



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

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

**Análisis y diseño estructural utilizando revit, para mejorar la vivienda multifamiliar
de cuatro pisos, distrito de Alto Selva Alegre, Arequipa**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Bach. Eder Josue Mamani León (ORCID: 0000-0002-8891-336X)

ASESOR:

Dr. Guevara Bendezú José Claudio (ORCID:0000-0003-0087-0965)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sismoresistente

LIMA-PERÚ

2021

Dedicatoria

A MIS PADRES

Martin Mamani y Fortunata León Apaza por haberme dado la vida, el cuidado, protección y educación preocupándose siempre por lo mejor para mí.

A MIS HERMANOS

Ernesto Mamani León, Martin Zenovio Mamani León, Marisol Mamani León, David Gonzalo Mamani León, por su apoyo incondicional durante todo el tiempo de mi formación académica profesional.

A MI CUÑADO(AS)

Agapito Villanueva, María Vilca, Mirian Flores, por su apoyo incondicional durante todo el tiempo de mi formación académica profesional.

A LOS FUTUROS INGENIEROS

Agradecimiento

A Nuestro Señor Jesucristo por su gran misericordia que derramo en mí: restaurándome y fortaleciéndome de los momentos más difícil de mi vida.

A mis Padres y Hermanos por haberme apoyado y tenido paciencia durante el tiempo de mi formación académica y durante la realización de esta investigación.

Índice de Contenidos

	Pág.
Dedicatoria	i
Agradecimiento.....	ii
Índice de Contenidos	iii
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad Problemática	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Formulación del problema.....	2
1.4 Justificación de la investigación	2
1.5 Objetivos	3
1.6 Hipótesis	3
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEORICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Bases teóricas.....	8
2.3. Enfoques conceptuales	11
CAPÍTULO III.....	14
METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y Operacionalización:	15
3.3. Población, muestra.....	18

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.5. Procedimientos	19
3.6. Métodos de análisis de datos	20
3.7. Aspectos éticos	20
CAPÍTULO IV	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
V. DISCUSIÓN	44
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS	47
ANEXOS	51

Índice de Tablas

	Pag.
Tabla 1. Verificación en Irregularidad de Rigidez - Piso Blando, Dirección X	22
Tabla 2. Verificación en Irregularidad de Rigidez - Piso Blando, Dirección Y	23
Tabla 3. Verificación en Irregularidad de Rigidez - Piso Débil	23
Tabla 4. Verificación de Esquinas Entrantes	23
Tabla 5. Centro de masas y rigideces por niveles	24
Tabla 6. Distribución de fuerza laterales en la dirección x (Fuente robot structural)	24
Tabla 7. Distribución de fuerza laterales en la dirección y (Fuente robot structural)	25
Tabla 8. Desplazamientos en la dirección x	26
Tabla 9. Desplazamientos en la dirección Y	27
Tabla 10. Modos, periodos y masa participativa	28
Tabla 11. Desplazamientos en la dirección X	29
Tabla 12. Desplazamientos en la dirección Y	29
Tabla 13. Verificación de cortante basal en la dirección X	30
Tabla 14. Verificación de cortante basal en la dirección Y	30
Tabla 15. Distribución de acero de zona de diseño de losa	31
Tabla 16. Combinaciones de las cargas	36

Índice de Figuras

	Pag.
Figura 1. Modelo analítico en Revit (Fuente Revit)	21
Figura 2. Modelo de análisis en robot (Fuente robot)	22
Figura 3. Distribución de fuerzas laterales en la dirección x (Fuente robot structural)	25
Figura 4. Distribución de fuerzas en la dirección y (Fuente robot structural)	26
Figura 5. Espectro en la dirección X	27
Figura 6. Espectro en la dirección Y	28
Figura 7. Grafica de momentos de losa aligerada	31
Figura 8. Combinación de cargas	32
Figura 9. Viga de pórtico del eje 2	33
Figura 10. Distribución de acero longitudinal y transversal	33
Figura 11. Combinación de cargas manuales para diseño de columna	35
Figura 12. Dimensiones de columna de diseño	35
Figura 13. Diagrama de interacción de las combinaciones	36
Figura 14. Distribución de acero transversal	37
Figura 15. Combinación de cargas para diseño de zapata en robot Structural	38
Figura 16. Dimensiones de zapata excéntrica	38
Figura 17. Interacción de zapata con el suelo	39
Figura 18. Distribución de acero longitudinal y transversal	40
Figura 19. Diagrama del momento flector	41
Figura 20. Diagrama de fuerza cortante	43

RESUMEN

En nuestra región y en todo el país, hay un alto nivel de informalidad en la construcción de viviendas, debido principalmente al incorrecto diseño estructural y el desconocimiento de normas de construcción, por lo que este trabajo tiene como objetivo crear un diseño que sirva de referencia para futuros profesionales a la hora de desarrollar proyectos similares.

El proyecto planteado es una vivienda multifamiliar de concreto armado de 4 pisos con un área de terreno de 162.00 m² ubicado en el distrito de Alto selva Alegre de la ciudad de Arequipa. El 1er piso tiene una cochera, sala-comedor, cocina y 3 habitaciones; del segundo piso al cuarto piso son pisos típicos que tiene 4 habitaciones, sala-comedor, cocina y dos baños.

Se resolverá el problema “De qué manera el Análisis y diseño estructural utilizando Revit, permite mejorar el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos distrito de Alto Selva Alegre, Arequipa”, para ello en la primera parte realizaremos la ESTRUCTURACION DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES para uniformizar el diseño de la vivienda multifamiliar (con su respectivo predimensionamiento de los elementos estructurales); en la segunda parte estamos realizando el diseño y modelado de los elementos estructurales en Revit y en la tercera parte estamos realizando la interacción con Robot Structural, modelado, análisis y diseño en Robot Structural de la vivienda multifamiliar.

Para el análisis de la vivienda multifamiliar se buscó una distribución de los elementos estructurales para asegurar una rigidez adecuada en ambas direcciones (X y Y) para controlar los desplazamientos laterales y evitar problemas de torsión. Para el diseño de los elementos estructurales y la vivienda multifamiliar, seguimos los criterios de combinaciones de carga que sugiere el Reglamento Nacional de Edificaciones. Este proyecto se realizó cumpliendo las estipulaciones de los estándares de la Norma E.020, E.030 y E.060, respectivamente.

Palabras clave: Estructuración, predimensionamiento, modelo estructural, diseño.

ABSTRACT

In our region and throughout the country, there is a high level of informality in housing construction, primarily due to poor structural design and a lack of knowledge about construction standards; therefore, this work aims to create a design that can be used as a reference for future professionals when developing similar projects.

The proposed project is a 4-story reinforced concrete multifamily house with a land area of 162.00 m² located in the Alto selva Alegre district of the city of Arequipa. The 1st floor has a garage, living room, kitchen and 3 bedrooms; from the second floor to the fourth floor are typical floors that have 4 bedrooms, living room, kitchen and two bathrooms.

The problem will be solved "In what way the analysis and structural design using Revit, allows to improve the design of the four-story multifamily house in the Alto Selva Alegre district, Arequipa", for this in the first part we will carry out the STRUCTURATION OF THE STRUCTURAL ELEMENTS for standardize the design of the multifamily house (with its respective predimensioning of the structural elements); in the second part we are carrying out the design and modeling of the structural elements in Revit and in the third part we are carrying out the interaction with Robot Structural, modeling, analysis and design in Robot Structural of the multifamily house.

For the analysis of the multi-family dwelling, a distribution of the structural elements was sought to ensure adequate stiffness in both directions (X and Y) to control lateral displacements and avoid torsion problems. For the design of the structural elements and the multifamily housing, we follow the criteria of load combinations suggested by the National Building Regulations. This project was carried out in compliance with the stipulations of the standards of Standard E.020, E.030 and E.060, respectively.

Keywords: Structuring, predimensioning, structural model, design.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

Perú, como resultado de su ubicación geográfica es un país propenso a sufrir movimientos sísmicos constantes por pertenecer a la zona del cinturón de Fuego. Así lo demuestran los numerosos terremotos acontecidos históricamente. Los terremotos de moderada a alta intensidad que ocasionaron considerables daños a nuestras infraestructuras en otras ocasiones logró colapsar muchas viviendas.

La mayoría de las veces, la pérdida de vida humana causada por los acontecimientos sísmicos es el resultado del colapso de algunas edificaciones. Como resultado de un diseño estructural inadecuado. (Gonzales y Albareda, 2014, p.26). En la Norma Peruana de Diseño Sísmico E.030 establece: “La infraestructura no debe colapsar ni provocar daños graves a las personas, aunque puede presentar daños considerables, debido a movimientos sísmicos clasificados como severos para el sitio del proyecto. (Norma E-030, 2016, p.5).

Existe una gran parte de informalidad en la construcción de viviendas en nuestra región y en todo el país; debido principalmente a un inadecuado diseño estructural y desconocimiento por parte de los constructores; por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo crear un diseño que sirva de referencia para los futuros profesionales en el desarrollo de proyectos similares.

Por otro lado, es necesario construir edificios resistentes al sismo que se adhieran a normas de alta calidad y estén diseñados utilizando metodologías modernas y eficaces para abordar este problema existente. La solución a este problema es aplicar metodologías innovadoras de diseño que prioricen flujos de proyectos eficientes.

1.2 Planteamiento del problema

En nuestro país, hay un alto nivel de construcción tradicional de las viviendas de albañilería, que se debe en gran medida a un mal diseño estructural; por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo crear un diseño que sirva de referencia para futuros profesionales a la hora de desarrollar proyectos similares.

Se pretende llevar a cabo el diseño de acuerdo con las Normas Técnicas de Edificaciones E.020, E.030 y E.060, Conjuntamente con las demás normas vigentes de infraestructuras.

1.3 Formulación del problema

Lo antes mencionado nos hace plantear el siguiente problema de investigación:

1.3.1 Problema general

- ¿De qué manera el Análisis y diseño estructural utilizando Revit, permite mejorar el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos en el distrito de Alto Selva Alegre, Arequipa?

1.3.2 Problema específico

- ¿De qué manera el análisis estructural utilizando Revit-Robot permite mejorar el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos, en el distrito de Alto Selva Alegre?
- ¿Cómo la utilización del Revit-Robot permite realizar el diseño estructural de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos en el distrito de Alto Selva Alegre?

1.4 Justificación de la investigación

Como indica Hernández, Fernández, & Baptista (2014), la justificación de una investigación explica la razón y su finalidad que ésta persigue. La presente investigación se justifica:

En cuanto al aspecto teórico la investigación genera valor, ya que, después de realizado la investigación, generara teorías y planteamientos relacionados a la Variable del análisis y diseño de estructural de una edificación de cuatro pisos, mediante la aplicación de la metodología BIM, logrando contribuir a la ciencia,

sirviendo así la presente investigación como referente para explicar la relación entre las formulaciones.

En cuanto a la justificación metodológica, el estudio tiene utilidad ya que esta investigación es relevante, debido que se va a analizar un problema, y va a ser resuelto a través de la aplicación del método científico para la investigación, generando así, hipótesis y planteamientos a partir del problema de estudio, las cuales, van a ser resueltas a través de análisis técnicos y la posterior implementación de recolección de datos.

Finalmente, en cuanto a la relevancia social, el presente estudio no solo sirve para el área académica, si no que puede ser aplicado en futuros proyectos, de índole gubernamental, así mismo, las edificaciones de varios pisos, se caractericen por ser de calidad, con amplia durabilidad y estructuras antisísmicas.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Realizar el Análisis y diseño estructural utilizando Revit, para mejorar el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos en el distrito del Alto Selva Alegre, Arequipa

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar el análisis estructural utilizando Revit-Robot para mejorar el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos, en el distrito de Alto Selva Alegre.
- Utilizar Revit-Robot para realizar el diseño estructural de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos en el distrito de Alto Selva Alegre.

1.6 Hipótesis

La hipótesis a demostrar es diseñar una unidad de vivienda multifamiliar de manera que el resultado sea adecuado y económico, al tiempo que se cumplan los requisitos mínimos de rigidez y resistencia especificados en los Reglamentos Nacionales de Construcción actuales: La Norma Técnica E.060 de concreto armado publicada en el 2009, seguida de la Norma Técnica E.030 de diseño resistente al sismo en 2018 y la Norma Técnica E.020 de cargas en 2019.

1.6.1 Hipótesis general

- El Análisis y diseño estructural utilizando Revit, mejora el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos en el distrito del Alto Selva Alegre, Arequipa

1.6.2 Hipótesis específicas

- El análisis estructural utilizando Revit-Robot permite optimizar el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos, en el distrito de Alto Selva Alegre
- Utilización de Revit-Robot permite realizar el modelamiento del diseño estructural de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos en el distrito de Alto Selva Alegre.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel Internacional

Dando inicio a los estudios internacionales, consideramos a Chacón y Cuervo, (2017) quienes realizaron un estudio sobre Implementación de la metodología BIM para elaborar proyectos mediante el software Revit. La investigación empleó un enfoque descriptivo, de análisis documental basado en la bibliografía. El proceso de recolección de datos se realizó en dos etapas. Los primeros autores adquirieron una comprensión de cómo funciona el software mediante la observación directa de material audiovisual, impreso y electrónico. Se utilizó una segunda etapa para realizar una búsqueda y evaluación de fuentes bibliográficas. La primera fase evaluó el estado del conocimiento en relación con la tecnología BIM. La segunda fase identificó los métodos disponibles para aprender el software Revit. Como tercera fase, se estableció una guía multimedia básica para elaborar un modelo 3D de Revit. Finalmente, se concluyó que Revit es una herramienta extremadamente potente y un componente importante para crear un modelo BIM porque permite la modelización de un proyecto utilizando planos y elementos parametrizados conocidos como familias que contienen datos como dimensiones, resistencia, elementos físicos y costos.

Marcelo David Nieto Salas (2016), realizó una investigación donde su propósito principal es estudiar el manejo del software REVIT y su impacto en el modelado de información para la construcción de edificios en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, concientizando sobre la gestión del software REVIT y las diferentes herramientas inherentes al mismo, modelado de un modelo 3D. estructura mediante REVIT, Para completar este estudio, se presenta una propuesta arquitectónica que se someterá a un análisis y diseño estructural en colaboración con la ciudad en la que se construirá la estructura, todo lo cual tendrá en cuenta la designación de zona sísmica y los diversos parámetros de cálculo del edificio en consideración.

Posterior al estudio, se analiza la propuesta arquitectónica, se determinan los materiales utilizados para la construcción del edificio, se determinan los parámetros sísmicos del área y se elabora un diseño preliminar de la estructura, que contiene los parámetros necesarios. para el modelado estructural del edificio. Tomamos "REVIT" como el primer software con el que modelamos los elementos principales de nuestra estructura, como vigas y columnas, y luego transferimos esta estructura al software de análisis estructural "ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS" para su análisis apropiado.

Esto garantiza la validez y la viabilidad del uso del sistema BIM como herramienta para el análisis y la modelización estructural.

2.1.2. A nivel Nacional

Dando inicio a estudios nacionales, consideramos a Pumaricra, (2018) quien realizó una investigación para comparar la rentabilidad final de la construcción de un bloque de viviendas de diez plantas utilizando métodos tradicionales frente a la construcción de un bloque de viviendas de diez plantas utilizando la gestión BIM. El estudio analizó las dos primeras torres construidas dentro del condominio Paseo San Martín. La metodología utilizada fue comparar los resultados en cuanto al costo, tiempo, control documental y el cierre de subcontratos para la Torre I, que se construyó tradicionalmente y la Torre II, que se construyó utilizando la gestión BIM. El resultado fue un aumento del 1,39 % de la rentabilidad cuando se utilizó la gestión BIM en la construcción de la Torre II, en comparación con la metodología tradicional utilizada en la construcción de la Torre I. Se obtuvo una pérdida del 3,94% en la rentabilidad. Además, se identificó el mayor margen de beneficios en la Torre II como resultado de la gestión del BIM. finalmente, se aceptó la hipótesis de investigación: La gestión del BIM mejora la rentabilidad final de los bloques de viviendas de diez pisos en el distrito de San Martín de Porres.

Seguidamente Hernández, (2018) en su estudio tuvo como objetivo determinar el nivel de conocimiento de la constructibilidad de los proyectos de infraestructura en la Contraloría General de la República, Jesús María, como herramienta de apoyo el empleo de la metodología "Building Information Modeling". La investigación es de nivel descriptivo básica, de diseño no experimental, descriptivo transversal. Tuvo 55 trabajadores como muestra de las siguientes

gerencias: de Sector Vivienda, de Megaproyectos, de Sector Salud, de Desarrollo y el Departamento de Ingeniería de la Contraloría General de la República. Para la variable de constructibilidad de los proyectos de infraestructuras, se utilizó una técnica de encuesta utilizando un cuestionario. Según la investigación, tienen un alto nivel de conocimiento sobre la constructibilidad de los proyectos de infraestructuras en la Contraloría General de la República el 95% de los encuestados, mientras que el 5% tiene un nivel moderado y el 0% tiene un nivel bajo.

De igual forma Camac, (2015). Quien en su investigación tuvo como propósito proporcionar un método de solución para la localización de incompatibilidades entre planos estructurales y arquitectónicos mediante el desarrollo de un modelado 3D. Basado en la metodología BIM, esto mediante el uso de programas BIM, que incluyen: Autodesk Revit, ALLPLAN y Bentley BIM. A manera que concluye: "El empleo de un modelo 3D en Revit Architecture permite localizar y corregir las incompatibilidades de las características específicas de las estructuras y la arquitectura en la fase de diseño y en la fase de construcción, lo que es beneficioso para todo el proceso de construcción del proyecto".

2.1.3. A nivel Local

Dando inicio a estudios locales, consideramos a Chipana y Huillca, (2019) quienes en su investigación tuvieron como objetivo realizar un análisis y diseño del edificio MONTOYA SALAZAR de concreto armado de 1 semisótano + 6 pisos en AREQUIPA interactuando los programas REVIT y ROBOT ANALYSIS", se realizó el modelamiento inicialmente en Revit, que generó un modelo analítico con cargas asociadas; exportándose al robot estructural para su análisis y posterior diseño. Cada componente se modificó utilizando el software REVIT STRUCTURE para ajustarse a los desplazamientos relativos especificados en E030-2016 en preparación para su posterior actualización en el programa ROBOT STRUCTURAL. Una vez que los elementos fueron diseñados en el programa ROBOT, teníamos la opción de exportar el armado del elemento proporcionado por el programa ROBOT o el armado colocada en el modelo REVIT.

Finalmente, Vera, (2018) quien realizó una investigación con el objetivo de evaluar la confiabilidad estructural de la utilización de un modelo BIM de estructuras (S-BIM) para una edificación de albañilería confinada de 4 piso. Abordando el tema de la metodología BIM (Building Información de modelado), con el objetivo de aplicarlo especialmente a un proyecto de albañilería confinada para luego evaluar su fiabilidad estructural. Proporciona una información teórica de las características clave de las estructuras de albañilería confinada, la metodología BIM y las implicaciones de su uso en los proyectos de construcción. Se presenta una metodología para evaluar la fiabilidad de los resultados de los modelos de cálculo seleccionados para el proyecto seleccionado y para aplicar la metodología BIM al mismo; posteriormente se describen los procesos y los resultados de esta investigación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Metodología BIM (Building Information Modeling) a través del software Revit

Antes de desarrollar, es necesario citar algunas definiciones formuladas por distintos autores e involucrados en el tema. Asimismo, indicar que etimológicamente “BIM” proviene de su acrónimo en inglés “Building Information Modeling”, lo cual es traducido al español como “Modelo de la Información de la Edificación”.

Según Cerdán, Begoña, Hayas, y López (2016), El BIM es una metodología de trabajo colaborativo que utiliza herramientas informáticas para documentar todo el ciclo de vida de un edificio y sus infraestructuras con el fin de crear un único repositorio que contiene toda la información relevante para todos los agentes vinculados.

Por el Otro Lado, Reyes, Cordero, y Candelario (2016) se refieren a un coherente conjunto de metodologías BIM y Revit para el desarrollo y el control de una obra basada en BIM. Utilizar una o varias bases de datos compatibles que contienen toda la información sobre el edificio que se va a diseñar o construir; comenzando por los conceptos fundamentales de Revit y las herramientas de trabajo, que se definen por el uso coordinado, coherente, computable y continuado de la información.

Esto permite a los integrantes en el proyecto diseñar, analizar, secuenciar y explorar un proyecto en un entorno digital en el que los cambios son mucho menos costosos que durante la ejecución del proyecto, en el que las modificaciones son exponencialmente más costosas.

2.2.2. Revit

De acuerdo a lo desarrollado por Chacón y Cuervo, (2017) definen a Revit como un software de modelización de información desarrollado por Autodesk para ingenieros estructurales, arquitectos, ingenieros MEP, diseñadores y contratistas. Permite a los usuarios crear modelos en 3D de edificios, estructuras y sus componentes, así como acceder a los datos de construcción de la base de datos de modelos de edificios.

Los usuarios pueden manipular edificios o formas 3D individuales ya que el entorno de trabajo del software Revit les permite, además se pueden utilizar con objetos sólidos prefabricados o modelos geométricos importados.

Asimismo, Chacón y Cuervo (2017) señalan que entre las funciones de trabajo más importantes de Revit se pueden mencionar:

- **Componentes de diseño y construcción:** el programa cuenta con herramientas para diseñar el edificio desde su conceptualización hasta la planimetría constructiva.
- **Perspectivas y secciones:** le permite analizar y mostrar todos los ángulos de construcción desde diferentes perspectivas, incluidas elevaciones, vistas en sección, cortes y secciones.
- **Modelo de proyecto integrado:** cuenta con una serie de herramientas para la coordinación de las distintas áreas del proyecto, sus documentos e información relacionada. Cree referencias de dibujo automáticas, calcule costos, permita cambiar la geometría con solo ingresar números, coordine versiones para que todos los datos, gráficos, detalles y dibujos se actualicen en todas partes.
- **Modelado del terreno y el exterior:** Permite la planificación del edificio teniendo en cuenta el contexto externo con herramientas para incorporar la topografía del terreno.
- **Ambiente de trabajo multidisciplinario:** diferentes equipos pueden trabajar en un mismo edificio al mismo tiempo y el programa coordina todos los cambios realizados.
- **Presentación y visualización:** Tiene un render incorporado que incluye puertas, ventanas y tragaluces en sus cálculos para simular condiciones de iluminación natural.

2.2.3. Interoperabilidad del software Revit con otros softwares

El concepto de interoperabilidad se relaciona con el traspaso de datos entre programas computacionales.

Chacón y Cuervo, (2017) argumentan que, a pesar de ser un software de representación, Revit es uno de los mejores programas BIM disponibles, ya que permite el intercambio de información o la interoperabilidad con otros softwares, herramientas y aplicaciones.

Como un ejemplo, considere la posibilidad de integración de Revit con estructurales de análisis de herramientas tales como Autodesk Robot estructurales Analysis o de CSI Etabs.

2.2.3.1. Robot Structural Analysis Professional

Autodesk Robot Structural Analysis profesional es la mejor Herramienta de cálculo, diseño, y simulación de ESTRUCTURAS en Nivel Internacional. Inicialmente disponible en países tales como los Estados Unidos de América, el Reino Unido, Holanda, China, Australia, Francia, Alemania, árabes, Chile, y más recientemente en Perú.

- Utiliza la tecnología MEF para el cálculo y el diseño de estructuras utilizando elementos finitos, lo que permite el análisis de la estructura en su conjunto, así como la disección y el análisis de componentes estructurales por partes específicos de la Facultad de Ingeniería Civil.
- Tiene la mayor capacidad de procesamiento y análisis del mercado en este sentido superando a muchos otros programas, lo que es una ventaja significativa en términos de ahorro de tiempo y fiabilidad de los resultados.

2.3. Enfoques conceptuales

2.3.1. Análisis estructural

Por un lado, de acuerdo a La Revista Arqhys (2012), define el análisis como el estudio del comportamiento de una estructura. Aquí, la estructura es información, y su análisis revela cómo funciona en diversas condiciones.

2.3.2. Diseño Estructural

Por otro lado, La Revista Arqhys (2012), El término "diseño de estructuras" se refiere al amplio proceso por el que se define una estructura. La estructura es desconocida, y los datos incluyen los requisitos estructurales, el tipo de edificio, las alturas de los elementos y las restricciones sobre su ubicación.

2.3.2.1. Elementos del diseño de Estructuras

Asimismo, la Revista Arqhys (2012), menciona que, en el diseño de toda estructura, se pueden identificar los siguientes elementos:

- **Análisis.** Esto se conseguirá mediante el uso de programas informáticos que emplean el método de rigidez y proporcionan los traslados de los miembros y elementos mecánicos.
- **Diseño.** Las dimensiones y los ensamblajes de los miembros se proporcionan basándose en los elementos mecánicos del análisis.
- **Estructuración.** Cuando sea necesario, se creará una estructura preliminar, que indicará la ubicación y las dimensiones de los elementos estructurales que permitirán perfeccionar el proyecto arquitectónico.
- **Memoria de cálculo.** Se discute la memoria de cálculo descriptiva de la estructura, incluyendo las cargas muertas y vivas utilizadas, así como ejemplos de diseño.

2.3.2.2. Diseño Estructural de Elementos de Concreto Armado

Según Ayala (2017), el diseño de un edificio implica dos etapas fundamentales: el diseño preliminar o el diseño preliminar, que se basa en la definición de las formas y características de los entornos de construcción de acuerdo con las necesidades y deseos del cliente. En esta etapa, el arquitecto describe una distribución de los ambientes y solicita la opinión del cliente; una vez definido el diseño arquitectónico, la siguiente etapa es el desarrollo del estudio final del proyecto, que incluye el diseño final del edificio, así como las formas y dimensiones de los elementos del edificio.

El diseño final implica al arquitecto, al ingeniero civil, al ingeniero sanitario y al ingeniero eléctrico; cada uno en sus respectivas especialidades, pero trabajando juntos para garantizar que los elementos diseñados para sus respectivas especialidades dan lugar a un diseño funcional y construible sin complicaciones.

Es por ello que Ayala (2017) señala que el sistema estructural se puede simplificar en los siguientes elementos:

- **Fundación,** que permite que el edificio se apoye de forma segura en el suelo y que transfiera todo el peso del edificio.
- **Columnas,** elementos verticales que toman la carga del edificio a través de las vigas y la transfieren al piso de la cimentación a través de las cimentaciones.
- **Losas,** generalmente horizontales, para soportar la carga de equipos de construcción y personas.

- **Vigas**, que delimitan las losas y trasladan las cargas a las columnas.

2.3.3. Revit

Es un software de modelado de información para arquitectos, ingenieros estructurales, ingenieros MEP, diseñadores y contratistas. (Chacón & Cuervo, 2017)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación corresponde al tipo exploratorio-descriptivo, debido a que la investigación permitirá proveer de referencias generales sobre un tema que no ha sido evaluado previamente, requiriendo para ello de la observación directa e indirecta. Así mismo, la investigación, a partir de su desarrollo permitirá el descubrimiento de un nuevo contexto sin la necesidad de inferir sobre ella, y haciendo uso de técnicas cuantitativas para poder resolverla.

En tanto, según como plantea Hernández, Fernández, & Baptista (2014), el presente trabajo de investigación es de tipo aplicada, ya que, su objetivo es utilizar diferentes conocimientos, antecedentes de investigaciones de tipo básica, con la finalidad de, buscar la solución de un problema latente, en concreto, un problema prioritario en la rama de la ingeniería estructural.

Así mismo, los resultados que se obtengan de la presente investigación serán tomado como referencia para futuras investigaciones de la especialidad en mención.

3.1.2. Diseño de investigación

Corresponde a un diseño de investigación de campo, dado que este será ejecutado en un ambiente natural en el que no habrá manipulación de las variables.

De acuerdo a la metodología propuesta por Hernández, Fernández, & Baptista (2014), el presente trabajo de investigación es no experimental, ya que, no se van a realizar alguna modificación de las características propias del estudio, haciendo prevalecer la condición inicial, limitando el estudio a dichas condiciones iniciales. Además, este trabajo de investigación presenta un diseño transversal, ya que, este se llevará a cabo en un momento único en el tiempo, manteniendo la fidelidad y legitimidad de la información recolectada.

Así mismo, cabe indicar que la población de estudio está representada por los edificios de concreto armado, y la muestra por el edificio de cuatro pisos de concreto armado.

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable independiente: Análisis y diseño estructural utilizando Revit

Variable dependiente: Mejorar la vivienda multifamiliar de cuatro pisos

Operacionalización de variables:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
VI: Análisis y diseño estructural utilizando Revit	Es el comportamiento de la estructura en la aplicación, únicamente, de cargas sísmicas en el modelado, y aplicación de criterios sismorresistentes al análisis, y diseño de estructuras con el fin de resistir carga sísmica, los cuales puedan ser, leves o severas. Este conjunto de herramientas de trabajo caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar.	Se refiere a trasladar la información y los datos proporcionados por un plano arquitectónico a un programa especializado que permita realizar un análisis estructural sismo resistente a fin de proporcionar seguridad y confiabilidad para que la estructura cumpla su función o propósito. Busca optimizar el proceso de trabajo en la realización de las fases de conceptualización, diseño, modelación, ejecución. Su principal objetivo es modelar y representar la estructura con información, en una base de datos e integrar las disciplinas que sean consideradas en el proyecto.	Interoperabilidad del software Revit con otros softwares	Transferencia de la información del modelo	Intervalo
			Modelación de la estructura	REVIT Structure	
			Evaluación del Revit-Robot Structure	Verificación de resultados	
				Planos estructurales	
			Análisis estático y dinámico de la estructura en Robot Structural	Modelamiento estructural del edificio.	
				Comprobación de desplazamiento lateral según la norma E-030	
				Pre dimensionamiento de elementos estructurales.	
Estructuración y Predimensionamiento	Luces, dimensionamiento de las losas, vigas , columnas , muros estructurales y zapatas				

VD: Mejorar la vivienda multifamiliar de cuatro pisos	<p>Es el análisis del comportamiento de la vivienda multifamiliar con la finalidad de proponer un diseño que mejore la seguridad y calidad de vida de los ocupantes, proporcionando los espacios adecuados, infraestructura cómoda y segura, así como, una vivienda multifamiliar de crecimiento vertical que ayude a mitigar el crecimiento poblacional. El concepto Calidad de Vida ha tomado gran importancia en los últimos tiempos, esto ha generado la realización de estudios en diferentes áreas, disciplinas</p>	<p>Este concepto busca ahondar las herramientas de modelación y diseño para el aprovechamiento del terreno de la vivienda multifamiliar; que nos proporcionan mediante un análisis estructural sismo resistente mejorar el diseño estructural dándonos seguridad y confiabilidad para que la estructura cumpla su función o propósito.</p>	Configuración en planta	Forma de la estructura	Nominal
			Modelación y diseño	Seguridad y Confiabilidad	
			Edificación	Fuerzas actuantes	

3.3. Población, muestra

3.3.1. Población

Es la recopilación de todos los casos que satisfacen un conjunto de especificaciones. Los individuos deben estar situado claramente de acuerdo a sus características de contenido o forma, de lugar y en el tiempo.” (2014) (Hernández, Fernández y Batista, p174). La población en este estudio es idéntica a la muestra.

Para esta investigación se considera a la población, la vivienda del distrito de Alto Selva Alegre de Arequipa.

3.3.2. Muestra

Es un subconjunto de la población, y hay procedimientos para determinar la cantidad de cada elemento a estudiar utilizando fórmulas establecidas para cada elemento y la delimitar de cada elemento utilizando criterios de inclusión y exclusión determinados por cada investigador.

La muestra estará formada por individuos que cumplan los siguientes criterios:

Criterios de Inclusión:

- Viviendas construidas dentro de la zonificación establecido por la Norma E.030 en el distrito de Alto Selva Alegre. (Z = 4)
- Considerar un área del terreno construido de 164 m² como mínimo y máximo
- Viviendas techadas en el último nivel

Criterios de Exclusión:

- Viviendas que excedan el máximo nivel de pisos de acuerdo con la zonificación 4 establecido por la Norma E.030 en el distrito de Alto Selva Alegre.
- Viviendas con un área de terreno construido mayor a los 164 m².
- Viviendas que no estén techadas en el último nivel

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Por su parte, Salazar y Prado (2013) señalan que la implementación se da luego de todo el proceso de investigación en otros términos la recolección de información, donde se realiza la previa planificación que será importante en la fase de investigación.

3.4.1. Técnica de recolección de datos

La técnica de observación directa se utilizó para reunir viviendas multifamiliares en P.J. Independencia del distrito de Alto Selva Alegre que mostraban las características de los edificios de 4 niveles con una superficie construida de 164m², estudio mecánica del suelo para cimentación E-050-2018, análisis sísmico según el estándar de la norma Peruana E.030-2018, Diseño estructural del edificio según el estándar de la norma E.060, y BIM a través del software Revit para la elaboración del Diseño Estructural Sismorresistente de un edificio.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados fueron la Norma técnica peruana, el curso virtual SAP, Microsoft Excel para los cálculos y el desarrollo de tablas, AutoCAD para el dibujo de planos y BIM a través de Revit para el proceso de modelado del diseño estructural.

3.5. Procedimientos

Para concretar los objetivos de esta investigación se realizó el modelamiento en los softwares Revit y analizados posteriormente en Robot structural para determinar sus diferentes desplazamientos similitudes.

3.6. Métodos de análisis de datos

- Se obtuvo las dimensiones de los elementos estructurales del edificio mediante el programa Robot structural.
- Se obtuvieron los resultados de las cortantes basales con el programa Robot structural de la vivienda multifamiliar.
- Conseguimos los resultados que existen entre los periodos de vibración del edificio mediante el programa Robot structural.
- Se realizó el análisis estructural mediante el programa Robot structural.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto se desarrolló de forma independiente y transparente, adhiriéndose a las normas de ética del ingeniero civil peruano. comprobando la validez y la fiabilidad de las herramientas utilizadas para el respectivo análisis y diseño. rigiéndonos con los Reglamentos de Edificaciones, así como los resultados obtenidos en este trabajo, no presenta manipulación de ninguna manera.

CAPÍTULO IV

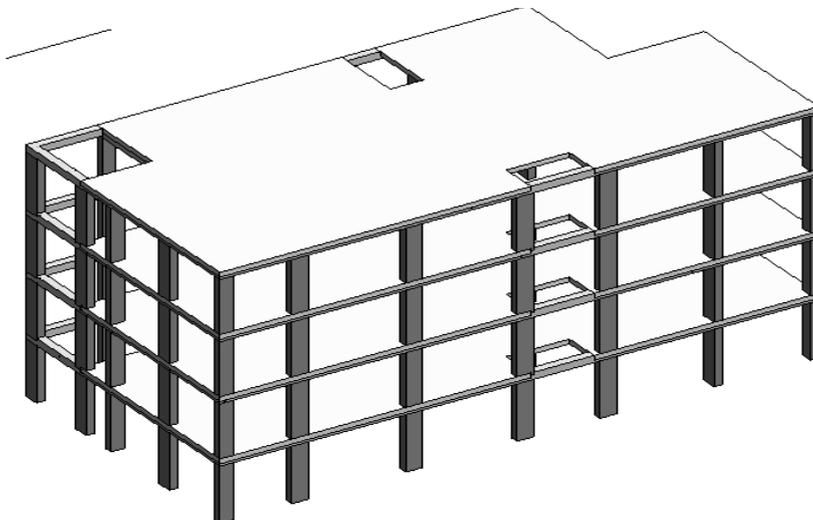
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS

4.1. Creación de diseño estructural

El modelo de la estructura está compuesto por una serie de elementos estructurales. Estos son: pilares estructurales, elementos de armazón estructural (como vigas), suelos estructurales (como la losa aligerada), muros estructurales.

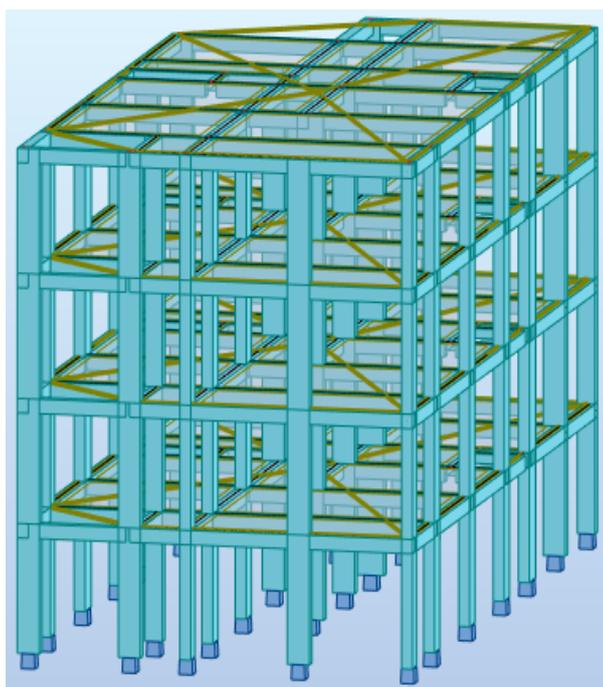
Figura 1. *Modelo analítico en Revit (Fuente Revit)*



4.2. Modelo analítico

El modelo analítico de la estructura es el para análisis en robot estructural con sus elementos estructurales. En el cual se procedió a colocar las cargas principales como son la carga muerta y la carga viva la cual se detalló en anexos. Una vez colocado las cargas en robot estructural se empieza el Análisis.

Figura 2. Modelo de análisis en robot (Fuente robot)



4.2.1. Análisis sísmico estático:

4.2.1.1. Regularidad estructural

Tabla 1. Verificación en Irregularidad de Rigidez - Piso Blando, Dirección

X

Planta	Ux (mm)	Dr Ux(mm)	Kx	0.7(Kx+1)	Condición < 70%	$0.8(\sum K_{x+1})/3$	Condición < 80%
1er PISO	1.5516	1.5516	42806.65	22306	Regular	22480.02153	Regular
2do PISO	3.0321	1.4805	31865.71	20705.97	Regular		
3er PISO	4.0258	0.9937	29579.96	15998.09	Regular		
4to PISO	4.5338	0.508	22854.41				

Y
Tabla 2. Verificación en Irregularidad de Rigidez - Piso Blando, Dirección

Planta	Uy (mm)	Dr Uy(mm)	Ky	0.7(Kx+1)	Condición < 70%	0.8(ΣKx+1)/3	Condición < 80%
1er PISO	1.8409	1.8409	48106.59	38913.69	Regular	31817.0234	Regular
2do PISO	3.5121	1.6712	55590.99	24755.81	Regular		
3er PISO	4.6203	1.1082	35365.44	19850.19	Regular		
4to PISO	5.1662	0.5459	28357.41				

En las tablas se puede identificar el porcentaje obtenido de las rigideces con respecto al entrepiso superiores, estas superan el 70% y 80% indicado en la norma E.030-2018. Esto indica que no existe Irregularidad en planta.

Tabla 3. Verificación en Irregularidad de Rigidez - Piso Débil

Dirección X-X				Dirección Y-Y			
Planta	ΣVc	0.8ΣVc+1	Condición < 80%	Planta	ΣVc	0.8ΣVc+1	Condición < 80%
1er PISO	34500	27600	Regular	1er PISO	34500	27600	Regular
2do PISO	34500	27600	Regular	2do PISO	34500	27600	Regular
3er PISO	34500	27600	Regular	3er PISO	34500	27600	Regular
4to PISO	34500			4to PISO	34500		

En la tabla se observa que no hay irregularidad de resistencia de Piso Débil en las dos direcciones como lo estipula la norma frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior, (NTE E.030, 2018).

Tabla 4. Verificación de Esquinas Entrantes

PLANTA	Lh(m)	Lv(m)	LT.VERTICAL	LT.HORIZONTAL	DIRECCIÓN		CONTROL >20%
					X	Y	
1er PISO	3.7	2.9	9	18	SI	NO	NO CUMPLE
2do PISO	3.7	2.9	9	18	SI	NO	NO CUMPLE
3er PISO	3.7	2.9	9	18	SI	NO	NO CUMPLE
4to PISO	3.7	2.9	9	18	SI	NO	NO CUMPLE

La estructura se califica como irregular al presentar esquinas entrantes cuando las dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta como lo estipula la NTE E.030, 2018, entonces comprobando la verificación en la tabla N°14 no cumple los requisitos como irregular, entonces nuestra edificación vendría ser regular.

Tabla 5. Centro de masas y rigideces por niveles

PLANTA	Centro de Gravedad (CG)			Centro de Rigidez (CR)		
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
1er PISO	4.599	8.458	2.7	4.796	8.371	2.283
2do PISO	4.6	8.461	5.3	4.796	8.371	4.908
3er PISO	4.6	8.461	7.9	4.796	8.371	7.508
4to PISO	4.578	8.438	10.5	4.796	8.371	10.108

Como se puede observar en la tabla que el centro de masas y el centro de rigideces son similares, por lo que la configuración estructural es la adecuada para aminorar los efectos de torsión de la vivienda multifamiliar provocados por el sismo.

4.2.1.2. Fuerzas laterales

4.2.1.2.1. Fuerzas laterales en la dirección

Tabla 6. Distribución de fuerza laterales en la dirección x (Fuente robot structural)

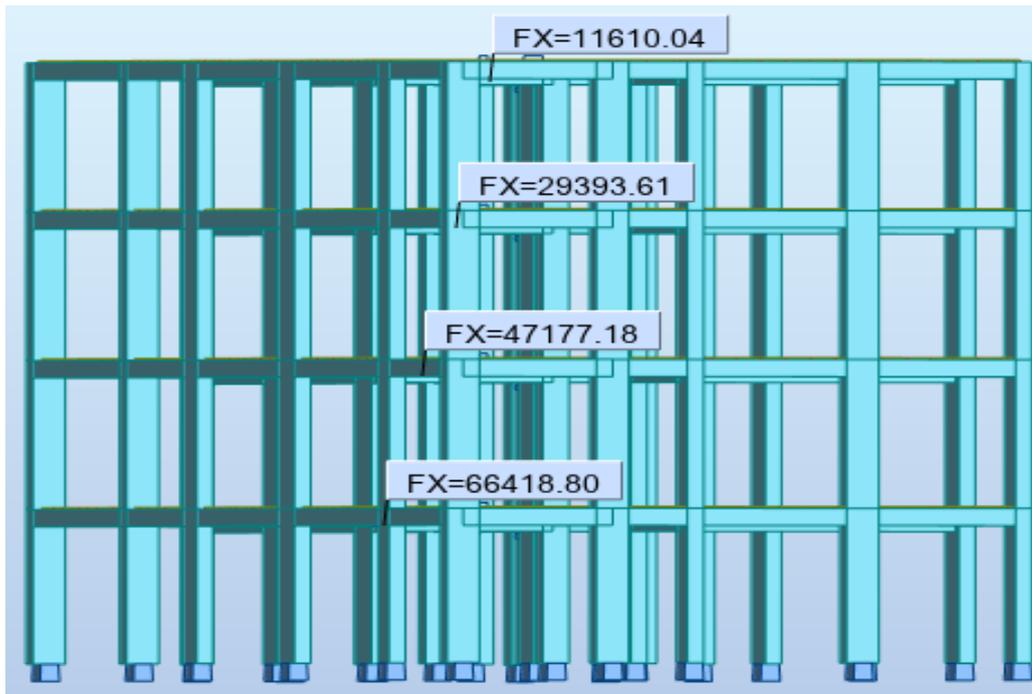
PLANTA	CM	CV	SERV=CM+CV	PS(SISMO)
1er piso	128028.6875	63678.125	191706.8125	143948.219
2do pios	127200.6875	62125	189325.6875	142731.938
3er piso	127200.6875	62125	189325.6875	142731.938
4to piso	94585.0625	15841.875	110426.9375	98545.5313

$$\Sigma=PS= 527957.625 \text{ Kg}$$

$$V_x = \left(\frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{8} \right) \times 527957.625$$

$$V_x = 66406.51 \text{ Kg}$$

Figura 3. Distribución de fuerzas laterales en la dirección x (Fuente robot structural)



Como se observa la cortante basal respecto al eje X y las fuerza lateral del primer piso de la figura extraída de robot structural son similares, lo que haría la fidelidad.

4.2.1.2.2. Fuerzas laterales en la dirección Y

Tabla 7. Distribución de fuerza laterales en la dirección y (Fuente robot structural)

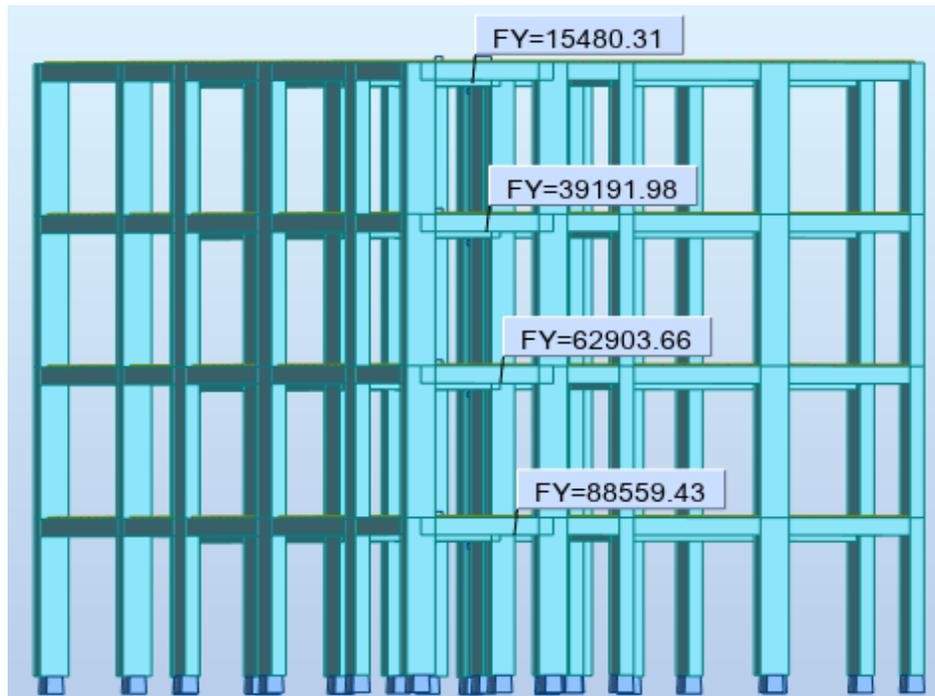
PLANTA	CM	CV	SERV=CM+CV	PS(SISMO)
1er piso	128028.6875	63678.125	191706.8125	143948.219
2do piso	127200.6875	62125	189325.6875	142731.938
3er piso	127200.6875	62125	189325.6875	142731.938
4to piso	94585.0625	15841.875	110426.9375	98545.5313

$$\Sigma=PS= 527957.625 \text{ Kgf}$$

$$V_y = \left(\frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{6} \right) \times 527957.625$$

$$V_y = 88543.77 \text{ Kgf}$$

Figura 4. Distribución de fuerzas en la dirección y (Fuente robot structural)



Como se observa la cortante basal respecto al eje Y y las fuerza lateral del primer piso de la figura extraída de robot structural son similares, lo que haría la fidelidad.

4.2.1.2. Control de desplazamientos laterales

Tabla 8. Desplazamientos en la dirección x

PLANTA	ALTURA Hi(mm)	COEFICIENTE R	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO RELATIVO	DISTORSION	DISTORSION DE ENTREPISOS	LIMITE DE DISTORSION DE ENTREPISO	CONTROL $\Delta \leq 0.007$
		Rx	Ux (mm)	Dr Ux(mm)	$Di=0.75R \cdot Dr Ux$	Di/Hi	°C ARMADO	
1er PISO	2700	8	1.5516	1.5516	9.3096	0.0034	0.007	CUMPLE
2do PISO	2600	8	3.0321	1.4805	8.883	0.0034	0.007	CUMPLE
3er PISO	2600	8	4.0258	0.9937	5.9622	0.0023	0.007	CUMPLE
4to PISO	2600	8	4.5338	0.508	3.048	0.0012	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9. Desplazamientos en la dirección Y

PLANTA	ALTURA Hi(mm)	COEFICIENTE R	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO RELATIVO	DISTORSION	DISTORSION DE ENTREPISOS	LIMITE DE DISTORSION DE ENTREPISO	CONTROL $\Delta \leq 0.007$
		Ry	Uy (mm)	Dr Uy(mm)	Di=0.75R.Dr Uy	Di/Hi	°C ARMADO	
1er PISO	2700	6	1.8409	1.8409	8.28405	0.0031	0.007	CUMPLE
2do PISO	2600	6	3.5121	1.6712	7.5204	0.0029	0.007	CUMPLE
3er PISO	2600	6	4.6203	1.1082	4.9869	0.0019	0.007	CUMPLE
4to PISO	2600	6	5.1662	0.5459	2.45655	0.0009	0.007	CUMPLE

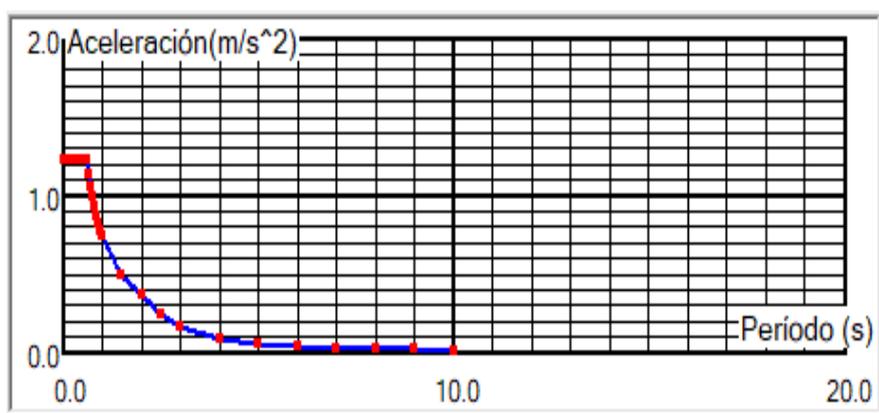
Fuente: Elaboración Propia.

Se observa las tablas de desplazamientos las distorsiones del entrepiso en el análisis tanto en la dirección X como en la dirección Y, se puede verificar que las distorsiones obtenidas son menores que el límite que permite la NTE E.030, 2018.

4.2.2. Análisis dinámico modal espectral:

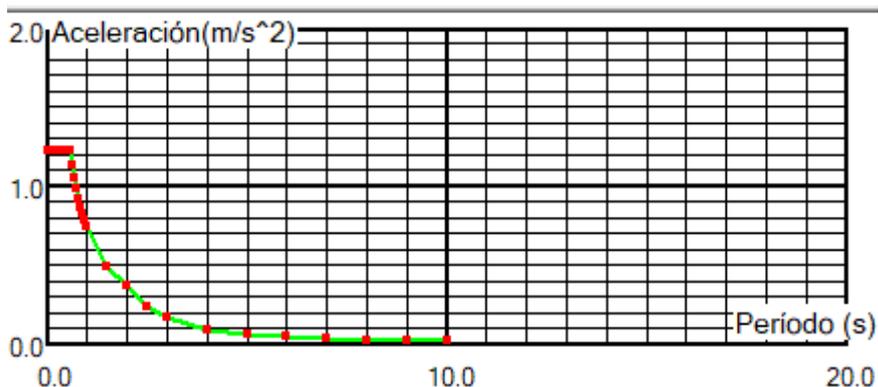
4.2.2.1. Espectros de diseño del proyecto

Figura 5. Espectro en la dirección X



Fuente: robot structural

Figura 6. Espectro en la dirección Y



Fuente: robot estructural

Como se observa los espectros de diseño en la dirección x como en la dirección Y, nos dan el modelado de cada modo respecto al periodo fundamental para su respectiva aceleración.

4.2.2.2. Modos y periodos:

Tabla 10. Modos, periodos y masa participativa

Caso	Dirección X-X		Dirección Y-Y	
	Periodos	Masa participante UX %	Periodos	Masa participante UY %
1	0.424301	86.405998	0.387475	87.52092
2	0.315687	0.052244	0.174139	0.000928
3	0.139724	10.170515	0.12897	9.454483
4	0.104291	0.000761	0.078526	2.477517
5	0.08329	2.721339	0.060398	0.542945
6	0.063123	0.603269	0.057576	0.002199
7	0.062728	0.045615	0.034749	0.000712
8	0.047637	0.000147	0.026516	0.000228
9	0.011592	0.000002	0.013004	0.000007
10	0.011392	0.000021	0.012875	0.00001
	$\Sigma = 99.999911$		$\Sigma = 99.999949$	

Fuente: robot estructural

En la tabla se observa el porcentaje de masas participativas en robot estructural el cual es superior al 90 %, que recomienda la NTE E.030, 2018.

4.2.2.3. Control de desplazamientos laterales

Tabla 11. Desplazamientos en la dirección X

PLANTA	ALTURA Hi(mm)	COEFICIENTE R	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO RELATIVO	DISTORSION	DISTORSION DE ENTREPISOS	LIMITE DE DISTORSION DE ENTREPISO	CONTROL $\Delta \leq 0.007$
		Rx	Ux (mm)	Dr Ux(mm)	Di=0.75R.Dr Ux	Di/Hi	°C ARMADO	
1er PISO	2700	8	1.3455	1.3455	8.073	0.0030	0.007	CUMPLE
2do PISO	2600	8	2.8269	1.4814	8.8884	0.0034	0.007	CUMPLE
3er PISO	2600	8	3.9517	1.1248	6.7488	0.0026	0.007	CUMPLE
4to PISO	2600	8	4.5771	0.6254	3.7524	0.0014	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Desplazamientos en la dirección Y

PLANTA	ALTURA Hi(mm)	COEFICIENTE R	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO RELATIVO	DISTORSION	DISTORSION DE ENTREPISOS	LIMITE DE DISTORSION DE ENTREPISO	CONTROL $\Delta \leq 0.007$
		Ry	Uy (mm)	Dr Uy(mm)	Di=0.75R.Dr Uy	Di/Hi	°C ARMADO	
1er PISO	2700	6	1.5857	1.5857	7.13565	0.0026	0.007	CUMPLE
2do PISO	2600	6	3.2214	1.6357	7.36065	0.0028	0.007	CUMPLE
3er PISO	2600	6	4.4202	1.1988	5.3946	0.0021	0.007	CUMPLE
4to PISO	2600	6	5.0328	0.6126	2.7567	0.0011	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Se observa las tablas de desplazamientos las distorsiones del entrepiso en el análisis tanto en la dirección X como en la dirección Y, se puede verificar que las distorsiones obtenidas son menores que el límite que permite la NTE E.030, 2018.

4.2.2.4. Verificación de la condición de cortante basal

Tabla 13. Verificación de cortante basal en la dirección X

EJE	PLANTA	ANALISIS		% REQUERIDO		% OPTENIDO	CONTROL
		ESTATICO	DINAMICO		<		
X CORTANTE BASAL	4to PISO	11610.04	16550.7	80%	<	143%	CUMPLE
	3er PISO	29393.61	34871.01	80%	<	119%	CUMPLE
	2do PISO	47177.18	47916.55	80%	<	102%	CUMPLE
	1er PISO	66418.8	54715.82	80%	<	82%	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Verificación de cortante basal en la dirección Y

EJE	PLANTA	ANALISIS		% REQUERIDO		% OPTENIDO	CONTROL
		ESTATICO	DINAMICO		<		
Y CORTANTE BASAL	4to PISO	15480.31	21763.93	80%	<	141%	CUMPLE
	3er PISO	39191.98	46446.02	80%	<	119%	CUMPLE
	2do PISO	62903.66	64286.54	80%	<	102%	CUMPLE
	1er PISO	88559.43	73799.28	80%	<	83%	CUMPLE

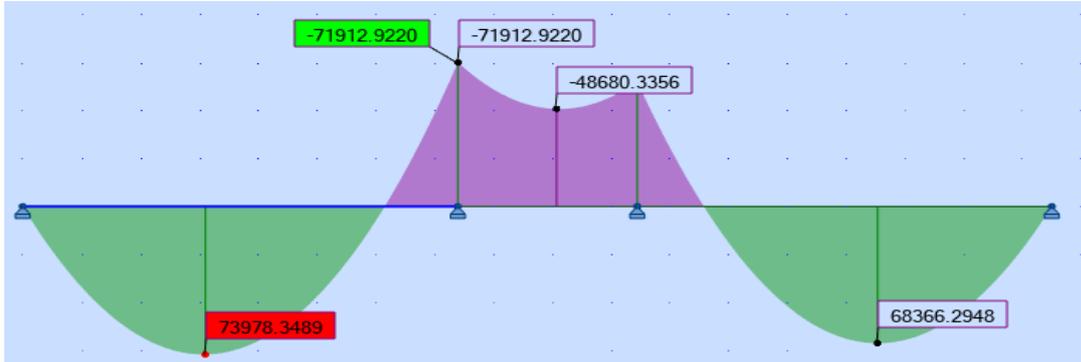
Fuente: Elaboración propia

4.3. Diseño de los elementos de concreto armado

Como se observa las tablas de cortante basal tanto la fuerza en la dirección X como en Y, estas fuerzas son del análisis en robot structural. Como menciona NTE E030, 2018. la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no puede ser menor que el 80% del valor calculado por el método estático para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares; se cumple el control de verificación de la NTP.

4.3.1. Diseño de Losa Aligerada

Figura 7. Grafica de momentos de losa aligerada



Fuente: robot structural

Se observa la gráfica de momentos de la vigueta, para su diseño fue considerado cargas de gravedad; debido que a la losa no le afectan fuerzas ni momentos sísmicos se amplificarán las cargas de acuerdo a la combinación: 1.4CM+1.7CV.

Tabla 15. Distribución de acero de zona de diseño de losa

EJE	A	CENTRO	C	C	CENTRO	D	D	CENTRO	F
b (cm)		10			10			10	
d (cm)		17			17			17	
Mu(-)Kgf*cm	0	0	71912.9	71912.9	48680.3	50985.8	50985.8	0	0
Mu(+)Kgf*cm	0	73978.35	0	0	0	0	0	68366.3	0
As(-)cm2			1.22	1.22	0.8	0.84	0.84		
As(+)cm2		1.63						1.63	
Varillas(-)			1 Ø1/2						
Varillas(+)		1 Ø1/2						1 Ø1/2	

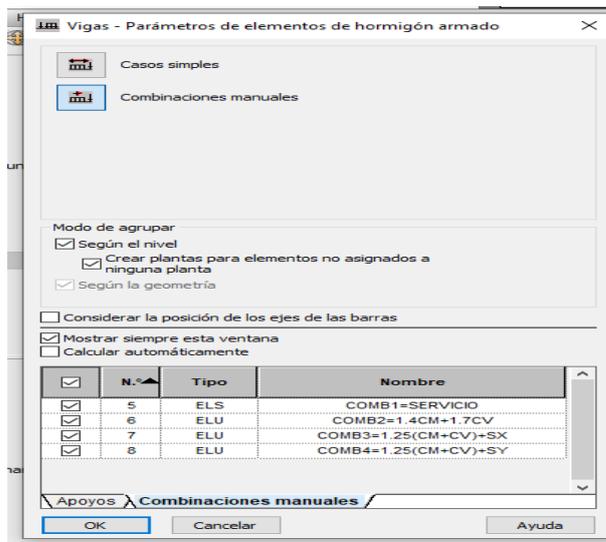
Fuente: Elaboración propia

4.3.1.1. Diseño de acero por Temperatura

$A_{st} = 0.0018bxh$ S_{esp} : Espaciamiento
h= 5 cm
 $A_{st} = 0.9 \text{ cm}^2$ $S_{esp} = \frac{As\phi xb}{As t}$
 $S_{esp} = 35.5556 \text{ cm}$ Acero $\emptyset 1/4 = 0.32 \text{ cm}^2$
Pero por norma el maximo espaciamento es 5h, por lo tanto $5(5)=25 \text{ cm}$
usar: 1/4" @ 0.25m

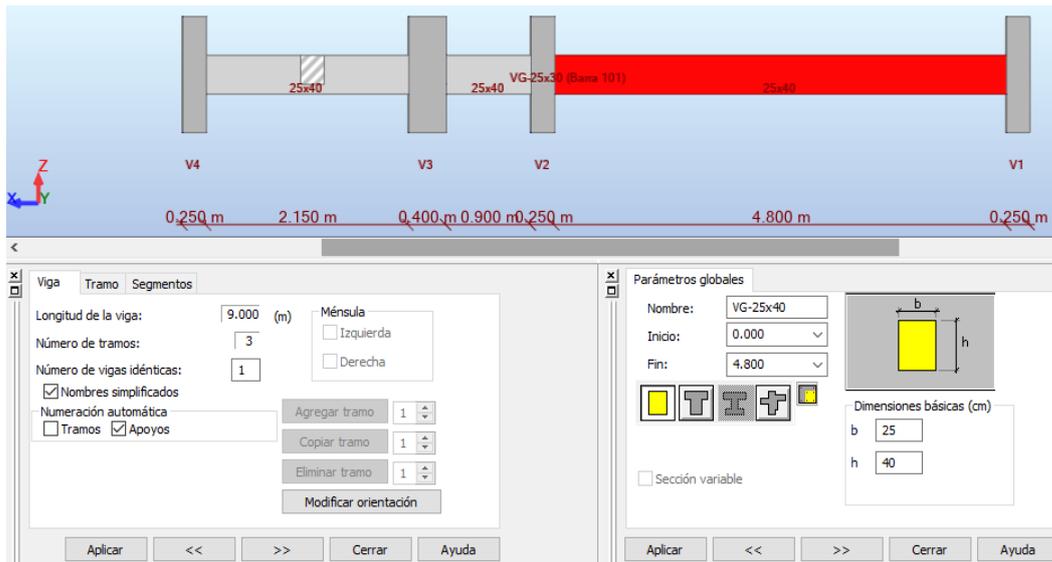
4.3.2. Diseño de vigas

Figura 8. Combinación de cargas



Fuente: robot Structural.

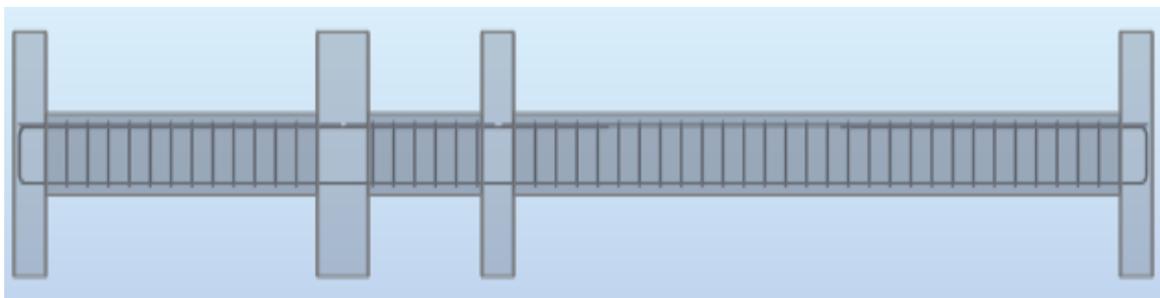
Figura 9. *Viga de pórtico del eje 2*



Fuente: robot Structural.

Para el diseño se tomará el eje 3 eje de las ordenadas, el cual consta de tres tramos como se observa en la figura, es una viga de 25 cm de base con un peralte de 40cm.

Figura 10. *Distribución de acero longitudinal y transversal*



Fuente: robot Structural.

Como se observa el armado de los estribos es automático, pero hay que tener cuidado ya que el diseño por corte del programa lo hace con el ACI 318-14, para nuestra viga la separación de estribos según robot structural:

- Tramo P1 de 0.25 a 5.050
- Areco longitudinal: (Inferior: $2\varnothing \#1/2"$ - Superior: $2\varnothing \#3/8$)
- Acero transversal: $\varnothing \#3/8$: $1*0.06 + 29*0.165(m)$
- Tramo P2 de 5.30 a 6.20
- Areco longitudinal: (Inferior: $2\varnothing \#1/2"$ - Superior: $2\varnothing \#3/8$)
- Acero transversal: $\varnothing \#3/8$: $1*0.037 + 5*0.165(m)$
- Tramo P3 de 6.60 a 8.750
- Areco longitudinal: (Inferior: $2\varnothing \#1/2"$ - Superior: $2\varnothing \#3/8$)
- Acero transversal: $\varnothing \#3/8$: $1*0.02 + 29*0.165(m)$

Observando la distribución de acero transversal de robot estructural que no es la adecuada, tomaremos como referencia nuestra NTP lo siguiente:

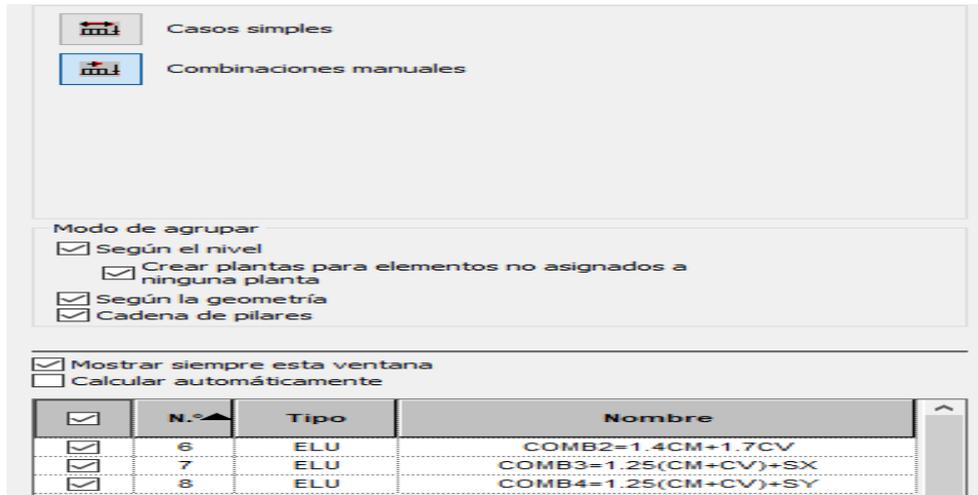
- a) Debe existir una zona de confinamiento igual a 2 veces el peralte, medido desde la cara del elemento.
- b) El 1° estribo debe ir a no más de 10mm
- c) La separación S_o de la zona de confinamiento no debe exceder al menor de:
 - $d/4$, pero no es necesario que el espaciamiento sea menor de 15 cm.
 - 10 veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro.
 - 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento
- d) La separación del tramo central debe de estar espaciados a no más de $0.5d$.

Por lo tanto, para nuestra viga su distribución del acero transversal será:

$\varnothing \#3/8$: $1@0.05 + 8@0.10 + 5@0.15 + 8@0.10 + \text{Rest.}@0.20$

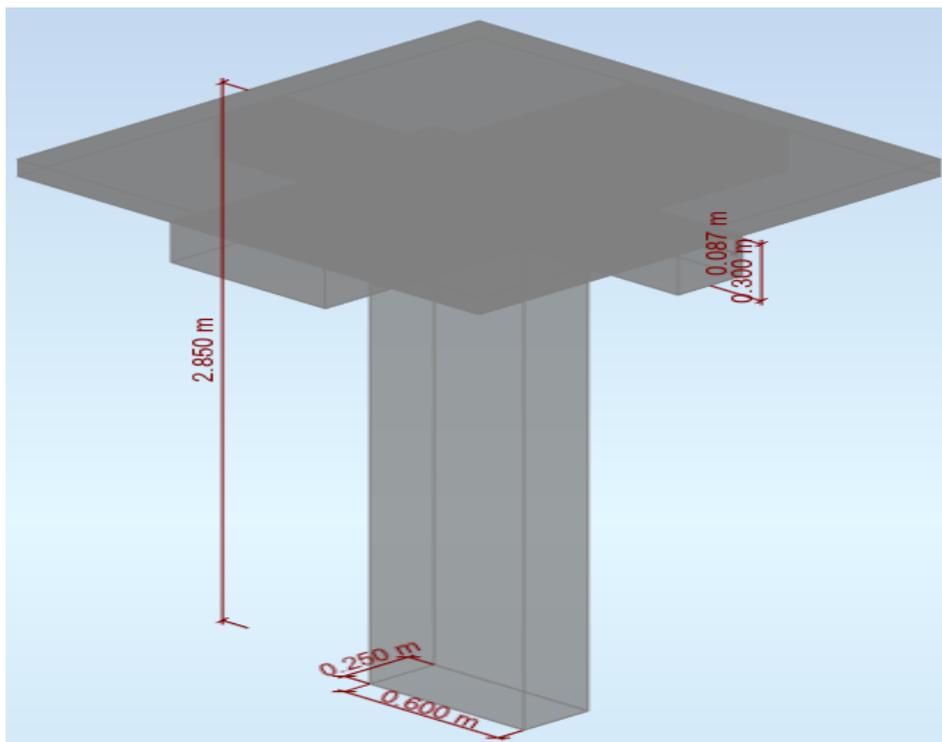
4.3.3. Diseño de columnas

Figura 11. Combinación de cargas manuales para diseño de columna



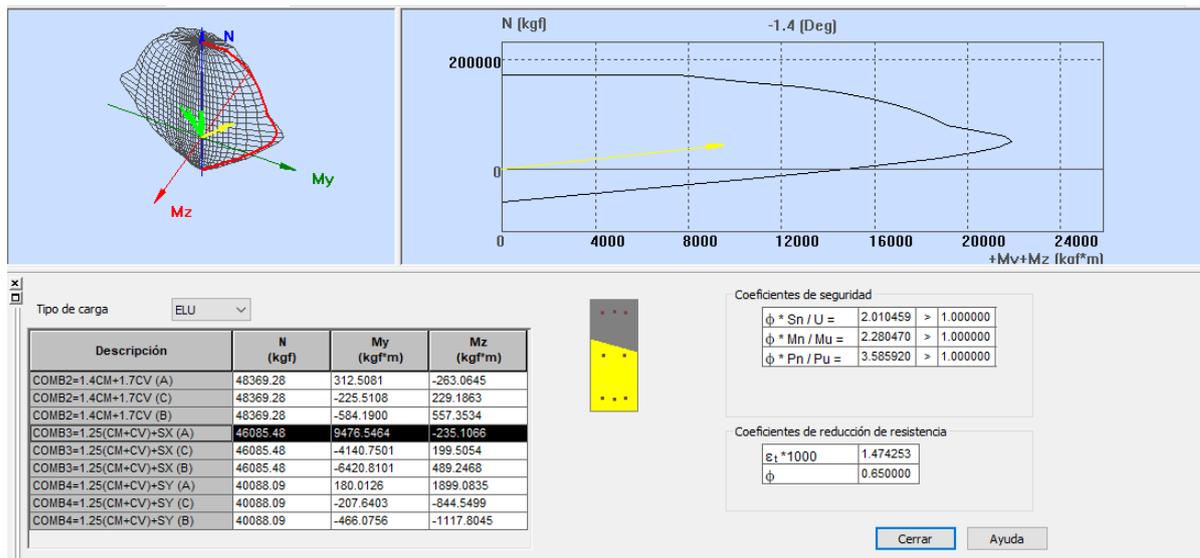
Fuente: robot Structural.

Figura 12. Dimensiones de columna de diseño



Fuente: robot Structural.

Figura 13. Diagrama de interacción de las combinaciones



Fuente: robot Structural.

Se observa el diagrama la interacción de acero para las diferentes combinaciones utilizando los diferentes casos de carga como se muestra a continuación:

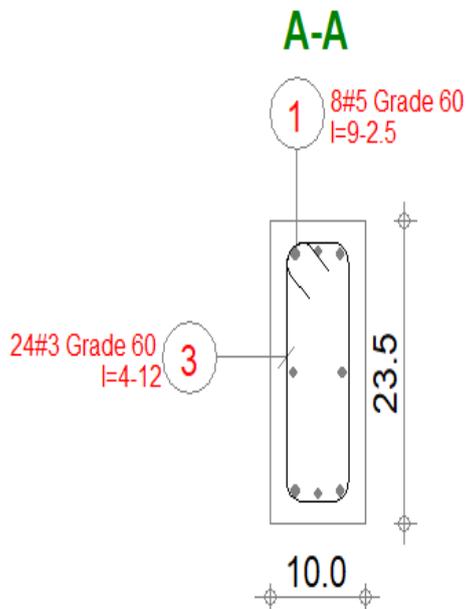
Tabla 16. Combinaciones de las cargas

CASOS	N _y	M _{uy}	M _{yl}	M _{yi}	M _{zu}	M _{zl}	M _{zi}
	kgf	Kgf*m	Kgf*m	Kgf*m	Kgf*m	Kgf*m	Kgf*m
COMB 2 = 1.4CM+1.7CV	48369.28	321.5081	-584.19	-225.518	-263.0645	557.3534	229.1863
COMB 3 = 1.25(CM+CV)+S _x	46085.48	9476.546	-6420.811	-4140.75	-235.1066	489.2468	199.5054
COMB 4 = 1.25(CM+CV)+Y _x	40088.09	180.0126	-466.0756	-207.6403	1899.084	-1117.805	-844.5499

Fuente: Elaboración propia

Entonces se puede decir que los valores de la combinación de momento nominal y carga nominal de mayor valor están dentro del área del diagrama, como se observa en el cuadro de la imagen esto indica que cumple efectivamente la distribución de los aceros planteados.

Figura 14. *Distribución de acero transversal*



Fuente: robot structural

Armadura de acero se observa:

Barras principales: 8 #5 (5/8")

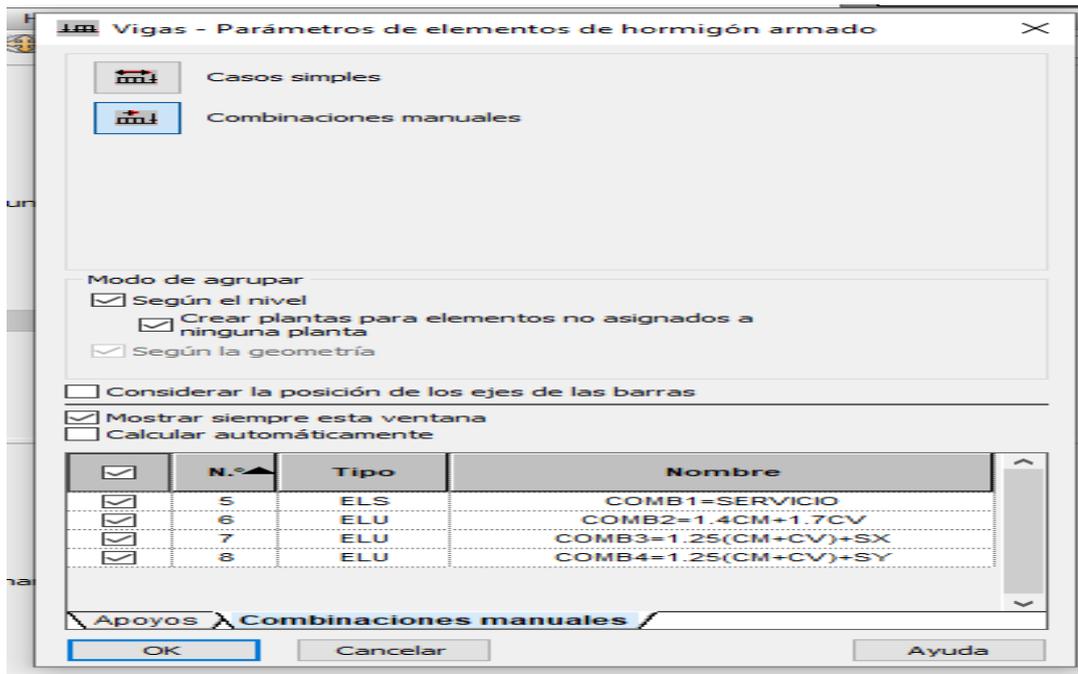
Armaduras transversales: Estribos 24 #3(3/8")

Ø #3/8: 1@0.05 + 9@0.10 + 1@0.11 +3@ 0.15 +Rest.@0.20

4.3.3. Diseño de zapatas

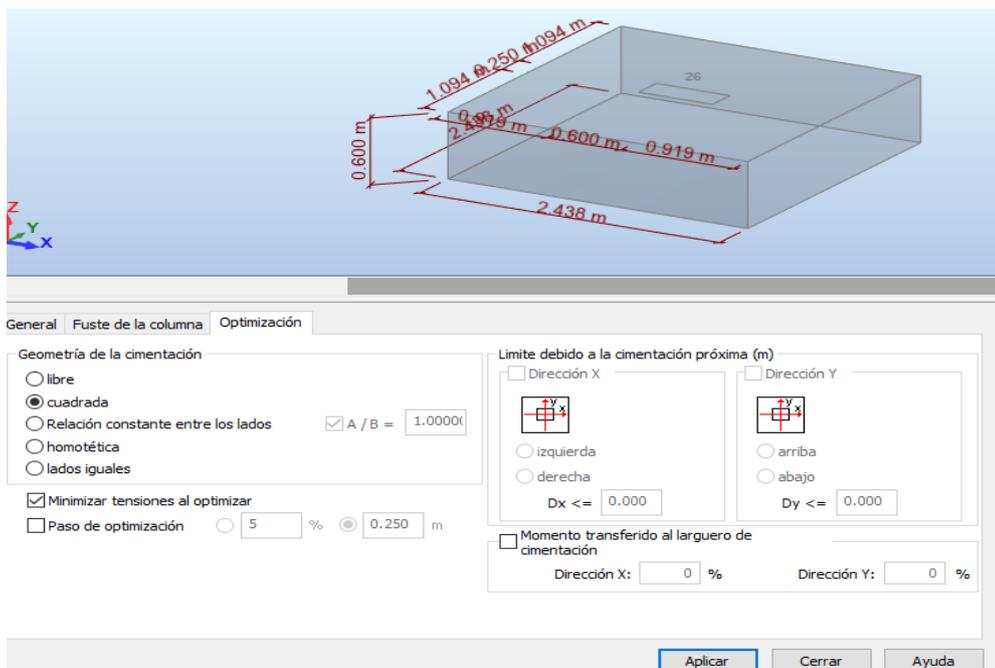
Se diseñará la zapata aislada céntrica con una capacidad portante del suelo de 25400Kgf/m². con las combinaciones.

Figura 15. Combinación de cargas para diseño de zapata en robot Structural



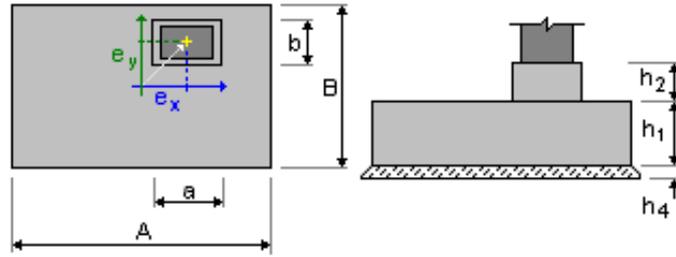
Fuente: robot structural

Figura 16. Dimensiones de zapata excéntrica

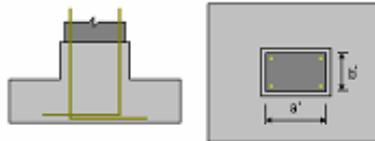


Fuente: robot structural

Geometría de la zapata excéntrica:



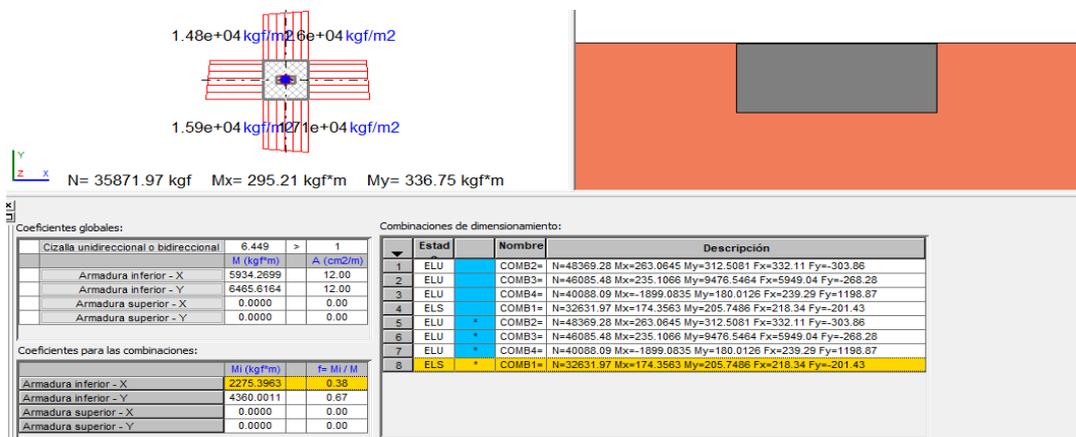
A	= 1.500 (m)	a	= 0.600 (m)
B	= 1.500 (m)	b	= 0.250 (m)
h1	= 0.600 (m)	e _x	= 0.000 (m)
h2	= 0.000 (m)	e _y	= 0.000 (m)
h4	= 0.100 (m)		



a'	= 60 (cm)
b'	= 25 (cm)
c1	= 8 (cm)
c2	= 5 (cm)

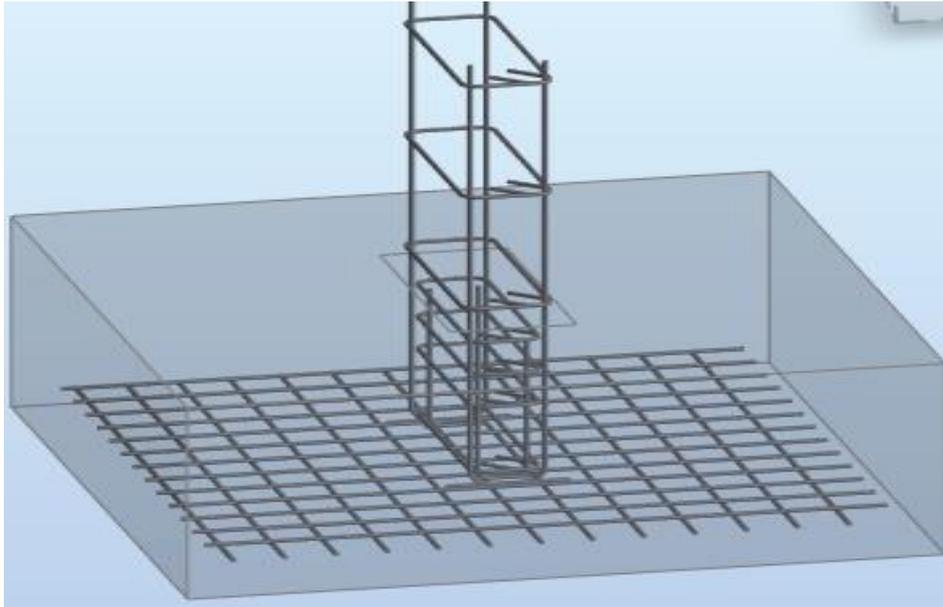
El cual se realizó la verificación por punzamiento cumple.

Figura 17. Interacción de zapata con el suelo



Fuente: robot structural

Figura 18. *Distribución de acero longitudinal y transversal*



Fuente: robot structural

Se estaría visualizando la union e interacción de la columna con la zapata

Armadura de zapata: tenemos una armadura inferior

Armadura inferior:

En la dirección X: 13 #4: 1@-0.06 + 12@0.10

En la dirección Y: 13 #4: 1@-0.06 + 12@0.10

4.3.4. Diseño de grada

Como se realizó el Predimensionamiento tomaremos pasos de 25 cm y contrapasos de 17.1 cm y un descanso de 15 cm. Para el análisis de la escalera se hará con la siguiente combinación: 1.4CM + 1.7CV

TRAMO N°1

$$\text{Peso de losa} = (30/25) \times 0.15 \times 2400 = 432 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Piso terminado} = 100 \times 1 = 100 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Peso del escalon} = 6 \left(\frac{0.25 \times 0.171}{2} \right) \times 2400 = 307.8 \text{ Kg/m}$$

$$\text{CM} = 839.8 \text{ Kg/m}$$

$$\text{CV} = 200 \text{ Kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 200 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Wu} = 1.4 \times 839.8 + 1.7 \times 200$$

$$\text{Wu} = 1515.72 \text{ Kg/m}$$

TRAMO N°2

$$\text{Peso de losa} = 0.15 \times 1 \times 2400 = 360 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Piso terminado} = 100 \times 1 = 100 \text{ Kg/m}$$

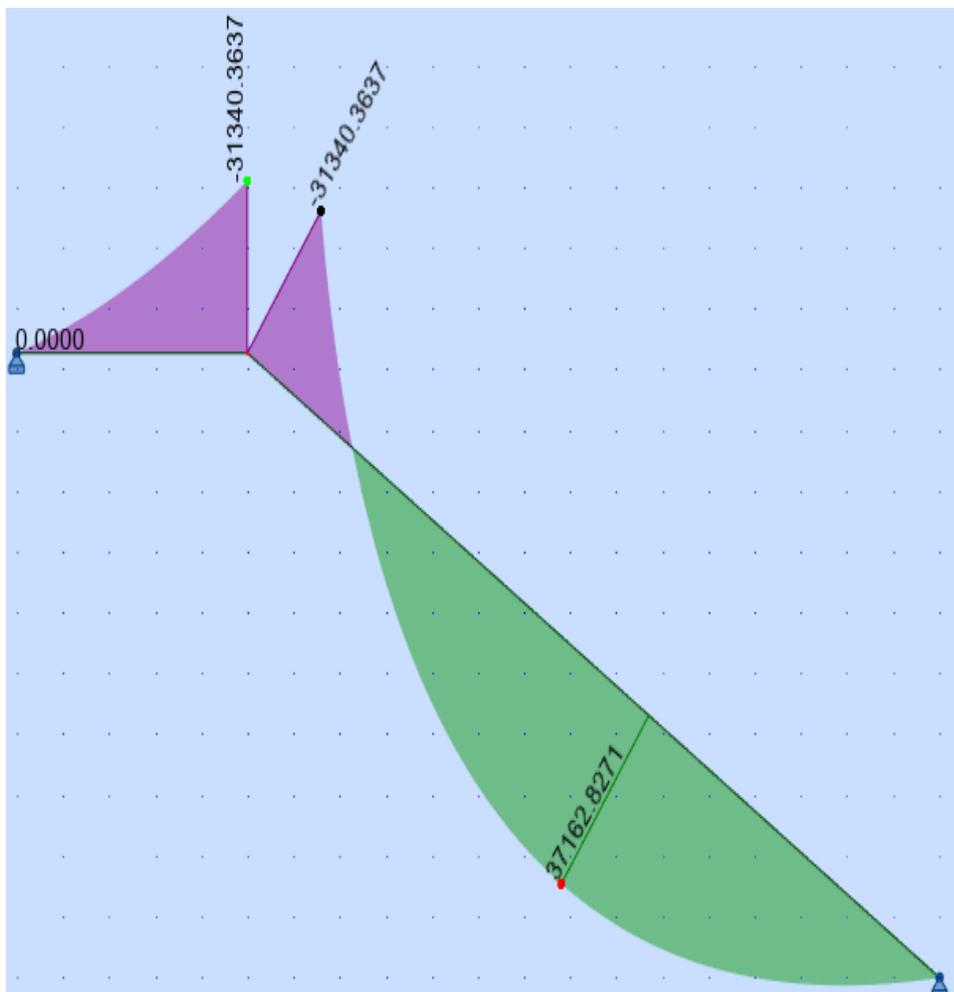
$$\text{CM} = 460 \text{ Kg/m}$$

$$\text{CV} = 200 \text{ Kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 200 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Wu} = 1.4 \times 460 + 1.7 \times 200$$

$$\text{Wu} = 984 \text{ Kg/m}$$

Figura 19. Diagrama del momento flector



Diseño de acero longitudinal

$$A_s = \frac{M_{umax}}{\phi \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

Momento actuante positivo

Mumax	37162.83
Ø	0.9
fy	4200
d	12
a	0.194

$$A_s = 0.82596291$$

$$A_{s \text{ req}} = 0.82596291$$

a	0.19434421
As	0.82596291
fy	4200
fc	210
b	100

Verificación

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0.70 \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.0024$$

$$A_{s \text{ min}} = 2.88 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{b \text{ 210}} = 0.021$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.01575$$

$$A_{s \text{ max}} = \rho_{\text{max}} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s \text{ max}} = 18.9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} > A_{s \text{ req}} > A_{s \text{ min}}$$

$$18.9 > 0.83 > 2.88$$

$$A_{s \text{ min}} = 2.88 \text{ cm}^2$$

$$\#var = \frac{A_{s \text{ req}}}{A_{s \phi}} \quad A_{s \phi} = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$\#Var = 4.056$$

$$\#Var = 4 \phi 3/8''$$

$$\text{usar: } S(3/8) = 0.71 / 2.88 = 0.25 \text{ cm}$$

Entonces, el refuerzo longitudinal será de 3/8" @ 25cm

ACERO POR TEMPERATURA

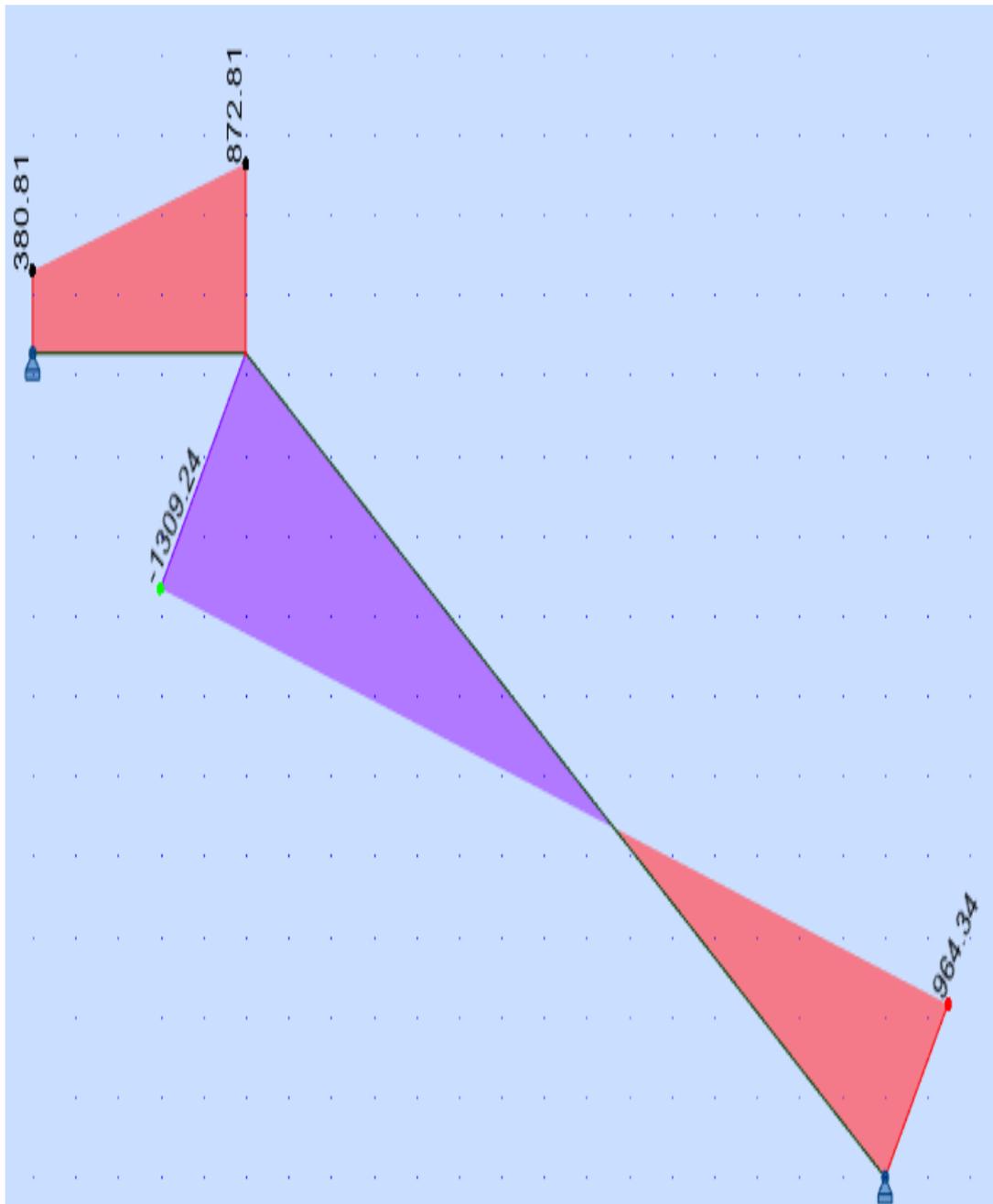
$$A_{s T^\circ} = 0.0018 \cdot 100 \cdot 15$$

$$A_{s T^\circ} = 2.7 \text{ CM}^2 \quad 4 \phi 3/8''$$

$$\text{usar: } S(3/8) = 0.71 / 2.7 = 0.26 \text{ cm}$$

Entonces, el refuerzo transversal será de 3/8" @ 25cm

Figura 20. Diagrama de fuerza cortante



Fuente: robot structural

VERIFICACION DEL CORTANTE

$$\phi V = \phi \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$\phi V = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 12$$

$$\phi V = 7834.039 \text{ Kgf}$$

Del DFC obtenemos un $V_u = 1309.24$ Kgf, vemos que la capacidad del concreto es suficiente para el cortante solicitado.

V. DISCUSIÓN

En este proyecto se realizó el modelamiento de un vivienda multifamiliar de 4 pisos y en los programas Revit y Robot structural, el fin de este proyecto es realizar el análisis y diseño estructural de una vivienda multifamiliar de cuatro pisos utilizando revit y robot structural. Incluye la elaboración de los cálculos y verificaciones que aseguren los resultados, en este caso el análisis sísmico estático y dinámico y el diseño de los aceros de los elementos estructurales. Son fiables, económicos y cumplen los requisitos mínimos de las normas utilizadas como: E.020, E.030, E.050, E0.60. y el estándar ACI2182011. Teniendo esto en cuenta, el diseño implica nuevos cálculos y pruebas con la frecuencia necesaria para lograr el equilibrio entre las variables adecuadas de ductilidad y rigidez para que sean económicas y seguras.

Para el desarrollo realizado existieron complicaciones en la parte de la interoperabilidad en la disciplina de arquitectura y estructura, entre los programas revit y robot. Pero se pudieron subsanar y seguir con el desarrollo del proyecto.

En la interoperabilidad entre ambos programas se debe tener en cuenta las características de los elementos estructurales entre ambos programas para no tener distorsiones del modelo exportado, como también lo menciona Chipana y Huilca (2019), en su tesis "Análisis y diseño del edificio montoya salazar de concreto armado de 1 semisótano + 6 pisos en arequipa interactuando los programas revit y robot analysis", que es una parte fundamental para la conclusión del proyecto.

Asimismo, el análisis de los periodos de la vivienda representada en modos se realizó según la norma E.030, resulta que el modo mínimo de vibración es de tres por nivel, en el que debe llegar más de 90% la masa participante, por lo que se utilizaron los 10 modos de vibración.

También se debe controlar la deriva en todas las direcciones, tanto en "X" como en Y, ambos sistemas no deben exceder de 0.007 según la norma E.030. También se determinaron las fuerzas cortantes, que están relacionadas con el peso en ambas estructuras tanto en "X" como en "Y".

VI. CONCLUSIONES

PRIMERA: La estructura tenía una sola irregularidad en el plano ya que tiene la forma de un rectángulo, esto redujo el factor de coeficiente sísmico en una dirección $R = 6$. (dirección Y).

SEGUNDA: El programa Robot Structural Analysis Professional, se basa en la Norma ACI 318 -14, para el armado estructural, y en el ACI 318 – 11 para el análisis, que son las normas más actuales del programa.

TERCERA: Para el presente proyecto, las secciones de viga obtenidas mediante los criterios de predimensionamiento y las secciones finales requeridas después de realizar el análisis del edificio en robot structural variaron.

CUARTA: El diseño de los elementos estructurales debe hacerse de manera que la primera falla que ocurra sea por flexión (falla dúctil) y no por cortante (falla frágil).

QUINTA: Antes de realizar la interoperabilidad se debe verificar el modelo de la edificación.

SEXTA: El programa Revit Structure, es una herramienta muy potente, que nos permite modelar los elementos estructurales y el proyecto en general desde cero.

SEPTIMA: En la presente tesis, el Programa Robot Structural Analysis Professional, nos permite analizar y diseñar los elementos estructurales.

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación con el conocimiento adquirido acerca del estudio, me permite recomendar lo siguiente:

PRIMERO: Se recomienda a los futuros Investigadores seguir los lineamientos de estructuración para estandarizar el diseño de los componentes estructurales.

SEGUNDO: Se recomienda considerar el ancho mínimo de las columnas ubicadas en el perímetro de la edificación sea de 25 cm para no corregir los momentos de cargas pesadas por la esbeltez de la columna y que el acero proveniente de las vigas tenga una longitud de anclaje suficiente (hasta $\phi 3/4$ " del acero proveniente de las vigas).

TERCERO: Se recomienda utilizar techos más livianos en las cubiertas durante el mayor tiempo posible para reducir las fuerzas y momentos generados por el sismo de diseño y así utilizar elementos constructivos menos robustos que den mayor espacio arquitectónico y generen reducción de costos en construcción.

CUARTA: Se recomienda que el análisis realizado por programas informáticos sea confirmado por la calculista utilizando métodos aproximados para que los resultados obtenidos sean consistentes y fiables.

QUINTA: Se recomienda no reforzar demasiado las vigas, columnas y losas en sentido longitudinal, ya que esto aumentaría el cortante del diseño y requeriría un mayor refuerzo transversal.

SEXTA: Se recomienda que revise o verifique el modelo creado en Revit Structural antes de exportarlo a Robot Structural Analysis Professional.

SEPTIMA: Cada Profesional deberá trabajar con el software o programa que mejor sepa cómo operar y administrar.

OCTAVA: El ingeniero estructuralista debe estar constantemente actualizado con las últimas normas y avances tecnológicos, que sirven como herramientas para un mejor desempeño, ya que estos pueden hacer el trabajo más fácil y eficiente.

REFERENCIAS

- Bernal, t. c. (2010). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Pearson.
Obtenido de abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf
- Camac, (2015). *“Identificación de incompatibilidades en la construcción de estructuras y arquitectura utilizando un modelo 3D en Revit Architecture 2014”*. Universidad Ricardo Palma. Lima.
- Campana, Ricalde. (2021). *“Análisis estructural comparativo de una vivienda multifamiliar con el sistema aporticado entre los programas ETABS y Robot, Anta - Cusco - 2021”*. Universidad Cesar Vallejo, escuela profesional de ingeniería civil.
- Cerdán, A., Begoña, G., Hayas, R., & Lopez, J. (2016). *Bim en 8 puntos, todo lo que necesitas saber sobre BIM*. es.BIM, 1-13.
- Chacón, Daniel. & Cuervo, Génesis. (2017). *“Implementación de la Metodología Bim para Elaborar Proyectos Mediante el Software Revit”* Venezuela: Universidad de Carabobo Facultad de Ingeniería Civil. 84pp.
- Curbelo, Basilio j. (2015). *Concreto estructural, Tomo I Concreto Estructural Reforzado y Concreto Estructural Simple*. Armenia -Quindío -Colombia.
- Domínguez, Noé. Rubén. & Moreno, Alan. E. (2018). *“Diseño estructural sismorresistente de un edificio de siete niveles bajo la metodología BIM en la provincia de Pomabamba, Áncash, 2018”*, Universidad Cesar Vallejo.
- Fidias, G. A. (2006). *El proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica*. (Vol. 6). Editorial Episteme.
- Harmsem, Teodoro. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. 3ª edición Lima: Fondo editorial de la PUCP. 683pp. ISBN: 9972427307.
- Hernández, (2018). *“Uso de la Metodología “BIM” en la constructabilidad de los proyectos de infraestructura en la Contraloría General de la República, Jesús María, 2016”*. Universidad César Vallejo, en Lima
- Hernández, R., Fernández., C., & Baptista., M. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6). Mexico.

- Hernández-Sampieri, & Mendoza. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativas, Cualitativas y Mixtas* (Vol. 6). Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.
- MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2006). *Norma Técnica E.090 Estructuras metálicas del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú: El peruano. 32 pp.
- MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2009). *Norma Técnica E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú: Sencico. 205 pp.
- MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2006). *Norma Técnica E.070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú: El peruano. 32 pp.
- MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2018). *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú: El Peruano. 80 pp.
- MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2006). *Norma Técnica E.020 Cargas del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú: El Peruano, 21pp.
- Moncada D. & Villanueva I. (2020). *“Análisis y diseño Sismorresistente estructural entre los sistemas MDL y albañilería confinada en vivienda unifamiliar, Nuevo Chimbote, Santa, Áncash – 2020”*. Universidad Cesar Vallejo, escuela profesional de ingeniería civil.
- Monges Johnny y Autodesk Certified Instructor (ACI), (2021). *Desarrollo de proyectos de estructuras en BIM con Robot Structural Analysis Professional y Advance Steel* en: <https://www.rfaeco.com/desarrollo-de-proyectosde-estructuras-en-bim-con-robot-structural-analysis-professional-y-advancesteel/>
- Mora, Mauricio. A.; Villalba Jesús. D.; & Maldonado, Esperanza. (2006) *Deficiencias, limitaciones, ventajas y desventajas de las metodologías de análisis sísmico no lineal*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, Rev. ing. Univ. Medellín vol.5 no.9 Medellín.
- Nieto, Salas. M. D. (2016) *“Manejo del Software REVIT y su incidencia en el modelado de información para la construcción de edificaciones en la*

- ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua*". Universidad Técnica de Ambato, en Ambato-Ecuador.
- Olaya, Luisa; Rubio, Diego; Ruíz, Daniel y Torres, Andrés. *Seismic behavior assessment in vulnerable housing with green roofs: case study in the township of Soacha*, Colombia. *Rev. ing. constr.* [en línea]. 2014, vol.29, n.1.
- Palomino, Encinas. Alex. H. & Ceintperu, (2021). *Curso virtual, metrado y pesos sísmicos efectivos en ROBOT y ETABS*. Disponible en: <https://ceintperu.com/noticia/metrado-y-pesos-sismicos-efectivos-en-robot-yetabs>.
- Pumaricra, (2018). *"Evaluación de la rentabilidad del uso de gestión bim en la construcción de un bloque de viviendas de 10 pisos del distrito de San Martín de Porres-Lima"*, de la Universidad Nacional Federico Villareal, (Título de ingeniero civil), en Lima.
- Pons, Wilfredo & Álvarez, Eduardo. (2018). *Earthquake-resistant structural design of reinforced masonry housing buildings for their construction in bayamo and Guantánamo cities*. *Ciencia en su PC* [en línea]. 36-52.
- Quispe, Panca. A. J. (2016). *Análisis matricial de estructuras, introducción al método de elementos finitos*. Editorial Macros Lima Perú.
- Reboredo, A. (1996). *Análisis Dinámico de Construcciones Sismoresistentes*. Mendoza.
- Rodríguez, Milena & Mendivelso, Fredy. (2018). *Diseño de investigación de corte transversal*. *Revista Médica Sanitas* [en línea]. 21 (3), 141-146.
- Romero, J. Q. (2005). *El Problema de la Vivienda en el Perú, Retos y Perspectivas*. (Vol. 20). Santiago, Chile: Revista INVI.
- San Bartolomé, Á. (1994). *Construcciones de Albañilería*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sayas Viviana, (2021). "Vivienda Multifamiliar en el Distrito de San Luis para Mejorar la Seguridad y Calidad de Vida de los Ocupantes en la Urbanización Villa Jardín",2021". Universidad Cesar Vallejo.
- Taboada G. José, Alcántara R. Vladimir, Lovera Daniel, Santos Ricardo, Jorge Diego. (2011). *Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM*. UNMS. Vol

- 14 / N°28 Revistas del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas. 2011.
- Tedi, (2021). *curso virtual de análisis y diseño de estructuras metálicas y de concreto armado con autodesk robot estructural con las normas peruanas (E 020, E 030, E 050, E 060, E 090), normas americanas (A360 (acero), ACI 318 (concreto armado) disponible en: <http://tediperu.com/catalogo/robot-estructural>*
- Varela, R.; Chan, E.; Fernández, B. & Moreno, H. (2015). *Behavior of confined masonry walls with openings subject to out-of-plane loads*. Concreto y cemento. Investigación y desarrollo [en línea]., vol.7, n.1 [fecha de consulta: 19 de mayo de 2020], pp.52-65.
- Velásquez, J., LÓPEZ, S., Rodríguez, C., y Acero, J. (2018). *Seismic damage assessment for thin-walled reinforced concrete buildings in urban areas in Peru. Documento presentado en la 11ª Conferencia Nacional U.S. sobre Ingeniería sísmica 2018*. [en línea]. Volumen 7, junio de 2018 [fecha de consulta: 05 de mayo de 2020].
- Vera, (2018). *“Confiablez estructural del modelado s-bim para un edificio de albañilería confinada de 04 pisos”*, (Titulo de ingeniero civil), de la Universidad Nacional de San Agustín.
- Villarroel, Bejarano. C. (2016). *Análisis y Diseño de Estructuras con Autodesk Robot Structural Analysis*. Primera Edición. Santa Cruz, Bolivia.
- Villena Zúñiga M. G. (2017). *“diseño y modelación de un edificio con una configuración en planta irregular, mediante la utilización del software de diseño “revit structure” y su análisis mediante un software especializado “robot structural analisys”* Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. 114pp.

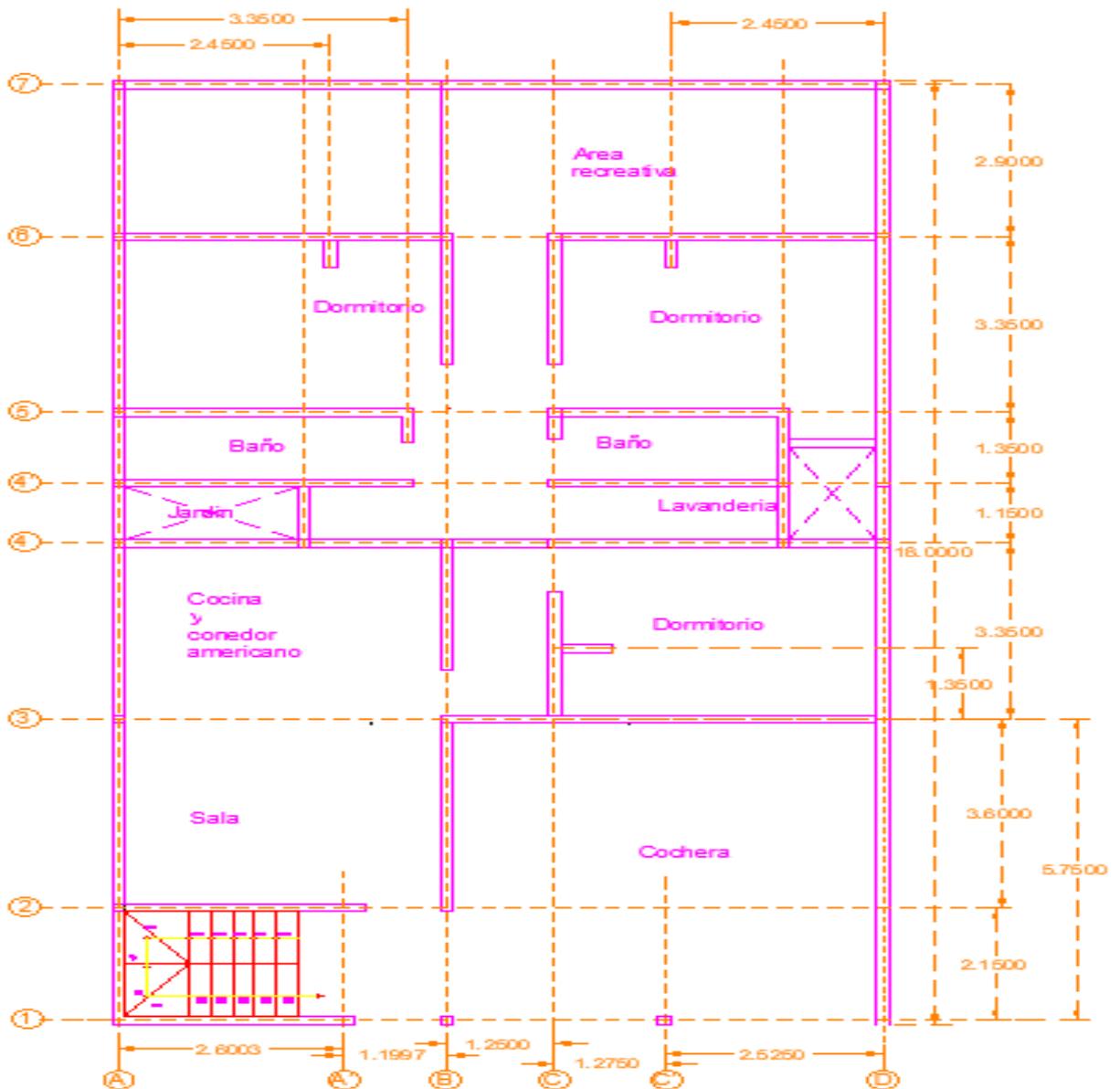
ANEXOS

Desarrollo de Proyecto

1. Descripción del proyecto

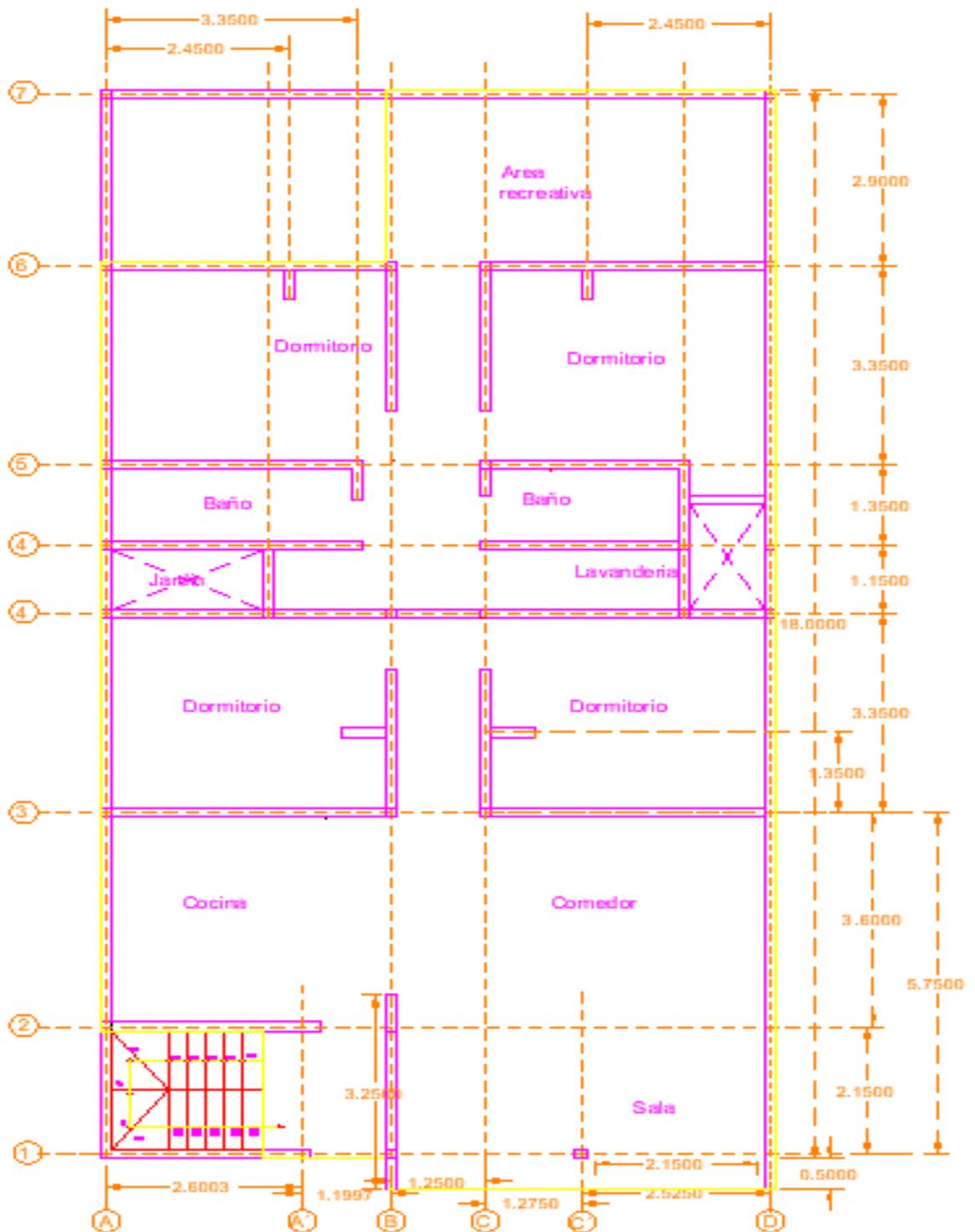
El proyecto contempla una vivienda multifamiliar de concreto armado de 4 pisos con un área de terreno de 162.00 m² ubicado en el distrito de Alto selva Alegre de la ciudad de Arequipa. El 1er piso tiene una cochera, sala-comedor, cocina y 3 habitaciones; del segundo piso al cuarto piso son pisos típicos que tiene 4 habitaciones, sala-comedor, cocina y dos baños.

Vista en planta del 1er piso



Fuente: Diseño propio

Vista en planta del 2do piso- 4to piso



Fuente: Diseño propio

1.1. Normas utilizadas

Para el análisis y diseño de la vivienda multifamiliar se utiliza el Reglamento Nacional de Edificaciones con los siguientes ítems de la norma:

- Norma E.020 (Cargas)
- Norma E.030 (Diseño sísmico)
- Norma E.060 (Concreto Armado)

1.2. Propiedades de los materiales utilizados

Concreto

Resistencia a la compresión: $f'c = 210 \text{ Kgf/cm}^2$

Módulo de elasticidad $Ec = 15000\sqrt{f'c \text{ Kgf/cm}^2} = 217370.7 \text{ Kgf/cm}^2$

Módulo de Poisson $u = 20$

Módulo de corte $G = \frac{Ec}{2 \cdot (1+u)} = 90571.1 \text{ Kgf/cm}^2$

Acero corrugado grado 60

Esfuerzo de fluencia $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$

Módulo de elasticidad $Es = 2 \cdot 10^6 \text{ Kgf/cm}^2$

1.3. Metrado de cargas

Cargas por peso propio

- Peso propio elementos de concreto armado: 2400 Kgf/m^3
- Peso propio de losa aligerada (h=0.20m): 300 Kgf/m^2
- Peso de cielo raso: 20 Kgf/m^2
- Peso propio de piso terminado: 100 Kgf/m^2
- Peso tabiquería (h=2.40m): 210 Kgf/m^2

Cargas vivas

- Sobrecarga en asientos móviles: 200 Kgf/m^2
- Sobrecarga en azotea: 100 Kgf/m^2

1.4. Cargas de diseño

Son las combinaciones e interacción de las cargas para obtener la resistencia requerida (mínimo valor de la resistencia de diseño) que nos especifica nuestro RNE E.060: "Concreto Armado". a continuación, se muestran las combinaciones que se utilizaron para el diseño:

- $U = 1.4CM + 1.7CV$
- $U = 1.25(CM + CV) + CS$
- $U = 1.25(CM + CV) - CS$

Donde:

U: Resistencia requerida

CM: Carga Muerta

CV: Carga Viva

CS: Carga de Sismo

2. Estructuración

La estructuración es el primer paso para un diseño estructural y la parte más subjetiva de intuición que juegan un rol muy importante.

La estructuración consiste en definir y ubicar en forma adecuada los elementos estructurales como los elementos lineales (viga y columnas) y elementos planos (muros y losas), con base al proyecto arquitectónico. Teniendo una buena estructuración se podría predecir el comportamiento de la estructura principalmente frente a las acciones sísmicas.

Una mala distribución de los elementos estructurales presentara problemas, independientemente de la precisión de los cálculos. De todos los problemas que puede causar por una mala distribución de los elementos estructurales, el de la torsión es el más perjudicial, el que causa mayor daño a nuestra edificación, como también falla por piso blando y fallas distorsión de la vivienda. Para que nuestra estructura tenga un buen comportamiento ante movimientos sísmicos se debe cumplir los siguientes criterios:

- Simplicidad y simetría
- Resistencia y ductilidad
- Uniformidad y continuidad
- Rigidez lateral

Se analizará una estructura de 4 pisos, que será destinada a vivienda multifamiliar. Tanto en la dirección "X" como en "Y" se tendrá un sistema a porticado, losas aligeradas con espesor de 20cm en una dirección y con ladrillos de arcilla para reducir el peso de la edificación.

3. Pre-dimensionamiento de los elementos estructurales

Consiste en dar las dimensiones tentativas de los elementos estructurales que se basan algunas de ellas en la experiencia y otras que nos da la norma E.060, las cuales serán corroboradas en el análisis y después de ello se definirán las secciones definitivas para pasar a su diseño respectivo.

3.1. Losa aligerada

El dimensionado de las losas aligeradas se encuentra establecido para diversos peraltes puesto que los ladrillos se producen con características predeterminadas y de acuerdo a ello se define los espesores de la losa. Se logra predimensionar por la siguiente tabla:

Espesores de losas aligeradas

Luz Libre (m): L_n	Espesor de aligerado (m) : e	Altura de ladrillo (m) : H
$L_n \leq 4$	0.17	0.12
$4 < L_n \leq 5$	0.20	0.15
$5 < L_n \leq 6.5$	0.25	0.20
$6.5 < L_n \leq 7.5$	0.30	0.25

Fuente: Elaboración propia.

Las losas no reciben fuerzas ni momentos sísmicos, su peralte dependerá principalmente de las cargas de gravedad que reciban, por ello se ha determinado fórmulas recomendadas en función de su longitud (para paños apoyados en sus extremos y al menos con un extremo Continuo).

- Losas aligeradas armadas en una dirección: $l/25$

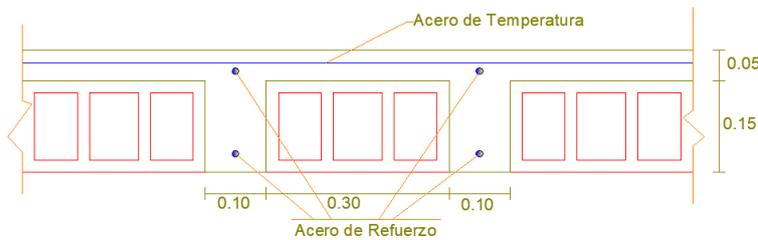
El peralte mínimo utilizado en el Perú es de 17 cm en losas aligeradas y 12 cm en macizas.

En nuestro proyecto tenemos la luz más desfavorable de 3.60 m, que se ubica entre los ejes 2-3. del eje de las ordenadas.

$$\text{espesor} \geq \frac{\text{luz libre}}{25} \Rightarrow \text{espesor} = \frac{3.60}{25} = 0.144 \approx 20\text{cm}$$

Por lo que el peralte de las losas aligeradas será de 20 cm.

Detalle de losa aligerada unidireccional



Fuente: Elaboración propia.

Se recomienda uniformizar el espesor de las losas para “correr” el acero de refuerzo en paños continuos y así evitar gasto de insumos por corte del refuerzo.

3.2. Vigas

La norma peruana E.060 indica que las vigas deben tener un ancho mínimo de 25cm en caso que formen parte de pórticos o elementos sismo-resistentes de estructuras de concreto armado (Blanco, 1994).

Por lo tanto, todas las vigas de la estructura se dimensionarán con una base mínima de 25cm.

El peralte de las vigas estructurales (vigas con importancia sísmica) se dimensionan generalmente en el orden de $l/14$ y $l/12$ de la luz libre y para las vigas no estructurales se dimensionan como $l/16$ incluye el espesor de la losa.

Para nuestro proyecto al ser una categoría C se tomó $l/12$ para vigas estructurales.

En la dirección YY la longitud más desfavorable es de 3.60m $h = 3.60/12 = 0.30$

Entonces se tomó como peralte de $h=30\text{cm}$, $V1=25 \times 30$.

En la dirección XX del eje 2 la longitud más desfavorable es 5.050m -
→ $h=5.050/12=0.4208$ la cual me dio un peralte de $0.4208m \approx 40cm$, $V1=25X40$, solo este tipo de viga entre el eje B y D, las otras vigas de la dirección XX la longitud desfavorable es 3.80m $h=3.80/12=0.316$. Por lo cual se toma un peralte de $h=30cm$, $V1=25X30$.

3.3. Columnas

Las columnas se dimensional de tal forma que el esfuerzo axial máximo en la sección de la columna bajo sollicitaciones de servicio sea igual o menor a $0.45 f'c$.

- **Para columna interior:**

$$A_{col} = \frac{P(\text{servicio})}{0.45 * f'c}$$

Siendo:

$$P(\text{servicio}) = P * A * N$$

P= peso de la edificación según su categoría Edificios categoría C

(según E.030) $P = 1000 \text{ kg/m}^2$

A=área tributaria de la columna

N= número de pisos

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)

En los siguientes cuadros se muestra las dimensiones de las columnas de acuerdo a los ejes estructurales.

Predimensionamiento de columna interior

Columna	Cargas de Servicio			Area Requerida (cm ²)	Dimensiones			
	Area tributaria (m ²)	N° pisos	Pservicio (tonf)		Base Asumida (cm)	Peralte Requerido (cm)	Peralte Asumido (cm)	Area Final (cm ²)
B-5	7.39	4	29.56	312.8042	60	5.213404	25	1500
B-2	8.98	4	35.92	380.1058	25	15.20423	50	1250
B-3	8.77	4	35.08	371.2169	25	14.84868	50	1250
B-4	7.39	4	29.56	312.8042	50	6.256085	25	1250
C-4	7.39	4	29.56	312.8042	50	6.256085	25	1250

- Para columna excéntrica o esquinera:

$$A_{col} = \frac{P(servicio)}{0.35 * f_c}$$

Predimensionamiento de columna excéntrica o esquinada

Columna	Cargas de Servicio			Area Requerida (cm ²)	Dimensiones			
	Area tributaria (m ²)	N° pisos	Pservicio (tonf)		Base Asumida (cm)	Peralte Requerido (cm)	Peralte Asumido (cm)	Area Final (cm ²)
A-2	2.34	4	9.36	127.3469	25	5.093878	40	1000
A'-2	3.42	4	13.68	186.1224	40	4.653061	25	1000
D-2	7.26	4	29.04	395.102	25	15.80408	50	1250

Se considera dimensiones superiores a las requeridas para poder trabajar de forma conservadora y finalmente optimizar el diseño mediante un análisis sísmico posterior.

3.4. Placas

Para pre dimensionar placas (espesor) es muy complicado, lo que hace muy difícil un predimensionado óptimo.

la principal función de las placas es la de absorber las fuerzas del sismo.

Para nuestra estructuración preliminarmente se planea disponer de 2 placas en la dirección Y, 2 placas en la dirección X. Se considera un espesor de 25cm debido a que servirá de apoyo de algunas vigas que tendrán un ancho mínimo de 25 cm para asegurar un adecuado anclaje del refuerzo.

3.5. Escalera

Para el pre dimensionamiento de escaleras se tomó como referencia el reglamento nacional de edificaciones (RNE), el cual indica lo siguiente: $1\text{pasos} + 2\text{contrapaso} = 60\text{cm}@64\text{cm}$.

Los pasos tendrán mínimo 0.25 m y el contrapaso una altura mínima de 0.15 m y máxima de 0.18 m.

Por lo tanto:

- Altura del 1er piso: 2.50 m.
- Nro. De contra-pasos: 14
- Altura de contra-pasos (CP): $2.50/14 = 0.1786$ m...tomaremos $0.179 \text{ m} \leq 0.18$ ok!! Ancho de paso (P): 0.25 m. Por lo tanto: $1 * 25 + 2 * 18 = 61\text{cm}$.
- En los tres pisos se tendrá en total 14 contrapasos, para poder cubrir los 2.4 m de altura de entrepiso, cada uno con una longitud de 0.1714 m, y con longitud del paso de 0.25 m.
- Definiremos un espesor $t=15\text{cm}$ en el modelado de la escalera de la parte inclinada tomaremos un espesor equivalente para todos los niveles, según la fórmula:

$$W_{pp} = \gamma \left(\frac{cp}{2} + t * \sqrt{1 + \left(\frac{cp}{p} \right)^2} \right)$$

Donde:

γ : Peso específico del concreto (kg/m³)

cp: contrapaso (m)

p: paso (m)

t: espesor de la garganta (m)

W (pp): peso propio x m² (kg/m²)

Tomando constante el contrapaso de cp=0.171m

Paso p=0.25m, resulta:

$$W_{pp} = 2400 * \left(\frac{0.171}{2} + 0.15 * \sqrt{1 + \left(\frac{0.171}{0.25} \right)^2} \right)$$

$$W_{pp} = 641.28 \text{ Kg/m}^2$$

Para ello el espesor equivalente de la parte inclinada de las escaleras será de:

$$\text{Espesor equivalente} = \frac{641.28}{2400}$$

$$\text{Espesor equivalente} = 0.267\text{m}$$

4. Análisis estructural

En este ítem se busca el modelamiento de los elementos estructurales en Revit y la interacción de los elementos estructurales en robot structural en el análisis y diseño.

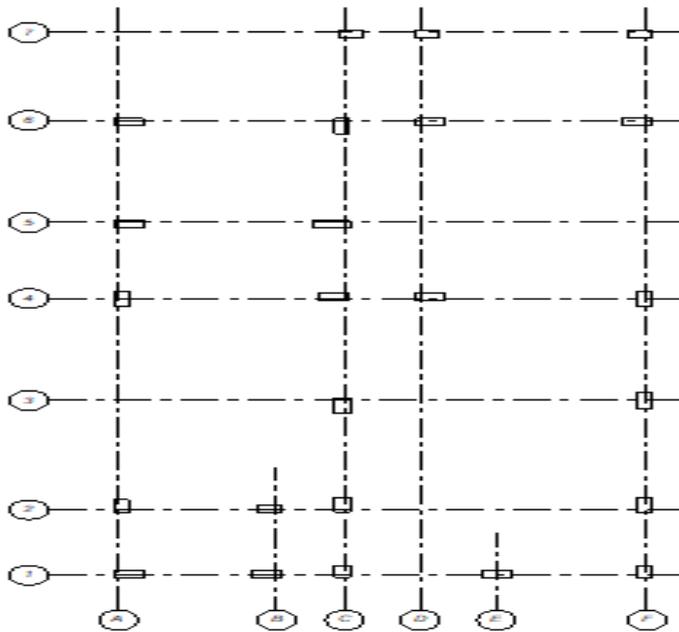
4.1 Modelado en Revit

El modelo de Revit es una versión virtual del diseño de construcción. El modelo no solo describe la geometría de los elementos del modelo, sino que también captura el propósito del diseño y las relaciones lógicas entre los elementos que forman el modelo. Puede considerar las vistas de modelo 2D (planos, selecciones, alzados, etc.) como cortes en sección del modelo 3D. Los cambios realizados en una vista resultan visibles automáticamente en el resto de vistas del modelo: las vistas están siempre sincronizadas. El modelo 3D se utiliza para crear las vistas 2D que componen el conjunto de documentos para la impresión.

4.1.1. Modelado de columnas:

Como se pre dimensionaron las columnas anteriormente, ahora nos tocara realizar el modelado creando ejes para ubicarlas, se cambiarán sus dimensiones de las columnas desde la biblioteca de revit structural. Se deben de colocar en intersecciones de cuadrículas específicas y modelarla de nivel a nivel sin desfase.

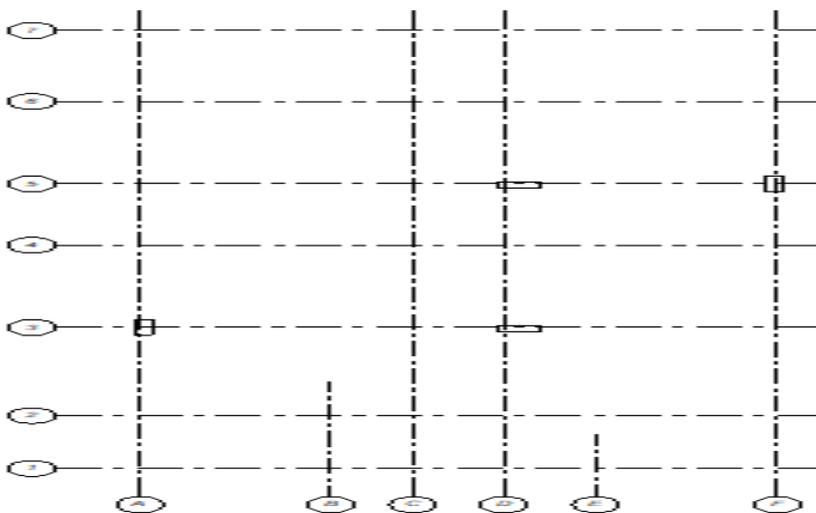
Columnas en ejes en revit



4.1.2. Modelado de placas:

El modelado de las placas es similar al de las columnas, las placas tienen diferente espesor como se indicó en el Predimensionamiento.

Placas en ejes en Revit



4.1.3 Modelado de las vigas

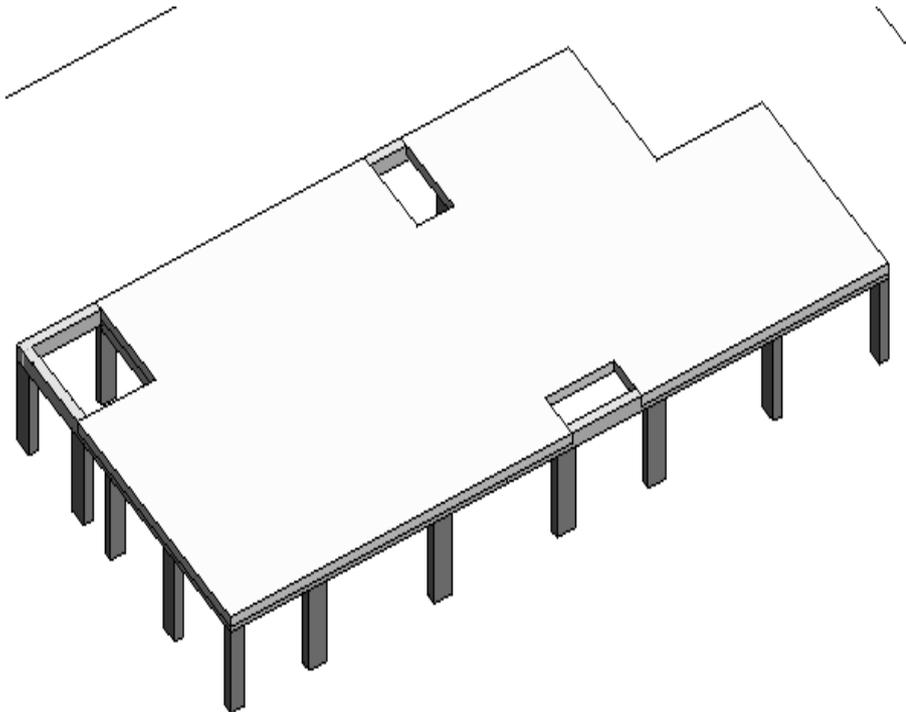
Teniendo el modelado de las columnas y placas, tenemos que conectarlas mediante vigas creando un marco alrededor del edificio.

Se crearon y modificaron las vigas a partir de la biblioteca del revit Structure.

4.1.4 Modelado de losas

Se modelo como losas macizas con peso equivalente a las losas aligeradas, se modificó y se creó a partir de las familias de la biblioteca de revit Structure.

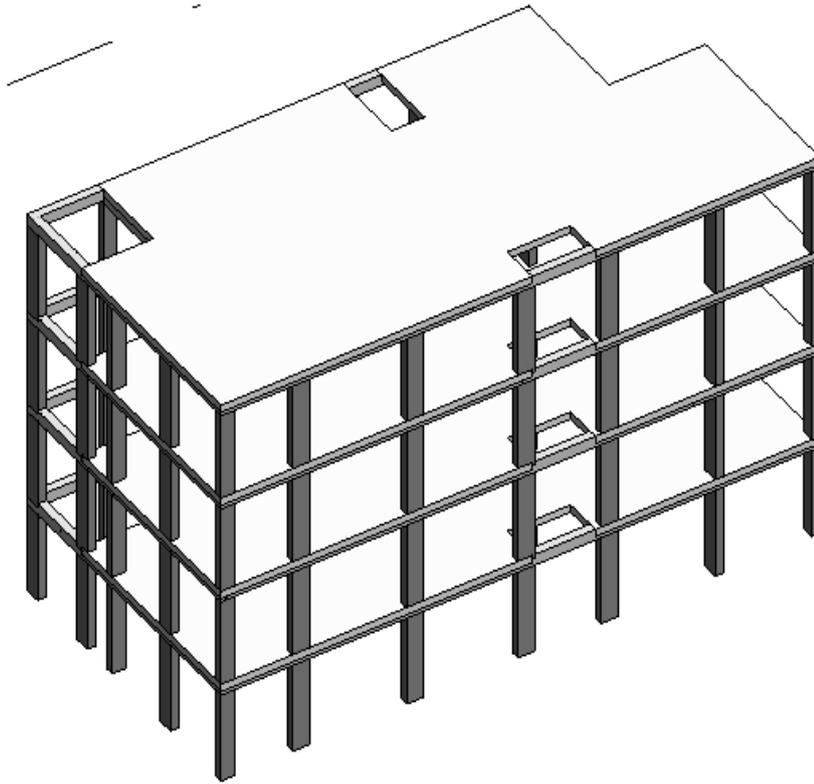
Vigas y losa en revit



4.2 Creación del modelo analítico

El modelo analítico de la estructura se compone de una serie de modelos analíticos de elementos estructurales que incluye uno para cada elemento de la estructura. Estos elementos estructurales tienen modelos analíticos de elementos estructurales: pilares estructurales, elementos de armazón estructural (como vigas), suelos estructurales, muros estructurales.

Modelo analítico en revit



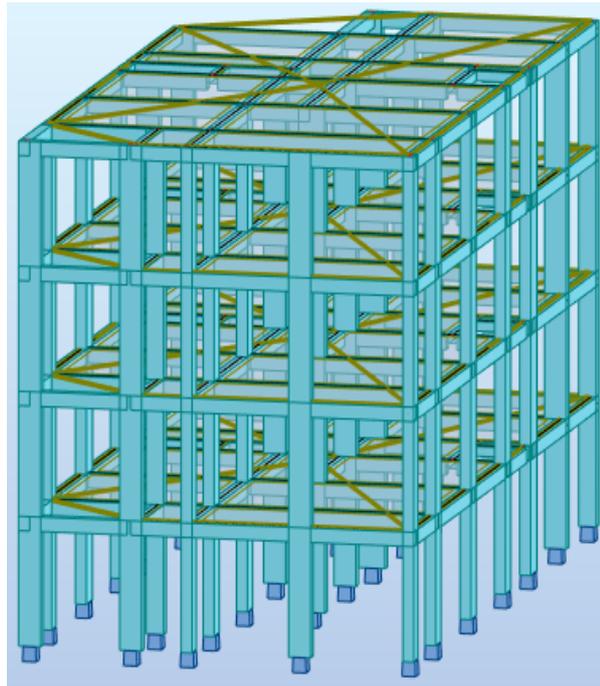
4.3. Exportación del modelo de revit a robot structural

Antes de exportar el modelo en revit se debe de verificar que los nodos o las conexiones entre los elementos sea precisa y no debe de tener desfase de ningún modo ya que al momento de la exportación esos errores se verán en el robot structural.

4.4. Interacción en Robot Structural.

Se procedió a colocar las cargas principales como son la carga muerta y la carga viva. Una vez colocado las cargas en el robot structural se procede al análisis y con dichos resultados próximamente al diseño.

Modelo de analisis en robot



4.5. Metrado de cargas por gravedad

Para el caso de las cargas lo más recomendable es colocar en robot structural, ya que tiene a disposición más casos de carga que en revit.

Se tomará como referencia el RNE, donde encontramos la norma E.020 de cargas, en la cual se contempla carga muerta (CM), carga viva (CV).

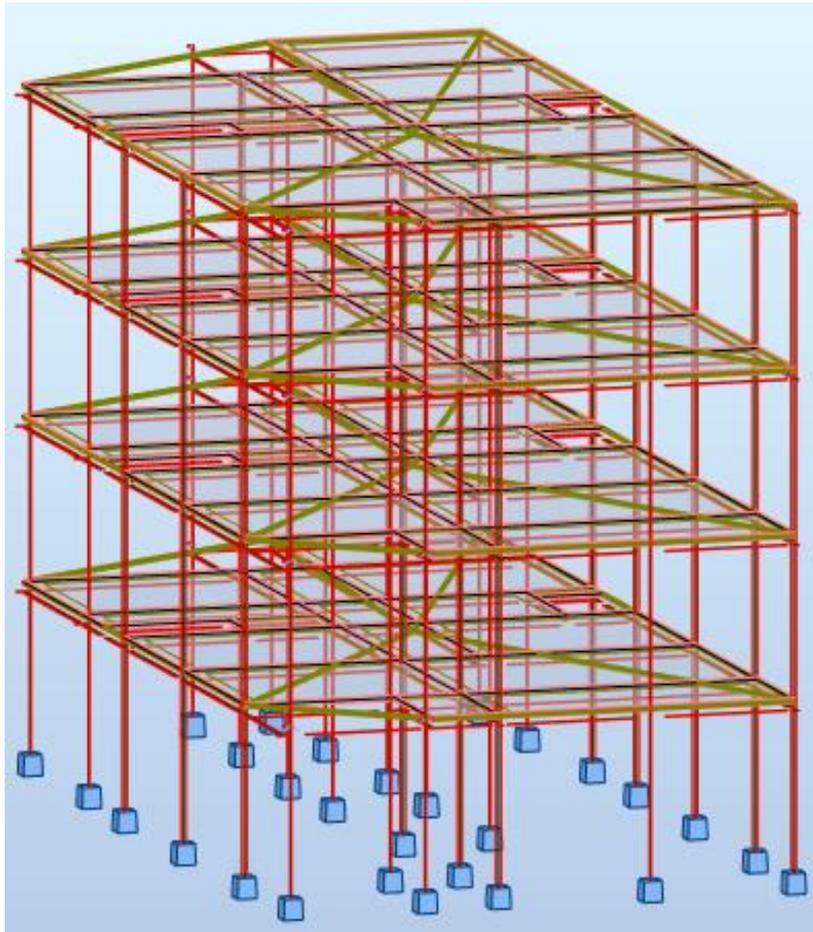
4.5.1. Carga muerta:

Son aquellas cargas permanentes que actúan durante toda la vida de la estructura sin sufrir cambios.

Para nuestro proyecto se consideró los siguientes datos:

- Peso losa aligerada $h=20\text{cm}$ 300 kg/m^2
- Peso piso terminado $h=5\text{cm}$ 100 kg/m^2
- Peso cielo raso $h=1\text{cm}$ 20 kg/m^2
- Peso tabiquería de ladrillo ($h=2.4\text{m}$, $e=15\text{cm}$) 210 kg/m^2

Modelado CM en robot

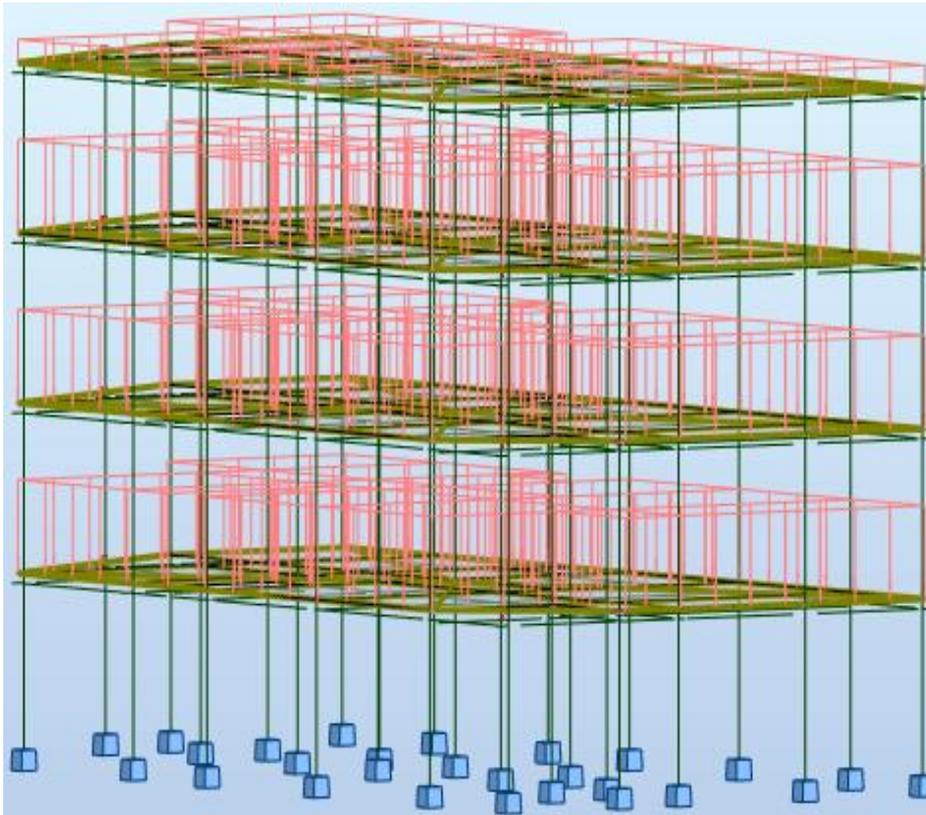


4.5.2 Carga viva:

Para nuestro proyecto se consideró sobrecargas para viviendas comunes según el reglamento nacional de edificaciones en la norma E.020:

- Viviendas (piso típico) 200 kg/m²
- Corredores y escaleras 200 kg/m²
- S/C azotea 100 kg/m²

Modelado de CV en robot



4.6. Parámetros de lugar y características estructurales

Los parámetros utilizados serán en base al RNE en la norma E030-2018, en la cual nos especifica la división de nuestro territorio nacional en cuatro zonas debido a sus características sísmicas que se dan en cada parte de nuestro territorio; para nuestro proyecto se obtuvieron los siguientes parámetros:

4.6.1. Factor de zona (z)

Nuestro proyecto se ubica en el distrito de Alto Selva Alegre-Arequipa; según las características del suelo, nos correspondería un factor de zona de 0.35 ($Z=0.35$), ubicándonos en una zona sísmica de tipo 3.

Factores de zona

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: norma E.030

Zona sísmica (Fuente norma E.030)



4.6.2. Parámetros de sitio (s, Tp, Ti):

Se tomó estudios de suelo de un expediente del mismo distrito, la cual se determinó que es un suelo intermedio, entonces para nuestro proyecto vendría a ser suelo tipo S2.

Factor de suelo (Fuente norma E.030)

ZONA \ SUELO	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

Periodos para perfiles (Fuente norma E.030)

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Teniendo un suelo intermedio, nos correspondería para nuestro proyecto:

$$S_2 = 1,15 ; \quad T_p = 0,6 ; \quad T_L = 2,0$$

4.6.3. Factor de amplificación sísmica (C)

De acuerdo a las características de nuestro suelo y las condiciones del lugar definiremos el periodo fundamental de la estructura, se determina el factor de amplificación sísmica "C" con las siguientes expresiones:

- Para $T < T_p$ $C = 2.5$
- Para $T_p < T < T_L$ $C = 2.5\left(\frac{T_p}{T}\right)$
- Para $T_L < T$ $C = 2.5\left(\frac{T_p T_L}{T^2}\right)$

Donde T es el periodo fundamental de la estructura en la dirección de análisis, que se determinará con el análisis modal.

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

h_n : Altura de la edificación; C_t : Según norma E. 030 para porticos es 35

$$T = 10.5\text{m}/35 = 0.3$$

$$T_p = 0.6$$

$$T_I = 2$$

- $0.6 < T < 2 \rightarrow C = 2.5(0.6/0.3) = 5$

El factor “C” se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

Para nuestro proyecto en este caso tomaremos el coeficiente de amplificación: $C = 2.5$

4.6.4. Categoría de las edificaciones y factor de uso (U):

De acuerdo a la norma E030, se puede clasificar a la edificación con su respectivo factor de uso.

Categorías de las edificaciones según su uso(Fuente norma E.030)

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nuestro proyecto vendría a ser de la categoría “C” con un factor de uso de 1.

4.6.5. Sistema estructural:

La norma E.030 muestra parámetros para definir nuestro coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas de acuerdo a nuestro sistema estructural. En nuestro proyecto se tomó tanto para “X” y “Y” el sistema de pórticos, la cual le corresponde un R básico de 8, como indica la tabla mostrada.

Coeficientes de reducción (Fuente norma E.030)

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

4.6.5.1. Configuración inicial de la edificación:

Nos basamos en los parámetros que rige la norma E.030.

Configuración estructural en altura (Fuente norma E.030)

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_s
<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,75
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,60
<p>Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0,80
<p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10) Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.</p>	0,60

Configuración estructural en planta (Fuente norma E.030)

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_r
<p>Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}).</p> <p>Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,75
<p>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}).</p> <p>Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,60
<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90
<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90

4.6.5.2. Cálculo del coeficiente de reducción:

Como nuestra estructura inicialmente no es irregular, así que siguiendo la fórmula:

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

Para el presente proyecto es de concreto armado en ambas direcciones de análisis (X y Y), al cual le corresponde un coeficiente básico de reducción $R = 8$; también tenemos una edificación regular, por lo que los coeficientes I_a e I_p serán iguales a 1 y por lo tanto el coeficiente de reducción será $R = 8$ en ambas direcciones, pero el presente proyecto en planta no tiene las mismas longitudes en

ambas direcciones, por lo cual se asumió para el eje Y un coeficiente de reducción de $\frac{3}{4}$ del coeficiente de reducción del eje X según norma E.030.

$$R_x = 8 \times 1 \times 1 = 8$$

$$R_y = \frac{3}{4}(R_x) = 6$$

4.7 Análisis sísmico estático:

En este ítem evidenciaremos el comportamiento de la vivienda multifamiliar, sometidas a cargas del proyecto; comprobando la configuración de irregularidad según norma E.030, verificando los límites de distorsión del entrepiso según norma E.030 y observaremos la ubicación de las fuerzas laterales.

4.7.1 Regularidad estructural

Las estructuras se clasifican como regulares o irregulares para poder cumplir las restricciones de la Tabla N°10 de la norma E.030, estableceremos los procedimientos de análisis y determinar el coeficiente "R" de reducción de fuerzas sísmicas (NTE E.030, 2018).

4.7.1.1. Irregularidades estructurales en planta

Verificación en Irregularidad de Rigidez - Piso Blando, Dirección X

Planta	Ux (mm)	Dr Ux(mm)	Kx	0.7(Kx+1)	Condición < 70%	0.8(ΣKx+1)/3	Condición < 80%
1er PISO	1.5516	1.5516	42806.65	22306	Regular	22480.02153	Regular
2do PISO	3.0321	1.4805	31865.71	20705.97	Regular		
3er PISO	4.0258	0.9937	29579.96	15998.09	Regular		
4to PISO	4.5338	0.508	22854.41				

Verificación en Irregularidad de Rigidez - Piso Blando, Dirección Y

Planta	Uy (mm)	Dr Uy(mm)	Ky	0.7(Kx+1)	Condición < 70%	0.8(ΣKx+1)/3	Condición < 80%
1er PISO	1.8409	1.8409	48106.59	38913.69	Regular	31817.0234	Regular
2do PISO	3.5121	1.6712	55590.99	24755.81	Regular		
3er PISO	4.6203	1.1082	35365.44	19850.19	Regular		
4to PISO	5.1662	0.5459	28357.41				

Se observa el porcentaje alcanzado de las rigideces con respecto al entrepiso superiores, estas superan el 70% y 80% indicado en la norma E.030-2018. Esto indica que no existe Irregularidad en planta.

Verificación en Irregularidad de Rigidez - Piso Débil

Dirección X-X			
Planta	$\sum Vc$	$0.8\sum Vc+1$	Condición $n < 80\%$
1er PISO	34500	27600	Regular
2do PISO	34500	27600	Regular
3er PISO	34500	27600	Regular
4to PISO	34500		

Dirección Y-Y			
Planta	$\sum Vc$	$0.8\sum Vc+1$	Condición $< 80\%$
1er PISO	34500	27600	Regular
2do PISO	34500	27600	Regular
3er PISO	34500	27600	Regular
4to PISO	34500		

Se observa que no hay irregularidad de resistencia de Piso Débil en las dos direcciones como lo estipula la norma frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior, (NTE E.030, 2018).

Verificación de Esquinas Entrantes

PLANTA	Lh(m)	Lv(m)	LT.VERTICAL	LT.HORIZONTAL	DIRECCIÓN		CONTROL $>20\%$
					X	Y	
1er PISO	3.7	2.9	9	18	SI	NO	NO CUMPLE
2do PISO	3.7	2.9	9	18	SI	NO	NO CUMPLE
3er PISO	3.7	2.9	9	18	SI	NO	NO CUMPLE
4to PISO	3.7	2.9	9	18	SI	NO	NO CUMPLE

La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta como lo estipula la NTE E.030, 2018, entonces comprobando la verificación no cumple los requisitos como irregular, entonces nuestra edificación vendría ser regular.

Centro de masas y rigideces por niveles

PLANTA	Centro de Gravedad (CG)			Centro de Rigidez (CR)		
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
1er PISO	4.599	8.458	2.7	4.796	8.371	2.283
2do PISO	4.6	8.461	5.3	4.796	8.371	4.908
3er PISO	4.6	8.461	7.9	4.796	8.371	7.508
4to PISO	4.578	8.438	10.5	4.796	8.371	10.108

Como se puede observar en la tabla que el centro de masas y el centro de rigideces son similares, por lo que la configuración estructural es la adecuada para aminorar los efectos de torsión de la vivienda multifamiliar provocados por el sismo.

4.7.2 Peso sísmico estructural

En este ítem determinaremos la cortante basal para ambas direcciones con los factores, para que podamos continuar con el análisis estático, la cual se rige con la siguiente ecuación:

$$V = \left(\frac{Z.U.C.S}{R} \right) . P$$

Donde:

Z: Factor de zona

U: Factor de uso

C: Factor de amplificación sísmica

S: Factor de suelo

R: Factor de reducción de las fuerzas sísmicas

P: Peso de la edificación(100%CM+25%CV)

4.3 Estimación del Peso (P)

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- c. En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

Estimación de peso (Fuente norma E.030)

Peso sísmico (Diseño propio)

PLANTA	CM	CV	SERV=CM+CV	PS(SISMO)
1er piso	128028.6875	63678.125	191706.8125	143948.219
2do pisos	127200.6875	62125	189325.6875	142731.938
3er piso	127200.6875	62125	189325.6875	142731.938
4to piso	94585.0625	15841.875	110426.9375	98545.5313

$$\Sigma=PS= 527957.625 \text{ Kgf}$$

$$V_y = \left(\frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{6} \right) \times 527957.625$$

$$V_y = 88543.77 \text{ Kgf}$$

$$V_x = \left(\frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{8} \right) \times 527957.625$$

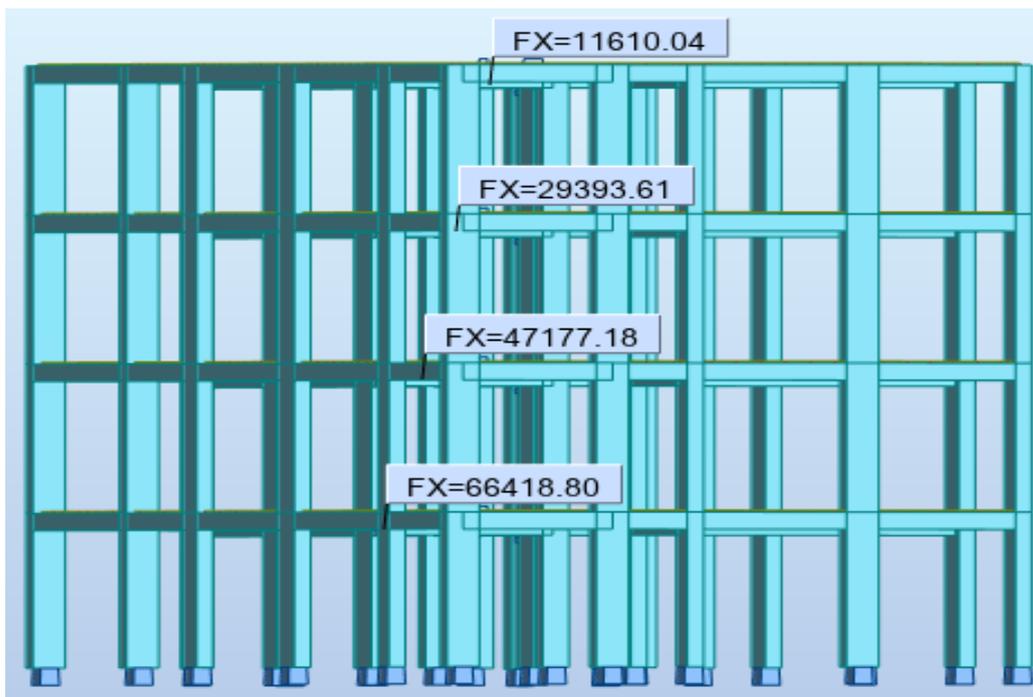
$$V_x = 66406.51 \text{ Kgf}$$

4.7.3. Fuerzas laterales

Distribución de fuerza laterales en la dirección x (Fuente robot structural)

PLANTA	Centro de Gravedad			F(Kgf)
	X(m)	Y(m)	Z(m)	
1er PISO	4.599	8.458	2.419	66419
2do PISO	4.6	8.461	5.037	47177
3er PISO	4.6	8.461	7.637	29394
4to PISO	4.578	8.438	10.179	11610

Distribución de fuerzas laterales en la dirección x

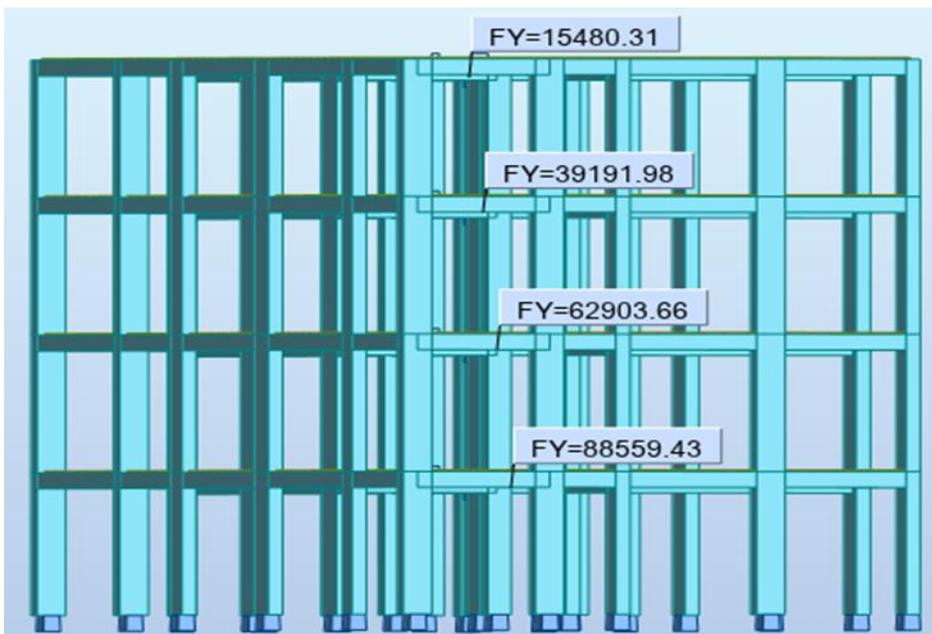


Fuente: robot structural

Distribución de fuerza laterales en la dirección Y

PLANTA	Centro de Gravedad			F(Kgf)
	X(m)	Y(m)	Z(m)	
1er PISO	4.599	8.458	2.419	88559
2do PISO	4.6	8.461	5.037	62904
3er PISO	4.6	8.461	7.637	39192
4to PISO	4.578	8.438	10.179	15480

Distribución de fuerzas en la dirección Y



Fuente: robot structural

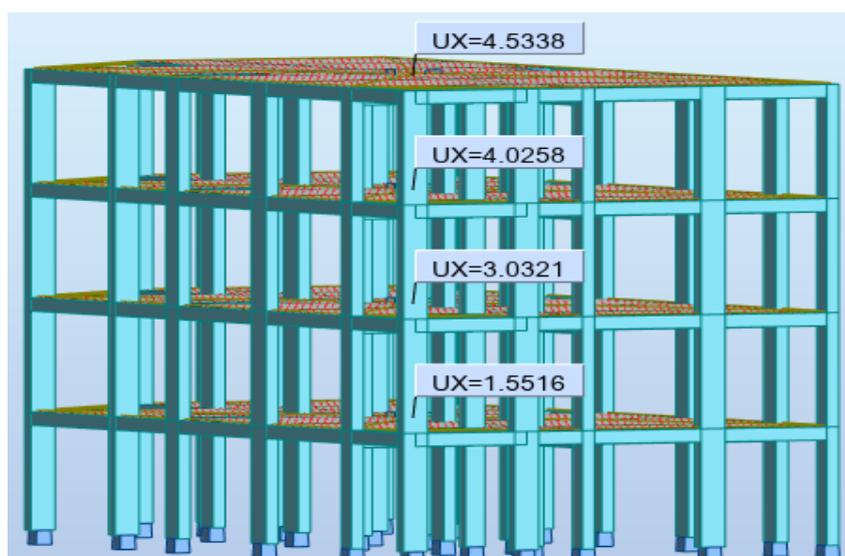
4.7.4. Control de desplazamientos laterales

Se realizó el control de distorsión del entrepiso en ambas direcciones según norma E.030.

Desplazamientos en la dirección X

PLANTA	ALTURA Hi(mm)	COEFICIENTE R	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO RELATIVO	DISTORSION	DISTORSION DE ENTREPISOS	LIMITE DE DISTORSION DE ENTREPISO	CONTROL $\Delta \leq 0.007$
		Rx	Ux (mm)	Dr Ux(mm)	Di=0.75R.Dr Ux	Di/Hi	°C ARMADO	
1er PISO	2700	8	1.5516	1.5516	9.3096	0.0034	0.007	CUMPLE
2do PISO	2600	8	3.0321	1.4805	8.883	0.0034	0.007	CUMPLE
3er PISO	2600	8	4.0258	0.9937	5.9622	0.0023	0.007	CUMPLE
4to PISO	2600	8	4.5338	0.508	3.048	0.0012	0.007	CUMPLE

Desplazamientos en la dirección X

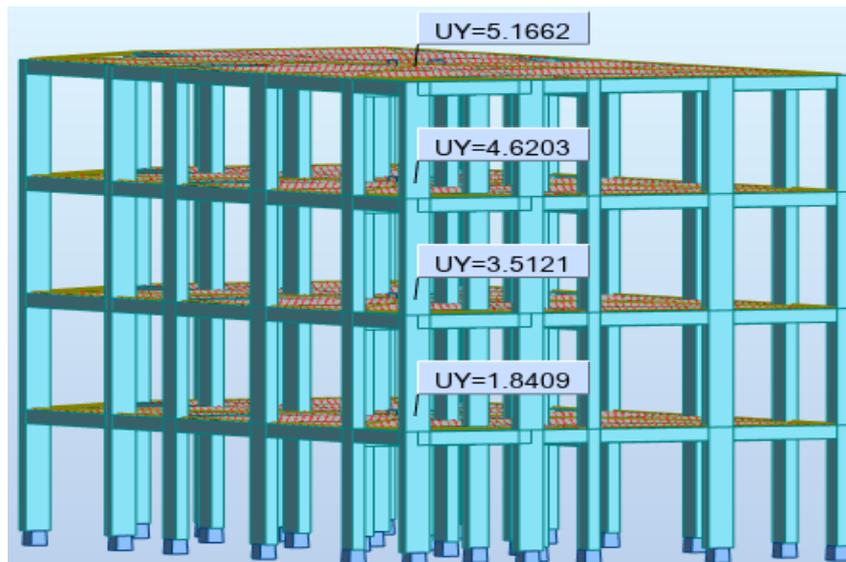


Se observa en la tabla N°19 de desplazamientos las distorsiones del entrepiso en el análisis en la dirección X, se puede verificar que las distorsiones obtenidas son menores que el límite que permite la NTE E.030, 2018.

Desplazamientos en la dirección Y

PLANTA	ALTURA Hi(mm)	COEFICIENTE R	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO RELATIVO	DISTORSION	DISTORSION DE ENTREPISOS	LIMITE DE DISTORSION DE ENTREPISO	CONTROL $\Delta \leq 0.007$
		Ry	Uy (mm)	Dr Uy(mm)	Di=0.75R.Dr Uy	Di/Hi	°C ARMADO	
1er PISO	2700	6	1.8409	1.8409	8.28405	0.0031	0.007	CUMPLE
2do PISO	2600	6	3.5121	1.6712	7.5204	0.0029	0.007	CUMPLE
3er PISO	2600	6	4.6203	1.1082	4.9869	0.0019	0.007	CUMPLE
4to PISO	2600	6	5.1662	0.5459	2.45655	0.0009	0.007	CUMPLE

Desplazamientos en la dirección y (Fuente robot strutural)



Se observa en la tabla de desplazamientos las distorsiones del entrepiso en el análisis en la dirección Y, se puede verificar que las distorsiones obtenidas son menores que el límite que permite la NTE E.030, 2018.

4.8. Análisis dinámico modal espectral

El método implica el cálculo solamente de los valores máximos de los desplazamientos y las aceleraciones en cada modo usando un espectro de diseño con algunas consideraciones adicionales expuestas en los códigos de diseño. Luego se combinan estos valores máximos mediante el método de la combinación cuadrática completa (método CQC), que considera además una correlación entre los valores modales máximos. De este modo, se obtienen los valores más probables de desplazamientos y fuerzas. (DIEGO A. RODRIGUEZ CUEVAS, 2016.p 26-29).

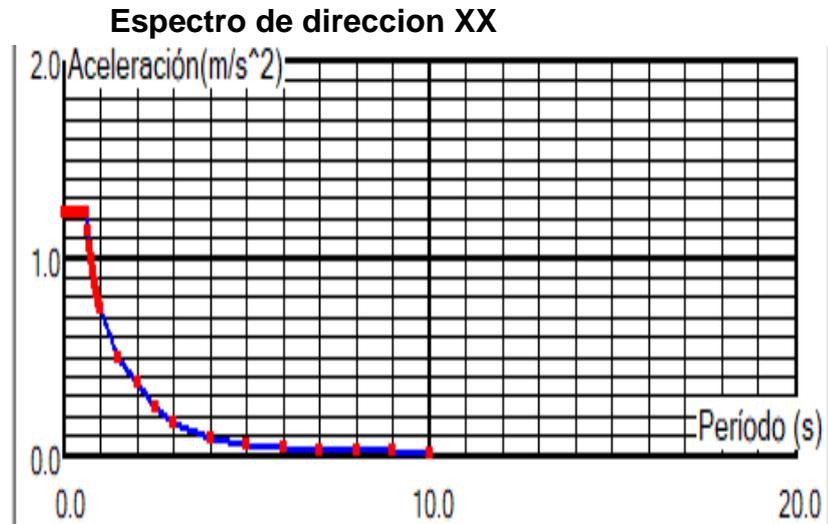
4.8.1. Aceleración espectral del proyecto:

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizó un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por la norma E.030.

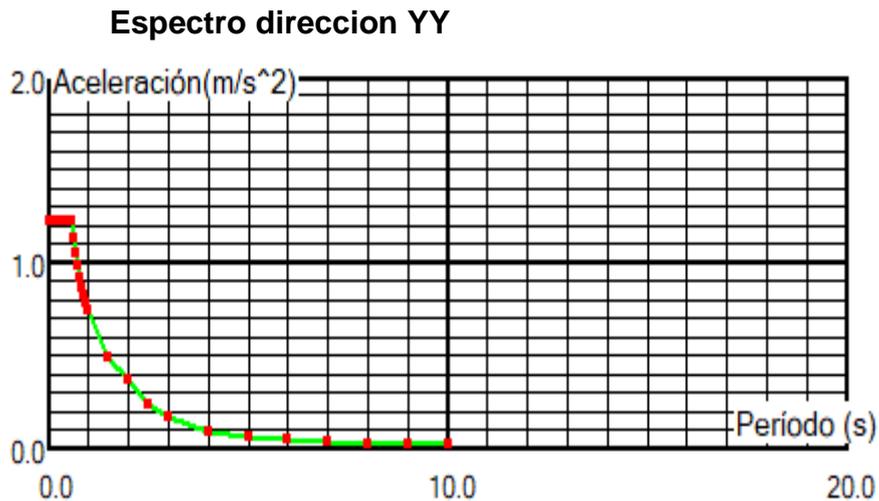
$$S_a = \left(\frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \right) \cdot g$$

Los valores de C dependen del periodo de vibración de la estructura en cada dirección de análisis, por lo que podemos graficar este espectro en función del periodo.

4.8.1.1 Espectros de diseño del proyecto:



Espectro en la dirección x (Fuente robot structural)



Espectro en la dirección y (Fuente robot structural)

Como se observa los espectros de diseño en la dirección x como en la dirección Y, nos dan el modelado de cada modo respecto al periodo fundamental para su respectiva aceleración.

4.8.2. Modos y periodos:

Modos, periodos y masa participativa

Caso	Dirección X-X		Dirección Y-Y	
	Periodos	Masa participante UX %	Periodos	Masa participante UY %
1	0.424301	86.405998	0.387475	87.52092
2	0.315687	0.052244	0.174139	0.000928
3	0.139724	10.170515	0.12897	9.454483
4	0.104291	0.000761	0.078526	2.477517
5	0.08329	2.721339	0.060398	0.542945
6	0.063123	0.603269	0.057576	0.002199
7	0.062728	0.045615	0.034749	0.000712
8	0.047637	0.000147	0.026516	0.000228
9	0.011592	0.000002	0.013004	0.000007
10	0.011392	0.000021	0.012875	0.00001
	$\Sigma = 99.999911$		$\Sigma = 99.999949$	

Fuente: robot structural

En la tabla se observa el porcentaje de masas participativas en robot structural el cual es superior al 90 %, que recomienda la NTE E.030, 2018.

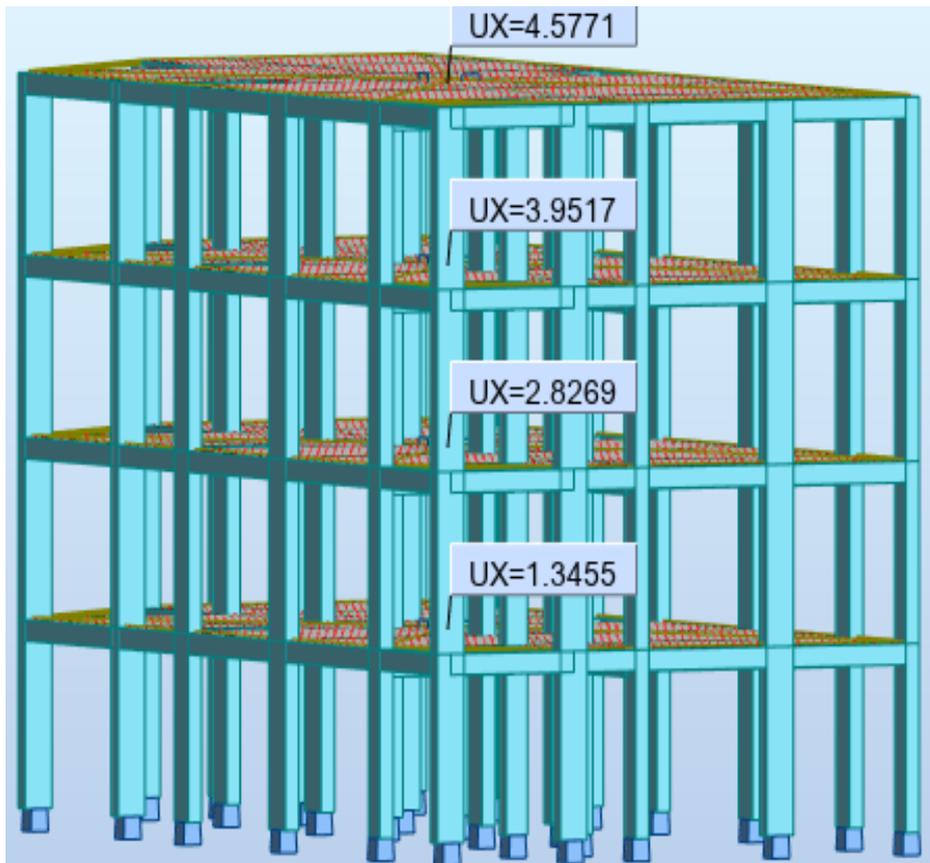
4.8.3. Control de desplazamientos laterales

Desplazamientos en la dirección X

PLANTA	ALTURA Hi(mm)	COEFICIENTE R	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO RELATIVO	DISTORSION	DISTORSION DE ENTREPISOS	LIMITE DE DISTORSION DE ENTREPISO	CONTROL $\Delta \leq 0.007$
		Rx	Ux (mm)	Dr Ux(mm)	Di=0.75R.Dr Ux	Di/Hi	°C ARMADO	
1er PISO	2700	8	1.3455	1.3455	8.073	0.0030	0.007	CUMPLE
2do PISO	2600	8	2.8269	1.4814	8.8884	0.0034	0.007	CUMPLE
3er PISO	2600	8	3.9517	1.1248	6.7488	0.0026	0.007	CUMPLE
4to PISO	2600	8	4.5771	0.6254	3.7524	0.0014	0.007	CUMPLE

Fuente: robot structural

Desplazamientos en la dirección X



Fuente: robot structural

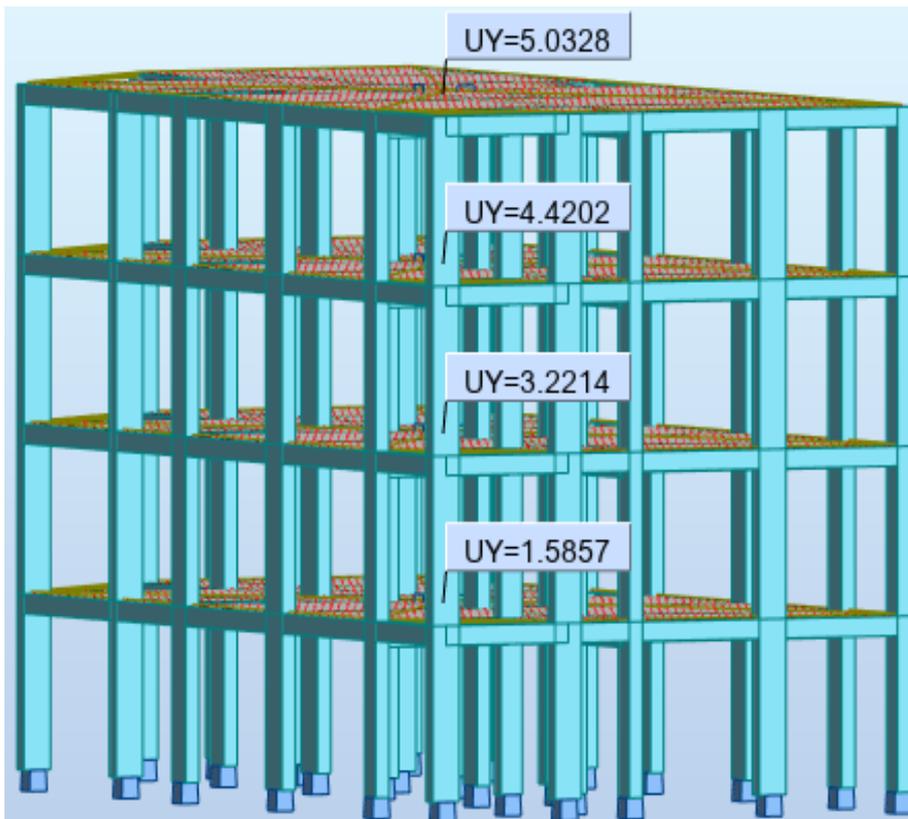
Se observa la tabla de desplazamientos las distorsiones del entrepiso en el análisis en la dirección X, se puede verificar que las distorsiones obtenidas son menores que el límite que permite la NTE E.030, 2018.

Desplazamientos en la dirección Y

PLANTA	ALTURA H_i (mm)	COEFICIENTE R	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO RELATIVO	DISTORSION	DISTORSION DE ENTREPISOS	LIMITE DE DISTORSION DE ENTREPISO	CONTROL $\Delta \leq 0.007$
		R_y	U_y (mm)	$D_r U_y$ (mm)	$D_i=0.75R.D_r U_y$	D_i/H_i	$^{\circ}C$ ARMADO	
1er PISO	2700	6	1.5857	1.5857	7.13565	0.0026	0.007	CUMPLE
2do PISO	2600	6	3.2214	1.6357	7.36065	0.0028	0.007	CUMPLE
3er PISO	2600	6	4.4202	1.1988	5.3946	0.0021	0.007	CUMPLE
4to PISO	2600	6	5.0328	0.6126	2.7567	0.0011	0.007	CUMPLE

Fuente: robot structural

Desplazamientos en la dirección Y



Fuente: robot strutural

Se observa la tabla de desplazamientos, las distorsiones del entrepiso en el análisis en la dirección Y, se puede verificar que las distorsiones obtenidas son menores que el límite que permite la NTE E.030, 2018.

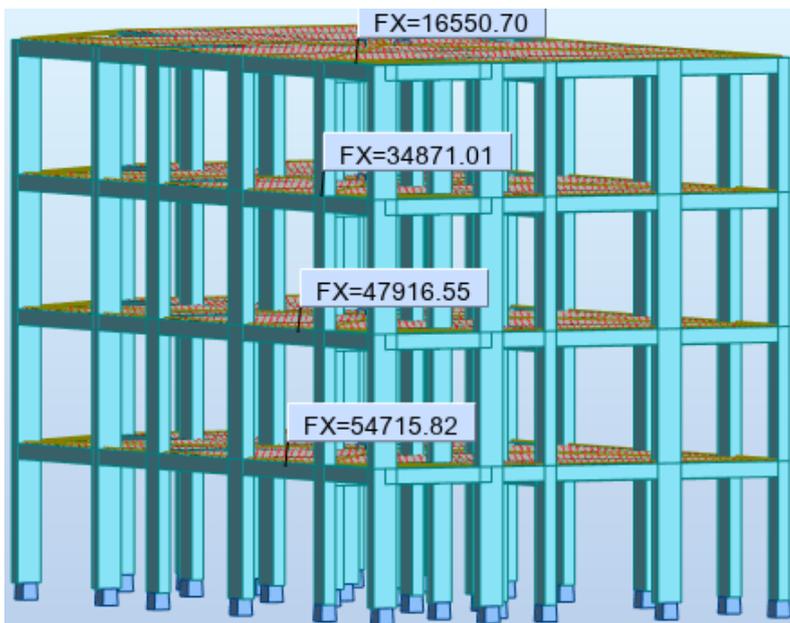
4.8.4 Verificación de la condición de cortante basal

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no puede ser menor que el 80% del valor calculado por el método estático para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares (NTE E030, 2018).

Verificación de cortante basal en la dirección X

EJE	PLANTA	ANALISIS		% REQUERIDO		% OPTENIDO	CONTROL
		ESTATICO	DINAMICO				
X CORTANTE BASAL	4to PISO	11610.04	16550.7	80%	<	143%	CUMPLE
	3er PISO	29393.61	34871.01	80%	<	119%	CUMPLE
	2do PISO	47177.18	47916.55	80%	<	102%	CUMPLE
	1er PISO	66418.8	54715.82	80%	<	82%	CUMPLE

Fuerzas dinámicas laterales en la dirección Y



Fuente: robot structural

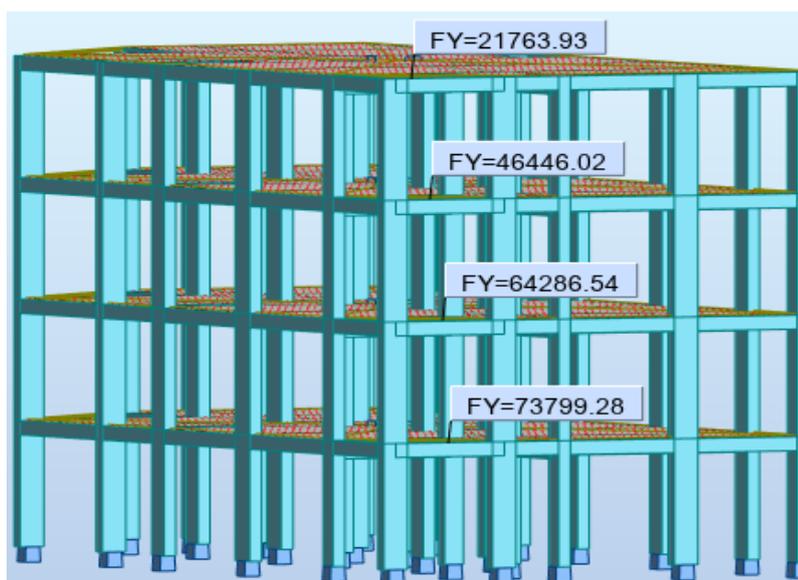
Como se observa la tabla de cortante basal en la dirección X, estas fuerzas son del análisis en robot structural. Como menciona NTE E030, 2018. la fuerza cortante en el primer entepiso del edificio no puede ser menor que el 80% del valor calculado por el método estático para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares; se cumple el control de verificación de la NTP.

Verificación de cortante basal en la dirección Y

EJE	PLANTA	ANALISIS		% REQUERIDO		% OPTENIDO	CONTROL
		ESTATICO	DINAMICO				
Y CORTANTE BASAL	4to PISO	15480.31	21763.93	80%	<	141%	CUMPLE
	3er PISO	39191.98	46446.02	80%	<	119%	CUMPLE
	2do PISO	62903.66	64286.54	80%	<	102%	CUMPLE
	1er PISO	88559.43	73799.28	80%	<	83%	CUMPLE

Fuente: robot structural

Fuerzas dinámicas laterales en la dirección Y



Como se observa la tabla de cortante basal en la dirección Y, estas fuerzas son del análisis en robot estructural. Como menciona NTE E030, 2018. la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no puede ser menor que el 80% del valor calculado por el método estático para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares; se cumple el control de verificación de la NTP.

4.9. JUNTA DE SEPARACION SISMICA

La junta de separación sísmica llamada s por la norma E.030-2018, es la distancia mínima de separación entre dos edificios vecinos evitando así el contacto durante un movimiento sísmico. La norma establece lo siguiente: $S=2/3$ de la suma de los desplazamientos máximos de los bloques adyacentes, ni menor que $s = 0,006 h \geq 0,03 m$

Donde h es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar s . Actualmente no existe edificaciones vecinas construidas alrededor de la vivienda, es por ello que se toma el segundo enunciado de la norma para el cálculo de la junta sísmica

A continuación, se presenta el cálculo del valor de s :

$$S=0.006(10.50)$$

$$S= 0.063 > 0.03m$$

Por lo tanto, la junta de separación sísmica s es: 5cm

Entonces el retiro del edificio será, según la norma E.030-2018, el valor de la mitad de la junta sísmica calculada. Por lo tanto, se considera el retiro del edificio un valor de 2.5cm para cada dirección respectivamente.

5. Diseño de los elementos de concreto armado

5.1. Método de Diseño:

Los elementos de concreto armado se diseñarán con el Diseño por Resistencia, o también llamado Diseño a la Rotura. Lo que se pretende es proporcionar a los elementos una resistencia adecuada según lo que indique la N.T.E E.060, utilizando factores de cargas y factores de reducción de resistencia. Se mostrará el diseño de los elementos resistentes a fuerzas sísmicas, se tiene el metrado de las cargas de servicio las cuales se amplifican mediante los llamados factores de carga. Se aplican las siguientes combinaciones de cargas:

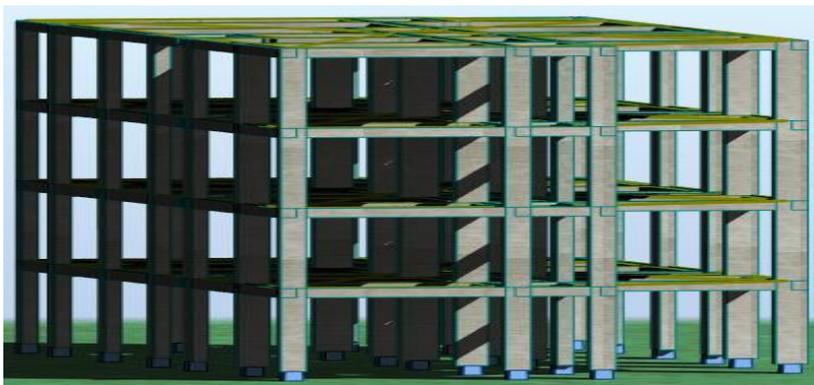
- $U = 1.4CM + 1.7CV$
- $U = 1.25(CM + CV) + CS$
- $U = 1.25(CM + CV) - CS$

La norma E.060 define los factores de reducción de resistencia ϕ como se indica a continuación:

- Para flexión sin carga axial $\phi = 0.90$
- Para cortante y torsión $\phi = 0.85$

En el caso de las losas aligeradas, al no ser afectadas por las fuerzas sísmicas, se diseñarán a gravedad ya que los elementos como muros de corte, columnas y vigas absorben dichas fuerzas laterales.

Modelo de diseño (Fuente robot estructural)

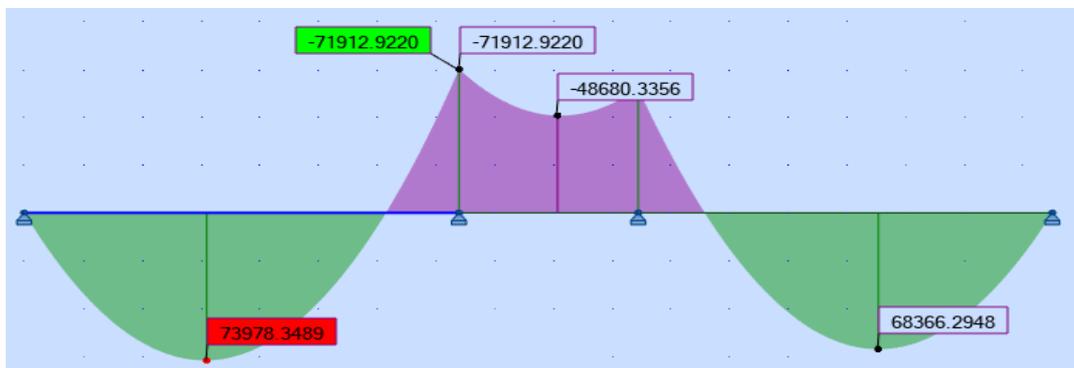


5.2. Diseño de Losa Aligerada

Para el diseño de losas aligeradas solo se considera las cargas de gravedad que actúan sobre ellas, es decir solo consideramos la carga muerta y la carga viva; debido a que las losas de techo no reciben fuerzas ni momentos sísmicos. Por tanto, las cargas se amplificarán de acuerdo a la combinación: $1.4CM+1.7CV$.

Nosotros realizaremos el diseño como una viga simplemente apoyada con sección rectangular, con un ancho inferior de 0.10m, ancho superior de 0.40m y altura total de $h= 20$, de 3 tramos, que se encuentra entre los ejes 2 - 3 del eje X, por ser el caso más crítico.

Grafica de momentos de losa aligerada



Fuente: robot structural

DISEÑO DE LOSA ALIGERADA

Diseño Tramo N°1

$$A_s = \frac{M_{umax}}{\phi \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})} \quad a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

Momento actuante positivo

Mumax	73978.35
Ø	0.9
f _y	4200
d	17
a	0.691

$$A_s = 1.175117$$

$$A_{s \text{ req}} = 1.175117$$

a	0.6912
A _s	1.1751
f _y	4200
f _c	210
b	40

$$\rho_{min} = \frac{0.70 \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

Momento actuante negativo

Mumax	71912.92
Ø	0.9
f _y	4200
d	17
a	2.876

$$A_s = 1.2225024$$

$$A_{s \text{ req}} = 1.2225024$$

a	2.8765
A _s	1.2225
f _y	4200
f _c	210
b	10

$$\rho_{min} = \frac{0.70 \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

Verificación

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

$$P_{min} = 0.0024$$

$$A_{s \text{ min}} = 1.632 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{b \ 210} = 0.021$$

$$\rho_{max} = 0.75 \cdot \rho_b$$

$$P_{max} = 0.01575$$

$$A_{s \text{ max}} = \rho_{max} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s \text{ max}} = 10.71 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} > A_{s \text{ req}} > A_{s \text{ min}}$$

$$10.71 > 1.18 > 1.63$$

$$A_{s \text{ min}} = 1.63$$

$$A_{s \ \phi} = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$\#var = \frac{A_{s \text{ req}}}{A_{s \ \phi}}$$

$$\#Var = 1.283$$

$$\#Var = 1\phi 1/2"$$

$$\text{usar: } 1/2" @ 0.25\text{m}$$

Verificación

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

$$P_{min} = 0.0024$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.408 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{b \ 210} = 0.021$$

$$\rho_{max} = 0.75 \cdot \rho_b$$

$$P_{max} = 0.01575$$

$$A_{s \text{ max}} = \rho_{max} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s \text{ max}} = 2.6775 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} > A_{s \text{ req}} > A_{s \text{ min}}$$

$$10.71 > 1.22 > 0.41$$

$$A_{s \text{ req}} = 1.22$$

$$A_{s \ \phi} = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$\#var = \frac{A_{s \text{ req}}}{A_{s \ \phi}}$$

$$\#Var = 0.961$$

$$\#Var = 1\phi 1/2"$$

$$\text{usar: } 1/2" @ 0.25\text{m}$$

Diseño Tramo N°2

Momento actuante negativo

Mumax	48680.34
Ø	0.9
fy	4200
d	17
a	1.88

$$As = 0.8018927$$

$$As \text{ req} = 0.8018927$$

a	1.8868
As	0.8019
fy	4200
fc	210
b	10

$$\rho_{min} = \frac{0.70\sqrt{f'c}}{fy}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$P_{max} = 0.01575$$

$$A_{smax} = \rho_{max} \times b \times d$$

$$A_{smax} = 2.6775 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} > A_{sreq} > A_{smin}$$

$$2.68 > 0.8 > 0.41$$

$$As \text{ req} = 0.8$$

$$As_{\phi} = 1.27 \text{ cm}^2$$

Verificación

$$A_{smin} = \rho_{min} \times b \times d$$

$$As \text{ min} = 0.408 \text{ cm}^2$$

$$P_{min} = 0.0024$$

$$\rho_{b \ 210} = 0.021$$

$$\#var = \frac{A_{sreq}}{As_{\phi}}$$

$$\#Var = 0.63$$

$$\#Var = 1 \text{Ø} 1/2''$$

$$\text{usar: } 1/2'' @ 0.25m$$

Diseño Tramo N°3

$$As = \frac{Mumax}{\phi \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \times f'c \times b}$$

Momento actuante positivo

Mumax	68366.29
Ø	0.9
fy	4200
d	17
a	0.6378

$$As = 1.08424$$

$$As \text{ req} = 1.08424$$

a	0.6378
As	1.0842
fy	4200
fc	210
b	40

$$\rho_{min} = \frac{0.70\sqrt{f'c}}{fy}$$

Momento actuante negativo

Mumax	50985.81
Ø	0.9
fy	4200
d	17
a	1.982

$$As = 0.8425454$$

$$As \text{ req} = 0.8425454$$

a	1.9825
As	0.8425
fy	4200
fc	210
b	10

$$\rho_{min} = \frac{0.70\sqrt{f'c}}{fy}$$

Verificación

$$A_{smin} = \rho_{min} \times b \times d$$

$$As \text{ min} = 1.632 \text{ cm}^2$$

$$P_{min} = 0.0024$$

Verificación

$$A_{smin} = \rho_{min} \times b \times d$$

$$As \text{ min} = 0.408$$

$$P_{min} = 0.0024$$

$$\rho_{b\ 210} = 0.021$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$P_{max} = 0.01575$$

$$A_{s\ max} = \rho_{max} \times b \times d$$

$$A_{s\ max} = 10.71\ \text{cm}^2$$

$$A_{s\ max} > A_{s\ req} > A_{s\ min}$$

$$10.71 > 1.08 > 1.63$$

$$A_{s\ min} = 1.63 \quad A_{s\ \emptyset} = 1.27\ \text{cm}^2$$

$$\#var = \frac{A_{s\ req}}{A_{s\ \emptyset}}$$

$$\#Var = 1.283$$

$$\#Var = 1\ \emptyset 1/2''$$

$$\text{usar: } 1/2'' @ 0.25\text{m}$$

$$\rho_{b\ 210} = 0.021$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$P_{max} = 0.01575$$

$$A_{s\ max} = \rho_{max} \times b \times d$$

$$A_{s\ max} = 2.6775\ \text{cm}^2$$

$$A_{s\ max} > A_{s\ req} > A_{s\ min}$$

$$2.68 > 0.84 > 0.41$$

$$A_{s\ req} = 0.84 \quad A_{s\ \emptyset} = 1.27\ \text{cm}^2$$

$$\#var = \frac{A_{s\ req}}{A_{s\ \emptyset}}$$

$$\#Var = 0.661$$

$$\#Var = 1\ \emptyset 1/2''$$

$$\text{usar: } 1/2'' @ 0.25\text{m}$$

ACERO POR TEMPERATURA

$$A_{st} = 0.0018 \times b \times h \quad S_{esp}: \text{Espaciamiento}$$

$$h = 5\ \text{cm}$$

$$A_{st} = 0.9\ \text{cm}^2$$

$$S_{esp} = \frac{A_{s\ \emptyset} \times b}{A_{st}}$$

$$S_{esp} = 35.5556\ \text{cm}$$

$$\text{Acero } \emptyset 1/4 = 0.32\ \text{cm}^2$$

Pero por norma el maximo espaciamento es 5h, por lo tanto 5(5)=25cm

$$\text{usar: } 1/4'' @ 0.25\text{m}$$

Tabla N°26: Distribución de acero de zona de diseño de losa

EJE	A	CENTRO	C	C	CENTRO	D	D	CENTRO	F
b (cm)		10			10			10	
d (cm)		17			17			17	
Mu(-)Kgf*cm	0	0	71912.9	71912.9	48680.3	50985.8	50985.8	0	0
Mu(+)Kgf*cm	0	73978.35	0	0	0	0	0	68366.3	0
As(-)cm2			1.22	1.22	0.8	0.84	0.84		
As(+)cm2		1.63						1.63	
Varillas(-)			1 \emptyset 1/2						
Varillas(+)		1 \emptyset 1/2						1 \emptyset 1/2	

Diseño por corte de losa aligerada

DISEÑO POR CORTE DE LOSA ALIGERADA

EJE	A	CENTRO	C	C	CENTRO	D	D	CENTRO	F
b (cm)		10			10			10	
d (cm)		17			17			17	
Vu	961.52		-1350.2	539.02		-413.8	1278.13		9.24.29
ϕV_c		1184.897			1184.9			1184.9	
$\phi V_c \geq Vu$	si		si	si		si	no		si
Ensanchamiento	no		no	no		no	si		no

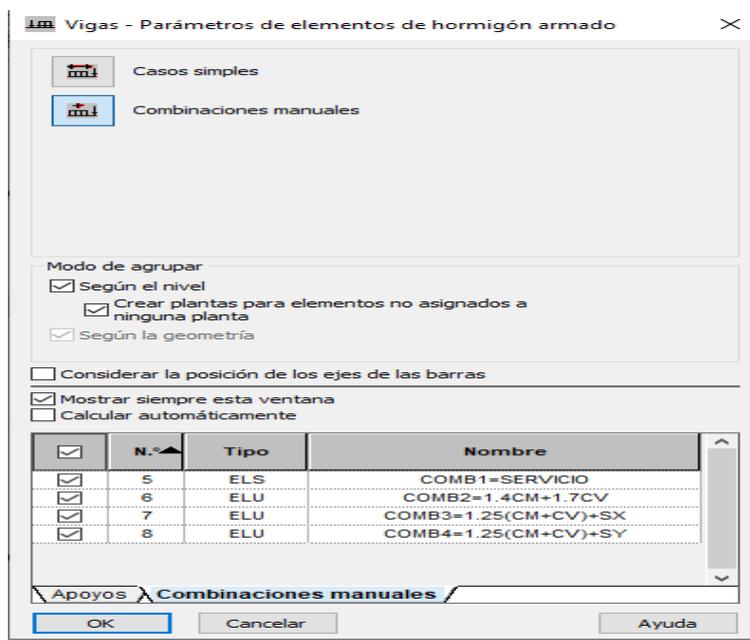
Nota : Requiere un ensanchamiento de un ladrillo por cad dos viguetas

5.3. Diseño de vigas

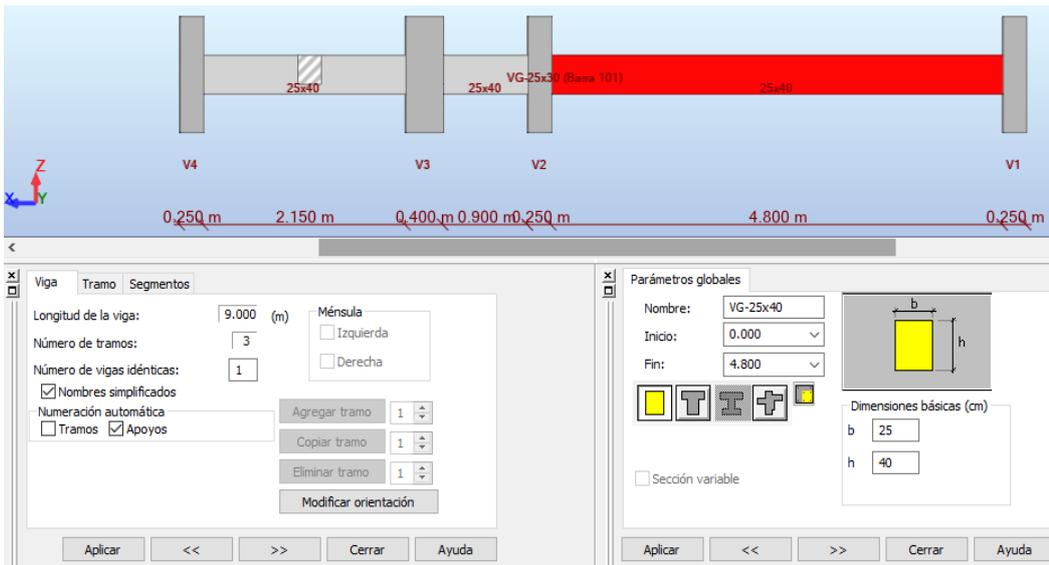
Las vigas son estructuras diseñadas, para resistir esfuerzos de flexión y corte que transmiten las losas y columnas.

- El diseño de la viga dependerá de la magnitud del momento.
- Las cargas utilizadas, como las cargas muertas, vivas y de sismo son vinculadas para la realización de combinaciones.
- Para el diseño de las vigas se utiliza el software robot estructural con la norma estadounidense ACI-318-14 y la norma E.060 del RNE.

Combinación de cargas



Viga de pórtico del eje 2



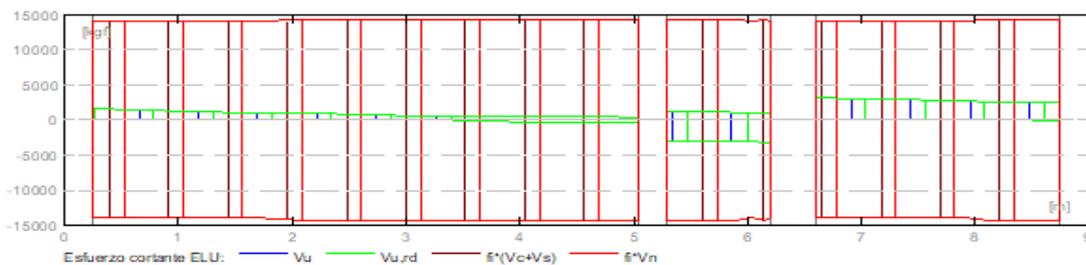
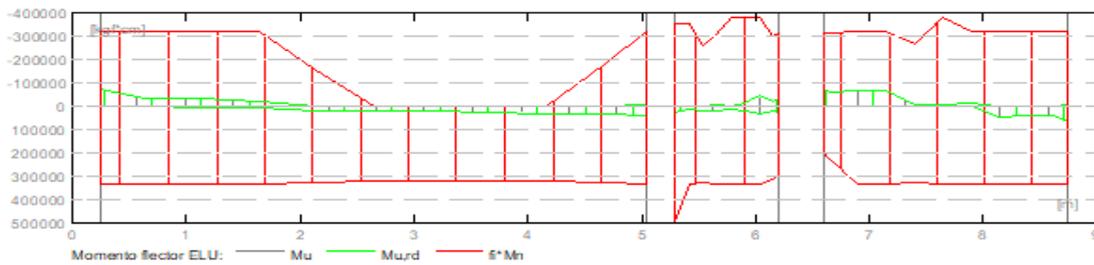
Fuente: robot structural

Para el diseño se tomará el eje 2 eje de las ordenadas, el cual consta de tres tramos como se observa en la figura, es una viga de 25 cm de base con un peralte de 40cm.

Momento y cortante de viga

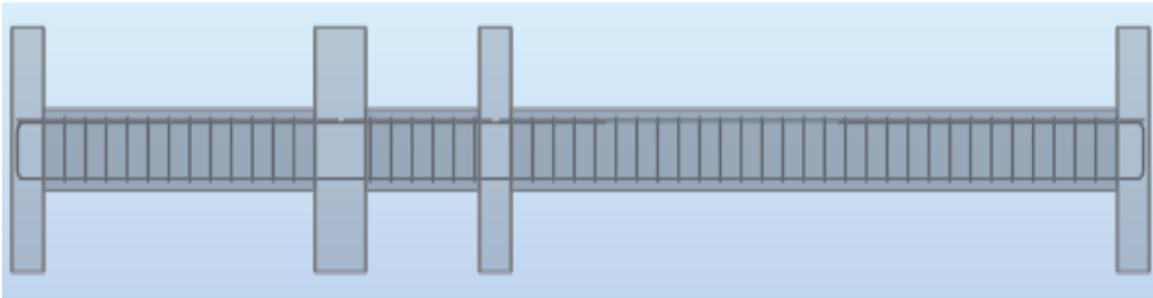
2.5.1 Solicitaciones ELU

Tramo	Mu,máx. (kgf*cm)	Mu,min. (kgf*cm)	Mu,iz (kgf*cm)	Mu,d (kgf*cm)	Vu,iz (kgf)	Vu,d (kgf)	
P1	38048.0226	-24595.0445	-70526.9142	38048.0226	1646.70	-519.55	
P2	31337.9155	-14142.7290	27971.8586	-32350.3898	-2967.60	-3190.05	
P3	64840.7963	-69173.8315	-73512.6627	64840.7963	3231.98	2511.82	



Fuente: robot structural.

Distribución de acero longitudinal y transversal



Fuente: robot structural.

Como se observa el armado de los estribos es automático, pero hay que tener cuidado ya que el diseño por corte del programa lo hace con el ACI 318-14, para nuestra viga la separación de estribos según robot structural:

- Tramo P1 de 0.25 a 5.050
- Areco longitudinal: (Inferior: $2\text{Ø} \#1/2''$ - Superior: $2\text{Ø} \#3/8$)
- Acero transversal: $\text{Ø} \#3/8$: $1*0.06 + 29*0.165(\text{m})$
- Tramo P2 de 5.30 a 6.20
- Areco longitudinal: (Inferior: $2\text{Ø} \#1/2''$ - Superior: $2\text{Ø} \#3/8$)
- Acero transversal: $\text{Ø} \#3/8$: $1*0.037 + 5*0.165(\text{m})$
- Tramo P3 de 6.60 a 8.750
- Areco longitudinal: (Inferior: $2\text{Ø} \#1/2''$ - Superior: $2\text{Ø} \#3/8$)
- Acero transversal: $\text{Ø} \#3/8$: $1*0.02 + 29*0.165(\text{m})$

Observando la distribución de acero transversal de robot estructural que no es la adecuada, tomaremos como referencia nuestra NTP lo siguiente:

- a. Debe existir una zona de confinamiento igual a 2 veces el peralte, medido desde la cara del elemento.
 - b. El 1° estribo debe ir a no más de 10mm
 - c. La separación S_o de la zona de confinamiento no debe exceder al menor de:
 - $d/4$, pero no es necesario que el espaciamiento sea menor de 15 cm.
 - 10 veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro.
 - 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento
 - d. La separación del tramo central debe de estar espaciados a no más de $0.5d$.
- Por lo tanto, para nuestra viga su distribución del acero transversal será:

$\text{Ø} \#3/8$: $1@0.05 + 8@0.10 + 5@0.15 + 8@0.10$ [+Rest.@0.20](#)

DISEÑANDO CON LOS MOMENTOS Y CORTANTES DE ROBOT STRUCTURAL

DISEÑO DE VIGA EJE X

Diseño de acero longitudi Viga:25x40-Eje:2-2

Diseño Tramo N°1

$$A_s = \frac{M_{umax}}{\phi \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})} \quad a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

Momento actuante positivo

Mumax	38048
Ø	0.9
fy	4200
d	34
a	0.279

As = 0.29727

As req = 0.29727

a	0.2798
As	0.2973
fy	4200
fc	210
b	25

Momento actuante negativo

Mumax	70526.9
Ø	0.9
fy	4200
d	34
a	0.52

As = 0.55299

As req = 0.55299

a	0.5205
As	0.553
fy	4200
fc	210
b	25

Verificación

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

As min = 2.04 cm²

$$\rho_{max} = 0.75 \cdot \rho_b$$

Pmax = 0.01575

$$A_{smax} = \rho_{max} \cdot b \cdot d$$

As max = 13.3875

$$A_{smax} > A_{sreq} > A_{smin}$$

13.39 > 0.30 > 2.04

As min = 2.04 cm²

$$\#var = \frac{A_{sreq}}{A_{s\phi}} \quad A_{s\phi} = 1.27 \text{ cm}^2$$

#Var = 1.606

#Var = 2Ø1/2"

usar: 1/2"

Verificación

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

As min = 2.04 cm²

$$\rho_{max} = 0.75 \cdot \rho_b$$

Pmax = 0.01575

$$A_{smax} = \rho_{max} \cdot b \cdot d$$

As max = 13.3875 cm²

$$A_{smax} > A_{sreq} > A_{smin}$$

13.39 > 0.55 > 2.04

As min = 2.04 cm²

$$\#var = \frac{A_{sreq}}{A_{s\phi}} \quad A_{s\phi} = 1.27 \text{ cm}^2$$

#Var = 1.6063

#Var = 2Ø1/2"

usar: 1/2"

Diseño de acero transversal

Zona de confinamiento: 2h=80cm

Verificación de la resistencia al corte del concreto

Vud	1432.59
h	40
d	34
b	25
Ø	0.85

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'} \times C \times b \times d$$

$$V_c = 6528.36 \text{ Kgf}$$

$$V_{s \max} = 2.12 \times \sqrt{f'} \times C \times b \times d$$

$$V_s \max = 26113.46$$

$$V_s = V_n - V_c$$

$$V_s = -4842.96 \text{ Kgf}$$

$$\frac{Vud}{\phi} \leq V_c \quad \text{:Acero min. transversal}$$

$$V_n = \frac{Vud}{\phi}$$

$$V_n = 1685.4$$

Diseño por corte usando estribo de Ø3/8": dos ramas
Asv= 1.42 cm2

Espaciamiento según NTP E060

d/4	11cm
10db	12.70cm
24db est.	22.86cm

Zona de centrada:

Vud	761.79
h	40
d	34
b	25
Ø	0.85

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'} \times C \times b \times d$$

$$V_c = 6528.36 \text{ Kgf}$$

$$V_{s \max} = 2.12 \times \sqrt{f'} \times C \times b \times d$$

$$V_s \max = 26113.46$$

$$V_s = V_n - V_c$$

$$V_s = -5632.13647 \text{ Kgf}$$

$$V_s \max > V_s \quad \text{:Usar el minimo}$$

$$\frac{Vud}{\phi} \leq V_c \quad \text{:Acero min. transversal}$$

$$V_n = \frac{Vud}{\phi}$$

$$V_n = 896.223529$$

Espaciamiento según NTP E 060: d/2 usar: Ø3/8"
1@5;10@8;rest.@20 ambos extremos

Diseño Tramo N°2

Diseño de acero longitudinal

$$A_s = \frac{M_{umax}}{\phi \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \times f' \times C \times b}$$

Momento actuante positivo

Mumax	31337.9
Ø	0.9
fy	4200
d	34
a	0.23

$$A_s = 0.24466$$

$$A_s \text{ req} = 0.24466$$

a	0.2303
As	0.2447
fy	4200
fc	210
b	25

Momento actuante negativo

Mumax	32350.4
Ø	0.9
fy	4200
d	34
a	0.2377

$$A_s = 0.2526$$

$$A_s \text{ req} = 0.2526$$

a	0.2377
As	0.2526
fy	4200
fc	210
b	25

Verificación

$$\rho_{min} = \frac{0.70\sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$A_{smin} = \rho_{min}xbxd$$

$$P_{min} = 0.0024$$

$$A_{smin} = 2.04 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{b210} = 0.021$$

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b$$

$$P_{max} = 0.01575$$

$$A_{smax} = \rho_{max}xbxd$$

$$A_{smax} = 13.3875$$

$$A_{smax} > A_{sreq} > A_{smin}$$

$$13.39 > 0.24 > 2.04$$

$$A_{smin} = 2.04$$

$$\#var = \frac{A_{sreq}}{A_{s\emptyset}} \quad A_{s\emptyset} = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$\#Var = 1.606$$

$$\#Var = 2\emptyset 1/2''$$

$$\text{usar: } 1/2''$$

Verificación

$$\rho_{min} = \frac{0.70\sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$A_{smin} = \rho_{min}xbxd$$

$$P_{min} = 0.0024$$

$$A_{smin} = 2.04 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{b210} = 0.021$$

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b$$

$$P_{max} = 0.01575$$

$$A_{smax} = \rho_{max}xbxd$$

$$A_{smax} = 13.3875$$

$$A_{smax} > A_{sreq} > A_{smin}$$

$$13.39 > 0.25 > 2.04$$

$$A_{smin} = 2.04$$

$$\#var = \frac{A_{sreq}}{A_{s\emptyset}} \quad A_{s\emptyset} = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$\#Var = 1.6063$$

$$\#Var = 2\emptyset 1/2''$$

$$\text{usar: } 1/2''$$

Diseño Tramo N°3

Diseño de acero longitudinal

$$A_s = \frac{M_{umax}}{\phi \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'c \cdot b}$$

Momento actuante positivo

Mumax	64840.8
Ø	0.9
fy	4200
d	34
a	0.478

$$A_s = 0.50809$$

$$A_{sreq} = 0.50809$$

a	0.4782
As	0.5081
fy	4200
fc	210
b	25

Momento actuante negativo

Mumax	73512.7
Ø	0.9
fy	4200
d	34
a	0.5427

$$A_s = 0.5766$$

$$A_{sreq} = 0.5766$$

a	0.5427
As	0.5766
fy	4200
fc	210
b	25

Verificación

$$\rho_{min} = \frac{0.70\sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$A_{smin} = \rho_{min}xbxd$$

$$P_{min} = 0.0024$$

$$A_{smin} = 2.04 \text{ cm}^2$$

Verificación

$$\rho_{min} = \frac{0.70\sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$A_{smin} = \rho_{min}xbxd$$

$$P_{min} = 0.0024$$

$$A_{smin} = 2.04 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{b\ 210} = 0.021$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$P_{max} = 0.01575$$

$$A_{s\ max} = \rho_{max} \times b \times d$$

$$A_{s\ max} = 13.3875$$

$$A_{s\ max} > A_{s\ req} > A_{s\ min}$$

$$13.39 > 0.51 > 2.04$$

$$A_{s\ min} = 2.04$$

$$\rho_{b\ 210} = 0.021$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$P_{max} = 0.01575$$

$$A_{s\ max} = \rho_{max} \times b \times d$$

$$A_{s\ max} = 13.3875$$

$$A_{s\ max} > A_{s\ req} > A_{s\ min}$$

$$13.39 > 0.58 > 2.04$$

$$A_{s\ min} = 2.04$$

$$\#var = \frac{A_{s\ req}}{A_{s\ \emptyset}} \quad A_{s\ \emptyset} = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$\#Var = 1.606$$

$$\#Var = 2\emptyset 1/2''$$

$$usr: 1/2''$$

$$\#var = \frac{A_{s\ req}}{A_{s\ \emptyset}} \quad A_{s\ \emptyset} = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$\#Var = 1.6063$$

$$\#Var = 2\emptyset 1/2''$$

$$usr: 1/2''$$

Diseño de acero transversal

Zona de confinamiento: 2h=80cm

Vud	2860.86
h	40
d	34
b	25
Ø	0.85

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'} \times C_x \times b \times d$$

$$V_c = 6528.36 \text{ Kgf}$$

$$V_{s \max} = 2.12 \times \sqrt{f'} \times C_x \times b \times d$$

$$V_{s \max} = 26113.46$$

$$V_s = V_n - V_c$$

$$V_s = -3162.64235 \text{ Kgf}$$

$$\frac{V_{ud}}{\phi} \leq V_c$$

:Acero min. transversal

$$V_n = \frac{V_{ud}}{\phi}$$

$$V_n = 3365.71765$$

Diseño por corte usando estribo de Ø3/8" : dos ramas
Asv= 1.42 cm²

Espaciamiento según NTP E 060

d/4	11cm
10db	12.70cm
24db est.	22.86cm

Zona de centrada:

Vud	2756.65
h	40
d	34
b	25
Ø	0.85

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'} \times C_x \times b \times d$$

$$V_c = 6528.36 \text{ Kgf}$$

$$V_{s \max} = 2.12 \times \sqrt{f'} \times C_x \times b \times d$$

$$V_{s \max} = 26113.46$$

$$V_s = V_n - V_c$$

$$V_s = -3285.24235 \text{ Kgf}$$

$$\frac{V_{ud}}{\phi} \leq V_c$$

:Acero min. transversal

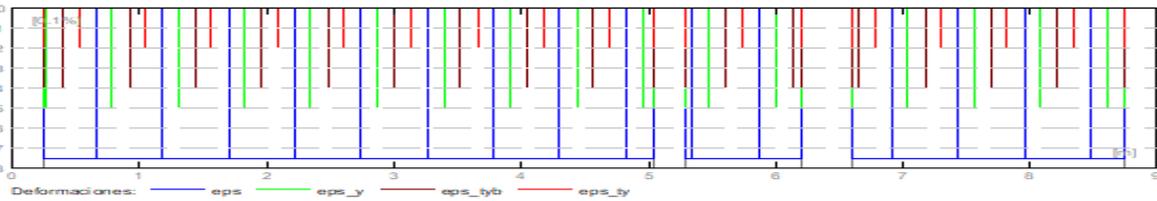
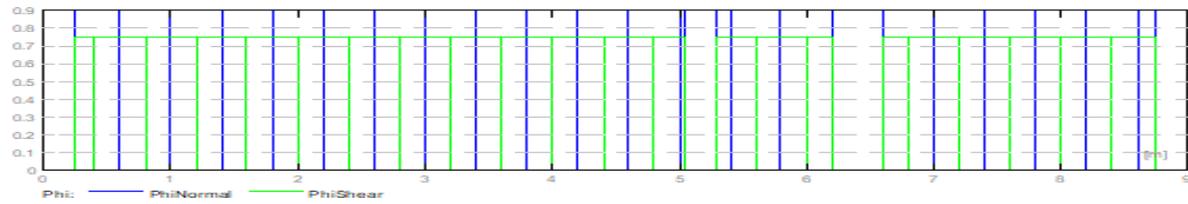
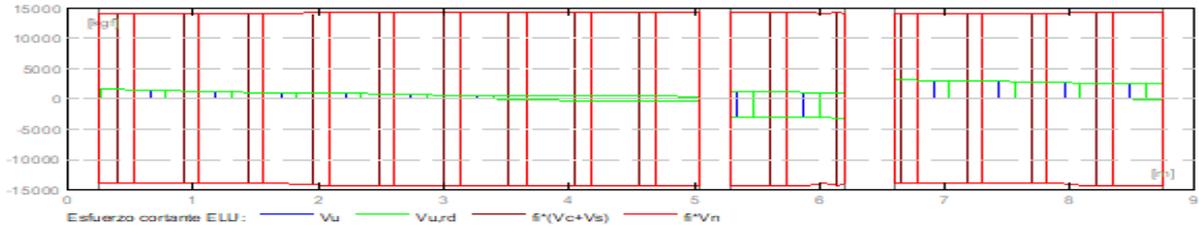
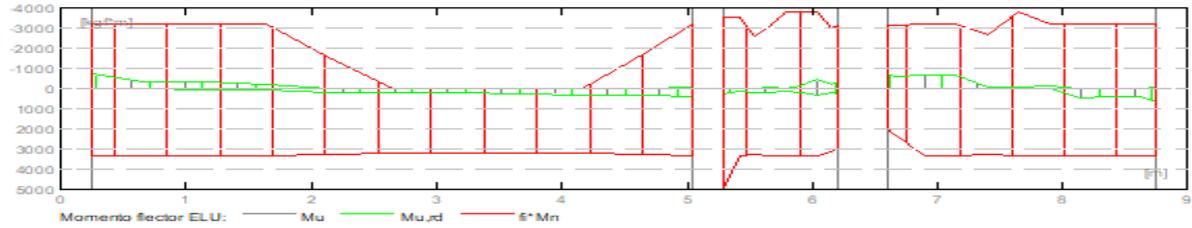
$$V_n = \frac{V_{ud}}{\phi}$$

$$V_n = 3243.11765$$

Espaciamiento según NTP E060: d/2 usar: Ø3/8"
1@5;10@8;rest.@20 ambos extremos

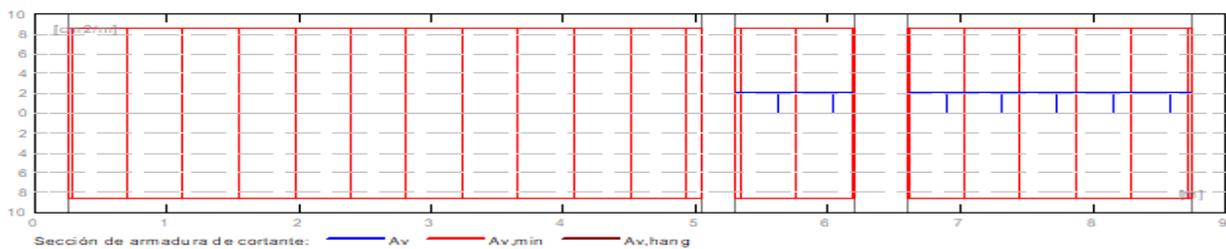
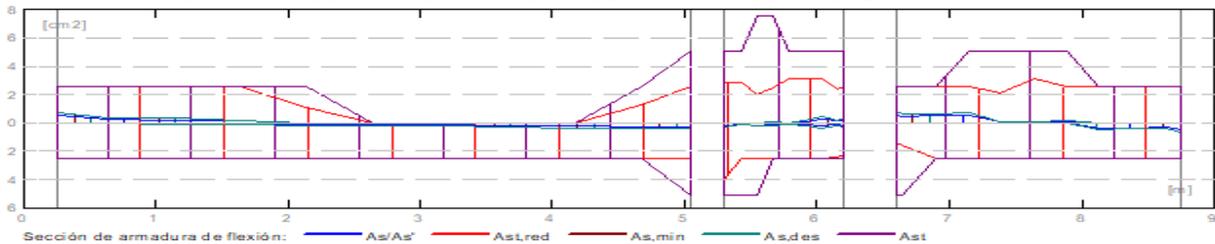
2.5.1 Solicitaciones ELU

Tramo	Mu,máx. (kgf*m)	Mu,mín. (kgf*m)	Mu,iz (kgf*m)	Mu,d (kgf*m)	Vu,iz (kgf)	Vu,d (kgf)
P1	380.4802	-245.9504		-705.2691		380.4802 1646.70
P2	313.3792	-141.4273		279.7186	-323.5039	-2967.60 -3190.05
P3	648.4080	-691.7383		-735.1266		648.4080 3231.98 2511.82



2.5.2 Sección Teórica de Acero

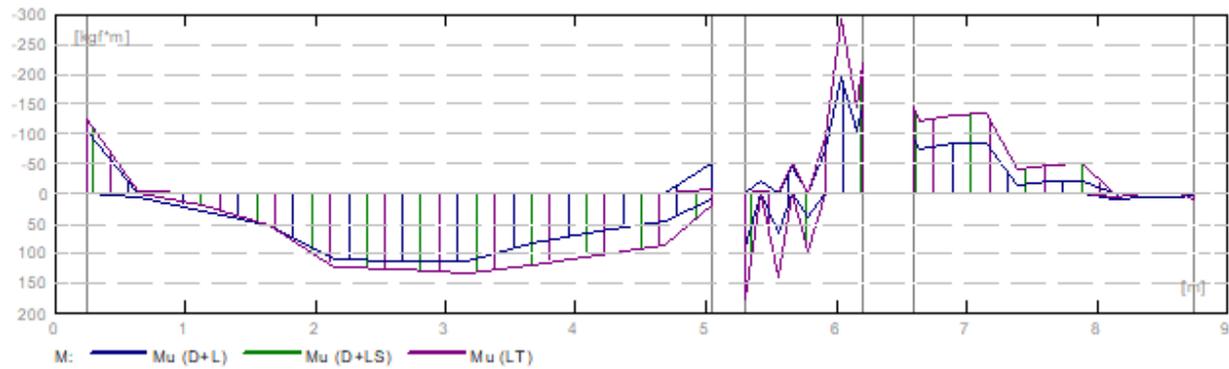
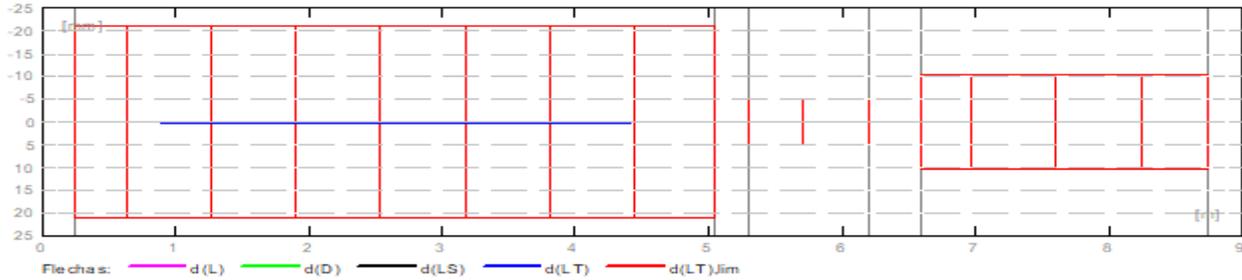
Tramo	Tramo (cm ²)		Apoyo izquierdo (cm ²)		Apoyo derecho (cm ²)	
	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.
P1	0.29	0.00	0.00	0.55	0.29	0.02
P2	0.23	0.00	0.22	0.00	0.19	0.23
P3	0.50	0.00	0.00	0.57	0.50	0.02



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	$d_s(D+LS)$ (mm)	$d_l(D+LS)$ (mm)	$d_s(D+L)$ (mm)	$d(LT)$ (mm)	$d(LT),lim$ (mm)
P1	0.0935	0.2701	0.0935	0.2701	21.0429
P2	0.0117	0.0268	0.0117	0.0268	5.1042
P3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-10.3112



2.6 Resultados teóricos - detalles:

2.6.1 P1 : Tramo de 0.250 a 5.050 (m)

Abscisa (m)	ELU		ELS		As (cm ²)	As' (cm ²)		
	Mu,máx. (kgf*m)	Mu,min. (kgf*m)	Mu,máx. (kgf*m)	Mu,min. (kgf*m)				
0.250	2.6236	-705.2691	0.0000	0.0000	-125.0705		0.00	0.55
0.630	10.5998	-386.3618	0.0000	0.0000	-4.8754	0.01	0.30	
1.135	43.2938	-321.8137	21.6663	0.0000	0.0000	0.03	0.25	
1.640	79.5169	-245.9504	51.0352	0.0000	0.0000	0.06	0.19	
2.145	174.7158	-0.0000	121.9585	0.0000	0.13	0.00		
2.650	183.6389	-0.0000	127.6388	0.0000	0.14	0.00		
3.155	192.9032	-0.0000	133.5940	0.0000	0.15	0.00		
3.660	284.8659	-0.0000	119.4825	0.0000	0.22	0.00		
4.165	302.9731	-0.0000	102.2065	0.0000	0.23	0.00		
4.670	317.1976	-0.0000	85.9599	0.0000	0.25	0.00		
5.050	380.4802	-24.1217	21.2759	-7.7434	0.29	0.02		

Abscisa (m)	ELU		ELS	
	Vu,máx. (kgf)	Vu,máx. (kgf)	Vu,máx. (kgf)	Vu,máx. (kgf)
0.250	1646.70	617.03		
0.630	1509.00	539.96		
1.135	1285.90	427.72		
1.640	1096.54	314.59		
2.145	943.23	204.00		
2.650	801.44	103.58		
3.155	680.71	6.30		
3.660	554.26	-100.32		
4.165	457.00	-200.78		
4.670	-418.24	-298.40		
5.050	-519.55	-372.10		

2.6.2 P2 : Tramo de 5.300 a 6.200 (m)

Abscisa (m)	ELU		ELS		As (cm ²)	As' (cm ²)		
	Mu,máx. (kgf*m)	Mu,mín. (kgf*m)	Mu,máx. (kgf*m)	Mu,mín. (kgf*m)				
5.300	279.7186	-0.0743	178.3740	-0.1117	0.22	0.00		
5.420	154.6374	-3.6387	0.0000	-5.4733	0.12	0.00		
5.543	216.1624	-0.0000	138.7594	0.0000	0.17	0.00		
5.665	181.0508	-69.7522	0.0000	-49.1733	0.14	0.05		
5.788	150.9113	-0.0000	96.0958	0.0000	0.12	0.00		
5.910	206.9591	-141.4273		0.0000	-96.4684	0.15	0.10	
6.033	313.3792	-436.8536		0.0000	-291.2381		0.23	0.32
6.155	230.4924	-211.0163		0.0000	-142.3264		0.16	0.15
6.200	269.3504	-323.5039		0.0000	-216.6296		0.19	0.23

Abscisa (m)	ELU		ELS	
	Vu,máx. (kgf)	Vu,máx. (kgf)		
5.300	-2967.60	-1945.55		
5.420	-2999.16	-1968.09		
5.543	-2966.44	-1948.93		
5.665	-2998.65	-1971.94		
5.788	-3033.45	-1997.25		
5.910	-3065.66	-2020.26		
6.033	-3097.87	-2043.26		
6.155	-3178.22	-2098.49		
6.200	-3190.05	-2106.95		

2.6.3 P3 : Tramo de 6.600 a 8.750 (m)

Abscisa (m)	ELU		ELS		As (cm ²)	As' (cm ²)		
	Mu,máx. (kgf*m)	Mu,mín. (kgf*m)	Mu,máx. (kgf*m)	Mu,mín. (kgf*m)				
6.600	0.0000	-735.1266		0.0000	-146.9573		0.00	0.57
6.648	0.0000	-595.8626		0.0000	-120.4909		0.00	0.46
6.895	0.0000	-653.6248		0.0000	-131.6512		0.00	0.51
7.143	0.0000	-691.7383		0.0000	-134.2623		0.00	0.54
7.390	0.0000	-62.1534	0.0000	-39.0837	0.00	0.05		
7.638	0.0000	-93.9319	0.0000	-47.9386	0.00	0.07		
7.885	0.0000	-132.1758		0.0000	-49.5256	0.00	0.10	
8.133	459.6355	-12.4132	6.4473	0.0000	0.36	0.01		
8.380	414.1233	-19.7975	0.0000	-1.1529	0.32	0.02		
8.628	370.9827	-15.7510	0.0000	-2.6805	0.29	0.01		
8.750	648.4080	-32.4010	9.0661	-1.3540	0.50	0.02		

Abscisa (m)	ELU		ELS	
	Vu,máx. (kgf)	Vu,máx. (kgf)		
6.600	3231.98	601.63		
6.648	3219.13	591.36		
6.895	3058.51	518.30		
7.143	2928.89	453.20		
7.390	2861.93	399.63		
7.638	2768.61	340.29		
7.885	2684.87	277.55		
8.133	2617.91	223.98		
8.380	2569.15	169.74		
8.628	2544.95	120.87		
8.750	2511.82	94.36		

2.7 Armadura:

2.7.1 P1 : Tramo de 0.250 a 5.050 (m)

Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 60)
2 #4 l = 5.745 de 0.038 a 5.612
- Armaduras de montaje (encima) (Grade 60)
2 #3 l = 5.099 de 0.038 a 5.137
- tramo (Grade 60)
2 #4 l = 2.594 de 0.038 a 2.461
2 #4 l = 1.469 de 4.305 a 5.774

Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 60)
estribos 30 #3 l = 1.137
e = 1*0.006 + 29*0.165 (m)

2.7.2 P2 : Tramo de 5.300 a 6.200 (m)

Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 60)
2 #4 l = 1.927 de 4.749 a 6.676
- Armaduras de montaje (encima) (Grade 60)
2 #3 l = 1.167 de 5.204 a 6.371
- tramo (Grade 60)
2 #4 l = 1.392 de 4.970 a 6.361

Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 60)
estribos 6 #3 l = 1.137
e = 1*0.037 + 5*0.165 (m)

2.7.3 P3 : Tramo de 6.600 a 8.750 (m)

Armaduras longitudinales:

- Armaduras inferiores (Grade 60)
2 #4 l = 2.838 de 6.296 a 8.962
- Armaduras de montaje (encima) (Grade 60)
2 #3 l = 2.544 de 6.418 a 8.962
- tramo (Grade 60)
2 #4 l = 2.512 de 5.476 a 7.987
2 #4 l = 2.031 de 7.103 a 8.962

Armaduras transversales:

- Armaduras principales (Grade 60)
estribos 14 #3 l = 1.137
e = 1*0.002 + 13*0.165 (m)

3 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 0.900 (m3)
- Superficie de encofrado = 9.363 (m2)
- Acero Grade 60
 - Peso total = 82.47 (kgf)
 - Densidad = 91.63 (kgf/m3)
 - Diámetro medio = 0.42 (in)
 - Lista según diámetros:

Diámetro (in)	Longitud (m)	Peso (kgf)	Número (piezas)	Peso total (kgf)
#3	1.137	0.64	50	31.81
#3	1.167	0.65	2	1.31
#3	2.544	1.42	2	2.85
#3	5.099	2.85	2	5.71
#4	1.392	1.38	2	2.77
#4	1.469	1.46	2	2.92
#4	1.927	1.92	2	3.83
#4	2.031	2.02	2	4.04
#4	2.512	2.50	2	5.00
#4	2.594	2.58	2	5.16
#4	2.838	2.82	2	5.65
#4	5.745	5.72	2	11.43

5.4 Diseño de columnas

Las columnas son elementos verticales en la construcción de una casa, cuya función principal consiste en transmitir las cargas de trabajo hacia la cimentación.

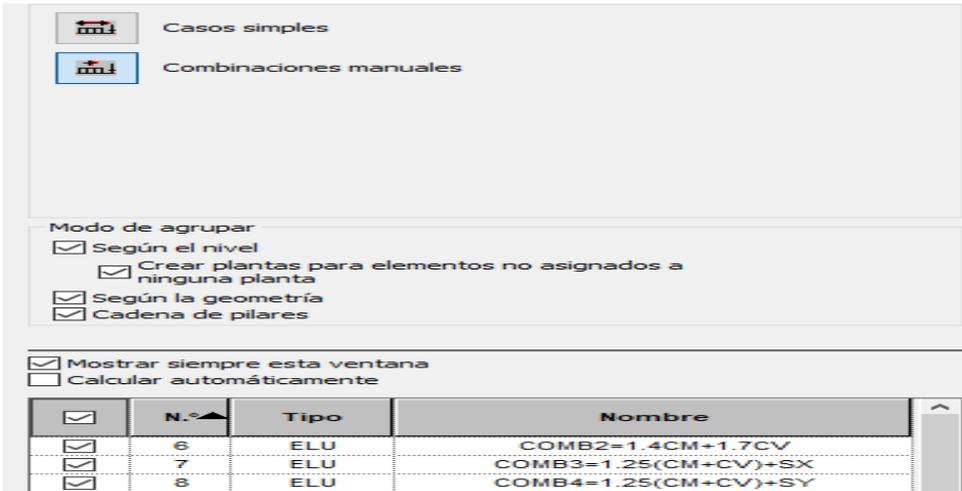
Estos elementos trabajan en flexión y compresión para brindar soporte a la vivienda. Las columnas pueden ser largas, intermedias o postes cortos. Cumplen la función de soporte de las estructuras superiores de la casa, a la vez que sirven de apoyo a las vigas cargadas, así como también pueden servir de amarre para las paredes. (Arquitecturacivil.blog).

La norma E.060 nos establece algunas disposiciones para el diseño de las mismas:

- La cuantía de refuerzo longitudinal no será inferior al 1% ni superior que 6%
- Debe proporcionarse una distribución de estribos cerrados en una longitud de confinamiento L_o que no debe ser menor que el mayor entre:
 - a. Una sexta parte de la luz libre del elemento.
 - b. La mayor dimensión de la sección transversal.
 - c. 50 cm.

Ahora procederemos al diseño de la columna C2 del 1er piso elaborado con robot structural.

Combinación de cargas manuales para diseño de columna

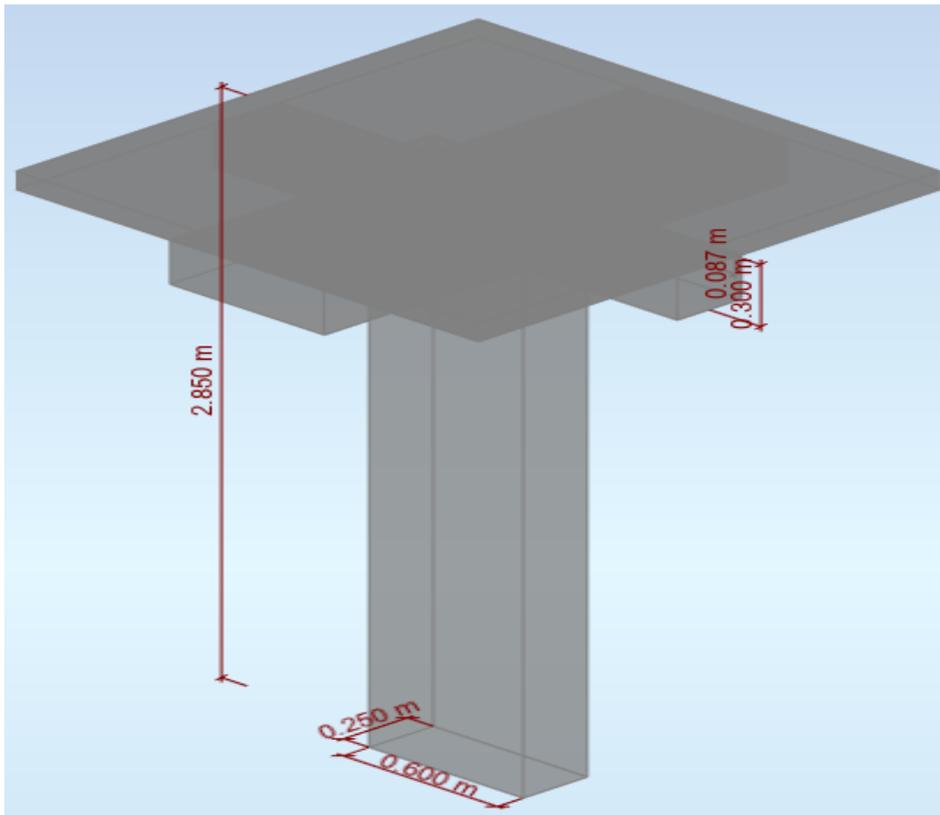


The screenshot shows the 'Combinaciones manuales' (Manual Combinations) window in Robot Structural Analysis. It includes the following elements:

- Buttons for 'Casos simples' and 'Combinaciones manuales'.
- 'Modo de agrupar' (Grouping mode) section with checked options: 'Según el nivel', 'Crear plantas para elementos no asignados a ninguna planta', 'Según la geometría', and 'Cadena de pilares'.
- Options: 'Mostrar siempre esta ventana' (checked) and 'Calcular automáticamente' (unchecked).
- A table with the following data:

<input checked="" type="checkbox"/>	N.º	Tipo	Nombre
<input checked="" type="checkbox"/>	6	ELU	COMB2=1.4CM+1.7CV
<input checked="" type="checkbox"/>	7	ELU	COMB3=1.25(CM+CV)+SX
<input checked="" type="checkbox"/>	8	ELU	COMB4=1.25(CM+CV)+SY

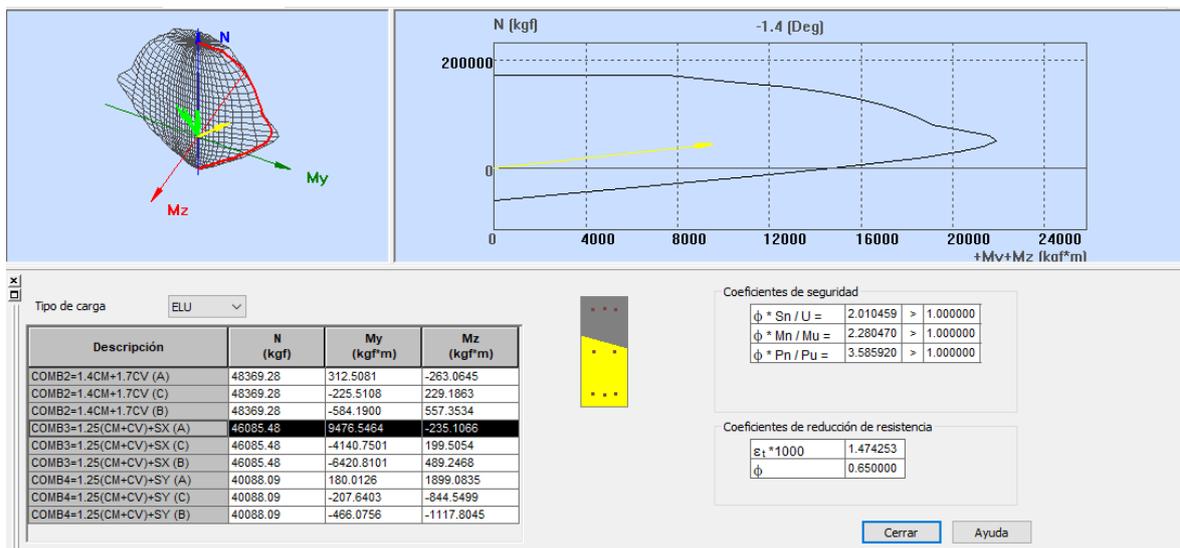
Dimensiones de columna de diseño



Fuente: robot structural

Como se observa en la figura las dimensiones de la columna y las viga q estarían llegando a ella.

Diagrama de interacción de las combinaciones



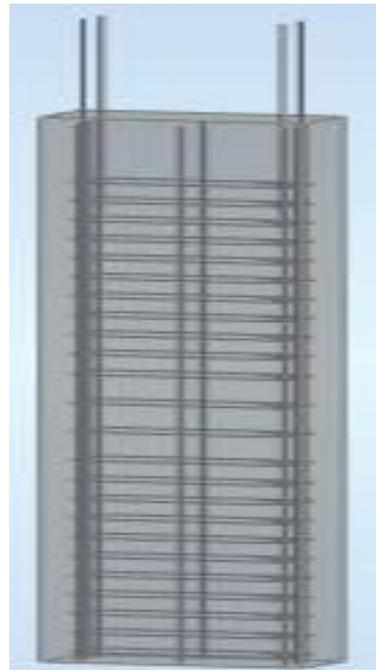
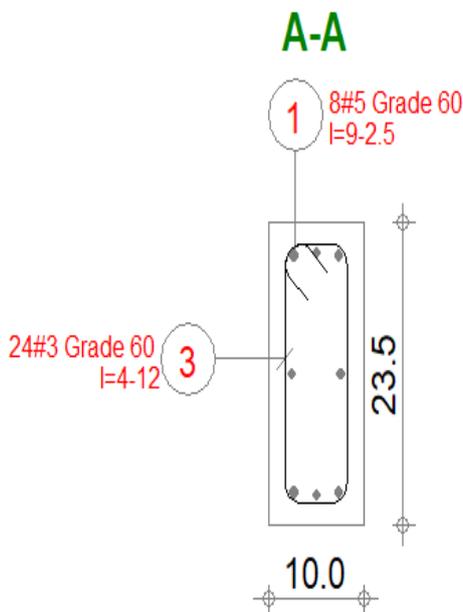
Se observa el diagrama la interacción de acero para las diferentes combinaciones utilizando los diferentes casos de carga como se muestra a continuación:

Combinaciones de las cargas

CASOS	N _{yu}	M _{uy}	M _{yl}	M _{yi}	M _{zu}	M _{zl}	M _{zi}
	kgf	Kgf*m	Kgf*m	Kgf*m	Kgf*m	Kgf*m	Kgf*m
COMB 2 = 1.4CM+1.7CV	48369.28	321.5081	-584.19	-225.518	-263.0645	557.3534	229.1863
COMB 3 = 1.25(CM+CV)+Sx	46085.48	9476.546	-6420.811	-4140.75	-235.1066	489.2468	199.5054
COMB 4 = 1.25(CM+CV)+Yx	40088.09	180.0126	-466.0756	-207.6403	1899.084	-1117.805	-844.5499

Entonces se puede decir que los valores de la combinación de momento nominal y carga nominal de mayor valor están dentro del área del diagrama de interacción, como se observa en la imagen N°31, esto indica que cumple efectivamente la distribución de los aceros planteados.

Distribucio de acero transversal



Fuente: robot structural

Armadura de acero se observa:

Barras principales: 8 #5 (5/8")

Armaduras transversales: Estribos 24 #3(3/8")

Ø #3/8: 1@0.05 + 9@0.10 + 1@0.11 +3@ 0.15 +Rest.@0.20

NOTA DE CALCULO DE COLUMNA

1 Nivel:

- Nombre :
- Cota de nivel : 0.000 (m)
- Resistencia al fuego : 0 (h)
- Tipo de ambiente : no agresivo

2 Columna: Columna14

OK

- $\phi *S_n/U = 2.010459 > 1.000000$
- $\phi *M_n/M_u = 2.280470 > 1.000000$
- $\phi *P_n/P_u = 3.585920 > 1.000000$

U, Mu, Pu - Resistencia requerida

2.1 Característica de los materiales:

- Hormigón: $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ $f_c = 2100615.3987 \text{ (kgf/m}^2)$
- Densidad : 2400.00 (kgf/m³)
- Armaduras longitudinales : Grade 60 $f_y = 42184174.7590 \text{ (kgf/m}^2)$
- Armaduras transversales : Grade 60 $f_y = 42184174.7590 \text{ (kgf/m}^2)$
- β_1 : 0.850000
- $\beta_1 = a/c$, 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: 1

- 2.2.1 Rectángulo 25 x 60 (cm)
- 2.2.2 Altura: L = 2.850 (m)
- 2.2.3 Espesor de la losa = 0.088 (m)
- 2.2.4 Altura de la viga = 0.300 (m)
- 2.2.5 Recubrimiento de la armadura = 4 (cm)

2.3 Opciones de cálculo:

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

2.4 Cargas:

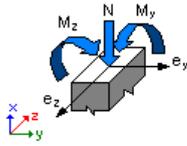
Caso	Natura	Grupo	N (kgf)	Myu (kgf*m)	Myl (kgf*m)	Myi (kgf*m)	Mzu (kgf*m)	Mzl (kgf*m)	Mzi (kgf*m)			
COMB1=SERVICIO		Dimensionamiento ELS	14	32631.97	205.7486	-383.7646	-147.9593	-174.3563	369.5004	151.9577		
COMB2=1.4CM+1.7CV		de cálculo	14	48369.28	312.5081	-584.1900	-225.5108	-263.0645	557.3534	229.1863		
COMB3=1.25(CM+CV)+SX		de cálculo	14	46085.48	9476.5464		-6420.8101	-4140.7501	-235.1066	489.2468	199.5054	
COMB4=1.25(CM+CV)+SY		de cálculo	14	40088.09	180.0126	-466.0756		-207.6403	1899.0835	-1117.8045		-844.5499

2.5 Lista de combinaciones

COMB2=1.4CM+1.7CV
COMB3=1.25(CM+CV)+SX
COMB4=1.25(CM+CV)+SY

2.6 Resultados de los cálculos:

2.6.1 Análisis ELU



Combinación dimensionante: COMB3=1.25(CM+CV)+SX (A)

Clasificación de la sección: Controlado por compresión

$\phi = 0.650000$ - Coeficiente de reducción de la resistencia, $\phi = \langle 0,65-0,90 \rangle$

$\epsilon_c (*1000) = -3.000000$ - Deformación del hormigón

$\epsilon_t (*1000) = 1.474253$ - Deformación a tracción del extremo de las armaduras

Esfuerzos seccionales:

$N = 46085.48$ (kgf) $M_y = 9476.5464$ (kgf*m) $M_z = -235.1066$ (kgf*m)

Esfuerzos de cálculo:

Nudo superior

$P_u = 46085.48$ (kgf) $M_{y_u} = 9476.5464$ (kgf*m) $M_{z_u} = -235.1066$ (kgf*m) $M_u = 9479.4624$ (kgf*m) $U = 0.237908$

Coefficiente de seguridad:

U, M_u, P_u - Resistencia requerida

$\phi * S_n / U = 2.010459 > 1.000000$

$\phi * M_n / M_u = 2.280470 > 1.000000$

$\phi * P_n / P_u = 3.585920 > 1.000000$

$\phi * S_n = 0.478304$

$\phi * M_n = 21617.6260$ (kgf*m)

$\phi * P_n = 165258.85$ (kgf)

2.6.1.1 Análisis detallado-Dirección Y:

2.6.1.1.1 Esfuerzo crítico

$P_c = 2285487.54$ (kgf) (6.6.4.4.2)
 $k^*l_u = 2.700$ (m)
 $EI = 1688132.930$ (kgf*m²) (6.6.4.4.4b)
 $\beta_d = 1.000000$
 $E_c = 2325797045.3698$ (kgf/m²)
 $E_s = 20389024156.6740$ (kgf/m²)
 $I_g = 450000$ (cm⁴)
 $I_{se} = 6293$ (cm⁴)

2.6.1.1.2 Análisis de la esbeltez

Estructura intraslacional

l_u (m)	k	k^*l_u (m)
2.700	1.000000	2.700

$k^*l_{uy}/r_y = 15.588457 < 40.000000$ Columna poco esbelta (6.2.5b)(6.2.5c)

2.6.1.1.3 Análisis de pandeo

$M_A = 9476.5464$ (kgf*m) $M_B = -6420.8101$ (kgf*m)

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

$M = 9476.5464$ (kgf*m)

$M_c = M = 9476.5464$ (kgf*m)

2.6.1.2 Análisis detallado-Dirección Z:

$M_A = -235.1066$ (kgf*m) $M_B = 489.2468$ (kgf*m)

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

$M = -235.1066$ (kgf*m)

$M_c = M = -235.1066$ (kgf*m)

2.7 Armadura:

Sección de armado: **15.83 (cm²)** **1.056 (%)**
 Armadura mínima (requisito normativo): 15.00 (cm²) 1.000 (%)
 Armadura máxima (requisito normativo): 120.00 (cm²) 8.000 (%)

Barras principales (Grade 60):

- 8 #5 l = 2.812 (m)

Esperas (Grade 60):

- 4 #4 l = 1.016 (m)

Armaduras transversales (Grade 60):

Estribos 24 #3 l = 1.523 (m)

3 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 0.383 (m³)
- Superficie de encofrado = 4.335 (m²)

Acero Grade 60

- Peso total = 59.46 (kgf)
- Densidad = 155.46 (kgf/m³)
- Diámetro medio = 0.47 (in)
- Especificación de las armaduras:

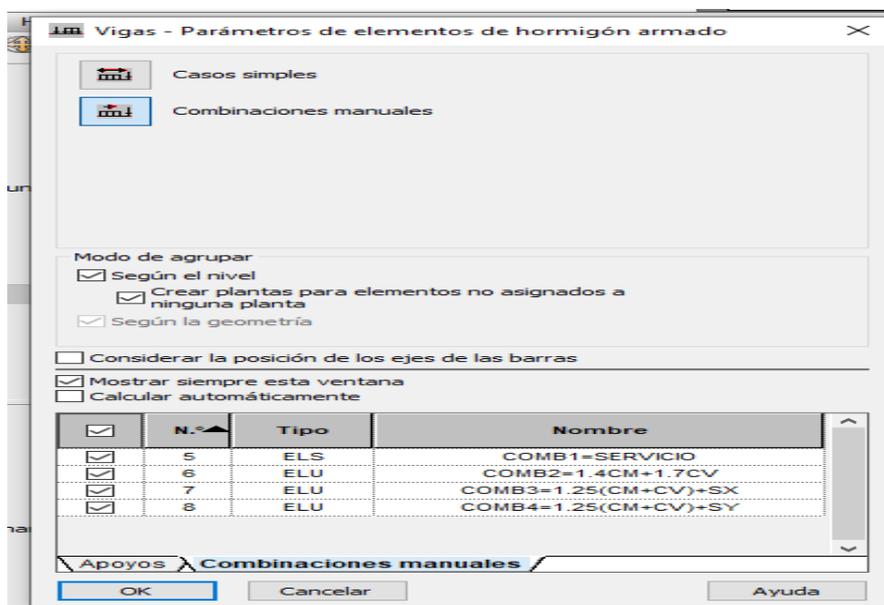
Diámetro	Longitud (m)	Peso (kgf)	Número (piezas)	Peso total (kgf)
#3	1.523	0.85	24	20.46
#4	1.016	1.01	4	4.04
#5	2.812	4.37	8	34.96

4.3.3. Diseño de cimentación: zapatas

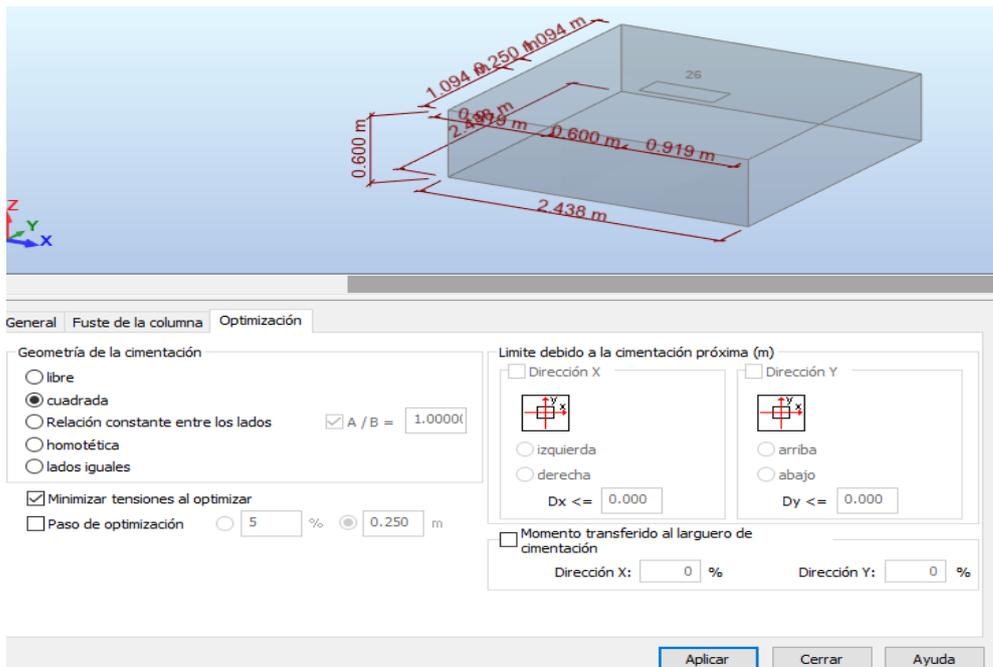
La zapata es un tipo de cimentación superficial (normalmente aislada), que puede ser empleada en terrenos razonablemente homogéneos y de resistencias a compresiones medias o altas.

Se diseñará la zapata aislada céntrica con una capacidad portante del suelo de 25400Kgf/m². con las combinaciones.

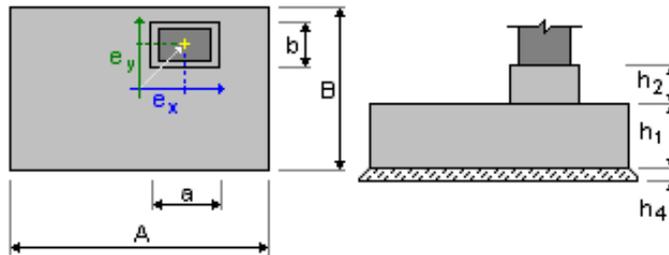
Combinacion de caragas para diseño de zapata en robot structural



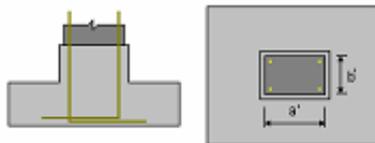
Dimensiones de zapata excéntrica



Geometría de la zapata excéntrica:



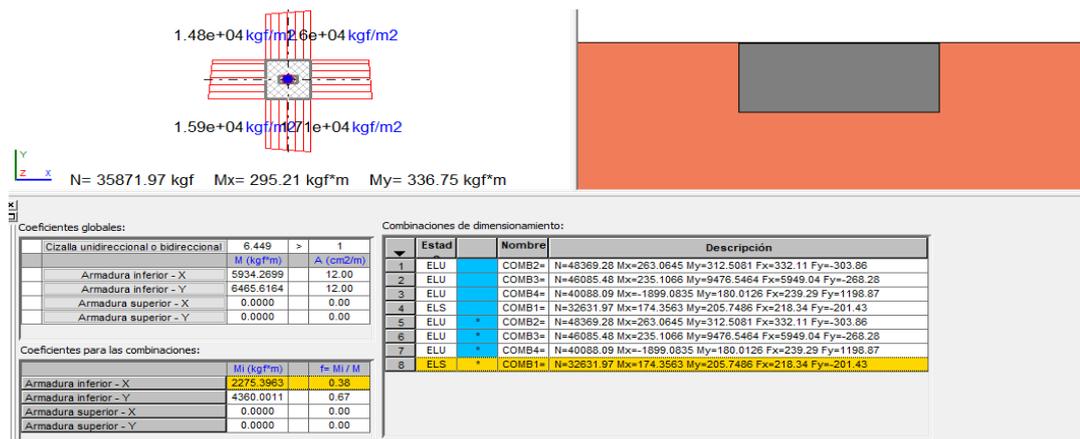
A	= 1.500 (m)	a	= 0.600 (m)
B	= 1.500 (m)	b	= 0.250 (m)
h1	= 0.600 (m)	e_x	= 0.000 (m)
h2	= 0.000 (m)	e_y	= 0.000 (m)
h4	= 0.100 (m)		



a'	= 60 (cm)
b'	= 25 (cm)
c1	= 8 (cm)
c2	= 5 (cm)

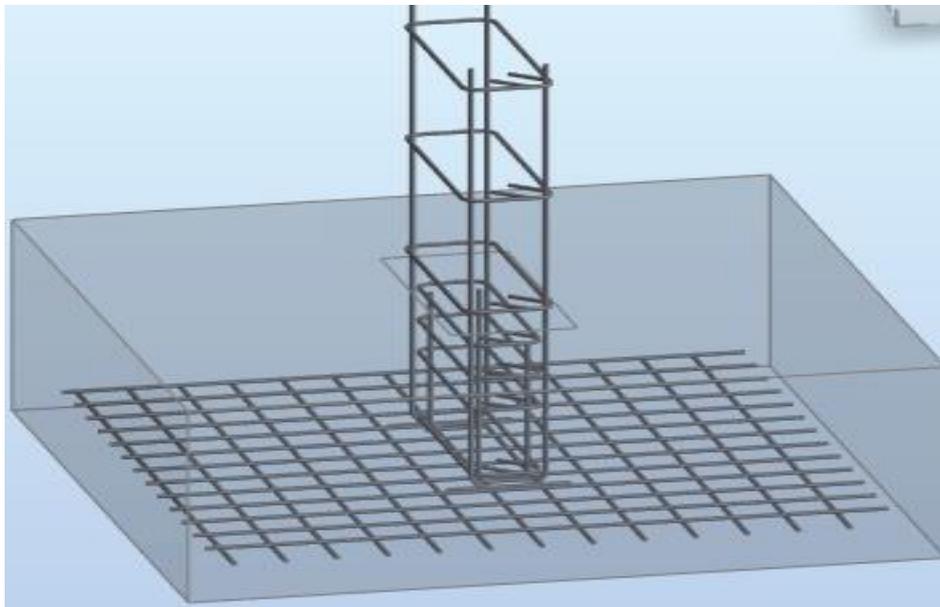
El cual se realizó la verificación por punzamiento cumple .

Interacción de zapata con el suelo



Fuente: robot structural

Distribución de acero longitudinal y transversal



Fuente: robot structural

Se estaría visualizando en la figura N°35 la unión e interacción de la columna con la zapata, como en la figura N°36 la zona de espera que tiene la zapata hacia la columna.

Armadura de zapata: tenemos una armadura inferior

Armadura inferior:

En la dirección X: 13 #4: 1@-0.06 + 12@0.10

En la dirección Y: 13 #4: 1@-0.06 + 12@0.10

NOTA DE CALCULO DE ZAPATA

1 Cimentación aislada: Cimentación26

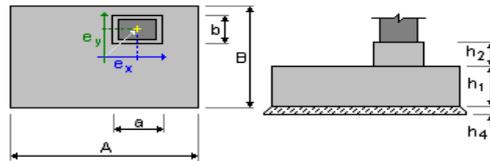
Número de elementos idénticos: 1

1.1 Datos básicos

1.1.1 Hipótesis

- Norma para los cálculos geotécnicos : ACI
- Norma para los cálculos de hormigón armado : ACI 318-14
- Forma de la cimentación : cuadrada

1.1.2 Geometría:



A	= 1.500 (m)	a	= 0.600 (m)
B	= 1.500 (m)	b	= 0.250 (m)
h1	= 0.600 (m)	ex	= 0.000 (m)
h2	= 0.000 (m)	ey	= 0.000 (m)
h4	= 0.100 (m)		



a'	= 60 (cm)
b'	= 25 (cm)
c1	= 8 (cm)
c2	= 5 (cm)

1.1.3 Materiales

- Hormigón: : $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$; resistencia característica = 2100615.3987 kgf/m^2
Densidad = 2400.00 (kgf/m^3)
- Armaduras longitudinales : tipo Grade 60 resistencia característica = 42184174.7590 kgf/m^2
- Armaduras transversales : tipo Grade 60 resistencia característica = 42184174.7590 kgf/m^2
- Armadura adicional: : tipo Grade 60 resistencia característica = 42184174.7590 kgf/m^2

1.1.4 Cargas:

Cargas sobre la cimentación:

Caso	Natura	Grupo	N (kgf)	Fx (kgf)	Fy (kgf)	Mx (kgf*m)	My (kgf*m)	
COMB1=SERVICIO		de cálculo	----	----	32631.97	218.34	-201.43	174.3563 205.7486
COMB2=1.4CM+1.7CV		de cálculo	----	----	48369.28	332.11	-303.86	263.0645 312.5081
COMB3=1.25(CM+CV)+SX		de cálculo	----	----	46085.48	5949.04	-268.28	235.1066 9476.5464
COMB4=1.25(CM+CV)+SY		de cálculo	----	----	40088.09	239.29	1198.87	-1899.0835 180.0126

Cargas sobre el talud:

Caso	Natura	Q1 (kgf/m2)
------	--------	-------------

1.1.5 Lista de combinaciones

1/	ELU : COMB2=1.4CM+1.7CV N=48369.28 Mx=263.0645 My=312.5081 Fx=332.11 Fy=-303.86
2/	ELU : COMB3=1.25(CM+CV)+SX N=46085.48 Mx=235.1066 My=9476.5464 Fx=5949.04 Fy=-268.28
3/	ELU : COMB4=1.25(CM+CV)+SY N=40088.09 Mx=-1899.0835 My=180.0126 Fx=239.29 Fy=1198.87
4/	ELS : COMB1=SERVICIO N=32631.97 Mx=174.3563 My=205.7486 Fx=218.34 Fy=-201.43
5/*	ELU : COMB2=1.4CM+1.7CV N=48369.28 Mx=263.0645 My=312.5081 Fx=332.11 Fy=-303.86
6/*	ELU : COMB3=1.25(CM+CV)+SX N=46085.48 Mx=235.1066 My=9476.5464 Fx=5949.04 Fy=-268.28
7/*	ELU : COMB4=1.25(CM+CV)+SY N=40088.09 Mx=-1899.0835 My=180.0126 Fx=239.29 Fy=1198.87
8/*	ELS : COMB1=SERVICIO N=32631.97 Mx=174.3563 My=205.7486 Fx=218.34 Fy=-201.43

1.2 Diseño geotécnico

1.2.1 Hipótesis

Dimensionado de la cimentación para:

- Capacidad de carga
- Vuelco
- Alzamiento
- Hundimiento medio
- Considerar la redistribución plástica de las tensiones admisibles

1.2.2 Suelo:

Nivel del suelo:	N_1	= 0.000 (m)
Nivel max. de la cimentación:	N_a	= 0.000 (m)
Nivel del fondo del excavado:	N_f	= -0.500 (m)

well graded gravels

- Nivel del suelo: 0.000 (m)
- Peso volumétrico: 2242.58 (kgf/m³)
- Densidad del sólido: 2702.31 (kgf/m³)
- Angulo de rozamiento interno: 42.0 (Deg)
- Cohesión: 0.0000 (kgf/m²)

1.2.3 Estados límites

Cálculo de las tensiones

Considerar la redistribución plástica de las tensiones admisibles

Tipo de suelo debajo de la cimentación: uniforme

Combinación dimensionante: ELS : COMB1=SERVICIO N=32631.97 Mx=174.3563 My=205.7486 Fx=218.34 Fy=-201.43

Coefficientes de carga: 1.00 * peso de la cimentación

1.00 * peso del suelo

Resultados de cálculos: en el nivel del asiento de la cimentación

Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 3240.00 (kgf)

Carga de diseño:

Nr = 35871.97 (kgf) Mx = 295.2134 (kgf*m) My = 336.7515 (kgf*m)

Tensión en el suelo: 16324.3078 (kgf/m²)

Resistencia de cálculo del suelo 25400.0000 (kgf/m²)

Coefficiente de seguridad: 1.556 > 1

Alzamiento

Alzamiento en ELS

Combinación dimensionante: ELS : COMB1=SERVICIO N=32631.97 Mx=174.3563 My=205.7486 Fx=218.34 Fy=-201.43
Coeficientes de carga: 1.00 * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo
Superficie de contacto: s = 2.352755
s_{lim} = 1.000000

Hundimiento medio

Tipo de suelo debajo de la cimentación: uniforme

Combinación dimensionante: ELS : COMB1=SERVICIO N=32631.97 Mx=174.3563 My=205.7486 Fx=218.34 Fy=-201.43
Coeficientes de carga: 1.00 * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo

Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 3240.00 (kgf)

Tensión media debida a la carga de dimensionado: q = 15943.0977 (kgf/m²)

Espesor del suelo con hundimiento activo: z = 3.000 (m)

Tensión en el nivel z:

- adicional: $\sigma_d = 1805.0377$ (kgf/m²)

- debida al peso del suelo: $\sigma_\gamma = 8073.3038$ (kgf/m²)

Hundimientos:

- primario s' = 0 (cm)

- secundario s'' = 0 (cm)

- TOTAL S = 0 (cm) < S_{adm} = 5 (cm)

Coefficiente de seguridad: 65.8 > 1

Diferencia de hundimientos

Combinación dimensionante: ELS : COMB1=SERVICIO N=32631.97 Mx=174.3563 My=205.7486 Fx=218.34 Fy=-201.43
Coeficientes de carga: 1.00 * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo
Diferencia de hundimientos: S = 0 (cm) < S_{adm} = 5 (cm)
Coeficiente de seguridad: 802.3 > 1

Vuelco

Alrededor del eje OX

Combinación dimensionante: ELS : COMB1=SERVICIO N=32631.97 Mx=174.3563 My=205.7486 Fx=218.34 Fy=-201.43
Coeficientes de carga: 1.00 * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo

Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 3240.00 (kgf)

Carga de diseño:

Nr = 35871.97 (kgf) Mx = 295.2134 (kgf*m) My = 336.7515 (kgf*m)

Momento estabilizador: M_{stab} = 26903.9773 (kgf*m)

Moment de vuelco: M_{renv} = 295.2134 (kgf*m)

Estabilidad al vuelco: 91.13 > 1

Alrededor del eje OY

Combinación dimensionante: ELS : COMB1=SERVICIO N=32631.97 Mx=174.3563 My=205.7486 Fx=218.34 Fy=-201.43
Coeficientes de carga: 1.00 * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo

Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 3240.00 (kgf)

Carga de diseño:

Nr = 35871.97 (kgf) Mx = 295.2134 (kgf*m) My = 336.7515 (kgf*m)

Momento estabilizador: M_{stab} = 26903.9773 (kgf*m)

Moment de vuelco: M_{renv} = 336.7515 (kgf*m)

Estabilidad al vuelco: 79.89 > 1

1.3 Diseño de hormigón armado

1.3.1 Hipótesis

- Hormigón expuesto a la acción del medio ambiente : no

1.3.2 Análisis de una cizalla unidireccional y bidireccional

Cizalla bidireccional

Combinación dimensionante:	ELU : COMB3=1.25(CM+CV)+SX N=46085.48 Mx=235.1066 My=9476.5464 Fx=5949.04 Fy=-268.28
Coefficientes de carga:	0.90 * peso de la cimentación 0.90 * peso del suelo
Carga de diseño:	
Pn = 49001.48 (kgf)	Mnx = 396.0740 (kgf*m) Mny = 13045.9698 (kgf*m)
Fuerza de punzonamiento:	Vu = 28558.98 (kgf)
Perímetro de la sección crítica:	bo = 3.381 (m)
Profundidad de sección:	d = 0.515 (m)
Tensión de la cizalla bidireccional de cálculo:	$v_u = 16386.8799$ (kgf/m ²)
Tensión en el hormigón equivalente:	$v_c = 140910.6594$ (kgf/m ²)
Coefficiente de reducción de la resistencia:	$\phi = 0.750000$
Resistencia:	$\phi^*v_c = 105682.9946$ (kgf/m ²)
Coefficiente de seguridad:	$\phi^*v_c/v_u = 6.449 > 1$

1.3.3 Armadura teórica

Cimentación aislada:

Armaduras inferiores:

$$\text{ELU : COMB3}=1.25(\text{CM}+\text{CV})+\text{SX N}=46085.48 \text{ Mx}=235.1066 \text{ My}=9476.5464 \text{ Fx}=5949.04 \text{ Fy}=-268.28 \\ \text{My} = 5934.2699 \text{ (kgf*m)} \quad A_{sx} = 12.00 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$\text{ELU : COMB2}=1.4\text{CM}+1.7\text{CV N}=48369.28 \text{ Mx}=263.0645 \text{ My}=312.5081 \text{ Fx}=332.11 \text{ Fy}=-303.86 \\ \text{Mx} = 6465.6164 \text{ (kgf*m)} \quad A_{sy} = 12.00 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$A_{s \text{ min}} = 12.00 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

Armaduras superiores:

$$A'_{sx} = 0.00 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$A'_{sy} = 0.00 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.00 \text{ (cm}^2/\text{m)}$$

Fuste:

$$\text{Armaduras longitudinales} \quad A = 0.00 \text{ (cm}^2) \quad A_{\text{min.}} = 0.00 \text{ (cm}^2)$$

$$A = 2 * (A_{sx} + A_{sy})$$

$$A_{sx} = 0.00 \text{ (cm}^2) \quad A_{sy} = 0.00 \text{ (cm}^2)$$

1.3.4 Armadura real

2.3.1 Cimentación aislada:

Armaduras inferiores:

Dirección X:

13 Grade 60 #4 l = 1.350 (m) e = 1*-0.641 + 12*0.102

Dirección Y:

13 Grade 60 #4 l = 1.350 (m) e = 1*-0.641 + 12*0.102

Superiores:

2.3.2 Fuste

Armaduras longitudinales

Dirección Y:

4 Grade 60 #4 l = 0.525 (m) e = 1*-0.055 + 1*0.110

Armaduras transversales

4 Grade 60 #4 l = 1.440 (m) e = 1*0.130 + 1*0.203 + 2*0.102

Esperas

Armaduras longitudinales

4 Grade 60 #4 l = 1.496 (m) e = 1*-0.249 + 1*0.498

Armaduras transversales

3 Grade 60 #4 l = 1.593 (m) e = 1*0.651 + 2*0.349

2 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 1.350 (m3)
- Superficie de encofrado = 3.600 (m2)
- Acero Grade 60
 - Peso total = 53.45 (kgf)
 - Densidad = 39.59 (kgf/m3)
 - Diámetro medio = 0.50 (in)
 - Lista según diámetros:

Diámetro	Longitud (m)	Número de elementos idénticos:
#4	0.525	4
#4	1.350	26
#4	1.440	4
#4	1.496	4
#4	1.593	3

4.3.4. Diseño de grada

Como se realizó el Predimensionamiento tomaremos pasos de 25 cm y contrapasos de 17.1 cm y un descanso de 15 cm. Para el análisis de la escalera se hará con la siguiente combinación: 1.4CM + 1.7CV

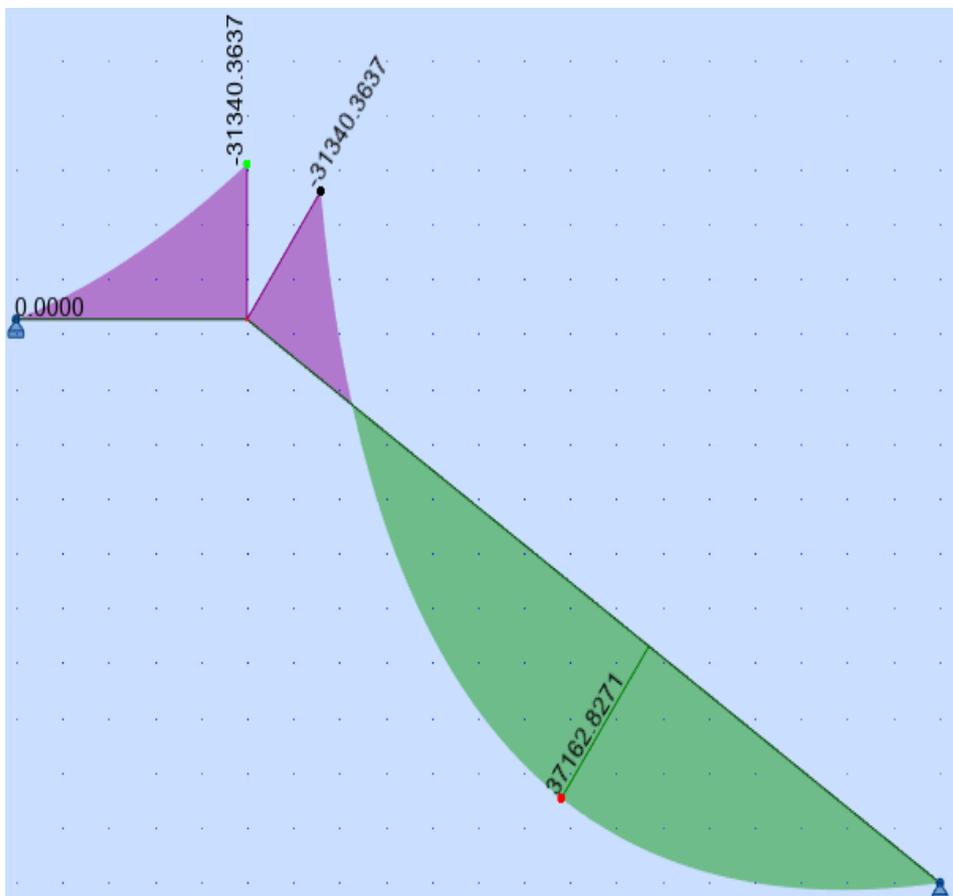
TRAMO N°1

Peso de losa= $(30/25) \times 0.15 \times 2400 = 432 \text{ Kg/m}$
Piso terminado= $100 \times 1 = 100 \text{ Kg/m}$
Peso del escalon= $6((0.25 \times 0.171)/2) \times 2400 = 307.8 \text{ Kg/m}$
CM= 839.8 Kg/m
CV= $200 \text{ Kg/m}^2 \times 1\text{m} = 200 \text{ Kg/m}$
Wu= $1.4 \times 839.8 + 1.7 \times 200$
Wu= 1515.72 Kg/m

TRAMO N°2

Peso de losa= $0.15 \times 1 \times 2400 = 360 \text{ Kg/m}$
Piso terminado= $100 \times 1 = 100 \text{ Kg/m}$
CM= 460 Kg/m
CV= $200 \text{ Kg/m}^2 \times 1\text{m} = 200 \text{ Kg/m}$
Wu= $1.4 \times 460 + 1.7 \times 200$
Wu= 984 Kg/m

Diagrama del momento flector



Fuente: robot structural

Diseño de acero longitudinal

$$A_s = \frac{M_{umax}}{\phi \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot C \cdot b}$$

Momento actuante positivo

Mumax	37162.83
Ø	0.9
fy	4200
d	12
a	0.194

$$A_s = 0.82596291$$

$$A_{s \text{ req}} = 0.82596291$$

a	0.19434421
As	0.82596291
fy	4200
fc	210
b	100

Verificación

$$\rho_{min} = \frac{0.70 \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$P_{min} = 0.0024$$

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s \text{ min}} = 2.88 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{b \text{ 210}} = 0.021$$

$$\rho_{max} = 0.75 \cdot \rho_b$$

$$P_{max} = 0.01575$$

$$A_{s \text{ max}} = \rho_{max} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s \text{ max}} = 18.9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} > A_{s \text{ req}} > A_{s \text{ min}}$$

$$18.9 > 0.83 > 2.88$$

$$A_{s \text{ min}} = 2.88 \text{ cm}^2$$

$$\#var = \frac{A_{s \text{ req}}}{A_{s \phi}}$$

$$A_{s \phi} = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$\#Var = 4.056$$

$$\#Var = 4 \text{Ø} 3/8''$$

$$\text{usar: } S(3/8) = 0.71 / 2.88 = 0.25 \text{ cm}$$

Entonces, el refuerzo longitudinal será de 3/8" @ 25cm

ACERO POR TEMPERATURA

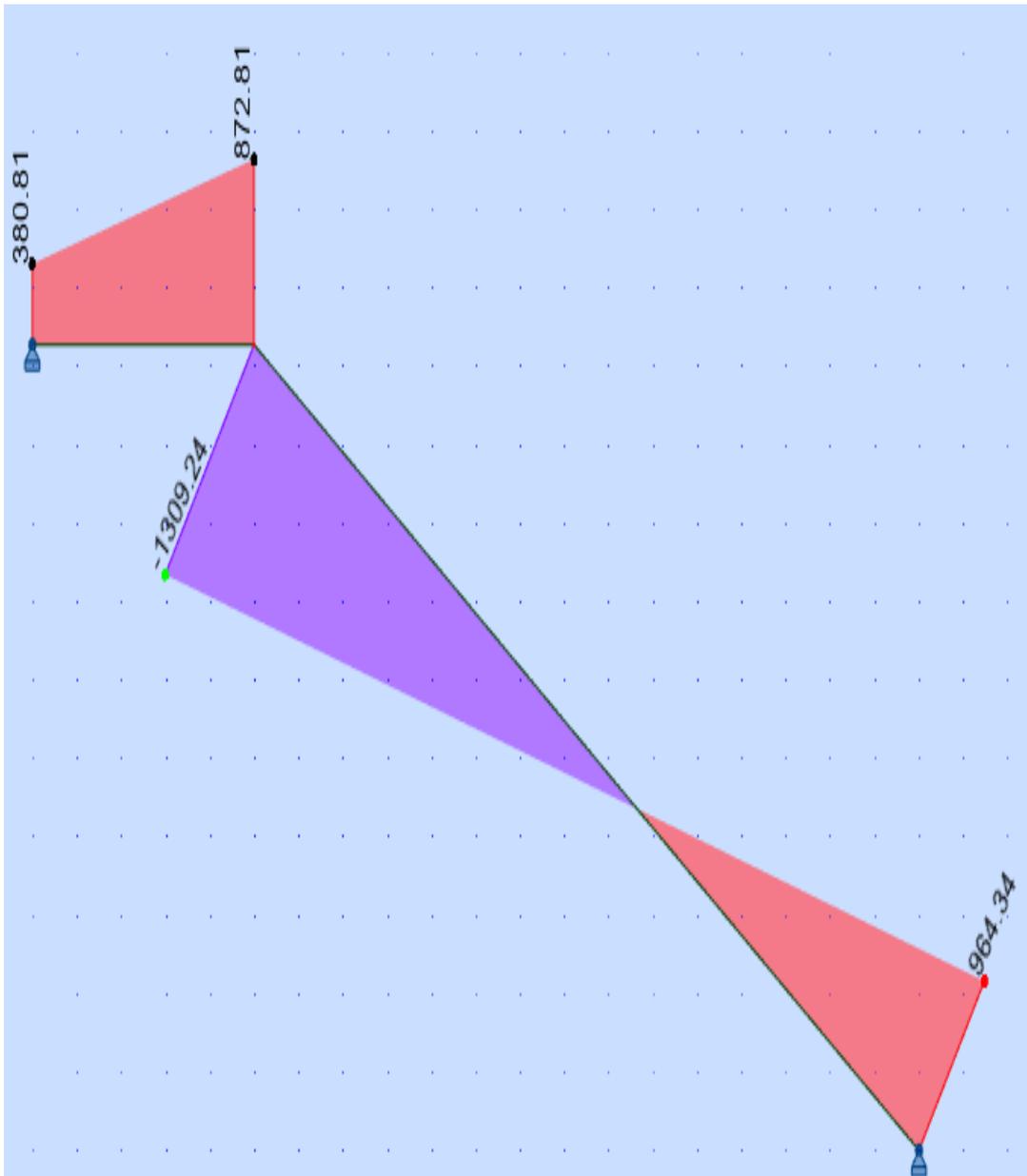
$$A_{s T^\circ} = 0.0018 \cdot 100 \cdot 15$$

$$A_{s T^\circ} = 2.7 \text{ CM}^2 \quad 4 \text{Ø} 3/8''$$

$$\text{usar: } S(3/8) = 0.71 / 2.7 = 0.26 \text{ cm}$$

Entonces, el refuerzo transversal será de 3/8" @ 25cm

Diagrama de fuerza cortante



Fuente: robot structural

VERIFICACION DEL CORTANTE

$$\phi V = \phi \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$\phi V = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 12$$

$$\phi V = 7834.039 \text{ Kgf}$$

Del DFC obtenemos un $V_u = 1309.24 \text{ Kgf}$, vemos que la capacidad del concreto es suficiente para el cortante solicitado.

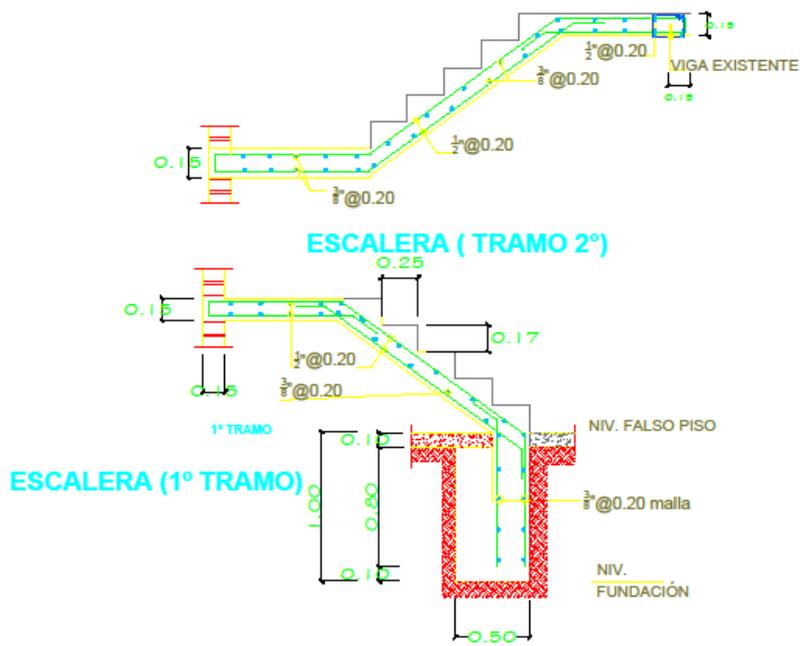
MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL UTILIZANDO REVIT, PARA MEJORAR LA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE CUATRO PISOS, DISTRITO DE ALTO SELVA ALEGRE, AREQUIPA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS		VARIABLES E INDICADORES		METODOLOGÍA
<p>Problema general ¿De qué manera el Análisis y diseño estructural utilizando Revit, permite mejorar el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos distrito de Alto Selva Alegre, Arequipa?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿De qué manera el análisis estructural utilizando Revit-Robot permite mejorar el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos, en el distrito de Alto Selva Alegre?</p> <p>¿Cómo la utilización del Revit-Robot permite realizar el diseño estructural de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos en el distrito de Alto Selva Alegre?</p>	<p>Objetivo general Realizar el Análisis y diseño estructural utilizando Revit, para mejorar el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos distrito del Alto Selva Alegre, Arequipa</p> <p>Objetivo específico Realizar el análisis estructural utilizando Revit-Robot para mejorar el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos, en el distrito de Alto Selva Alegre.</p> <p>Utilizar Revit-Robot para realizar el diseño estructural de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos en el distrito de Alto Selva Alegre.</p>	<p>Hipótesis general El Análisis y diseño estructural utilizando Revit, mejora el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos distrito del Alto Selva Alegre, Arequipa</p> <p>Hipótesis específica El análisis estructural utilizando Revit-Robot permite optimizar el diseño de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos, en el distrito de Alto Selva Alegre</p> <p>Utilización de Revit-Robot permite realizar el modelamiento del diseño estructural de la vivienda multifamiliar de cuatro pisos en el distrito de Alto Selva Alegre.</p>	<p>Variable dependiente: Mejorar la vivienda multifamiliar de cuatro pisos</p> <p>Variable independiente: Análisis y diseño estructural utilizando Revit.</p>	<p>Dimensiones</p> <p>-Modelación de la estructura. -Análisis estático y dinámico de la estructura en Robot structural. -Configuración en planta. -Modelación y diseño de la edificación.</p>	<p>indicadores</p> <p>-REVIT Structure Modelamiento estructural del edificio. - Comprobación de desplazamiento lateral según la norma E-030 -Forma de la estructura. -Seguridad y Confiability.</p>	<p>Tipo de estudio: -Exploratorio-descriptivo.</p> <p>Diseño de investigación: -No experimental.</p> <p>Método de investigación: Método Inductivo</p> <p>Población: La vivienda del distrito de Alto Selva Alegre de Arequipa. Muestra</p> <p>Muestra: La vivienda del distrito de Alto Selva Alegre de Arequipa. Muestra</p>



E-01 PROYECTO VIVENDA MULTIFAMILIAR
 PLANTA TÍPICA-LOSA-VIGAS-COLUMNAS



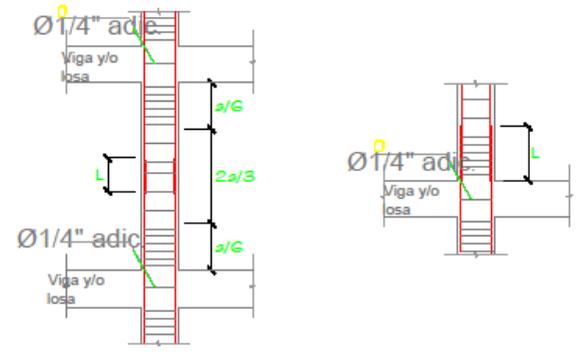
Ø	TRASLAPES Y EMPALMES			ESTRIBOS
	LOSAS VIGAS	COLUM.	LOSAS Y VIGAS	
6mm.	30			
3/8"	40	40		
1/2"	50	40	No se permitirán empalmes del refuerzo superior (negativo) en una longitud de 1/4 de luz de la losa o vigas a cada lado de la columna de apoyo.	Los empalmes "L" se ubicarán en el tercio central; no se empalmará mas del 50% de la armadura en una misma sección.
5/8"	60	50		
3/4"	70	60		
1"	1.20	1.00		

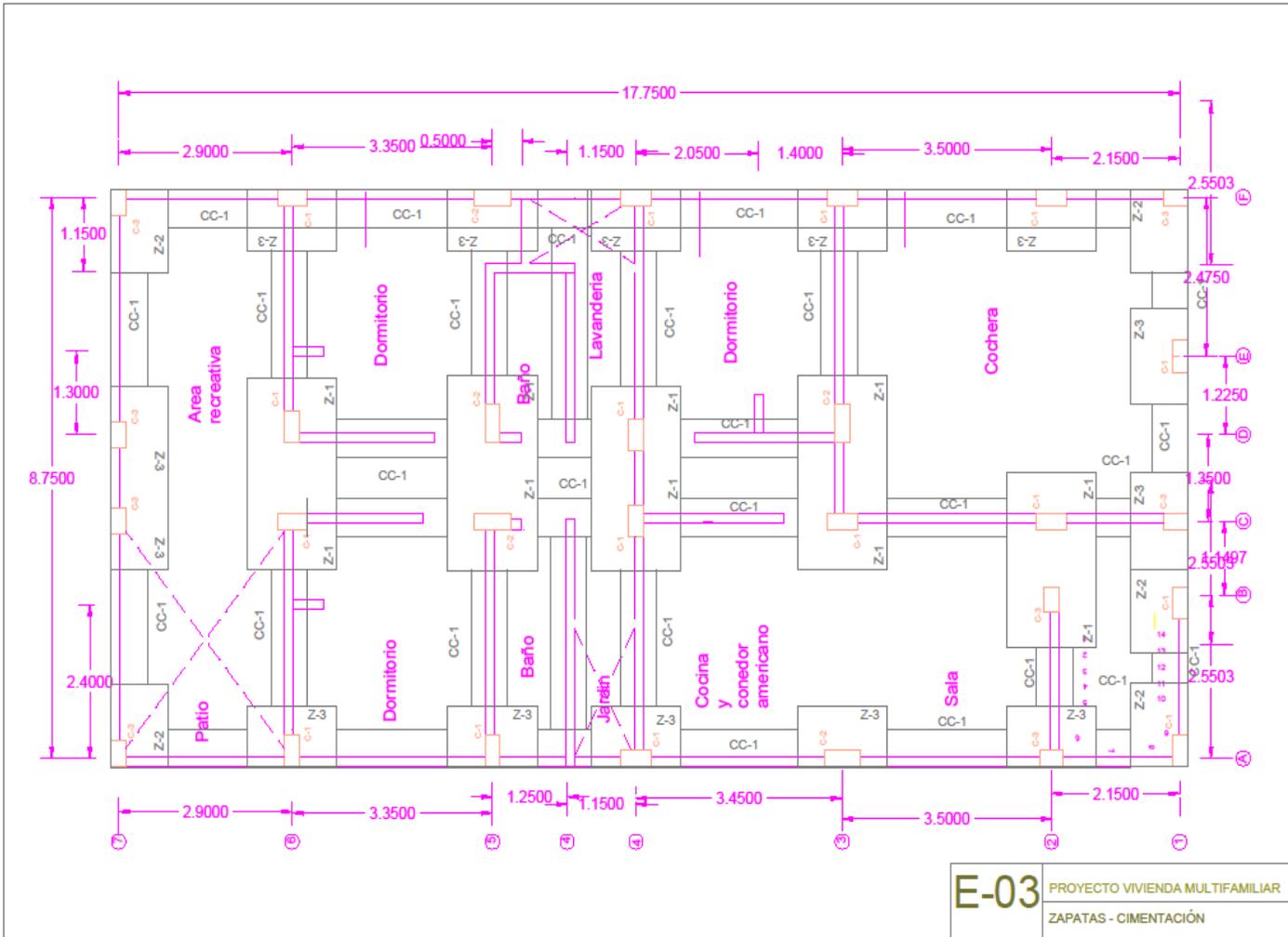
DISTRIBUCIÓN DE ACERO DE VIGAS

	5ø ₃ ² VA-1 25x30	ø ₃ ²	3@5,5@10;3@15;Rest.20cm
	5ø ₃ ² +2ø ₃ ² VA-2 25x40	ø ₃ ²	3@5,5@10;3@15;Rest.20cm
	4ø ₃ ² VA-3 25x25	ø ₃ ²	3@5,5@10;3@15;Rest.20cm

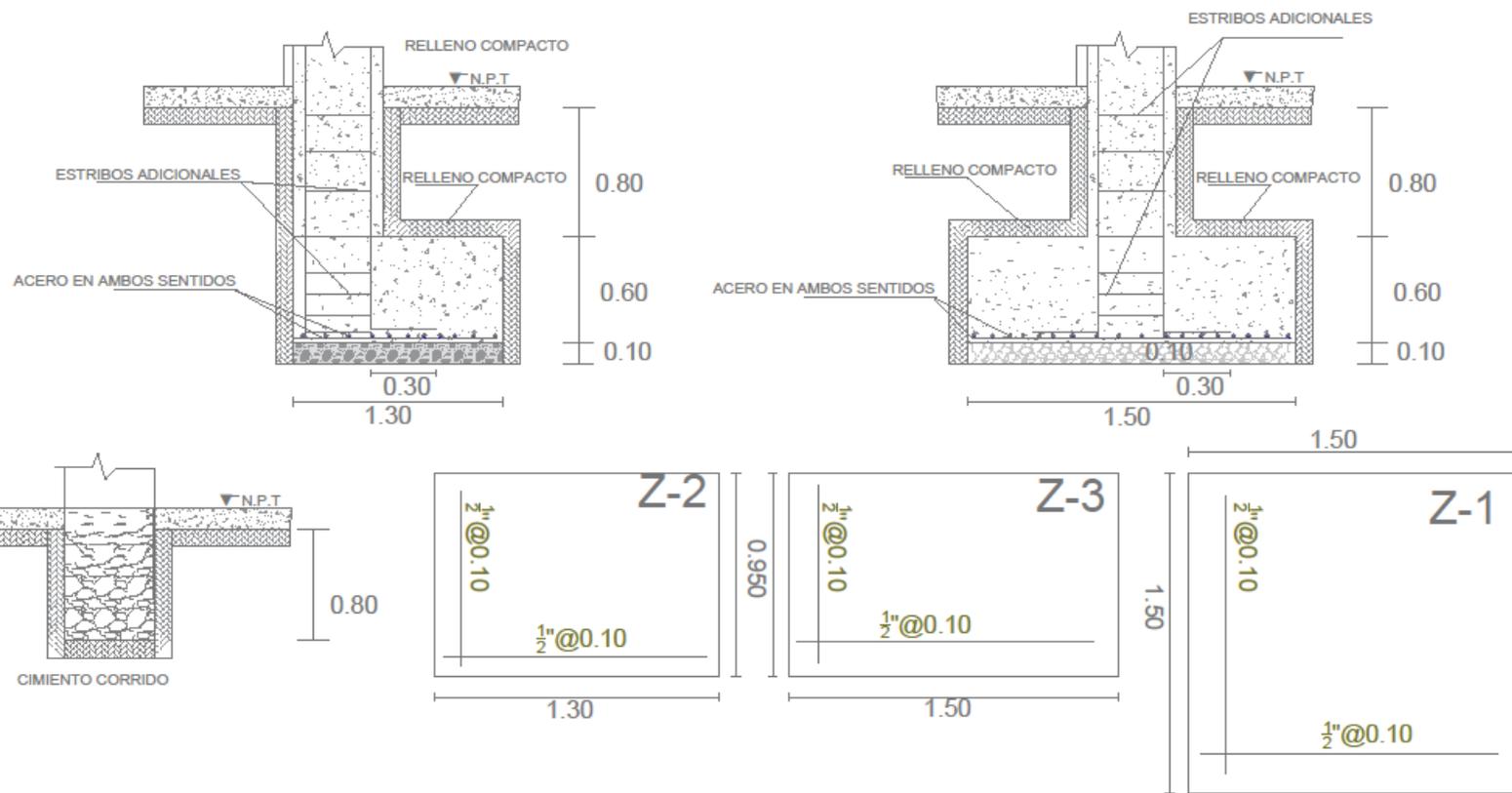
DISTRIBUCIÓN DE ACERO DE COLUMNAS

	8ø ₃ ² C-2 25x80	ø ₃ ²	4@5,5@10;3@15;Rest.20cm
	4ø ₃ ² +4ø ₂ ² C-1 25x50	ø ₃ ²	4@5,5@10;3@15;Rest.20cm
	4ø ₃ ² +4ø ₂ ² C-3 25x40	ø ₃ ²	4@5,5@10;3@15;Rest.20cm





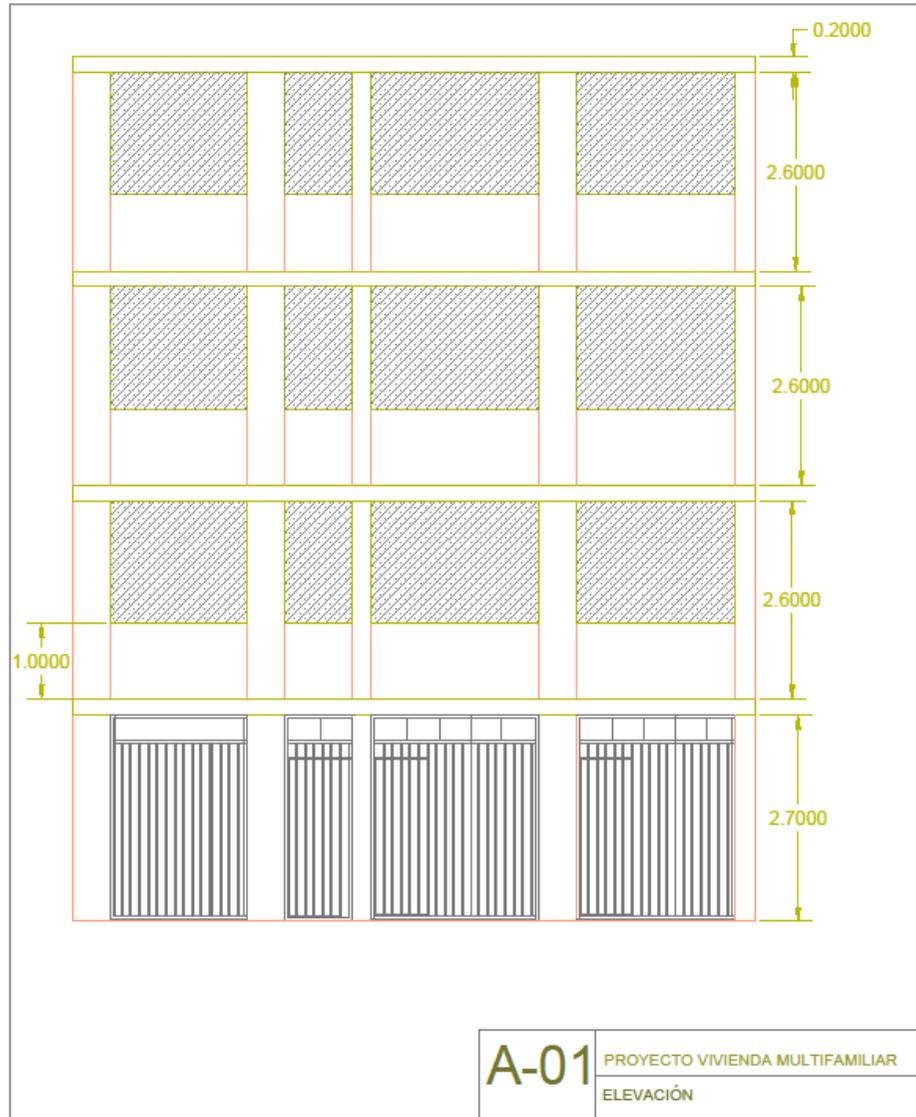
E-03 PROYECTO VIVIENDA MULTIFAMILIAR
ZAPATAS - CIMENTACIÓN




E-04

PROYECTO VIVIENDA MULTIFAMILIAR

CIMENTACIÓN - ZAPATA'S







UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, MAMANI LEON EDER JOSUE estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Análisis y diseño estructural utilizando revit, para mejorar la vivienda multifamiliar de cuatro pisos, distrito de Alto Selva Alegre, Arequipa", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
MAMANI LEON EDER JOSUE DNI: 42219990 ORCID 0000-0002-8891-336X	Firmado digitalmente por: EMAMANILE el 09-12-2021 21:18:25

Código documento Trilce: INV - 0445274