280 $f_c = 280,00$ (kgf/cm²)
Densidad : 2400,00 (kG/m³)
- Armaduras longitudinales : Grade 420 $f_y = 4200,00$ (kgf/cm²)
- Armaduras transversales : Grade 420 $f_y = 4200,00$ (kgf/cm²)
- Armadura adicional: : Grade 420 $f_y = 4200,00$ (kgf/cm²)

2.2 Geometría:

Número de elementos idénticos: 1

2.2.1	Tramo	Posición	Ap. Izq. (m)	L (m)	Ap. Der. (m)
	P1	Tramo	0,250	7,175	0,500
	Longitud de cálculo:		$L_o = 7,550$ (m)		
	Sección	de 0,000 a 7,175 (m) 35,00 x 60,00 (cm) Sin losa izquierda Sin losa izquierda			
2.2.2	Tramo	Posición	Ap. Izq. (m)	L (m)	Ap. Der. (m)
	P2	Tramo	0,500	7,225	0,500
	Longitud de cálculo:		$L_o = 7,725$ (m)		
	Sección	de 0,000 a 7,225 (m) 35,00 x 60,00 (cm) Sin losa izquierda Sin losa izquierda			
2.2.3	Tramo	Posición	Ap. Izq. (m)	L (m)	Ap. Der. (m)
	P3	Tramo	0,500	5,050	0,500
	Longitud de cálculo:		$L_o = 5,550$ (m)		
	Sección	de 0,000 a 5,050 (m) 35,00 x 60,00 (cm) Sin losa izquierda Sin losa izquierda			
2.2.4	Tramo	Posición	Ap. Izq. (m)	L (m)	Ap. Der. (m)
	P4	Tramo	0,500	5,525	0,500
	Longitud de cálculo:		$L_o = 6,025$ (m)		
	Sección	de 0,000 a 5,525 (m) 35,00 x 60,00 (cm) Sin losa izquierda Sin losa izquierda			
2.2.5	Tramo	Posición	Ap. Izq. (m)	L (m)	Ap. Der. (m)
	P5	Tramo	0,500	7,175	0,250
	Longitud de cálculo:		$L_o = 7,550$ (m)		
	Sección	de 0,000 a 7,175 (m) 35,00 x 60,00 (cm) Sin losa izquierda Sin losa izquierda			

2.3 Vigas adyacentes:

Nombre	Forma	Tramo	X* (m)	Z* (m)	DX (m)	DZ (m)	
V-02 (Barra 22)		rect.	P1	4,075	0,000	0,300	0,600
V-02 (Barra 44)		rect.	P5	2,800	0,000	0,300	0,600
VCH-01 (Barra 48)		rect.	P2	4,000	0,350	0,400	0,250
VCH-01 (Barra 62)		rect.	P4	2,563	0,350	0,400	0,250
VCH-04 (Barra 70)		rect.	P1	3,750	0,400	0,250	0,200
VCH-04 (Barra 69)		rect.	P2	2,925	0,400	0,250	0,200
VCH-04 (Barra 25)		rect.	P5	3,175	0,400	0,250	0,200
VCH-01 (Barra 98)		rect.	P3	2,575	0,350	0,400	0,250

* - coordenadas del ángulo izquierdo inferior de la viga adyacente

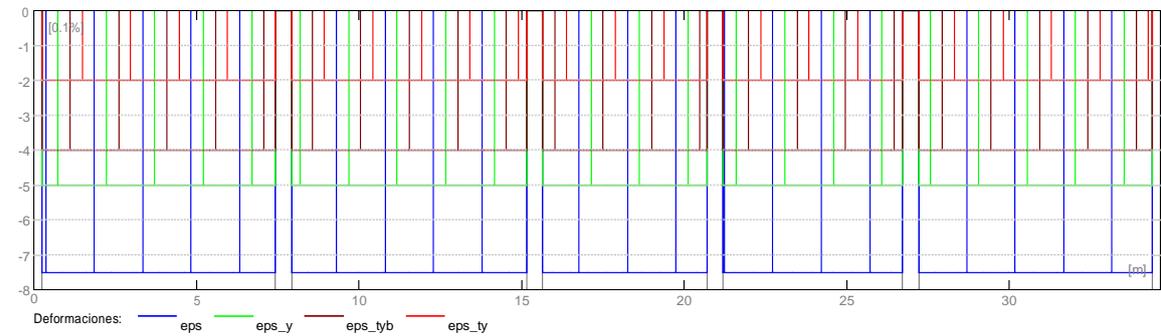
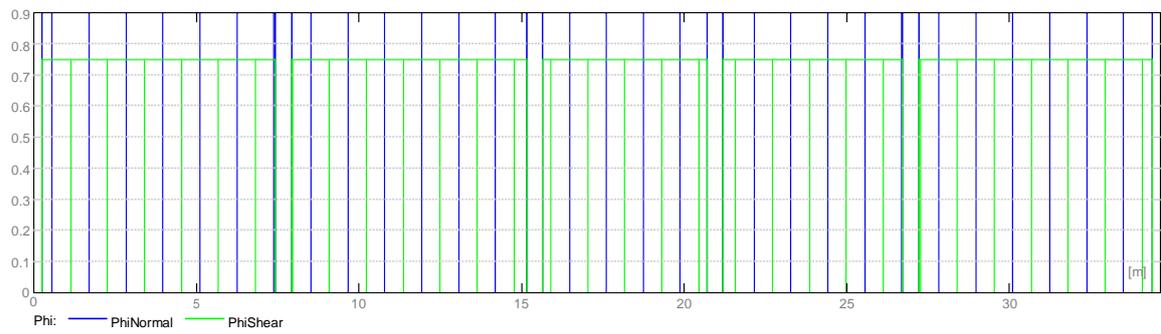
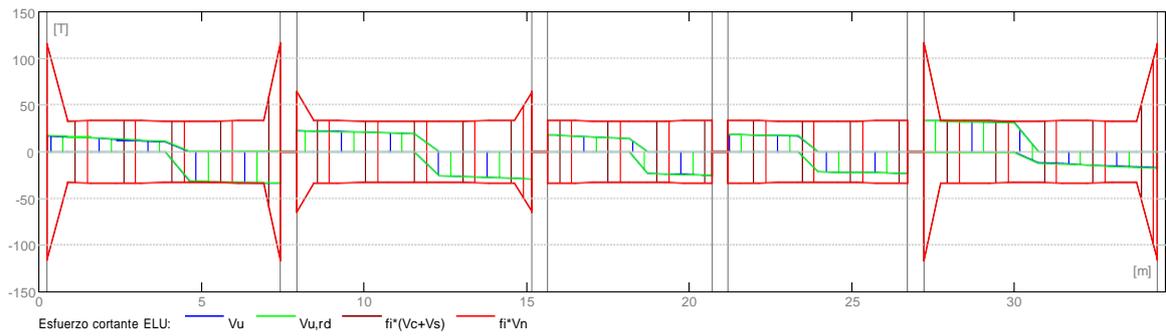
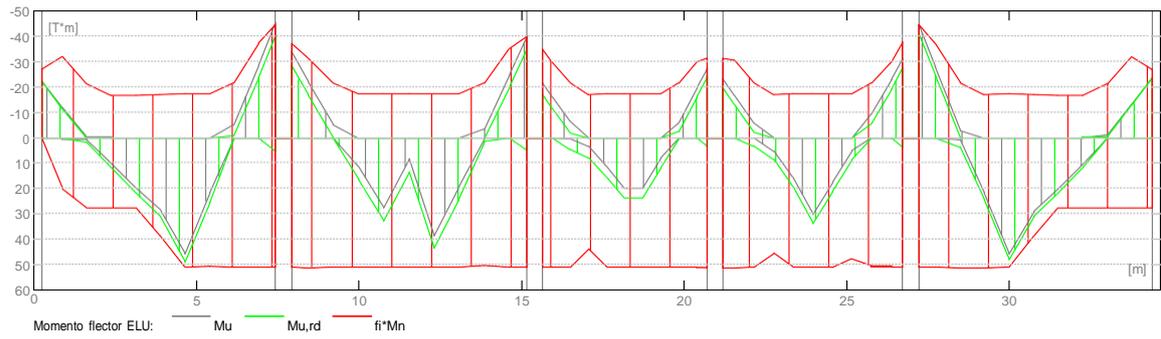
2.4 Opciones de cálculo:

- Regulación de la combinación : ACI 318-14 ACI 318M-14
- Cálculos según la norma : ACI 318M-14
- Tomando en cuenta la fuerza axial : no
- Considerar la torsión : no
- Considerando la reducción del esfuerzo cortante en la zona de apoyo : no
- Categoría de dimensionamiento sísmico : SDC A
- Recubrimiento de la armadura : Armaduras inferiores c = 5,00 (cm)
: lateral c1 = 5,00 (cm)
: superficial c2 = 5,00 (cm)
- Redistribuir los momentos del apoyo de 10.0%

2.5 Resultados de los cálculos:

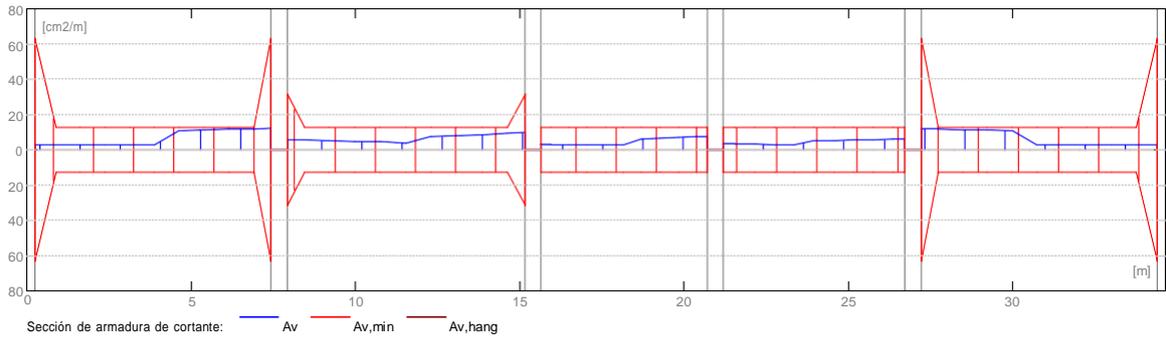
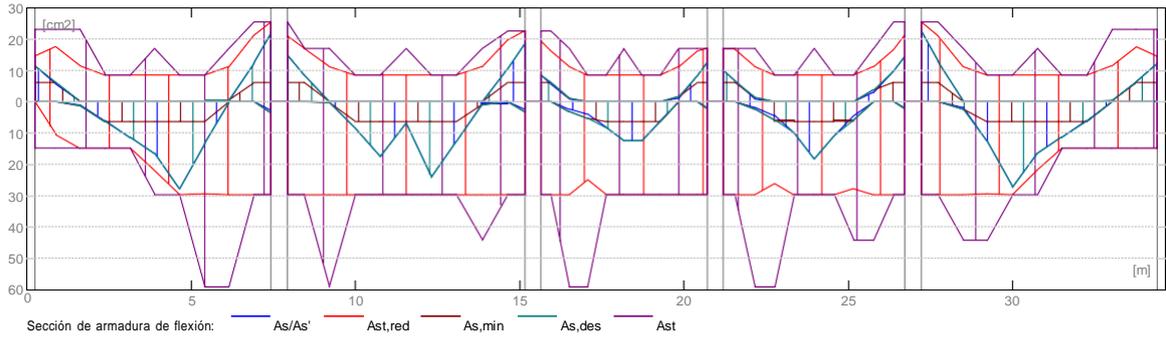
2.5.1 Solicitaciones ELU

Tramo	Mu,máx. (T*m)	Mu,min. (T*m)	Mu,iz (T*m)	Mu,d (T*m)	Vu,iz (T)	Vu,d (T)
P1	49,03	-0,00	-22,14	-40,39	16,70	-33,92
P2	43,52	-0,00	-28,35	-35,16	22,56	-29,05
P3	23,90	-0,00	-16,95	-24,01	18,37	-25,22
P4	33,67	-0,00	-19,74	-27,52	18,71	-23,06
P5	48,02	-0,00	-40,99	-23,63	33,58	-17,01



2.5.2 Sección Teórica de Acero

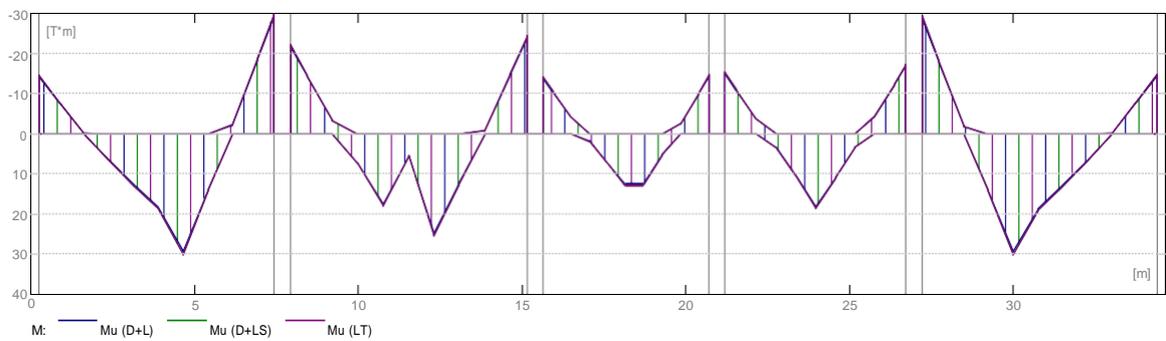
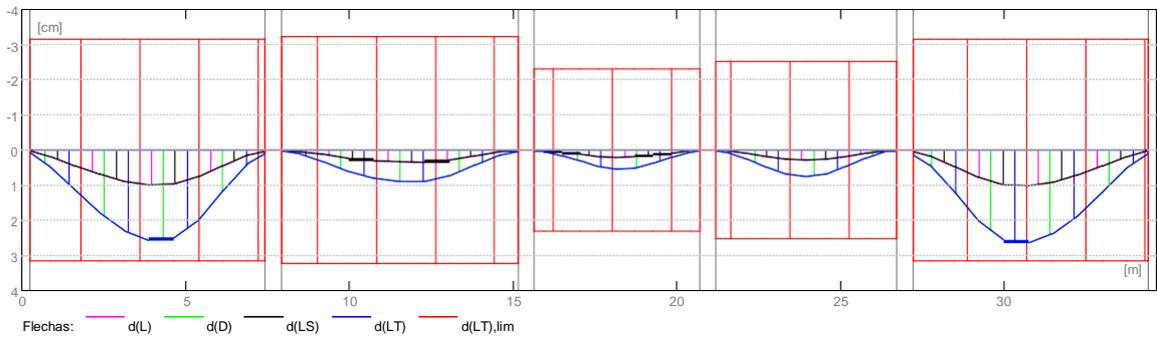
Tramo	Tramo (cm ²)		Apoyo izquierdo (cm ²)		Apoyo derecho (cm ²)	
	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.
P1	27,73	0,00	0,00	11,47	2,57	22,05
P2	24,12	0,00	0,00	14,96	2,34	18,92
P3	12,45	0,00	0,00	8,66	1,70	12,52
P4	18,06	0,00	0,00	10,16	1,82	14,49
P5	27,05	0,00	0,00	22,52	0,03	12,30



2.5.3 Flechas

- $d_s(D+LS)$ - Flecha instantánea debida a cargas de larga duración
- $d_l(D+LS)$ - Flecha diferida debida a cargas de larga duración
- $d_s(D+L)$ - Flecha instantánea debida a carga total
- $d(LT)$ - flecha inicial total de larga duración
- $d(LT),lim$ - flecha admisible

Tramo	$d_s(D+LS)$ (cm)	$d_l(D+LS)$ (cm)	$d_s(D+L)$ (cm)	$d(LT)$ (cm)	$d(LT),lim$ (cm)
P1	0,987	2,565	0,987	2,565	3,146
P2	0,346	0,899	0,346	0,899	3,219
P3	0,208	0,539	0,208	0,539	2,313
P4	0,293	0,762	0,293	0,762	2,510
P5	1,017	2,644	1,017	2,644	3,146



2.6 Resultados teóricos - detalles:

2.6.1 P1 : Tramo de 0,250 a 7,425 (m)

Abscisa (m)	ELU		ELS		As (cm2)	As' (cm2)
	Mu,máx. (T*m)	Mu,mín. (T*m)	Mu,máx. (T*m)	Mu,mín. (T*m)		
0,250	0,00	-22,14	0,00	-14,48	0,00	11,47
0,880	0,00	-11,22	0,00	-7,73	0,00	5,65
1,635	1,91	-0,00	0,00	-0,20	0,94	0,00
2,390	11,92	-0,00	6,69	0,00	6,01	0,00
3,145	21,90	-0,00	12,93	0,00	11,34	0,00
3,900	30,91	-0,00	18,57	0,00	16,44	0,00
4,655	49,03	-0,00	30,08	0,00	27,73	0,00
5,410	25,24	-0,00	14,12	0,00	13,20	0,00
6,165	0,00	-0,77	0,00	-2,12	0,00	0,38
6,920	0,00	-23,89	0,00	-18,64	0,00	12,44
7,425	5,22	-40,39	0,00	-29,89	2,57	22,05

Abscisa (m)	ELU		ELS	
	Vu,máx. (T)	Vu,máx. (T)	Vu,máx. (T)	Vu,máx. (T)
0,250	16,70	10,86		
0,880	15,98	10,39		
1,635	14,61	9,55		
2,390	13,21	8,69		
3,145	11,80	7,84		
3,900	10,74	7,17		
4,655	-31,97	-20,94		
5,410	-32,50	-21,32		
6,165	-33,03	-21,70		
6,920	-33,57	-22,08		
7,425	-33,92	-22,33		

2.6.2 P2 : Tramo de 7,925 a 15,150 (m)

Abscisa (m)	ELU		ELS		As (cm2)	As' (cm2)
	Mu,máx. (T*m)	Mu,mín. (T*m)	Mu,máx. (T*m)	Mu,mín. (T*m)		
7,925	0,00	-28,35	0,00	-22,16	0,00	14,96
8,448	0,00	-16,66	0,00	-14,42	0,00	8,51
9,220	0,20	-0,00	0,00	-3,29	0,10	0,00
9,993	16,65	-0,00	7,54	0,00	8,50	0,00
10,765	32,67	-0,00	18,07	0,00	17,47	0,00
11,538	13,35	-0,00	5,44	0,00	6,76	0,00
12,310	43,52	-0,00	25,29	0,00	24,12	0,00
13,083	24,07	-0,00	12,54	0,00	12,55	0,00
13,855	1,51	-0,00	0,00	-0,79	0,74	0,00
14,628	0,00	-20,04	0,00	-14,70	0,00	10,32
15,150	4,73	-35,16	0,00	-24,51	2,34	18,92

Abscisa (m)	ELU		ELS	
	Vu,máx. (T)	Vu,máx. (T)	Vu,máx. (T)	Vu,máx. (T)
7,925	22,56	14,87		
8,448	22,19	14,61		
9,220	21,65	14,22		
9,993	21,10	13,83		
10,765	20,56	13,44		
11,538	19,50	12,77		
12,310	-25,18	-16,13		
13,083	-26,23	-16,88		
13,855	-27,28	-17,63		
14,628	-28,33	-18,39		
15,150	-29,05	-18,90		

2.6.3 P3 : Tramo de 15,650 a 20,700 (m)

Abscisa (m)	ELU		ELS		As (cm2)	As' (cm2)
	Mu,máx. (T*m)	Mu,mín. (T*m)	Mu,máx. (T*m)	Mu,mín. (T*m)		

15,650	0,00	-16,95	0,00	-14,11	0,00	8,66
15,955	0,00	-11,43	0,00	-10,48	0,00	5,76
16,510	4,79	-1,88	0,00	-4,16	2,33	0,91
17,065	7,75	-0,00	1,86	0,00	3,87	0,00
17,620	15,78	-0,00	7,57	0,00	8,04	0,00
18,175	23,88	-0,00	12,99	0,00	12,44	0,00
18,730	23,90	-0,00	12,52	0,00	12,45	0,00
19,285	11,76	-0,00	5,21	0,00	5,93	0,00
19,840	0,00	-2,48	0,00	-2,39	0,00	1,22
20,395	0,00	-16,25	0,00	-10,27	0,00	8,29
20,700	3,43	-24,01	0,00	-14,74	1,70	12,52

Abscisa (m)	ELU	ELS
	Vu,máx. (T)	Vu,máx. (T)
15,650	18,37	11,95
15,955	17,89	11,65
16,510	17,02	11,11
17,065	16,15	10,57
17,620	15,28	10,03
18,175	14,41	9,49
18,730	-22,77	-12,90
19,285	-23,53	-13,44
19,840	-24,24	-13,95
20,395	-24,89	-14,43
20,700	-25,22	-14,67

2.6.4 P4 : Tramo de 21,200 a 26,725 (m)

Abscisa (m)	ELU		ELS		As (cm2)	As' (cm2)
	Mu,máx. (T*m)	Mu,mín. (T*m)	Mu,máx. (T*m)	Mu,mín. (T*m)		
21,200	0,00	-19,74	0,00	-15,31	0,00	10,16
21,553	0,00	-13,14	0,00	-10,94	0,00	6,64
22,155	3,48	-2,11	0,00	-3,65	1,67	1,01
22,758	8,66	-0,00	3,46	0,00	4,33	0,00
23,360	19,17	-0,00	10,38	0,00	9,85	0,00
23,963	33,67	-0,00	18,55	0,00	18,06	0,00
24,565	20,74	-0,00	11,06	0,00	10,71	0,00
25,168	8,69	-0,00	3,39	0,00	4,34	0,00
25,770	0,00	-5,80	0,00	-4,46	0,00	2,88
26,373	0,00	-19,42	0,00	-12,50	0,00	9,99
26,725	3,68	-27,52	0,00	-17,31	1,82	14,49

Abscisa (m)	ELU	ELS
	Vu,máx. (T)	Vu,máx. (T)
21,200	18,71	12,43
21,553	18,46	12,25
22,155	18,03	11,95
22,758	17,61	11,64
23,360	17,18	11,34
23,963	-21,32	-12,28
24,565	-21,70	-12,58
25,168	-22,08	-12,88
25,770	-22,46	-13,19
26,373	-22,84	-13,49
26,725	-23,06	-13,67

2.6.5 P5 : Tramo de 27,225 a 34,400 (m)

Abscisa (m)	ELU		ELS		As (cm2)	As' (cm2)
	Mu,máx. (T*m)	Mu,mín. (T*m)	Mu,máx. (T*m)	Mu,mín. (T*m)		
27,225	0,00	-40,99	0,00	-29,28	0,00	22,52
27,730	0,00	-24,32	0,00	-18,15	0,00	12,68
28,485	3,61	-0,00	0,00	-1,78	1,78	0,00
29,240	24,31	-0,00	14,29	0,00	12,68	0,00
29,995	48,02	-0,00	30,08	0,00	27,05	0,00

30,750	30,84	-0,00	19,02	0,00	16,40	0,00
31,505	21,69	-0,00	13,23	0,00	11,23	0,00
32,260	11,65	-0,00	6,85	0,00	5,87	0,00
33,015	0,00	-0,47	0,00	-0,19	0,00	0,23
33,770	0,00	-12,72	0,00	-7,87	0,00	6,42
34,400	0,06	-23,63	0,00	-14,73	0,03	12,30

Abscisa (m)	ELU	ELS
	Vu,máx. (T)	Vu,máx. (T)
27,225	33,58	22,12
27,730	33,23	21,86
28,485	32,69	21,48
29,240	32,16	21,10
29,995	31,63	20,72
30,750	-11,78	-7,36
31,505	-12,70	-8,03
32,260	-13,91	-8,89
33,015	-15,12	-9,75
33,770	-16,31	-10,59
34,400	-17,01	-11,05

2.7 Armadura:

2.7.1 P1 : Tramo de 0,250 a 7,425 (m)

Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 420)
 - 3 f25 l = 6,529 de 0,050 a 6,579
 - 3 f25 l = 3,244 de 3,335 a 6,579
- Armaduras de montaje (encima) (Grade 420)
 - 3 f19 l = 4,259 de 0,050 a 4,309
- tramo (Grade 420)
 - 3 f25 l = 2,227 de 0,050 a 1,940
 - 3 f19 l = 1,914 de 6,453 a 8,367

Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 420)
 - estribos 31 f10 l = 1,236
e = 1*0,038 + 1*0,050 + 28*0,250 + 1*0,050 (m)
 - 31 f10 l = 1,616
e = 1*0,038 + 1*0,050 + 28*0,250 + 1*0,050 (m)

2.7.2 P2 : Tramo de 7,925 a 15,150 (m)

Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 420)
 - 6 f25 l = 4,558 de 5,401 a 9,959
 - 3 f25 l = 8,468 de 8,781 a 17,249
 - 3 f25 l = 5,513 de 8,781 a 14,294
 - 3 f25 l = 4,133 de 13,116 a 17,249
- Armaduras de montaje (encima) (Grade 420)
 - 3 f19 l = 8,642 de 3,366 a 12,009
 - 3 f19 l = 7,580 de 11,066 a 18,646
- tramo (Grade 420)
 - 3 f19 l = 3,665 de 5,860 a 9,525
 - 3 f19 l = 3,265 de 13,550 a 16,815
 - 2 f19 l = 1,865 de 14,196 a 16,060

Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 420)
 - estribos 31 f10 l = 1,236
e = 1*0,013 + 1*0,100 + 28*0,250 + 1*0,100 (m)
 - 31 f10 l = 1,616
e = 1*0,013 + 1*0,100 + 28*0,250 + 1*0,100 (m)

2.7.3 P3 : Tramo de 15,650 a 20,700 (m)

Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 420)

6 f25 l = 6,823 de 16,071 a 22,894

Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 420)
 - estribos 21 f10 l = 1,236
e = 1*0,025 + 20*0,250 (m)
 - 21 f10 l = 1,616
e = 1*0,025 + 20*0,250 (m)

2.7.4 P4 : Tramo de 21,200 a 26,725 (m)

Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 420)
 - 3 f25 l = 7,533 de 21,716 a 29,249
 - 3 f25 l = 4,493 de 21,716 a 26,209
- Armaduras de montaje (encima) (Grade 420)
 - 3 f19 l = 6,730 de 17,704 a 24,434
- tramo (Grade 420)
 - 3 f19 l = 2,925 de 19,535 a 22,460

Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 420)
 - estribos 23 f10 l = 1,236
e = 1*0,013 + 22*0,250 (m)
 - 23 f10 l = 1,616
e = 1*0,013 + 22*0,250 (m)

2.7.5 P5 : Tramo de 27,225 a 34,400 (m)

Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 420)
 - 3 f25 l = 6,866 de 28,071 a 34,600
 - 3 f25 l = 6,274 de 25,031 a 31,305
- Armaduras de montaje (encima) (Grade 420)
 - 3 f19 l = 7,792 de 23,491 a 31,284
 - 3 f19 l = 4,259 de 30,341 a 34,600
- tramo (Grade 420)
 - 3 f19 l = 3,325 de 25,465 a 28,790
 - 3 f19 l = 1,934 de 26,239 a 28,174
 - 3 f25 l = 2,227 de 32,710 a 34,600

Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 420)
 - estribos 31 f10 l = 1,236
e = 1*0,038 + 1*0,050 + 28*0,250 + 1*0,050 (m)
 - 31 f10 l = 1,616
e = 1*0,038 + 1*0,050 + 28*0,250 + 1*0,050 (m)

3 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 7,277 (m3)
- Superficie de encofrado = 53,253 (m2)
- Acero Grade 420
 - Peso total = 1553,39 (kG)
 - Densidad = 213,48 (kG/m3)
 - Diámetro medio = 16,42 (mm)
 - Lista según diámetros:

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Peso (kG)	Número (piezas)	Peso total (kG)
10	1,236	0,76	137	104,40
10	1,616	1,00	137	136,51
19	1,865	4,15	2	8,30
19	1,914	4,26	3	12,78

19	1,934	4,31	3	12,92
19	2,925	6,51	3	19,53
19	3,265	7,27	3	21,81
19	3,325	7,40	3	22,21
19	3,665	8,16	3	24,48
19	4,259	9,48	6	56,89
19	6,730	14,98	3	44,95
19	7,580	16,88	3	50,63
19	7,792	17,35	3	52,05
19	8,642	19,24	3	57,72
25	2,227	8,59	6	51,51
25	3,244	12,50	3	37,51
25	4,133	15,93	3	47,79
25	4,493	17,32	3	51,95
25	4,558	17,57	6	105,41
25	5,513	21,25	3	63,75
25	6,274	24,18	3	72,55
25	6,529	25,17	3	75,50
25	6,823	26,30	6	157,80
25	6,866	26,47	3	79,40
25	7,533	29,04	3	87,11
25	8,468	32,64	3	97,92

1 Nivel:

- Nombre :
- Cota de nivel : 0,000 (m)
- Tipo de ambiente : F0
- Resistencia al fuego : 0 (h)

2 Viga: Viga2

OK

2.1 Característica de los materiales:

- Hormigón: : Concreto 280 $f_c = 280,00$ (kgf/cm²)
- Densidad : 2400,00 (kG/m³)
- Armaduras longitudinales : Grade 420 $f_y = 4200,00$ (kgf/cm²)
- Armaduras transversales : Grade 420 $f_y = 4200,00$ (kgf/cm²)
- Armadura adicional: : Grade 420 $f_y = 4200,00$ (kgf/cm²)

2.2 Geometría:

Número de elementos idénticos: 1

2.2.1	Tramo	Posición	Ap. Izq. (m)	L (m)	Ap. Der. (m)
	P1	Tramo	0,400	6,325	0,250
	Longitud de cálculo:		$L_0 = 6,650$ (m)		
	Sección		de 0,000 a 6,325 (m)		
			35,00 x 60,00 (cm)		
			Sin losa izquierda		
			Sin losa izquierda		

2.3 Vigas adyacentes:

Nombre	Forma	Tramo	X* (m)	Z* (m)	DX (m)	DZ (m)	
V-02 (Barra 22)	rect.	P1	1,625	0,000	0,300	0,600	

* - coordenadas del ángulo izquierdo inferior de la viga adyacente

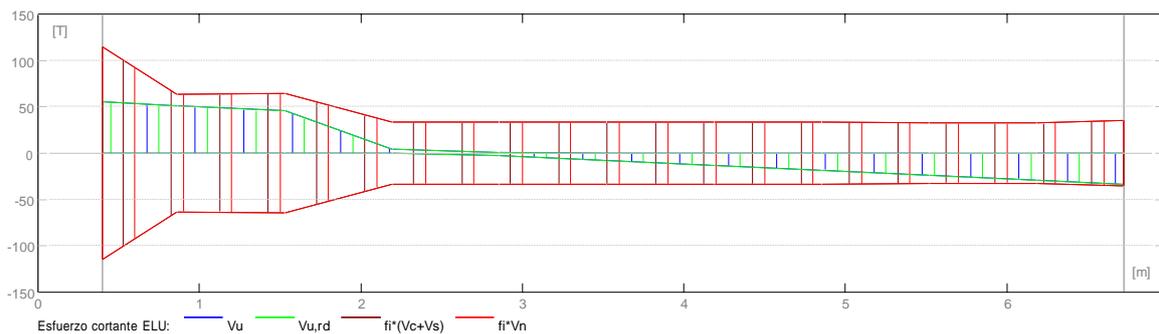
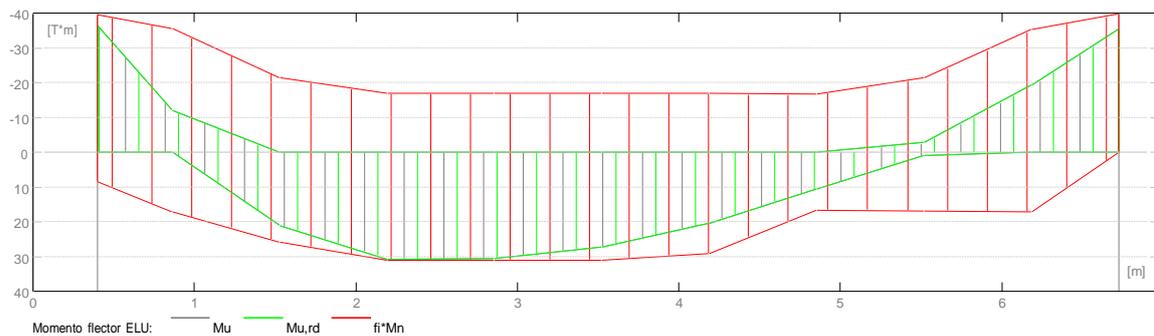
2.4 Opciones de cálculo:

- Regulación de la combinación : ACI 318-14 ACI 318M-14
- Cálculos según la norma : ACI 318M-14
- Tomando en cuenta la fuerza axial : no
- Considerar la torsión : no
- Considerando la reducción del esfuerzo cortante en la zona de apoyo : no
- Categoría de dimensionamiento sísmico : SDC A
- Recubrimiento de la armadura : Armaduras inferiores c = 5,00 (cm)
: lateral c1 = 5,00 (cm)
: superficial c2 = 5,00 (cm)
- Redistribuir los momentos del apoyo de 10.0%

2.5 Resultados de los cálculos:

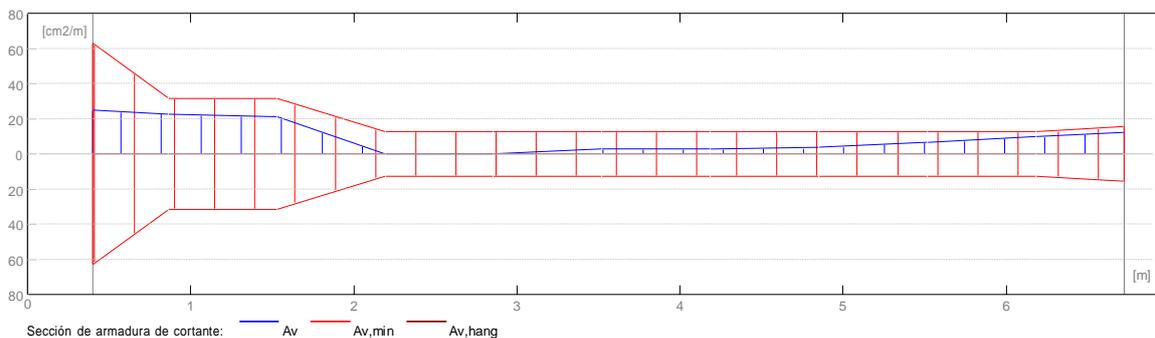
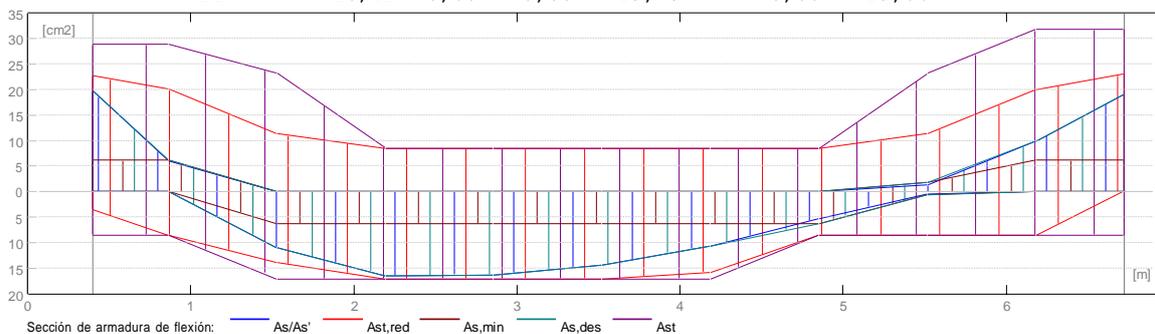
2.5.1 Solicitaciones ELU

Tramo	Mu,máx. (T*m)	Mu,min. (T*m)	Mu,iz (T*m)	Mu,d (T*m)	Vu,iz (T)	Vu,d (T)
P1	30,87	-0,00	-36,56	-35,35	55,31	-33,66



2.5.2 Sección Teórica de Acero

Tramo	Tramo (cm ²)		Apoyo izquierdo (cm ²)		Apoyo derecho (cm ²)	
	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.
P1	16,41	0,00	0,00	19,79	0,00	19,06



2.5.3 Flechas

- d_s(D+LS) - Flecha instantánea debida a cargas de larga duración
- d_l(D+LS) - Flecha diferida debida a cargas de larga duración
- d_s(D+L) - Flecha instantánea debida a carga total
- d(LT) - flecha inicial total de larga duración
- d(LT),lim - flecha admisible

Tramo	d _s (D+LS)	d _l (D+LS)	d _s (D+L)	d(LT)	d(LT),lim

	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
P1	1,017	2,646	1,017	2,646	2,771

2.6 Resultados teóricos - detalles:

2.6.1 P1 : Tramo de 0,400 a 6,725 (m)

Abscisa (m)	ELU		ELS		As (cm ²)	As' (cm ²)
	Mu,máx. (T*m)	Mu,min. (T*m)	Mu,máx. (T*m)	Mu,min. (T*m)		
0,400	0,00	-36,56	0,00	-23,95	0,00	19,79
0,865	0,00	-12,03	0,00	-7,32	0,00	6,07
1,530	21,17	-0,00	13,97	0,00	10,94	0,00
2,195	30,87	-0,00	20,35	0,00	16,41	0,00
2,860	30,69	-0,00	20,25	0,00	16,31	0,00
3,525	27,24	-0,00	17,99	0,00	14,33	0,00
4,190	20,52	-0,00	13,56	0,00	10,59	0,00
4,855	10,53	-0,00	6,96	0,00	5,29	0,00
5,520	0,91	-2,73	0,00	-1,79	0,44	1,32
6,185	0,00	-19,26	0,00	-12,71	0,00	9,90
6,725	0,00	-35,35	0,00	-23,34	0,00	19,06

Abscisa (m)	ELU		ELS	
	Vu,máx. (T)	Vu,máx. (T)	Vu,máx. (T)	Vu,máx. (T)
0,400	55,31	36,52		
0,865	51,34	33,89		
1,530	45,65	30,14		
2,195	4,43	1,58		
2,860	-2,93	-1,91		
3,525	-8,21	-5,41		
4,190	-13,50	-8,91		
4,855	-18,79	-12,40		
5,520	-24,08	-15,90		
6,185	-29,37	-19,40		
6,725	-33,66	-22,23		

2.7 Armadura:

2.7.1 P1 : Tramo de 0,400 a 6,725 (m)

Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 420)

- 3 f19 l = 6,830 de 0,095 a 6,925
- 3 f19 l = 3,735 de 1,075 a 4,810
- Armaduras de montaje (encima) (Grade 420)
 - 3 f19 l = 6,875 de 0,050 a 6,925
- tramo (Grade 420)
 - 3 f25 l = 2,122 de 0,050 a 1,835
 - 3 f25 l = 2,047 de 5,215 a 6,925
 - 2 f19 l = 1,580 de 0,100 a 1,424
 - 3 f19 l = 1,387 de 5,745 a 6,875

Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 420)
 - estribos 36 f10 l = 1,236
e = 1*0,025 + 1*0,050 + 15*0,100 + 18*0,250 + 1*0,200 (m)
 - 36 f10 l = 1,616
e = 1*0,025 + 1*0,050 + 15*0,100 + 18*0,250 + 1*0,200 (m)

3 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 1,465 (m3)
- Superficie de encofrado = 11,004 (m2)
- Acero Grade 420
 - Peso total = 244,30 (kg)
 - Densidad = 166,79 (kg/m3)
 - Diámetro medio = 14,14 (mm)
 - Lista según diámetros:

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Peso (kg)	Número (piezas)	Peso total (kg)
10	1,236	0,76	36	27,43
10	1,616	1,00	36	35,87
19	1,387	3,09	3	9,26
19	1,580	3,52	2	7,04
19	3,735	8,31	3	24,94
19	6,830	15,21	3	45,62
19	6,875	15,31	3	45,92
25	2,047	7,89	3	23,67
25	2,122	8,18	3	24,54

Tabla 20. Diseño de vigas

Elemento	Detalle	Dimensiones
Viga	V-101, V-102, V-104, V-106, V-110	0.35 x 0.60
Viga	V-103, V-108, V-109, V-111, V-112, V-113, V-114, V-118, V-119, V-120, V-121	0.30 x 0.60
Viga	V-117, V-122	0.25 x 0.60

Fuente: elaboración propia

Diseño de muros:

1 Nivel:

- Nombre : Nivel +2,750
- Cota de nivel : 0,000 (m)
- Resistencia al fuego : 0 (h)
- Tipo de ambiente : no agresivo

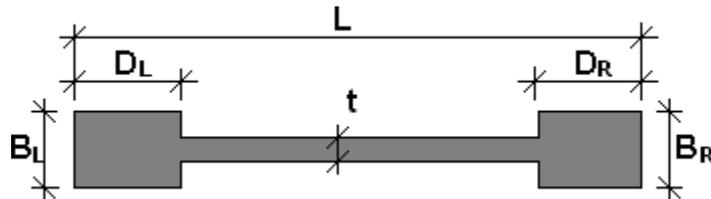
2 Muro: Muro1

OK

2.1 Característica de los materiales:

- Hormigón : $f_c' = 280,42$ (kgf/cm²) Densidad = 2400,00 (kg/m³)
- Armaduras longitudinales : tipo Grade 420 $f_e = 4200,00$ (kgf/cm²)
- Armaduras transversales : tipo Grade 420 $f_e = 4200,00$ (kgf/cm²)

2.2 Geometría:



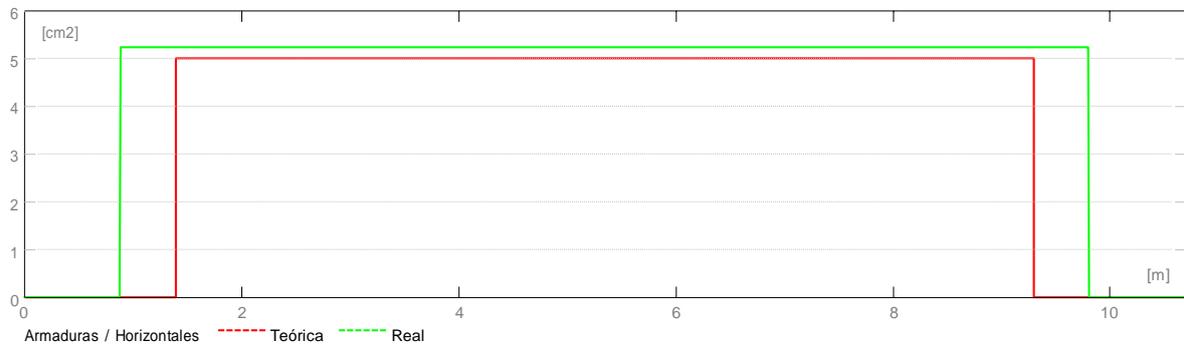
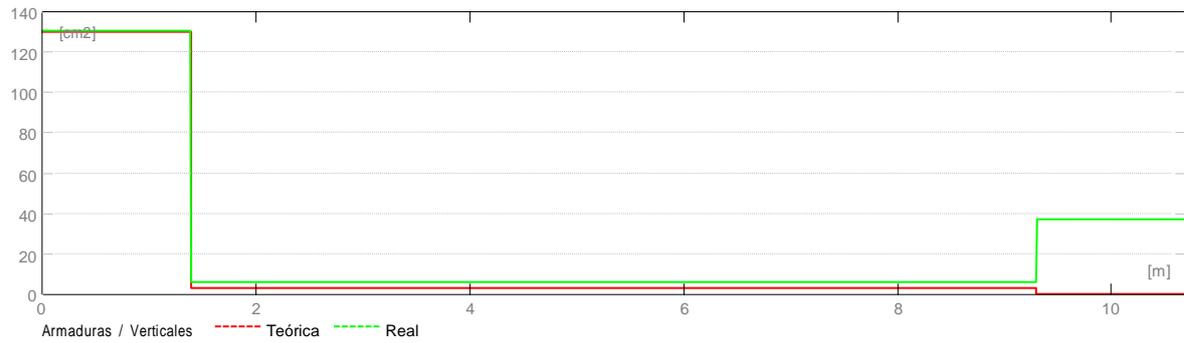
Altura:	2,750 (m)
Longitud:	10,700 (m)
Espesor:	25,00 (cm)
Elementos de borde:	
BL:	25,00 (cm)
DL:	140,00 (cm)
BR:	25,00 (cm)
DR:	140,00 (cm)

2.3 Opciones de cálculo:

Cálculos según la norma: ACI 318M-14
Recubrimiento de la armadura: 2,00 (cm)

2.4 Resultados de los cálculos:

2.4.1 Diagramas



2.4.2 Resultados teóricos - detalles:

2.4.2.1 Combinaciones

2.4.2.1.1 Solicitaciones ELU

ELU.1 - COMB1/ 1.25 PESO PROPIO +1.25 PISO +1.25 USO +1.25 ESCALERA +1.25 ASCENSOR +1 SISMO X
 ELU.2 - COMB3/ 1.25 PESO PROPIO +1.25 PISO +1.25 USO +1.25 ESCALERA +1.25 ASCENSOR +1 SISMO Y
 ELU.3 - COMB5/ 0.9 PESO PROPIO +0.9 PISO +1 SISMO X
 ELU.4 - 1.4 PESO PROPIO +1.4 PISO +1.7 USO +1.7 ESCALERA +1.7 ASCENSOR
 ELU.5 - 0.9 PESO PROPIO +0.9 PISO +1 SISMO Y

2.4.2.2 Cizallamiento

Combinación dimensionante:: ELU.5

$$V_u = -527,46 \text{ (T)}$$

$$M_u = 6890,47 \text{ (T*m)}$$

$$N_u = 542,03 \text{ (T)}$$

$$A_{cv} = 2,675 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$V_{c1} = 417,38 \text{ (T)} \quad (11.5.4.6)(d)$$

$$M_u/V_u - l_w/2 < 0 \quad (11.5.4.6)(e)$$

$$V_c = V_{c1}$$

$$V_c = 417,38 \text{ (T)}$$

$$\phi = 0,750$$

$$V_u > \phi V_c$$

$$527,46 \text{ (T)} > 313,04 \text{ (T)}$$

$$\Rightarrow \text{La armadura de cortante es necesaria} \quad (11.5.4.8)$$

Armadura horizontal de cortante

$$\rho_t \text{ min} = 0.0025 \quad (11.6.2)$$

$$\rho t = \max(\rho t, \rho t \min) = 0.002 \quad (11.5.4.8)$$

Armadura vertical de cortante
 $\rho l = 0.0012 \quad (11.6.2)$

2.4.2.3 Compresión/flexión

Borde izquierdo:
 Combinación dimensionante:: ELU.5
 $M_u = 6890,47 \text{ (T*m)}$
 $N_u = 542,03 \text{ (T)}$

$$A_{sL} = 129,81 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Borde derecho:
 Combinación dimensionante:: ELU.1
 $M_u = -822,86 \text{ (T*m)}$
 $N_u = 758,52 \text{ (T)}$

$$A_{sR} = 0,10 \text{ (cm}^2\text{)}$$

2.5 Armadura:

2.5.1 Armaduras distribuidas

Tipo	Número	Acero	Diámetro	A (m)	B (m)	C (m)	Separación (m)
Armadura vertical	36	Grade 420	13,00	2,710	0,000	0,000	0,440
Armadura horizontal	20	Grade 420	10,00	8,892	0,000	0,000	0,300

2.5.2 Armadura de borde

Borde izquierdo:

Tipo	Número	Acero	Diámetro	A (m)	B (m)	C (m)	Separación (m)
rectas	46	Grade 420	19,00	2,710	0,000	0,000	-
Horquillas	209	Grade 420	10,00	0,000	0,198	0,000	0,250
Horquillas	22	Grade 420	10,00	0,000	1,348	0,000	0,250
Armadura horizontal	11	Grade 420	10,00	0,000	0,198	1,348	0,250

Borde derecho:

Tipo	Número	Acero	Diámetro	A (m)	B (m)	C (m)	Separación (m)
rectas	28	Grade 420	13,00	2,710	0,000	0,000	-
Horquillas	154	Grade 420	10,00	0,000	0,198	0,000	0,208
Horquillas	14	Grade 420	10,00	0,000	1,348	0,000	0,208
Armadura horizontal	14	Grade 420	10,00	0,000	0,198	1,348	0,208

3 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 7,356 (m3)
- Superficie de encofrado = 60,225 (m2)

- Acero Grade 420
- Peso total = 730,64 (kG)
- **Lista según diámetros:**

Diámetro	Longitud (m)	Peso (kG)	Número (piezas)	Peso total (kG)
----------	-----------------	--------------	--------------------	--------------------

10	0,356	0,22	363	79,74
10	1,506	0,93	36	33,44
10	3,208	1,98	25	49,46
10	8,892	5,48	20	109,68
13	2,710	2,82	64	180,78
19	2,710	6,03	46	277,55

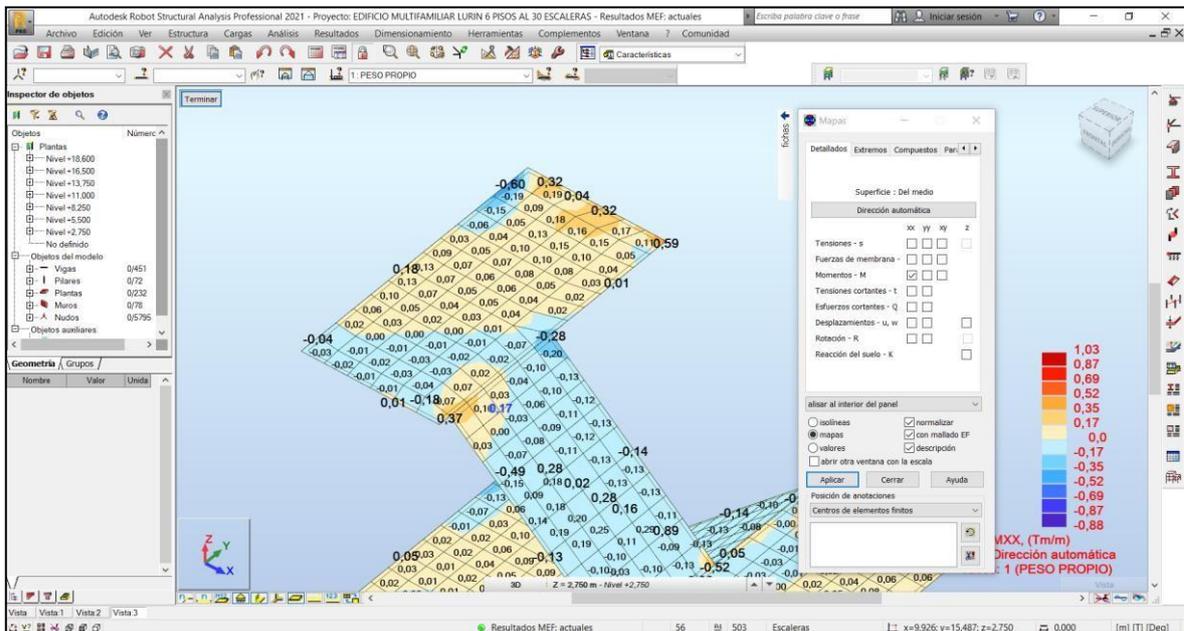
Tabla 21. Diseño de muros estructurales

Elemento	Detalle	Dimensiones
Muro	PL-01, PL-02	0.25 x 10.70
Muro	PL-03, PL-04	0.30 x 2.35
Muro	PL-05, PL-08	0.40 x 2.20
Muro	PL-06	0.30 x 2.20
Muro	PL-07	0.30 x 1.90
Muro	PL-09.1	0.30 x 10.40
Muro	PL-09.2	0.25 x 2.05
Muro	PL-09.3	0.20 x 2.70
Muro	PL-09.4	0.25 x 2.57

Fuente: elaboración propia

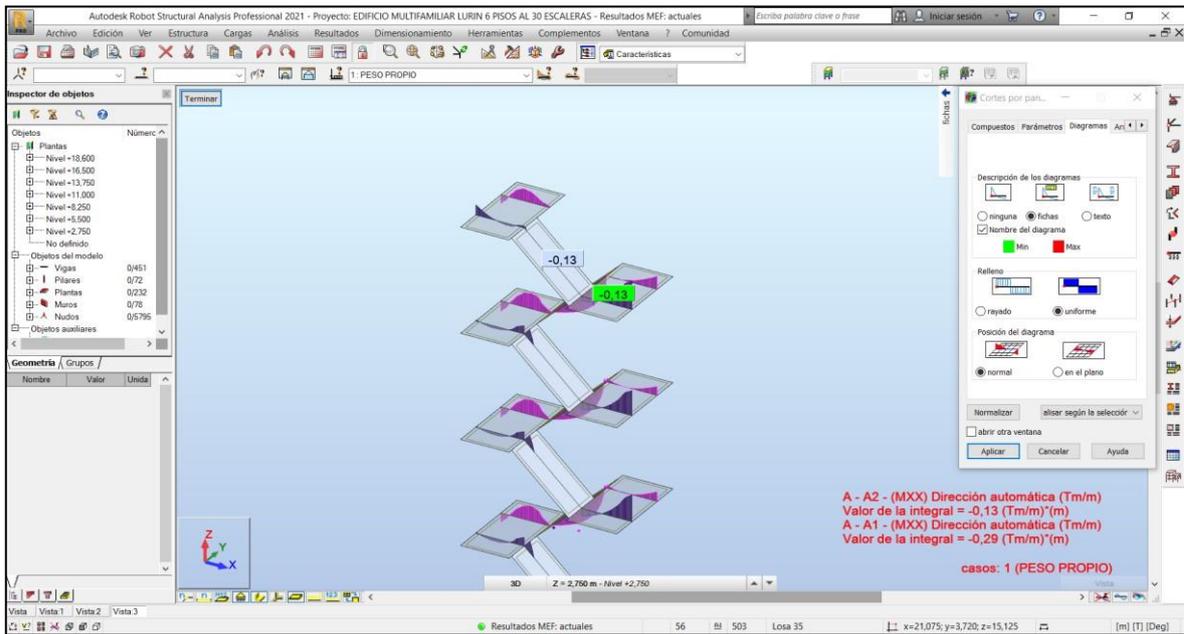
Diseño de escalera

Figura 31. Escalera – mapa de esfuerzos



Fuente: elaboración propia

Figura 32. Escalera – corte por paneles



Fuente: elaboración propia

1. Losa: Pletina1 - panel n.º 1

1.1. Armadura:

- Tipo : Escaleras
- Dirección armaduras principales : 0°
- Clase de armaduras principales : Grade 420;
- resistencia característica = 4200,00 kgf/cm²
- Diámetro de las barras inferiores d1 = 1,00 (cm) d2 = 1,00 (cm)
superiores d1 = 1,00 (cm) d2 = 1,00 (cm)
- Recubrimiento de la armadura inferior c1 = 2,00 (cm)
superior c2 = 2,00 (cm)

1.2. Hormigón:

- Clase : Concreto 280;
- resistencia característica = 280,00 kgf/cm²
- Densidad : 2400,00 (kg/m³)

1.3. hipótesis

- Cálculos para la armadura requerida según :
- Cálculos para la armadura proporcionada según : ACI 318M-14
- Método de cálculo de la sección de armadura : Analítica
- Flecha admisible : 3,000 (cm)
- Verificación del punzonamiento : no
- Tipo de cálculos : flexión simple

1.4. Geometría de la losa

Espesor 0,150 (m)

Contorno:

borde	inicio		fin		longitud (m)
	x1	y1	x2	y2	
1	1,325	0,000	1,325	-2,570	2,570
2	1,325	-2,570	0,000	-2,570	1,325
3	0,000	-2,570	0,000	0,000	2,570
4	0,000	0,000	1,325	0,000	1,325

Apoyo:

n°	Nombre	dimensiones (m)	coordenadas		borde
			x	y	
0	lineal	2,570 / 0,250	1,325	-1,285	—
0	lineal	0,300 / 1,325	0,663	0,000	—
0	lineal	1,150 / 0,150	0,000	-1,875	—
0	lineal	1,150 / 0,150	-0,000	-0,725	—

* - presencia del capitel

1.5. Resultados de los cálculos:**1.5.1. Momentos max. + armadura a flexión**

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Armadura real (cm2/m):	6,04	3,02	11,22	11,22
Armadura teórica modificada (cm2/m):	5,10	2,94	8,72	3,11
Armadura teórica inicial (cm2/m):	5,10	2,94	8,72	3,11
Coordenadas (m):	1,325;-2,570	0,000;-1,300	0,000;0,000	0,000;0,000

1.5.2. Momentos max. + armadura a flexión

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Símbolos: sección teórica/sección real				
Ax(+) (cm2/m)	5,10/6,04	2,66/6,04	2,66/6,04	2,66/6,04
Ax(-) (cm2/m)	2,66/6,04	2,94/3,02	2,66/3,02	2,66/3,02
Ay(+) (cm2/m)	4,02/5,61	2,66/11,22	8,72/11,22	8,72/11,22
Ay(-) (cm2/m)	2,66/5,61	2,66/2,80	3,11/11,22	3,11/11,22
ELS				
Mxx (T*m/m)	0,58	-0,07	-0,26	-0,26
Myy (T*m/m)	0,58	-0,12	-0,98	-0,98
Mxy (T*m/m)	-0,09	0,32	-0,14	-0,14
Nxx (T/m)	0,83	-28,25	5,52	5,52
Nyy (T/m)	6,61	-18,48	1,65	1,65
Nxy (T/m)	-4,05	-0,35	-9,07	-9,07
ELU				
Mxx (T*m/m)	2,27	-0,98	0,83	0,83
Myy (T*m/m)	1,72	-0,82	3,66	3,66
Mxy (T*m/m)	-0,24	0,54	0,32	0,32
Nxx (T/m)	5,56	-47,78	22,26	22,26
Nyy (T/m)	32,93	-39,86	23,36	23,36
Nxy (T/m)	-21,16	-1,61	-13,41	-13,41
Coordenadas (m)	1,325;-2,570	0,000;-1,300	0,000;0,000	0,000;0,000

Coordenadas* (m)

22,400;3,025;1,375 21,075;4,295;1,375 21,075;5,595;1,375
21,075;5,595;1,375

* - Coordenadas en el sistema global de la estructura

1.5.4. Flecha

$|f(+)| = 0,000$ (cm) $\leq f_{dop(+)} = 3,000$ (cm)

$|f(-)| = 0,072$ (cm) $\leq f_{dop(-)} = 3,000$ (cm)

3. Resultados teóricos - disposiciones de las armaduras

Lista de soluciones:

Armado con barras

Solución n.º	Armaduras Diámetro / Peso	Peso total (kG)
1	-	49,24
2	-	56,63
3	-	57,27
4	-	57,85
5	-	57,85
6	-	58,00
7	-	58,74
8	-	66,47
9	-	66,77

Resultados para la solución n.º 1

Zonas de armadura

Armadura inferior

Nombre	coordenadas				Armaduras adoptadas At Ar	
	x1	y1	x2	y2	ϕ (mm) / (cm)	(cm ² /m) cm ² /m)
1/1-(1/2-) Ax Principal	0,663	-2,570	1,325	0,000	10,00 / 13,00	2,66 < 6,04
1/2- Ax Principal	0,000	-2,570	1,325	0,000	10,00 / 26,00	2,94 < 3,02
1/3-(1/5-) Ay Perpendicular	0,000	-0,857	0,663	0,000	10,00 / 7,00	3,11 < 11,22
1/4-(1/5-) Ay Perpendicular	0,663	-2,570	1,325	-1,713	10,00 / 14,00	2,66 < 5,61
1/5- Ay Perpendicular	0,000	-2,570	1,325	0,000	10,00 / 28,00	2,66 < 2,80

Armadura superior

Nombre	coordenadas				Armaduras adoptadas At Ar	
	x1	y1	x2	y2	ϕ (mm) / (cm)	(cm ² /m) cm ² /m)
1/1+(1/2+) Ax Principal	0,663	-2,570	1,325	0,000	10,00 / 13,00	5,10 < 6,04
1/2+ Ax Principal	0,000	-2,570	1,325	0,000	10,00 / 26,00	2,66 < 3,02
1/3+(1/5+) Ay Perpendicular	0,000	-0,857	0,663	0,000	10,00 / 7,00	8,72 < 11,22
1/4+(1/5+) Ay Perpendicular	0,663	-2,570	1,325	-1,713	10,00 / 14,00	4,02 < 5,61
1/5+ Ay Perpendicular	0,000	-2,570	1,325	0,000	10,00 / 28,00	2,66 < 2,80

4. Cuantitativo

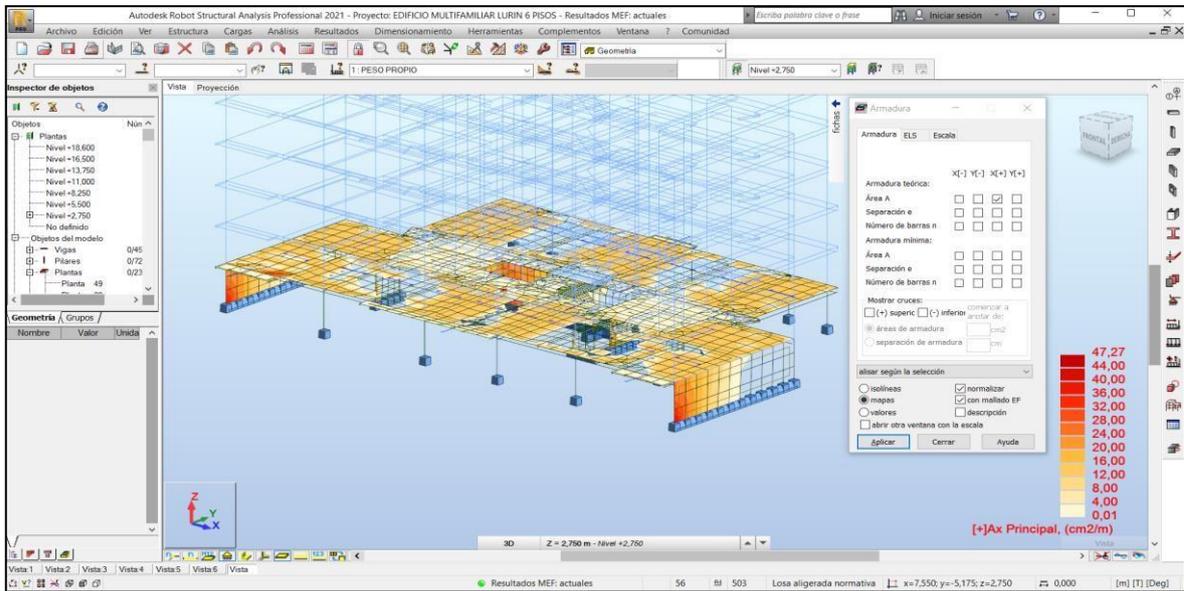
- Volumen del hormigón = 0,511 (m³)
- Superficie de encofrado = 3,405 (m²)
- circunferencia de la losa = 7,790 (m)
- Superficie de los huecos = 0,000 (m²)

- Acero Grade 420
- Peso total = 57,73 (kG)
- Densidad = 113,01 (kG/m³)
- Diámetro medio = 10,00 (mm)
- Lista según diámetros:

Diámetro	Longitud (m)	Número de elementos idénticos:
10	1,028	9
10	1,144	9
10	1,222	9
10	1,285	20
10	1,338	9
10	2,530	10

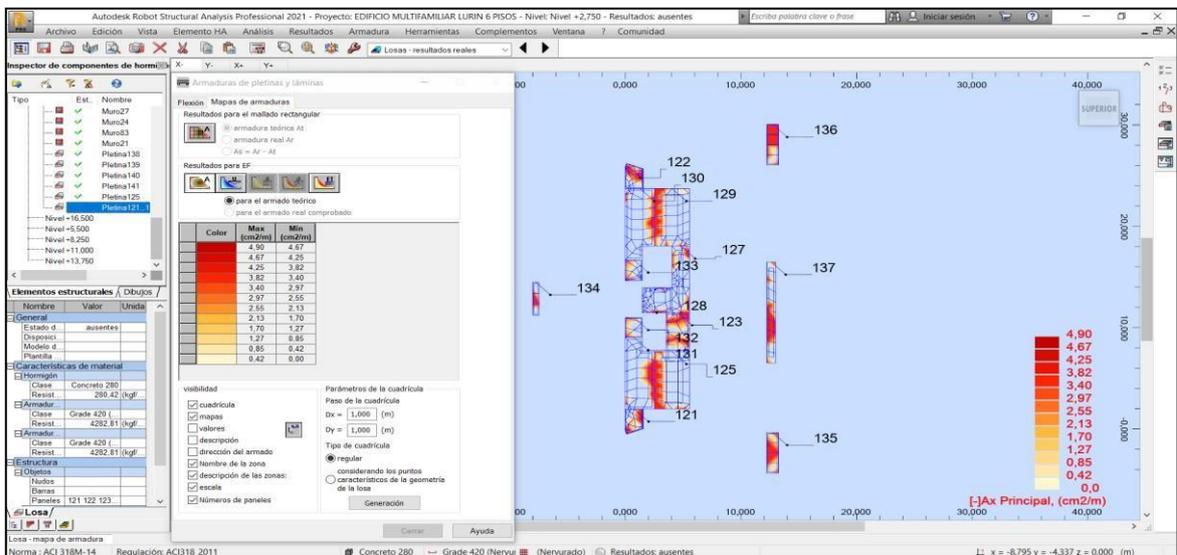
Diseño de losas

Figura 33. Losas - discretización del armado



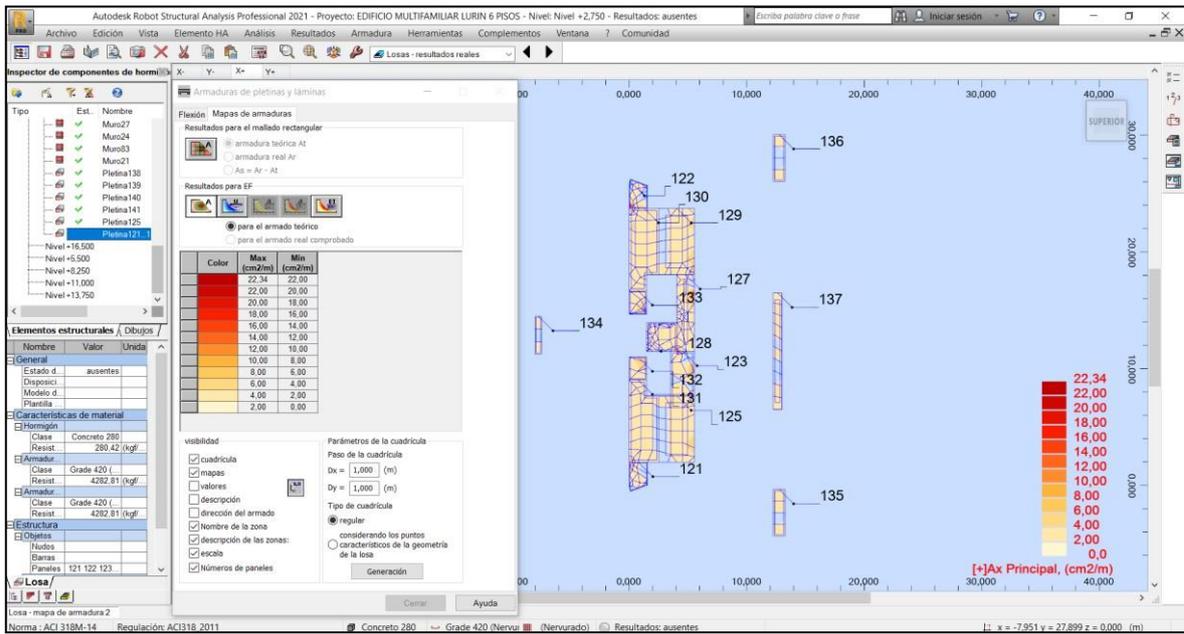
Fuente: elaboración propia

Figura 34. Losas – mapa de armaduras (-) en la dirección X



Fuente: elaboración propia

Figura 35. Losas – mapa de armaduras (+) en la dirección X



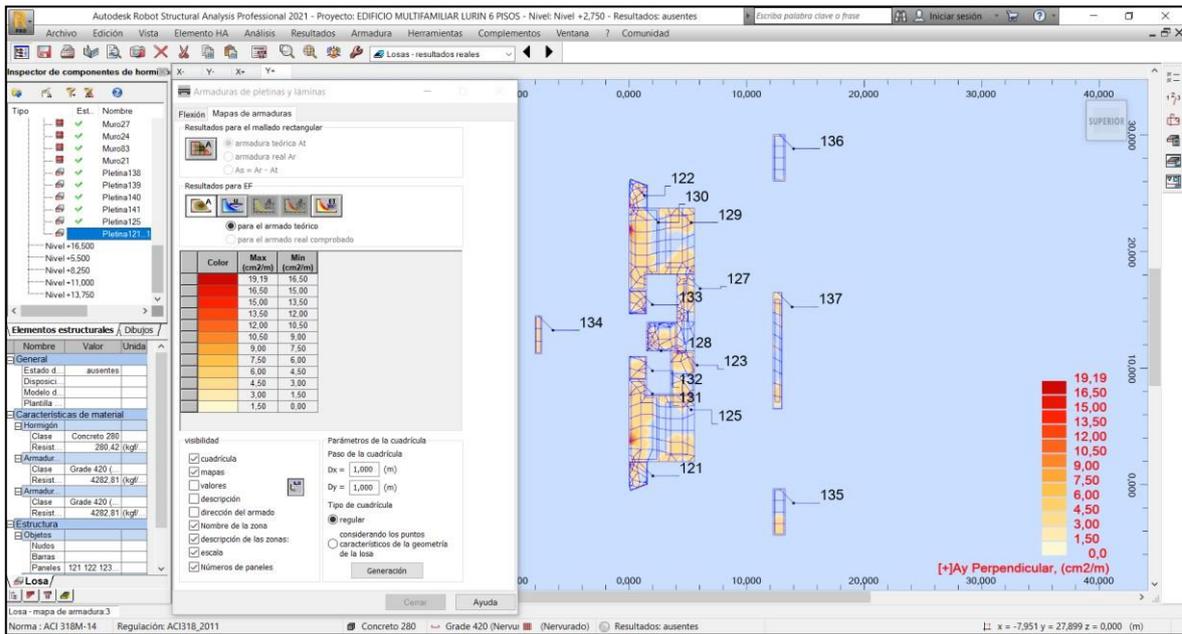
Fuente: elaboración propia

Figura 36. Losas – mapa de armaduras (-) en la dirección Y



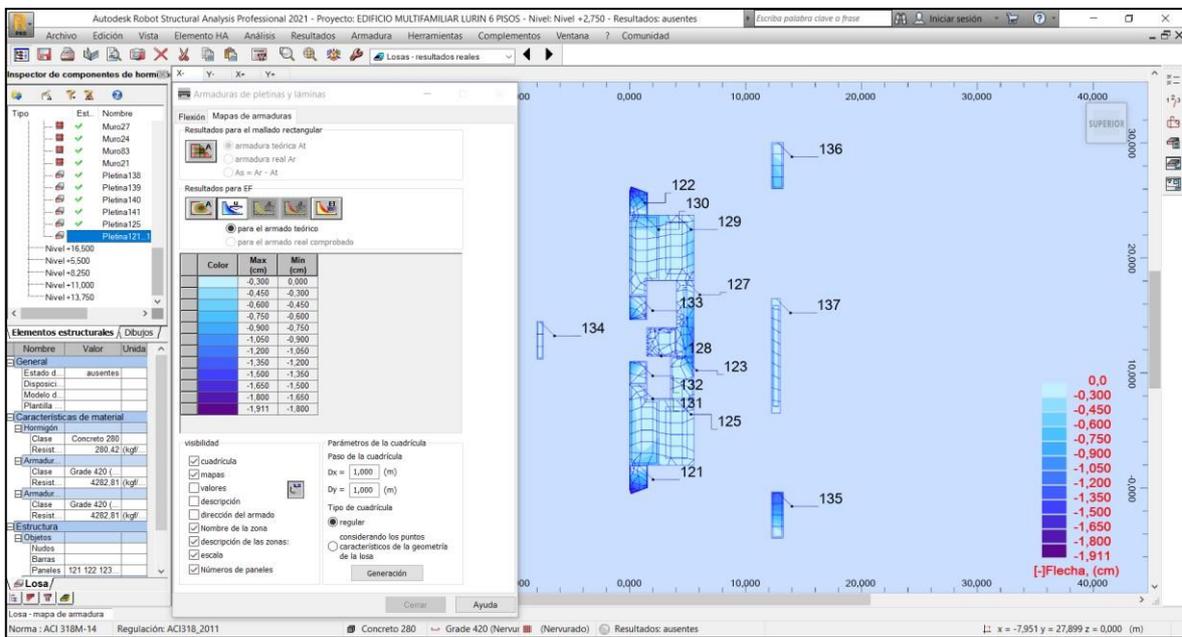
Fuente: elaboración propia

Figura 37. Losas – mapa de armaduras (+) en la dirección Y



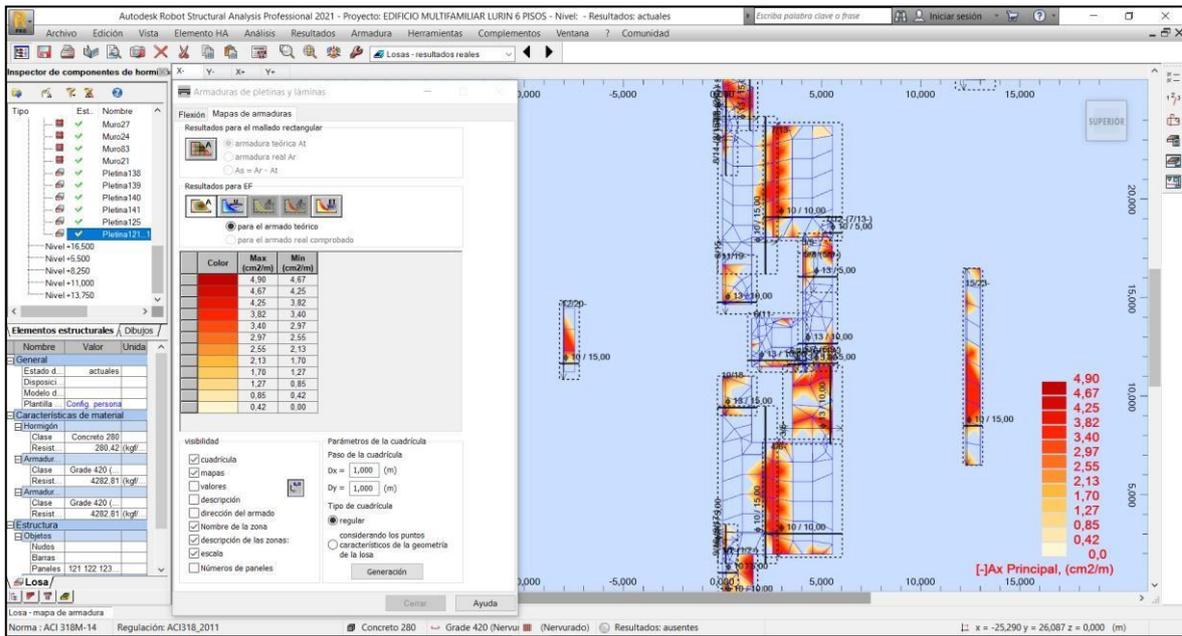
Fuente: elaboración propia

Figura 38. Losas – mapa de flechas



Fuente: elaboración propia

Figura 39. Losas – acero de refuerzo (-) en la dirección X



Fuente: elaboración propia

1. Losa: Pletina1 - panel n.º 125

1.1. Armadura:

- Tipo : Losa maciza normativa
- Dirección armaduras principales : 0°
- Clase de armaduras principales : Grade 420;
- resistencia característica = 4200,00 kgf/cm²
- Diámetro de las barras inferiores d1 = 1,00 (cm) d2 = 1,00 (cm)
- superiores d1 = 1,00 (cm) d2 = 1,00 (cm)
- Recubrimiento de la armadura inferior c1 = 2,00 (cm)
- superior c2 = 2,00 (cm)

1.2. Hormigón:

- Clase : Concreto 280; resistencia característica = 280,00 kgf/cm²
- Densidad : 2400,00 (kg/m³)

1.3. hipótesis

- Cálculos para la armadura requerida según : ACI 318M-14
- Cálculos para la armadura proporcionada según : ACI 318M-14
- Método de cálculo de la sección de armadura : Analítica
- Flecha admisible : 3,000 (cm)
- Verificación del punzonamiento : no
- Tipo de cálculos : flexión simple

1.4. Geometría de la losa

Espesor 0,200 (m)

Contorno:						
borde	inicio		fin		longitud (m)	
	x1	y1	x2	y2		
1	0,000	-5,675	3,025	-5,675	3,025	
2	3,025	-5,675	3,025	0,000	5,675	
3	3,025	0,000	0,000	0,000	3,025	
4	0,000	0,000	0,000	-5,675	5,675	

Apoyo:						
n°	Nombre	dimensiones (m)	coordenadas		borde	
			x	y		
35	lineal	5,550 / 0,300	0,000	-2,775	—	
0	lineal	0,125 / 0,300	0,000	-5,613	—	
0	lineal	0,125 / 0,300	0,000	-5,613	—	
0	lineal	0,400 / 1,500	0,750	0,000	—	
0	lineal	0,400 / 1,500	0,750	0,000	—	
43	lineal	0,300 / 1,525	2,263	0,000	—	
56	lineal	0,250 / 2,020	1,010	-5,675	—	
0	lineal	0,250 / 1,005	2,523	-5,675	—	
0	lineal	0,250 / 1,005	2,523	-5,675	—	
63	lineal	5,675 / 0,250	3,025	-2,838	—	

* - presencia del capitel

1.5. Resultados de los cálculos:

1.5.1. Momentos max. + armadura a flexión

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Armadura real (cm2/m):	7,85	3,74	7,37	7,37
Armadura teórica modificada (cm2/m):	7,54	3,60	7,32	4,72
Armadura teórica inicial (cm2/m):	3,60	0,21	3,60	3,60
Coordenadas (m):	2,000;-4,675	2,000;-1,675	0,000;-5,550	1,000;0,000

1.5.2. Momentos max. + armadura a flexión

	Ax(+)	Ax(-)	Ay(+)	Ay(-)
Símbolos: sección teórica/sección real				
Ax(+) (cm2/m)	7,54/7,85	3,60/7,85	5,15/7,85	3,60/7,85
Ax(-) (cm2/m)	3,60/3,74	3,60/3,74	3,60/3,74	3,60/3,74
Ay(+) (cm2/m)	5,82/7,37	3,60/3,69	7,32/7,37	3,60/3,69
Ay(-) (cm2/m)	3,60/3,69	3,60/3,69	3,60/3,69	4,72/7,37
ELS				
Mxx (T*m/m)	0,21	0,03	0,43	-0,04
Myy (T*m/m)	-0,03	0,04	0,39	-0,47
Mxy (T*m/m)	-0,01	0,11	0,20	-0,10
ELU				
Mxx (T*m/m)	0,32	0,03	0,69	-0,03
Myy (T*m/m)	-0,05	0,02	0,67	-0,62
Mxy (T*m/m)	0,00	0,16	0,30	-0,17

Nxx (T/m)	-0,00	-0,00	-0,00	0,00
Nyy (T/m)	-0,00	-0,00	0,00	-0,00
Nxy (T/m)	0,00	-0,00	-0,00	-0,00
Coordenadas (m)	2,000;-4,675	2,000;-1,675	0,000;-5,550	1,000;0,000
Coordenadas* (m)	11,000;3,525;2,750	8,000;3,525;2,750	11,875;1,525;2,750	6,325;2,525;2,750

* - Coordenadas en el sistema global de la estructura

1.5.4. Flecha

$$|f(+)| = 0,000 \text{ (cm)} \leq f_{dop(+)} = 3,000 \text{ (cm)}$$

$$|f(-)| = 0,323 \text{ (cm)} \leq f_{dop(-)} = 3,000 \text{ (cm)}$$

3. Resultados teóricos - disposiciones de las armaduras

Lista de soluciones:

Armado con barras

Solución n.º	Armaduras Diámetro / Peso	Peso total (kG)
1	-	269,66
2	-	277,61
3	-	292,22
4	-	318,47
5	-	352,10

Resultados para la solución n.º 1

Zonas de armadura

Armadura inferior

Nombre	coordenadas				Armaduras adoptadas At Ar	
	x1	y1	x2	y2	φ (mm) / (cm)	(cm ² /m) (cm ² /m)
1/1- Ax Principal	0,000	-5,675	3,025	0,000	10,00 / 21,00	3,60 < 3,74
1/2-(1/3-) Ay Perpendicular	0,000	-0,946	2,269	0,000	13,00 / 18,00	4,72 < 7,37
1/3- Ay Perpendicular	0,000	-5,675	3,025	0,000	13,00 / 36,00	3,60 < 3,69

Armadura superior

Nombre	coordenadas				Armaduras adoptadas At Ar	
	x1	y1	x2	y2	φ(mm)/(cm)	(cm ² /m) (cm ² /m)
1/1+(1/3+) Ax Principal	0,756	-5,675	3,025	-3,783	10,00 / 10,00	7,54 < 7,85
1/2+(1/3+) Ax Principal	0,000	-5,675	2,269	0,000	10,00 / 10,00	6,10 < 7,85
1/3+ Ax Principal	0,000	-5,675	3,025	0,000	10,00 / 20,00	3,60 < 3,93
1/4+(1/5+) Ay Perpendicular	0,000	-5,675	3,025	-3,783	13,00 / 18,00	7,32 < 7,37
1/5+ Ay Perpendicular	0,000	-5,675	3,025	0,000	13,00 / 36,00	3,60 < 3,69

4. Cuantitativo

- Volumen del hormigón = 3,433 (m³)
 - Superficie de encofrado = 17,167 (m²)
 - circunferencia de la losa = 17,400 (m)
 - Superficie de los huecos = 0,000 (m²)
-
- Acero Grade 420
 - Peso total = 309,13 (kG)
 - Densidad = 90,04 (kG/m³)
 - Diámetro medio = 11,03 (mm)
 - Lista según diámetros:

Diámetro	Longitud (m)	Número de elementos idénticos:
10	2,885	19
10	3,255	65
13	1,603	6
13	2,699	8
13	5,986	18

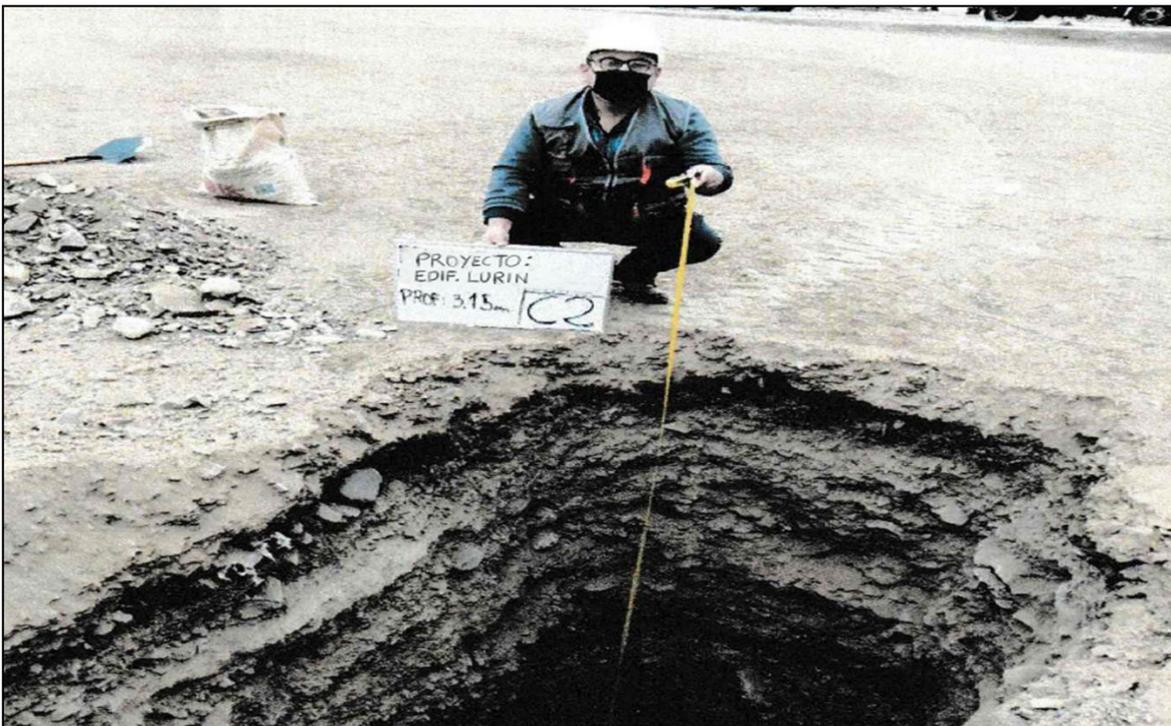
ANEXO 9: Panel fotográfico

Figura 40. Calicata C1 a profundidad 3,20 m



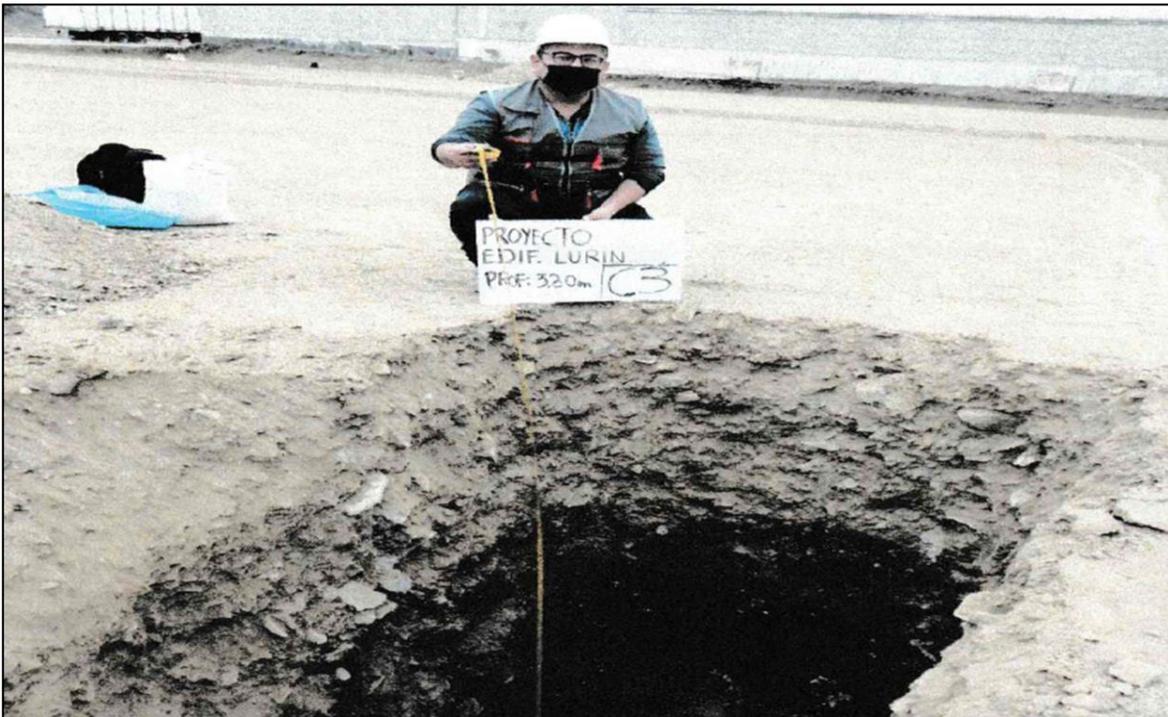
Fuente: elaboración propia

Figura 41. Calicata C2 a profundidad 3,15 m



Fuente: elaboración propia

Figura 42. Calicata C3 a profundidad 3,20 m



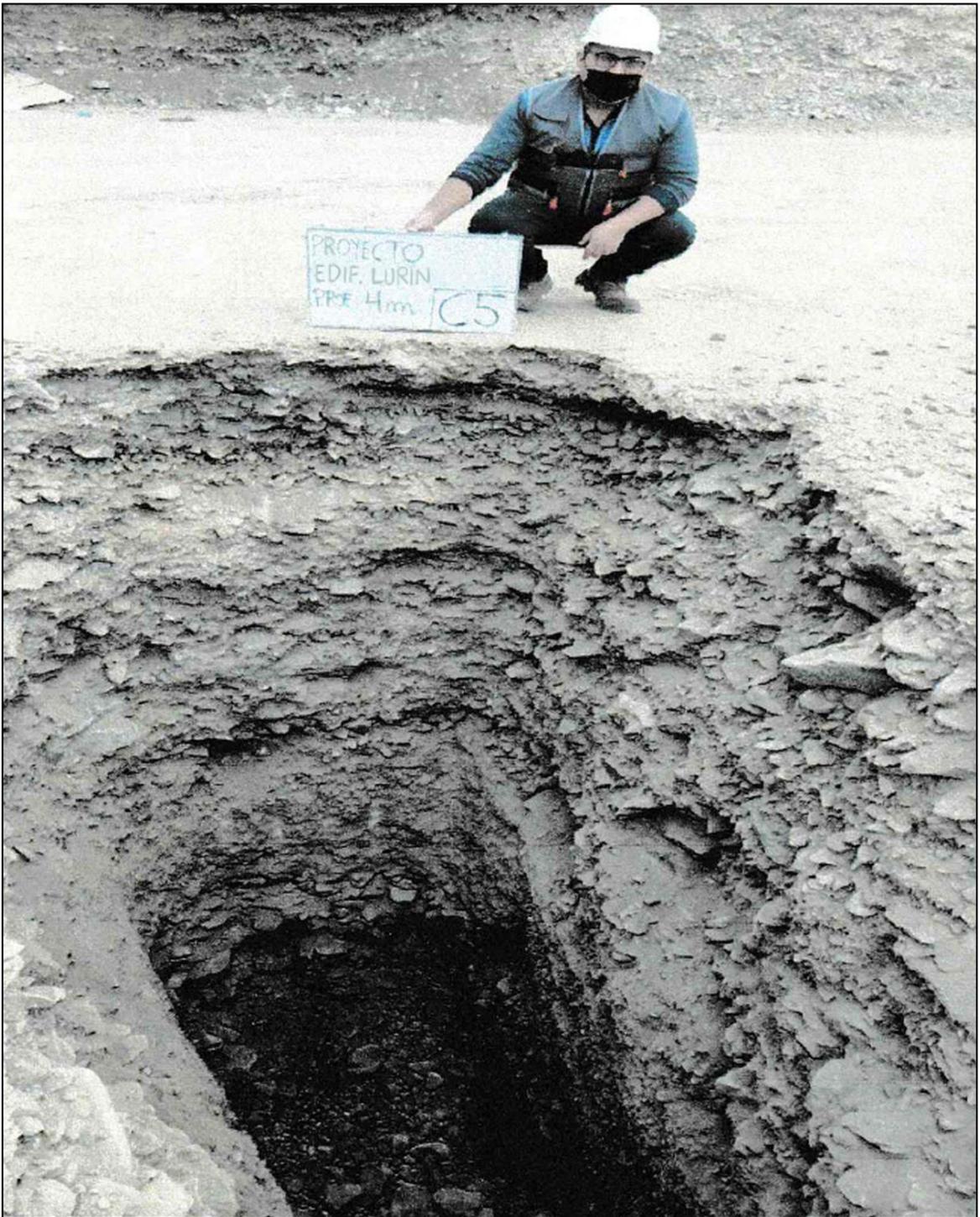
Fuente: elaboración propia

Figura 43. Calicata C4 a profundidad 4,00 m



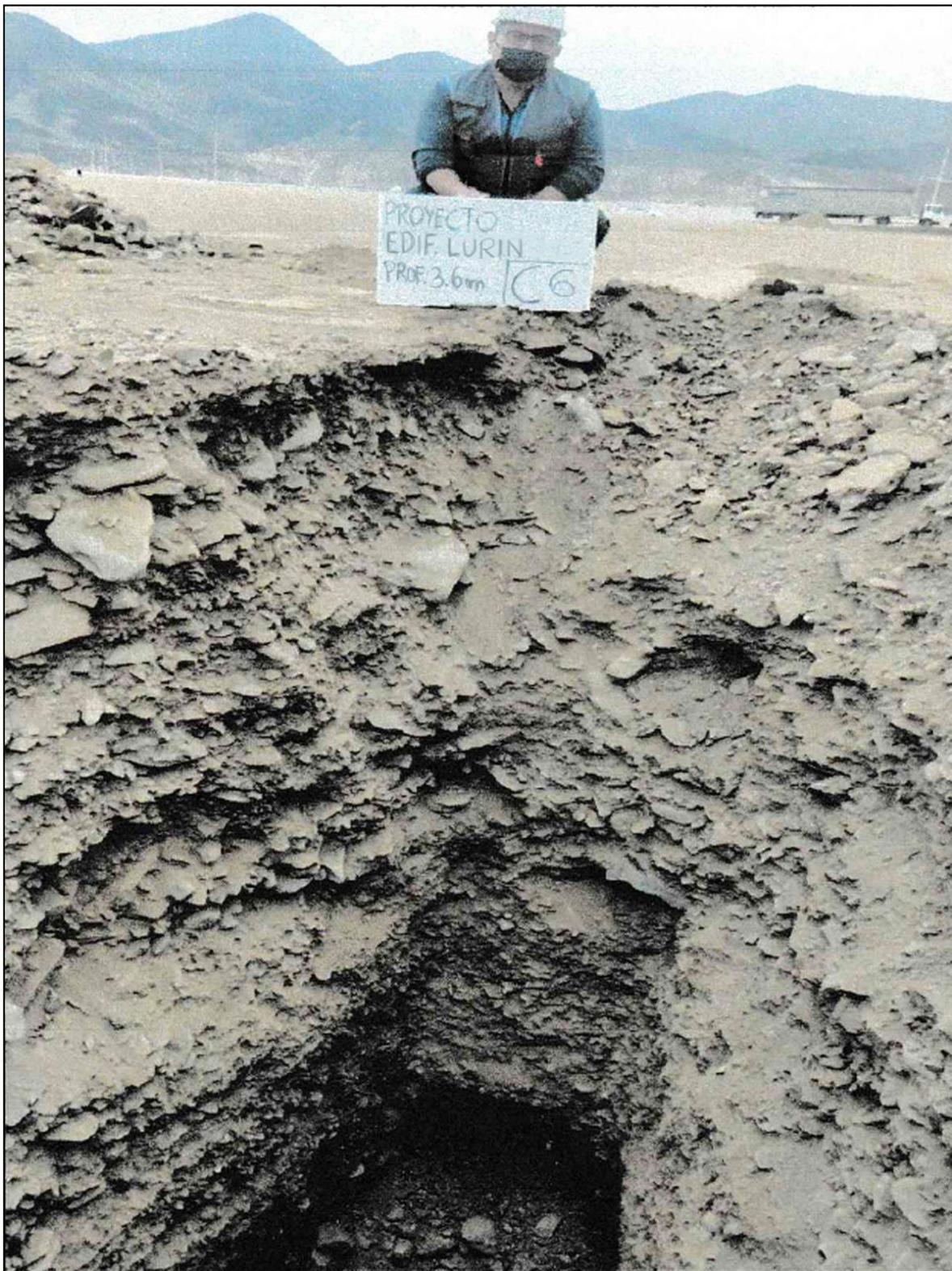
Fuente: elaboración propia

Figura 44. Calicata C5 a profundidad 4,00 m



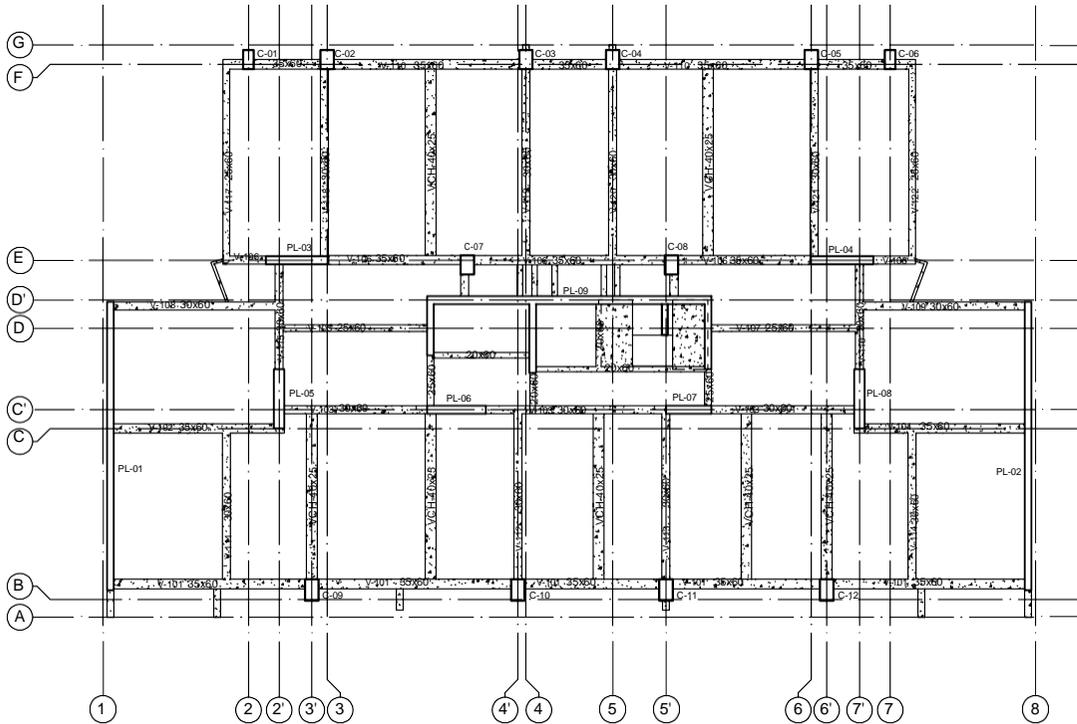
Fuente: elaboración propia

Figura 45. Calicata C6 a profundidad 3,60 m



Fuente: elaboración propia

ANEXO 10: Planos



1 Planta típica - piso 1 al 6
1 : 100

PROYECTO ESTRUCTURAL

De acuerdo con la norma E.030 se presentan las características sismorresistentes de las estructuras del proyecto.

1. SISTEMA ESTRUCTURAL

En la dirección X Muros estructurales
En la dirección Y Muros estructurales

2. PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACION

En la dirección X $T_p = 0.41$ s
En la dirección Y $T_p = 0.41$ s

3. PARAMETROS PARA DEFINIR LA FUERZA SISMICA

Zona 4 $Z = 0.45$

En Y $R = 6.00$

FUERZA CORTANTE EN LA BASE

Estático
En la dirección X $V_x = 1624.62$ TN
En la dirección Y $V_y = 1624.07$ TN

Dinámico
En la dirección X $V_x = 1299.70$ TN
En la dirección Y $V_y = 1299.26$ TN

4. DESPLAZAMIENTOS

En X
Máximo del último nivel $X = 6.21$ cm
Máximo relativo de entrepiso $D_{rx} = 1.05$ cm - 0.0038 (4to nivel)

En Y
Máximo del último nivel $Y = 6.19$ cm
Máximo relativo de entrepiso $D_{ry} = 1.09$ cm - 0.0040 (4to nivel)

REQUISITOS GENERALES

1. GENERAL

- Todas las etapas del proyecto estructural, construcción, supervisión e inspección de la obra deberán ser realizados por personal profesional y técnico calificado.
- La construcción deberá ser ejecutada e inspeccionada por ingenieros civiles colegiados, los cuales serán responsables del cumplimiento de lo indicado en los planos y especificaciones técnicas.
- Previa a la construcción verificar en campo todas las dimensiones y niveles establecidos en los planos, todas las discrepancias deberán ser reportadas al ingeniero proyectista.
- Los planos del proyecto estructural deben ser usados en coordinación con los planos de las demás especialidades.
- El constructor deberá prevenir cualquier situación que ponga en riesgo la estabilidad de las construcciones existentes vecinas.
- Modificaciones, alteraciones o sustituciones deben ser autorizadas.

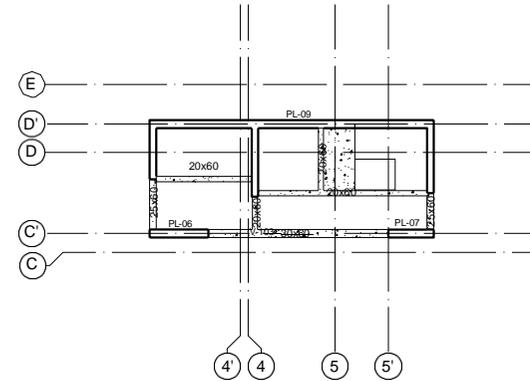
2. NORMAS EMPLEADAS

El proyecto se desarrolló de acuerdo a las normas del reglamento nacional de edificaciones.

- E.020 CARGAS
- E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE
- E.060 SUELOS Y CIMENTACIONES
- E.060 CONCRETO ARMADO

3. CARGAS VIVAS

- VIVIENDA $SIC = 200$ kgf/cm²
- PASILLOS $SIC = 200$ kgf/cm²
- ESCALERAS $SIC = 200$ kgf/cm²
- TECHOS $SIC = 100$ kgf/cm²
- TECHO DE ASCENSOR $SIC = 700$ kgf/cm²



2 Azotea - techo de ascensor y escalera
1 : 100

MATERIALES

A. CONCRETO

- El concreto utilizado en obra deberá cumplir con las especificaciones de la norma E.060 Concreto Armado.
- El concreto será de peso normal y tendrá una resistencia a la compresión mínima a los 28 días de:
- Columnas $f_c = 280$ kgf/cm²
- Vigas $f_c = 280$ kgf/cm²
- Muros $f_c = 280$ kgf/cm²
- Losas aligeradas $f_c = 280$ kgf/cm²
- Losas macizas $f_c = 280$ kgf/cm²
- Tamaño máximo del agregado grueso: 1/2".
- Todas las secciones deberán asegurar un recubrimiento mínimo al acero de refuerzo de acuerdo a los siguiente:

Recubrimientos mínimos

- Vigas 40 mm
- Columnas 40 mm
- Muros 40 mm
- Losas 20 mm
- En juntas horizontales de construcción la superficie será hecha intencionalmente rugosa y debe estar totalmente limpia y seca antes del vaciado del nuevo concreto.

B. ACERO DE REFUERZO

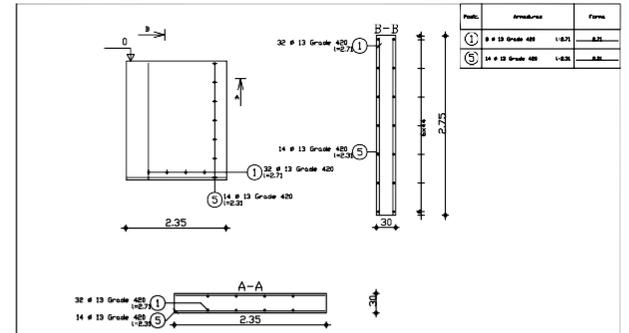
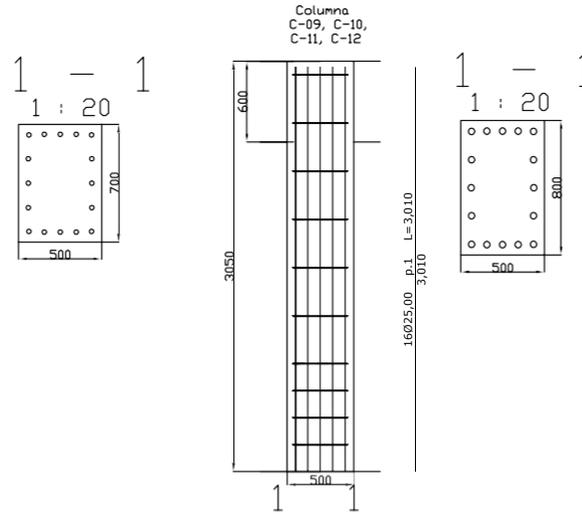
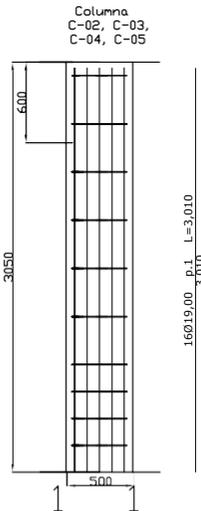
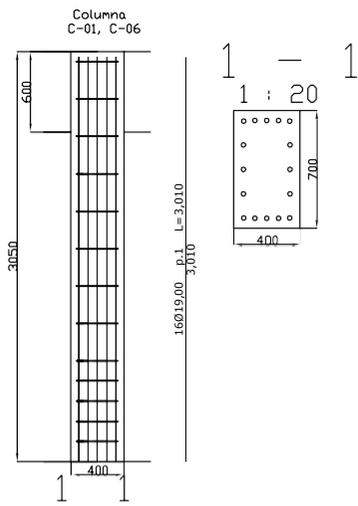
- Se empleará varillas corrugadas de acero ASTM A615/NTP341.031 grado 60 ($f_y = 4200$ kgf/cm²).
- El acero de refuerzo será dispuesto de acuerdo a los planos estructurales y a la norma E.060 Concreto Armado.
- Prevo a la colocación del concreto, el acero de refuerzo deberá estar limpio, libre de polvo, tierra, aceites u otras sustancias que reduzcan su anclaje.
- El redoblado del acero de refuerzo no está permitido.

Elemento	Detalle	Dimensiones
Losa	Nervada	h=0.25 m
Losa	Maciza	h=0.20 m
Losa	Maciza	h=0.25 m
Losa	Escalera	h=0.15 m
Viga	V-101, V-102, V-104, V-106, V-110, V-103, V-108, V-109, V-111, V-112, V-113, V-114, V-118, V-119, V-120, V-121	0.30 x 0.60
Viga	V-117, V-122	0.25 x 0.60
Columna	C-01, C-06	0.40 x 0.70
Columna	C-02, C-03, C-04, C-05, C-07, C-08	0.50 x 0.70
Columna	C-09, C-10, C-11, C-12	0.50 x 0.80
Muro	PL-01, PL-02	0.25 x 10.70
Muro	PL-03, PL-04	0.30 x 2.35
Muro	PL-05, PL-08	0.40 x 2.20
Muro	PL-06	0.30 x 2.20
Muro	PL-07	0.30 x 1.90
Muro	PL-09.1	0.30 x 10.40
Muro	PL-09.2	0.25 x 2.05
Muro	PL-09.3	0.20 x 2.70
Muro	PL-09.4	0.25 x 2.57

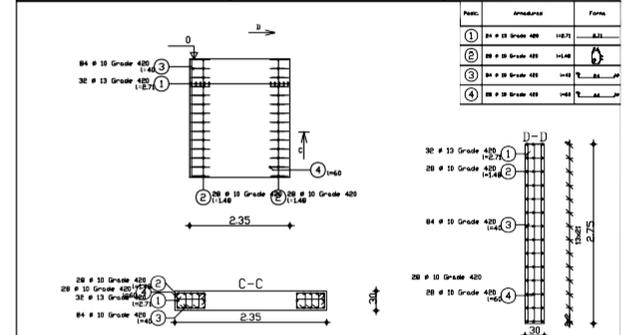
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Título	Aplicación del software Autodesk Robot en el diseño estructural de un edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurin	AUTOR	Lina
Plano	Estructuras - Planta	FECHA	Indicada
Autor	Cuaila Rea, Frank Renato	FECHA	Febrero 2022
Aprobador	Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo	FECHA	Lina
		FECHA	

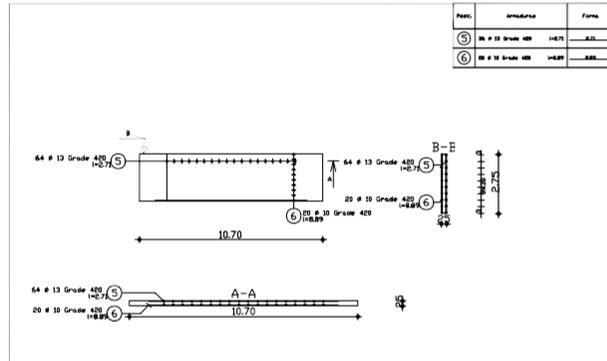
E-01



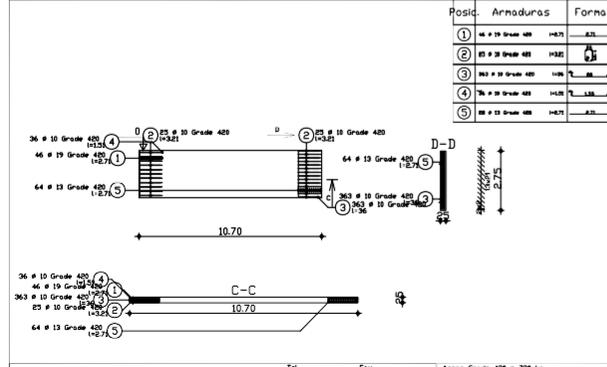
Tel. Fax		Acero Grade 420 = 181 kg F _c 280kg/cm ² = 194 m ²
Nivel +2,750	Muro 3	Recubrimiento 2 cm Superficie del encofrado = 10,9 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 30x275	Escala para la vista 1/25 Escala para la sección 1/23 Página 1



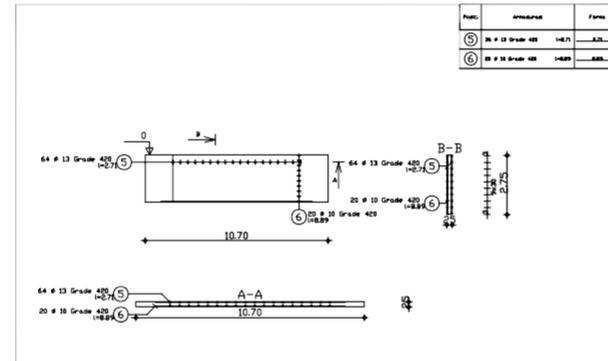
Tel. Fax		Acero Grade 420 = 181 kg F _c 280kg/cm ² = 194 m ²
Nivel +2,750	Muro 3	Recubrimiento 2 cm Superficie del encofrado = 10,9 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 30x275	Escala para la vista 1/25 Escala para la sección 1/23 Página 2



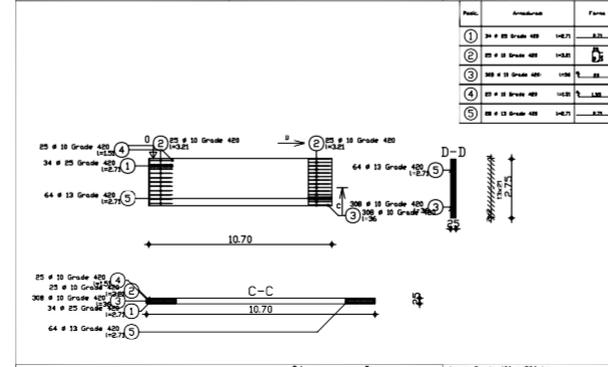
Tel. Fax		Acero Grade 420 = 736 kg F _c 280kg/cm ² = 7,36 m ³
Nivel +2,750	Muro 1	Recubrimiento 2 cm Superficie del encofrado = 58,9 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 25x275	Escala para la vista 1/25 Escala para la sección 1/30 Página 1



Tel. Fax		Acero Grade 420 = 736 kg F _c 280kg/cm ² = 7,36 m ³
Nivel +2,750	Muro 1	Recubrimiento 2 cm Superficie del encofrado = 58,9 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 25x275	Escala para la vista 1/25 Escala para la sección 1/30 Página 2



Tel. Fax		Acero Grade 420 = 736 kg F _c 280kg/cm ² = 7,36 m ³
Nivel +2,750	Muro 2	Recubrimiento 2 cm Superficie del encofrado = 58,9 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 25x275	Escala para la vista 1/25 Escala para la sección 1/30 Página 1

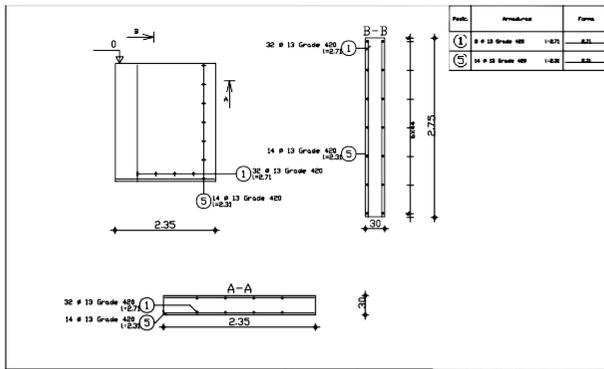


Tel. Fax		Acero Grade 420 = 736 kg F _c 280kg/cm ² = 7,36 m ³
Nivel +2,750	Muro 2	Recubrimiento 2 cm Superficie del encofrado = 58,9 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 25x275	Escala para la vista 1/25 Escala para la sección 1/30 Página 2



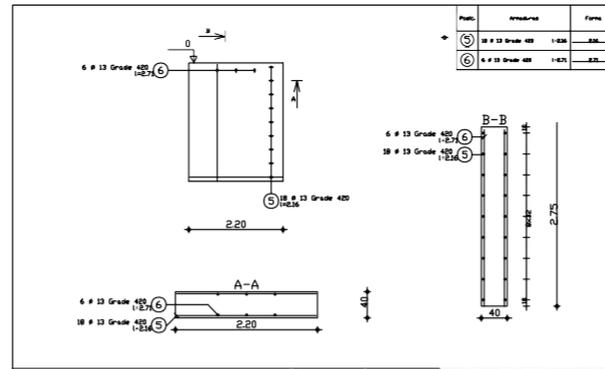
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tema:	Aplicación del software Autodesk Robot en el diseño estructural de un edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín	AUTORES	OCASION
Autores:	Columnas y muros	FECHA:	Indicada
Asesor:	Cuaila Rea, Frank Renato	FECHA:	Febrero 2023
Asesor:	Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo	OCASION:	Laboratorio
		USUARIOS:	E-02



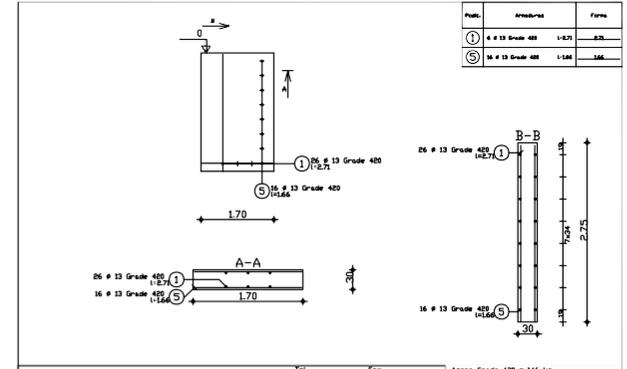
Nivel +2,750 Muro 4
MIGRACION ROBOT A REVIT Sección 30x275

Acero Grade 420 = 186 kg
f_c 280kgf/cm² = 134 n3
Recubrimiento 2 cm
Superficie del encofrado = 12.9 m²
Escala para la vista 1/50
Escala para la sección 1/33 Página 1



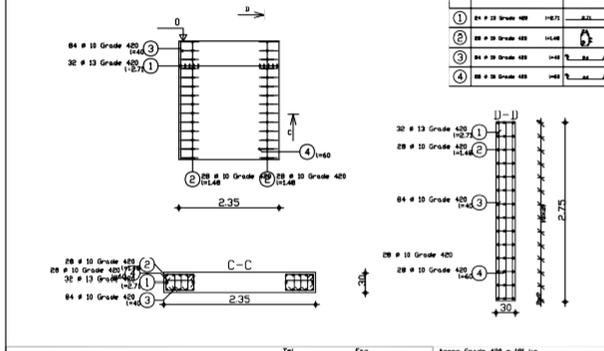
Nivel +2,750 Muro 5
MIGRACION ROBOT A REVIT Sección 40x275

Acero Grade 420 = 186 kg
f_c 280kgf/cm² = 134 n3
Recubrimiento 2 cm
Superficie del encofrado = 12.1 m²
Escala para la vista 1/50
Escala para la sección 1/33 Página 1



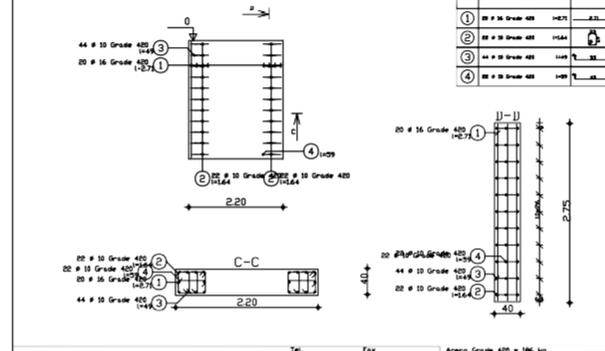
Nivel +2,750 Muro 7
MIGRACION ROBOT A REVIT Sección 30x275

Acero Grade 420 = 146 kg
f_c 280kgf/cm² = 14 n3
Recubrimiento 2 cm
Superficie del encofrado = 9.35 m²
Escala para la vista 1/50
Escala para la sección 1/33 Página 1



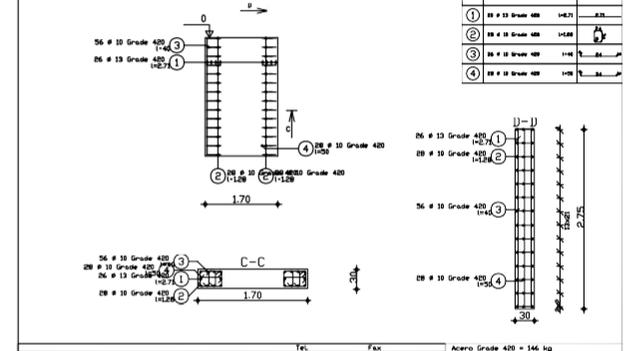
Nivel +2,750 Muro 4
MIGRACION ROBOT A REVIT Sección 30x275

Acero Grade 420 = 186 kg
f_c 280kgf/cm² = 134 n3
Recubrimiento 2 cm
Superficie del encofrado = 12.9 m²
Escala para la vista 1/50
Escala para la sección 1/33 Página 2



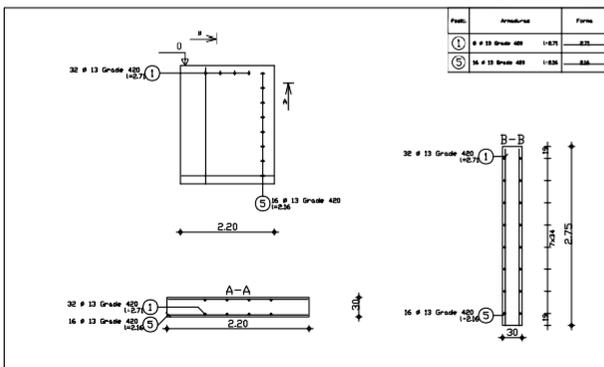
Nivel +2,750 Muro 5
MIGRACION ROBOT A REVIT Sección 40x275

Acero Grade 420 = 186 kg
f_c 280kgf/cm² = 134 n3
Recubrimiento 2 cm
Superficie del encofrado = 12.1 m²
Escala para la vista 1/50
Escala para la sección 1/33 Página 2



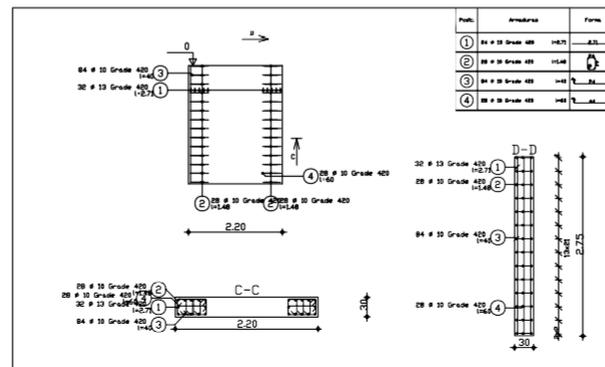
Nivel +2,750 Muro 7
MIGRACION ROBOT A REVIT Sección 30x275

Acero Grade 420 = 146 kg
f_c 280kgf/cm² = 14 n3
Recubrimiento 2 cm
Superficie del encofrado = 9.35 m²
Escala para la vista 1/50
Escala para la sección 1/33 Página 2



Nivel +2,750 Muro 6
MIGRACION ROBOT A REVIT Sección 30x275

Acero Grade 420 = 183 kg
f_c 280kgf/cm² = 134 n3
Recubrimiento 2 cm
Superficie del encofrado = 12.1 m²
Escala para la vista 1/50
Escala para la sección 1/33 Página 1



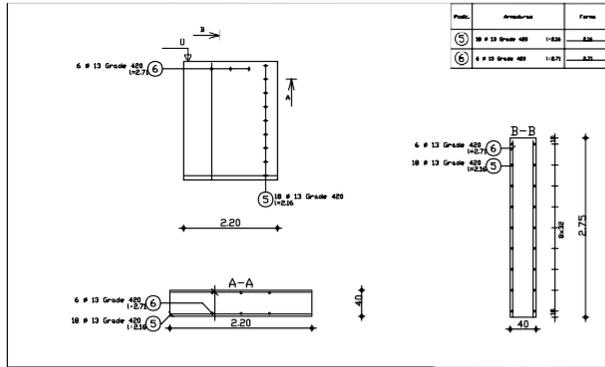
Nivel +2,750 Muro 6
MIGRACION ROBOT A REVIT Sección 30x275

Acero Grade 420 = 183 kg
f_c 280kgf/cm² = 134 n3
Recubrimiento 2 cm
Superficie del encofrado = 12.1 m²
Escala para la vista 1/50
Escala para la sección 1/33 Página 2

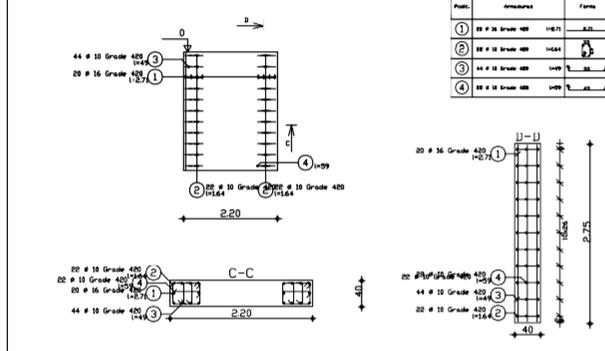


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tema:	Aplicación del software Autodesk Robot en el diseño estructural de un edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurin		
Fecha:	Muros	AUTOREVISOR	CORRECTOR
Autor:	Cualla Rea, Frank Renato	FECHA:	Feb 2023
Asesor:	Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo	LOCALIDAD:	LIMA
			E-03

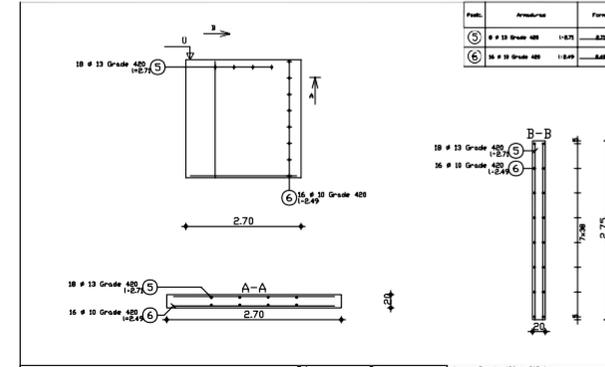


Pos.	Armadura	Forma
5	6 # 13 Grade 420	1-24
6	18 # 13 Grade 420	1-24



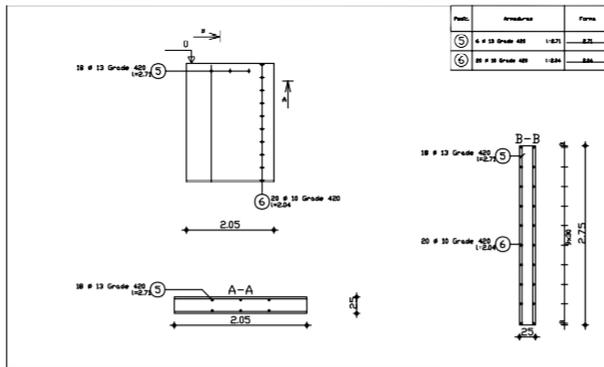
Pos.	Armadura	Forma
1	44 # 10 Grade 420	1-24
2	29 # 16 Grade 420	1-24
3	18 # 10 Grade 420	1-24
4	18 # 10 Grade 420	1-24

Tec.	Fax	Acero Grade 420 = 186 kg	Fc' 280kg/cm ² = 8.42 n3
Nivel +2,750	Muro 8	Recurrimiento 2 cm	Superficie del encofrado = 121 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 40x275	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/33

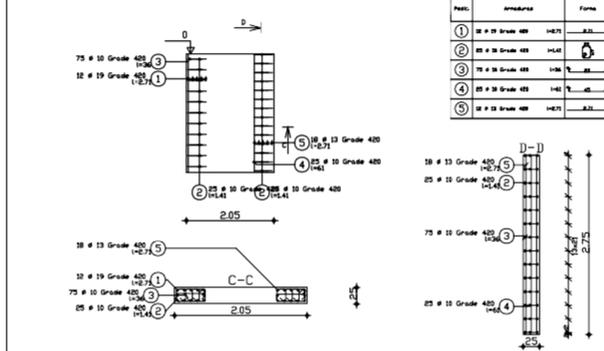


Tec.	Fax	Acero Grade 420 = 186 kg	Fc' 280kg/cm ² = 8.42 n3
Nivel +2,750	Muro 8	Recurrimiento 2 cm	Superficie del encofrado = 121 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 40x275	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/33

Tec.	Fax	Acero Grade 420 = 186 kg	Fc' 280kg/cm ² = 8.42 n3
Nivel +2,750	Muro 8	Recurrimiento 2 cm	Superficie del encofrado = 121 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 40x275	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/33

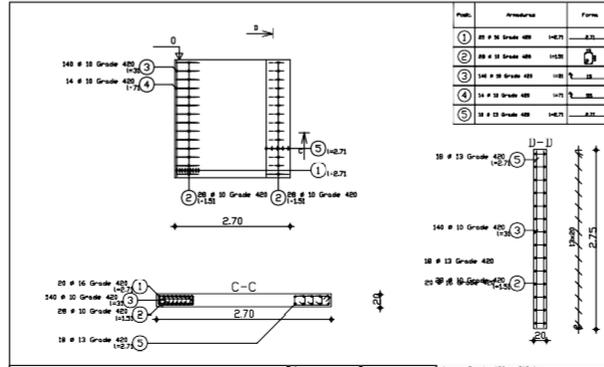


Pos.	Armadura	Forma
5	18 # 13 Grade 420	1-24
6	20 # 10 Grade 420	1-24



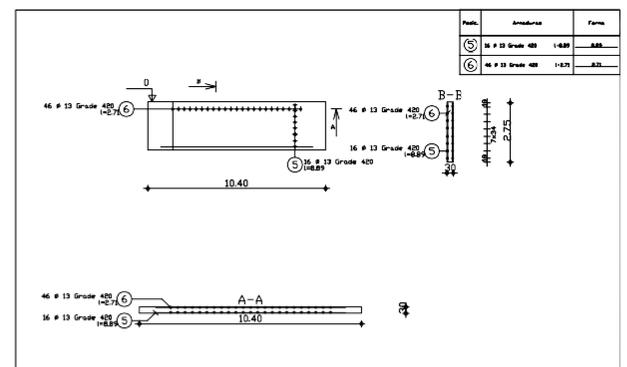
Pos.	Armadura	Forma
1	75 # 10 Grade 420	1-24
2	12 # 19 Grade 420	1-24
3	18 # 10 Grade 420	1-24
4	18 # 10 Grade 420	1-24
5	18 # 10 Grade 420	1-24

Tec.	Fax	Acero Grade 420 = 186 kg	Fc' 280kg/cm ² = 8.42 n3
Nivel +2,750	Muro 9.1	Recurrimiento 2 cm	Superficie del encofrado = 113 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 25x275	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/33

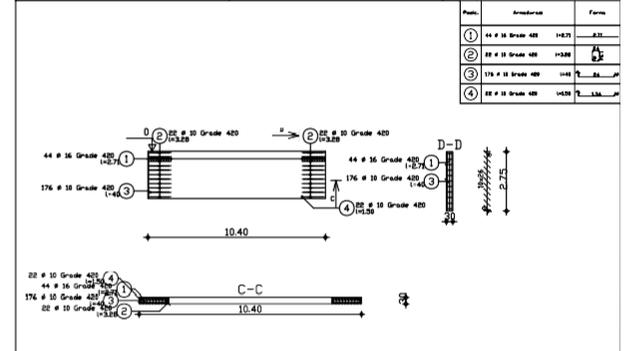


Tec.	Fax	Acero Grade 420 = 186 kg	Fc' 280kg/cm ² = 8.42 n3
Nivel +2,750	Muro 9.1	Recurrimiento 2 cm	Superficie del encofrado = 113 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 25x275	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/33

Tec.	Fax	Acero Grade 420 = 219 kg	Fc' 280kg/cm ² = 8.49 n3
Nivel +2,750	Muro 9.3	Recurrimiento 2 cm	Superficie del encofrado = 149 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 20x275	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/33



Pos.	Armadura	Forma
5	46 # 13 Grade 420	1-24
6	16 # 13 Grade 420	1-24



Pos.	Armadura	Forma
1	44 # 16 Grade 420	1-24
2	17 # 10 Grade 420	1-24
3	17 # 10 Grade 420	1-24
4	17 # 10 Grade 420	1-24

Tec.	Fax	Acero Grade 420 = 570 kg	Fc' 280kg/cm ² = 8.58 n3
Nivel +2,750	Muro 9.2	Recurrimiento 2 cm	Superficie del encofrado = 57.2 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 30x275	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/30



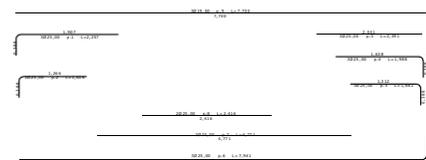
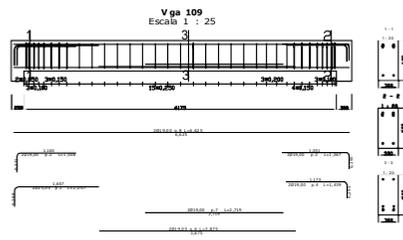
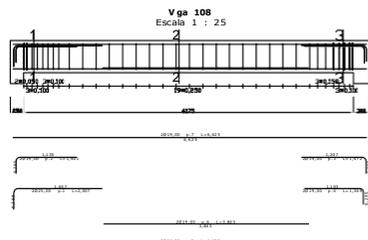
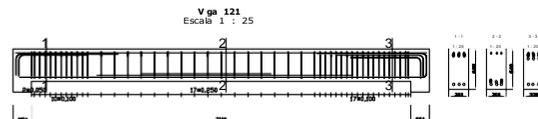
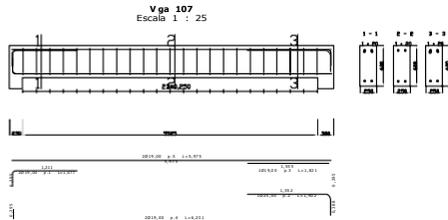
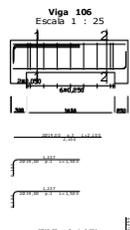
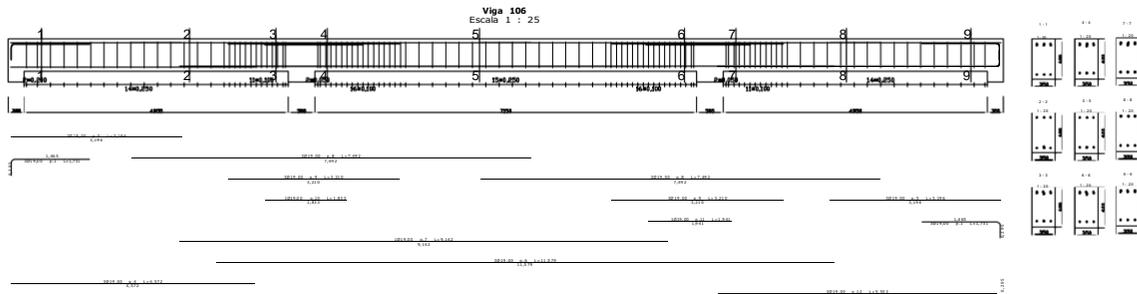
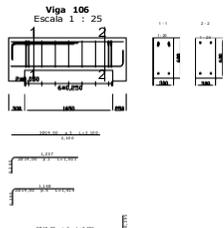
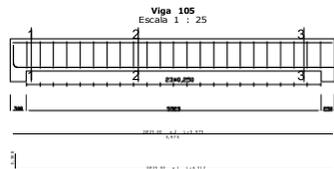
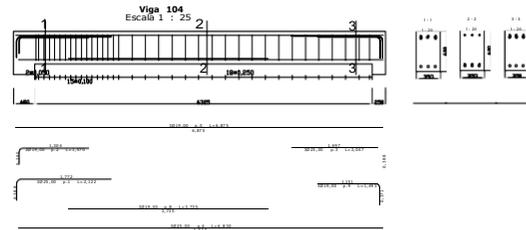
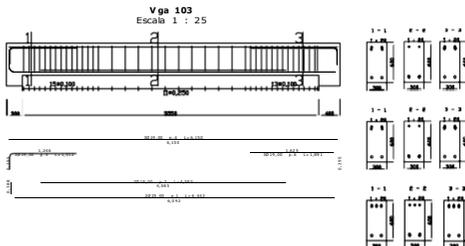
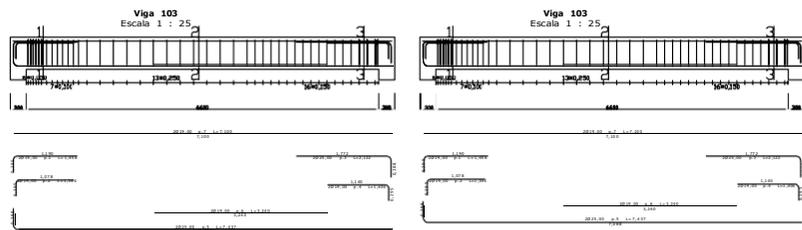
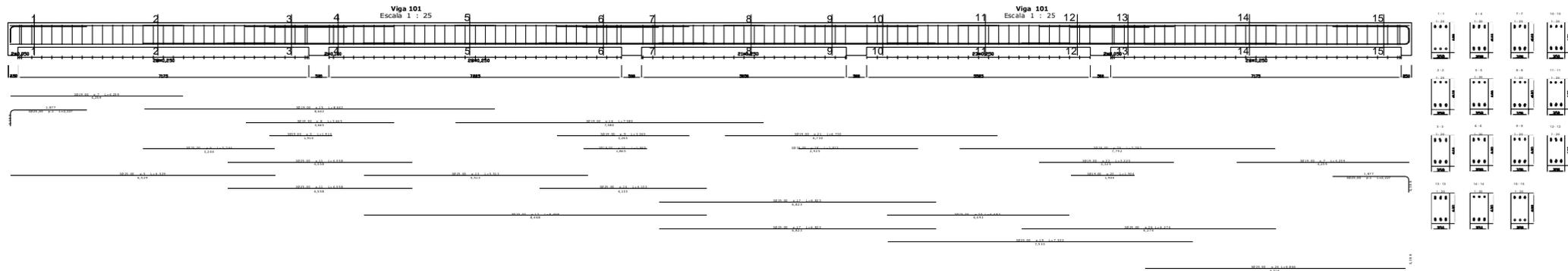
Tec.	Fax	Acero Grade 420 = 570 kg	Fc' 280kg/cm ² = 8.58 n3
Nivel +2,750	Muro 9.2	Recurrimiento 2 cm	Superficie del encofrado = 57.2 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 30x275	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/30

Tec.	Fax	Acero Grade 420 = 570 kg	Fc' 280kg/cm ² = 8.58 n3
Nivel +2,750	Muro 9.2	Recurrimiento 2 cm	Superficie del encofrado = 57.2 m ²
MIGRACION ROBOT A REVIT	Sección 30x275	Escala para la vista 1/30	Escala para la sección 1/30

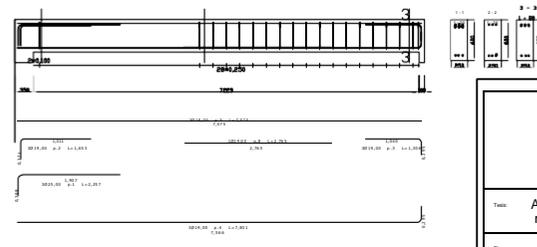
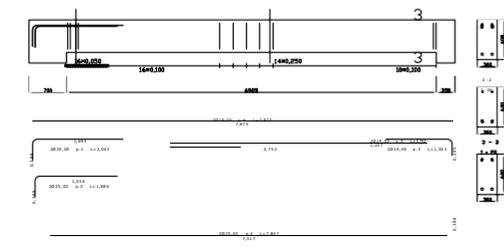
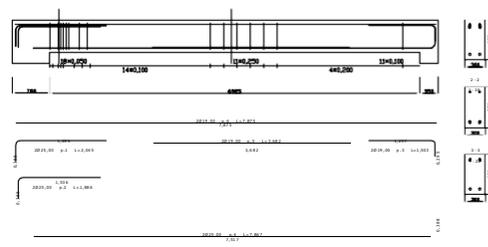
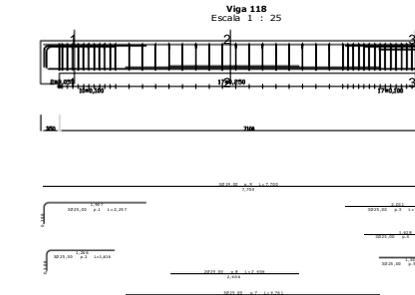
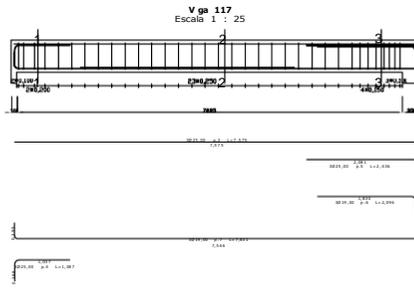
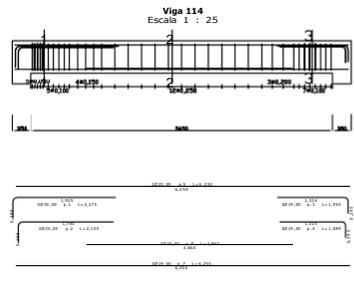
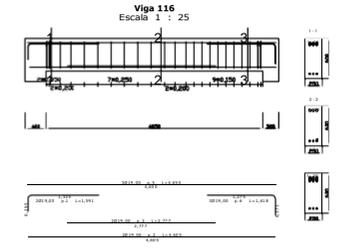
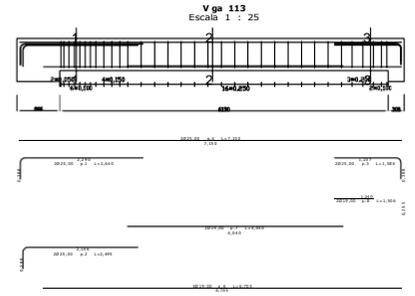
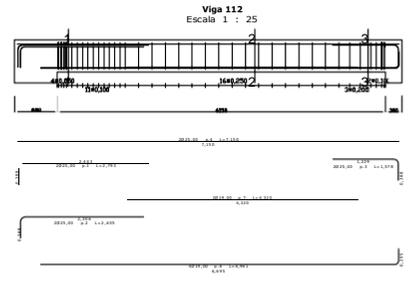
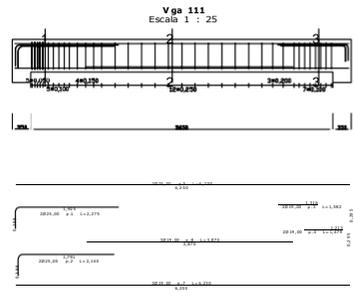
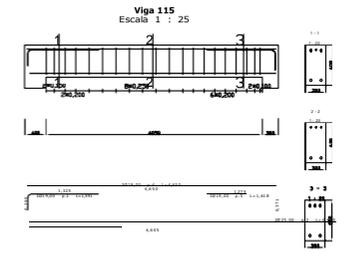
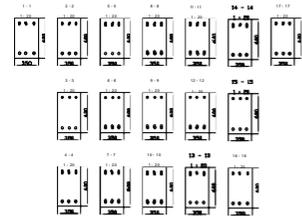
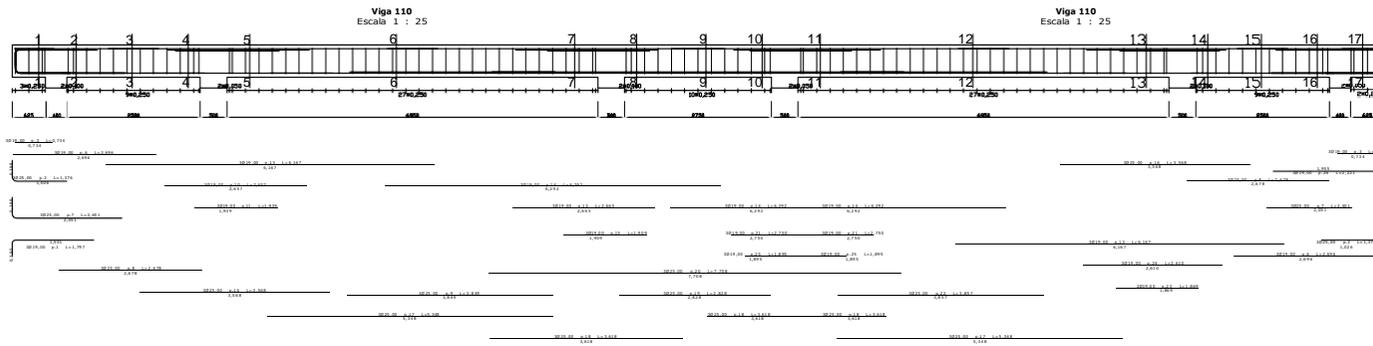
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tema:	Aplicación del software Autodesk Robot en el diseño estructural de un edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurin		
Parte:	Muros	COMPLEMENTO	SECCIONA
Auto:	Cualla Rea, Frank Renato	FECHA:	Feb 2023
Asesor:	Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo	LOCALIDAD:	LIMA

E-04



 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Tema: Aplicación del software Autodesk Robot en el diseño estructural de un edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín		Departamento: Ingeniería Línea: Industria	Fecha: 2023
Autor: Cusilla Rea, Frank Renato	Localidad: Lurín	E-05	
Asesor: Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo	Localidad: Lurín		





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

<p>Tema: Aplicación del software Autodesk Robot en el diseño estructural de un edificio multifamiliar de 6 pisos, Lurín</p>			
<p>Proyecto: Vigas</p>	<p>DEPARTAMENTO: Lima</p>	<p>ESCALA: Indicada</p>	
<p>Autor: Cualla Rea, Frank Renato</p>	<p>PROVINCIA: Lima</p>	<p>FECHA: Febrero 2022</p>	
<p>Aprobado: Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo</p>	<p>DISTRITO: Lurín</p>	<p>LÍNEA: E-06</p>	
	<p>LOCALIDAD: Urb. Miraflores</p>		