



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

“Modelamiento estructural para la reducción de costos en obras de concreto armado aplicando metodología BIM en viviendas Lima - 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

FERNANDEZ ABELARDO, Kely Magali (<https://orcid.org/0000-0001-7175-3243>)

SANDOVAL UTUS, Steven Roberto (<https://orcid.org/0000-0001-6328-7465>)

ASESOR:

Ms. AYBAR ARRIOLA, Gustavo Adolfo (<https://orcid.org/0000-0001-8625-3989>)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

Dedicamos la presente tesis a nuestro padre celestial, a nuestros padres, hermanos, familiares y a todos los docentes que contribuyeron con nuestra formación.

AGRADECIMIENTO

A dios por estar siempre a nuestro lado apoyándonos, quien nos dio la vida y la perseverancia de seguir nuestros sueños y a nuestro querido asesor por su apoyo constante con el desarrollo de la tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	5
III. METODOLOGÍA	19
3.1. Tipo y diseño de investigación	19
3.2. Variables y Operacionalización	19
3.3. Población, muestra y muestreo.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5. Instrumentos de recolección de datos.....	21
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos	23
IV. RESULTADOS	24
V. DISCUSIÓN	40
VI. CONCLUSIONES.....	43
VII. RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS	47
ANEXOS	1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Implementación Del BIM En Latinoamérica.....	1
Figura 2.- Curva del Esfuerzo del Proceso Constructivo	15
Figura 3.- Vinculación del Modelo BIM 3D con el Cronograma	17
Figura 4.- Ubicación de vivienda multifamiliar.....	24
Figura 5.- Planos arquitectónicos	25
Figura 6.- Estructuración y predimensionamiento del proyecto	26
Figura 7.- Modelo - Etabs v 18.2.....	27
Figura 8.- Modelo – Robot Structural.....	27
Figura 9.- Asignación Carga Muerta	28
Figura 10.- Asignación Carga Viva	28
Figura 11.- Modelo arquitectónico	34
Figura 12.- Modelo analítico-Revit 2021	35
Figura 13.- Modelo Robot Structural.....	35
Figura 14.- Interferencia Viga – Columna	35
Figura 15.- Método de la pintura.....	36
Figura 16.- Metrado de zapatas.....	36
Figura 17.- Detalle de zapata - 3D.....	36
Figura 18.- Variación de metrados.....	37
Figura 19.- Variación de presupuesto.....	38
Figura 20.- Estimación de días	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Índices De Validez.....	22
Tabla 2.- Propiedades Concreto y Acero	26
Tabla 3.- Propiedades de la Albañilería	27
Tabla 4.- Modos y periodos de vibración.....	28
Tabla 5 Derivas en XX.....	29
Tabla 6 Derivas en YY	29
Tabla 7.- Densidad de muros.....	31
Tabla 8.- Diseño por cargas verticales.....	31
Tabla 9.- Diseño por fisuración - sismo moderado.....	32
Tabla 10.- Diseño de columnas de confinamiento.....	33
Tabla 11.- Diseño de Vigas Soleras	33

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación fue modelar estructuralmente con la finalidad de poder reducir costos en obras de concreto armado aplicando metodología BIM en viviendas Lima - 2021. Se planteó una metodología con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño no experimental-transversal, tipo de investigación aplicada; población constituida por obras de concreto armado en viviendas, la muestra es una vivienda multifamiliar de concreto armado en albañilería, el tipo de muestreo no probabilístico intencional; teniendo como técnicas la observación directa y la recopilación de antecedentes, para el manejo de datos se utilizó las herramientas tradicionales y metodología BIM.

De acuerdo con el análisis realizado, se concluye que el modelamiento estructural con aplicación de la metodología BIM reduce los presupuestos comparados con el método tradicional, además permite obtener estructuras resistentes con entregables ordenados, sin pérdida de información, evitando el perjuicio del desarrollo del proyecto y cumpliendo las normativas peruanas de diseño. Asimismo, su aplicación resultó ser eficiente, transparente y de calidad para la etapa de metrados, presupuesto y estimación de días; pudiendo detectar errores previos a la construcción, evitando los sobrecostos de obra.

Palabras clave: Modelamiento estructural, metodología BIM, análisis y diseño estructural.

ABSTRACT

The general objective of this research was to model structurally for cost reduction in reinforced concrete works applying BIM methodology in Lima -2021 housing. A methodology with a quantitative approach, descriptive level, non-experimental-transversal design, applied research type; population constituted by reinforced concrete works in housing, the sample is a multifamily housing of reinforced concrete in masonry, the type of non-probabilistic intentional sampling; having as techniques direct observation and background collection, for data management traditional tools and BIM methodology were used.

According to the analysis carried out, it is concluded that structural modeling with the application of BIM methodology allowed cost reduction in reinforced concrete works in Lima 2021 housing compared to the traditional method, obtaining resistant structures with ordered deliverables, without loss of information, avoiding damage to the development of the project and complying with Peruvian design regulations. Likewise, its application proved to be efficient, transparent and of high quality for the stage of metrics, budget and estimation of days; being able to detect errors prior to construction, avoiding construction cost overruns.

Keywords: Structural modeling, BIM methodology, structural analysis and design.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el rubro de la construcción constituye uno de los pilares que muestra el desarrollo de un país, por ello es primordial enfatizarse en la etapa inicial del proyecto dentro de la cual se sitúa el diseño. Pues es ahí donde se desarrolla el modelamiento estructural, la cual es mayormente deficiente debido a la falta de flujo de trabajo colaborativo que en un mediano plazo genera sobrecostos debido a los cambios requeridos. Por ello es indispensable la aplicación de nuevas metodologías que permitan el cambio paulatino del paradigma tradicional al uso de un modelo de información integrado (BIM), el cual permite obtener edificaciones más rentables y de calidad.

Asimismo, a nivel mundial los países que lideran en cuanto a la aplicación de dicha metodología son Estados Unidos y Canadá que son reconocidos como los grandes representantes de América del Norte. Según McGraw-Hill Construction, Norte América cuenta con una amplia experiencia en la aplicación de dicha metodología al igual que Europa y Corea del Sur. Asimismo, según la revista EDITECA países como Perú, Ecuador, Chile entre otros, el uso de la metodología BIM ya es una realidad; cuentan con mucha aprobación para los proyectos públicos, cabe recalcar en la figura 1 que no todos los países se desarrollan de manera paralela.



Figura 1.- Implementación Del BIM En Latinoamérica

Fuente. - Revista Editeca

En Perú, la aplicación de esta metodología es necesario debido a las grandes deficiencias encontradas en obras de concreto armado; que han prevalecido a lo largo de los años. Dichas deficiencias acarrearán consigo grandes retrasos y sobrecostos a lo largo de los proyectos de inversión pública y privada; optar por dicha metodología permite obtener proyectos eficientes, transparentes y de calidad. Según el Ministerio de economía y finanzas, se ve indispensable la inserción de nuevas tecnologías como BIM en el ámbito de las edificaciones. Por ello, se implanta el plan nacional de competitividad y productividad, aprobado el 28 de Julio del 2019 mediante decreto supremo N.237-2019-EF, el cual establece la adopción de dicha metodología de forma paulatina.

En el ámbito local el gran número de proyectos realizados son bajo principios de autoconstrucción y autogestión, debido al encarecimiento que demanda los proyectos realizados por profesionales, generando la informalidad. Frente a dicha concepción se originan los problemas estructurales principalmente en viviendas predominantes que optan por un sistema estructural muy común como son las edificaciones de albañilería confinada, estas al ser construidas empíricamente no cumplen con las normativas vigentes.

En general, en los proyectos de construcción la fase principal es la planificación; pues es donde se resuelven un gran porcentaje de observaciones que más adelante influirán en la etapa de ejecución, debido al impacto que ocasiona en los costos y tiempos de proyecto. Dentro de las principales causas de riesgo en un proyecto según lo expuesto en el Plan de Implementación BIM; alrededor del 85% están relacionados a la deficiencia en el control y organización de información de proyecto, mientras que el 91% está asociado a un mal manejo de información técnica luego de la apertura de la fase de ejecución.

Las diferentes distorsiones que se dan a lo largo del desarrollo conllevan a que el gran número de proyectos de construcción se encuentren paralizados y con montos asombrosos; siendo la causa principal las deficiencias técnicas e incumplimientos contractuales representando un 39%. De igual manera, en la etapa de ejecución los problemas se generan por que los tiempos de aceptación de expedientes técnicos se prolongan debido a la existencia de incompatibilidad de especialidades que generan pérdidas de tiempo y de recursos. Por tanto, frente a

las diversas problemáticas por las que atraviesan los proyectos previos a su ejecución se requiere de una metodología de modelo que integre toda la información en una sola data, que permita observar la interacción con anterioridad evitando que en la etapa de ejecución se puedan presenciar retrasos, gastos inadecuados y proyectos de mala calidad.

Se ve la necesidad de la implementación de herramientas BIM que contribuyan a reducir costos en las obras de concreto armado a través de la elaboración de un modelamiento estructural adecuado, basado en un documento denominado BEP (Plan ejecución BIM); de esta manera satisfacer la demanda del mercado que va en ascenso cada día y el nivel de competitividad frente a las diversas empresas constructoras es cada vez más exigente; pues todos van encaminados a entregables eficientes y de calidad. Según la revista científica ES.BIM (2016) “La metodología BIM impulsa nuevas formas de pensar y actuar frente a las tradicionales, es decir permite cambiar una visión de corta a otra de largo plazo, generando cambios en modelos de negocio que intervienen en la construcción.

La carencia de inserción de la filosofía BIM en el ámbito estructural, principalmente en obras de concreto armado en viviendas, generaría los mismos errores del pasado provocando retrasos, sobrecostos y mala calidad que provocarían el fracaso del proyecto; derivando un alto porcentaje hacia la etapa de mantenimiento por una mala interoperabilidad de las diferentes especialidades, modificar el proyecto en la etapa de construcción resultaría un verdadero problema; por ello la revista científica ES.BIM (2016) plantea: La necesidad de una implantación progresiva, coordinada y ordenada de la metodología BIM y para ello se debe contar con referencias, guías, estándares entre otros, de los cuales depende el éxito del proyecto.

Por tanto, se vio en la necesidad de formular la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo podemos realizar el modelamiento estructural para la reducción de costos en obras de concreto armado aplicando metodología BIM en viviendas Lima-2021? El presente proyecto de investigación se justifica técnicamente porque pretende reducir los costos en obras de concreto armado de viviendas, con la aplicación de la metodología BIM a través del modelamiento

estructural permitiendo a las empresas mejorar la calidad de servicio y ofrecer inmuebles a menor costo. Asimismo, se justifica de forma práctica, desarrollando modelos previos a la ejecución con el uso de softwares que pronostican el posible comportamiento de la estructura, siguiendo las normativas de diseño; a partir de ello realizar simulaciones estructurales y estimaciones de costos mediante la acogida de dicha metodología. Por otro lado, se justifica metodológicamente, ya que el desarrollo de dicha investigación servirá como referencia a empresarios, profesionales y futuros estudiantes que buscan determinar el impacto que genera el modelamiento estructural en obras de concreto armado aplicando metodología BIM en viviendas, con el propósito de innovar nuevos proyectos de calidad y cada vez más económicos. Por último, en cuanto a la relevancia social, pues al optimizar los costos contribuye con las empresas y brinda la oportunidad a sus clientes de adquirir un inmueble seguro y económico; es decir a medida que el costo se reduce el valor requerido para la construcción de viviendas tendrá un descenso en el mercado, permitiendo a las empresas tener mayor acogida y ser pioneros en el rubro.

Se planteó como objetivo general en esta investigación; modelar estructuralmente para la reducción de costos en obras de concreto armado aplicando metodología BIM en viviendas Lima - 2021. Asimismo, los objetivos específicos son: modelar estructuralmente obras de concreto armado aplicando metodología BIM para el óptimo diseño estructural en viviendas Lima – 2021, modelar estructuralmente obras de concreto armado aplicando metodología BIM para la extracción óptima de metrados en viviendas Lima – 2021 y por último modelar estructuralmente aplicando metodología BIM para la optimización del presupuesto y la programación de obras de concreto armado en viviendas Lima – 2021.

II. MARCO TEORICO

En torno al marco Internacional, Villena (2017), en su trabajo experimental para la obtención del título de ingeniero civil en la Universidad Técnica de Ambato, titulado “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 (BIM)”, manifiesta que el presente estudio tiene por finalidad realizar un cotejo del modelado y análisis con herramientas BIM. Como primer punto se plantea la arquitectura y el lugar donde se ejecutará la construcción para conocer los parámetros sísmicos que servirán para el análisis de la edificación. Enseguida se definirá los materiales a usar para iniciar el modelado de columnas, vigas, losas entre otros en la herramienta Revit; esta data se transferirá al programa Robot Structural para las evaluaciones estructurales, garantizando la estabilidad, seguridad y resistencia de la edificación. Por último, se realizará el balance de los efectos alcanzados en el programa Robot y Etabs con el fin de proporcionar confiabilidad al estudio; pronto se procederá a la interoperabilidad para los detalles de elementos estructurales y su generación de planos en el software Revit.

Por otro lado, en Estados Unidos, Araya (2019), en su artículo científico “Estado del arte del uso de BIM para la resolución de demandas en proyectos de construcción” señala que, durante la ejecución del proyecto de construcción hubo disputas entre las partes involucradas, cuando el presupuesto era ajustado; los contratos carecen de motivación y no hay una cooperación. Un gran reto de esta metodología es el manejo y facilidad de administración de datos que permiten solucionar la demanda del sector de construcción, siendo una tecnología que está ganando terreno en la reproducción de información a través del modelado virtual. Los beneficios que tiene esta metodología es la parametrización de procesos de estimación de desglose y la facilidad de hacer presupuestos; tiene una fluidez rápida a los cambios, una mejor vista del modelo y la coordinación del diseño; pudiendo además utilizarse como plataforma de ayuda para resolver las necesidades de construcción.

Referente a dicha metodología en Colombia, Porras et al. (2015), en su artículo científico “Tecnologías Building Information Modeling en la elaboración de

presupuestos de construcción de estructuras de concreto reforzado” estudia el impacto que genera la tecnología BIM en la ejecución de presupuestos con respecto al método tradicional que tiene su sustento en dibujos 2 dimensiones. Siendo el objeto un edificio de concreto reforzado, la metodología consiste en el avance del piloto BIM y la composición del cómputo de obra. Asimismo, la igualación del cálculo del método tradicional con BIM y poder ver la eficiencia de la implementación del método en cuanto a la precisión del presupuesto, cálculo de las cantidades de obra, entre otros.

Por su parte Antonio et al. (2017) en su método de investigación para obtener el título de gerencia de obras, en la Universidad Católica de Colombia, titulado “Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida de un proyecto” manifiesta que en Colombia-Bogotá los procesos constructivos no cuentan con la tecnología necesaria ni la coherencia técnica de las diferentes especialidades que intervienen en un mismo proyecto; los cuales generan conflictos, retrabajos, sobrecostos que afectan el flujo de trabajo de los proyectos. Dicha investigación busco implementar la metodología BIM en las compañías constructoras a través de un modelado 3D, también se realizó la interoperabilidad de las diferentes especialidades con el uso de la herramienta BIM (Revit).

Asimismo, Aliaga, (2012) en su tesis para optar el grado de ingeniero civil en la universidad de Chile - Santiago de Chile titulado, “Implementación y metodología para la elaboración de modelos BIM para su aplicación en proyectos industriales multidisciplinarios”, plantea lo indispensable que resulta la tecnología frente a la complejidad de los proyectos que resultan a través de los años. Por tanto, plantea la necesidad de la implementación de una metodología que permita controlar de la mejor manera el desarrollo de un proyecto en cada una de sus etapas, principalmente en la etapa de diseño donde se manifiestan el mayor porcentaje de modificaciones de las cuales dependerán las construcciones. En consecuencia, en dicha investigación se plantea manejar de manera ordenada la información de cada una de las especialidades que intervienen, por ello se pretende implementar la metodología BIM en proyectos automáticos que admita la unión de otras disciplinas, con el objeto de conseguir un modelo virtual que permita optimizar la coordinación entre especialidades y generar flujo de trabajo colaborativo.

En torno al marco nacional Rojas (2019) en su tesis para optar el título de ingeniera civil, en la Universidad Peruana los Andes , titulado “Comparativa en el diseño estructural de una edificación de 04 niveles, aplicando métodos tradicionales y metodología BIM – Concepción 2018” pretende resolver el método más eficiente para desarrollar el diseño estructural, siendo dicho trabajo científico aplicado, descriptivo no experimental. Involucra como población a 15 edificaciones con un sistema estructural aporricado, tomando en cuenta un muestreo no probabilístico o intencional; optando por un edificio de 04 niveles. Como resultado de ello concluyo que la metodología BIM es más eficiente debido a su forma colaborativa de trabajo, ya que permite automatizar diversos procesos como generar modelos tridimensionales; a partir del cual los diversos agentes involucrados pueden extraer y coordinar información.

De acuerdo a Ramos (2019) en su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno titulado "Eficiencia de la metodología BIM a través de la simulación 4D, 5D en el control de tiempos y costos para la obra mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno, 2017-2018" busca implementar el sistema de modelo de información en la etapa de ejecución de obra; para el desarrollo de esta investigación se hizo el modelado BIM 4D y 5D durante el proceso de construcción para analizar sus efectos en el tiempo y costo de realización del proyecto. La gran mayoría de las construcciones aún se elaboran en base al método tradicional; por otro lado, según estándares internacionales se ha demostrado que dicho método resulta en la actualidad ya ineficaz. Una situación ideal se da cuando los entregables en la etapa de diseño son correctos, es decir que existe compatibilidad y un buen detallado; esto haría eficiente el proyecto tanto en tiempo como en la optimización de costos, pero lamentablemente esto no sucede. La metodología BIM ayuda a organizar datos dentro del modelo y percibir el proceso constructivo, además permite cotejar los recursos que tiene influencia en los costos. En dicha investigación, gracias a la implementación de la metodología se consiguió efectos reales, optimizando los precios y la duración; facilitando el intercambio de información entre especialidades, demostrando ser una herramienta eficiente en la realización de obras.

Desde el punto de vista de Guerra y Mariños (2016) en su tesis para optar el título de ingeniería civil, en la Universidad Privada Antenor Orrego, titulado “Aplicación de tecnología BIM para el incremento de la eficiencia en la etapa de diseño del proyecto inmobiliario vivienda multifamiliar Nova-Trujillo, La Libertad” da a conocer el nuevo método en la fase de esbozo del propósito inmobiliario situado en Trujillo con el fin de ver la mejora; permitiendo la eficiencia de los recursos materiales como el tiempo. Para lograr dicho objetivo se comparó ambos métodos, es decir toda la indagación que respecta al método tradicional se obtuvo de entrevistas a los involucrados que lo ejecutaron mientras que para la metodología se obtuvo por los investigadores. Se hizo la simulación en el programa BIM, y se extrajo la información principal para el avance de la fase del diseño del proyecto en sus diferentes especialidades. Con dicha información también se hizo un sistema de calificación donde se observó un aumento de la eficiencia en un 20.09% en la etapa de boceto. En conclusión, queda demostrado de lo eficiente que es la implementación del BIM y que está al alcance de todos los profesionales, solo se necesita un cambio de paradigma en las empresas.

Teniendo en cuenta a Viñas (2015) en su tesis para optar el grado académico de magister en dirección de la construcción, en la universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, titulado “BIM, para asegurar el costo contractual de obra y su implementación en un proyecto multifamiliar” manifiesta que la presente investigación estudiara el comportamiento durante su ejecución de edificios multifamiliares en Lima, entre una empresa constructora y una gerencia de obras. La demanda del mercado incita a proyectos más complicados en menos tiempo, que van acompañados de una serie de exigencias. Todo ello genera que los proyectos no tengan la calidad esperada, dando paso a incompatibilidades e interferencias; llevando a que los proyectos son castigados por sobrecostos y pérdida de utilidades. La finalidad de la presente tesis es mostrar los beneficios del BIM, el cual genera un mejor desempeño y agilice los procesos, para garantizar la calidad en las edificaciones evitando incompatibilidades en las diversas especialidades. Se estudió 5 proyectos de los cuales se analizó los presupuestos, información técnica cronogramas, entre otros. El estudio de la información nos brindó ratios, directrices, porcentajes, los cuales permitió hacer una comparación entre el método tradicional y dicho método, obteniendo resultados favorables que

fundamentan la importancia de dicha tecnología y que puede ser esencial para la toma de arbitrajes de una empresa. Por último, la implantación del BIM generara un mejor desempeño de los procesos, para reducir costos.

De igual forma, Atencio (2019) en su tesis para optar el título de ingeniero civil, en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, titulado “Análisis de la implementación de la metodología BIM para la optimización del proyecto de construcción del centro cívico en el barrio Huanuquillo – Tarma” planea de forma ecuánime fijar la influencia de dicho método para el desarrollo de cuatro especialidades de edificación, enfatizados en mediciones, valor de proyecto y el tiempo de culminación. Siendo dicha investigación aplicada con un enfoque cuantitativo, diseño no experimental de nivel descriptivo. Se obtuvo como resultado una variación en las partidas del proyecto superando el 60% del total, en cuanto a costo se notó un incremento del 7.36% del total según su expediente técnico; de igual forma en la duración del proyecto se presentó un incremento de 72 días, representando el 8.28% del total, por último, en el cronograma presento un incremento de 11.48% de la programación general. Por tanto, se concluyó que no se redujo en efecto lo propuesto, pero se estableció números puntuales que refutan la influencia positivista de la metodología BIM.

En la presente investigación es relevante definir diversos términos enfocados al desarrollo del mismo, por su parte Justo, Delgado y Bascón (2018, p.3), señalan que el modelamiento estructural es la representación geométrica del modelo real para analizar sus deformaciones e idealizar su comportamiento aproximado ante un posible sismo.

Previo al desarrollo estructural es necesario discernir el tipo de sistema estructural a desarrollar según sus características arquitectónicas y su funcionalidad, siendo el sistema estructural más común en el ámbito de la construcción peruana el sistema de albañilería confinada, definida según San Bartolomé, Quiun y Silva (2011), es aquel confinamiento en los cuatro bordes del muro, donde la distancia libre entre columnas no debe superar dos veces la altura de piso. En dicho sistema estructural es muy importante el orden adecuado durante los procesos constructivos para obtener una adherencia correcta; es decir los muros y confinamientos trabajen como un solo elemento. Por otro lado, son

clasificados en muros portantes y no portantes, el primero considerado como elemento estructural ya que soporta cargas de gravedad y cargas laterales como el sismo mientras que la segunda conocida generalmente como tabique, es aquella que no soporta cargas ya que sus funciones principales son dividir ambientes, generar cerramientos entre otros.

Para hacer un modelado correcto (Blanco, 2012, p.5) plantea criterios de estructuración buscando formas simples que permitan entender el comportamiento de las estructuras frente a sismos; como primer punto las estructuras deben ser simples y simétricas, pues al transcurrir de los tiempos se ha demostrado que las formas complejas son difíciles de analizar y lejanas de resultados reales; por ello es necesario priorizar la simetría en ambas direcciones con el fin de que los centros de rigidez y de masas no se encuentren distantes para evitar el efecto de torsión.

En segundo punto las estructuras deben ser resistentes y los elementos estables en ambas direcciones, así como el proyecto en general. Además, se debe prever la aparición de rotulas plásticas por el efecto de columna débil y viga fuerte; también se debe tener en cuenta la ductilidad, siendo esta la capacidad de deformación de un cuerpo en el intervalo de comportamiento inelástico o no lineal; es por ello que en el diseño se busca primero que falle el acero luego el concreto.

Como tercer punto se debe considerar el diafragma rígido que consiste en el comportamiento de la estructura como una unidad, donde tanto la losa como el piso puedan compatibilizar el mismo desplazamiento lateral. Por otro lado, para considerarse diafragma rígido la relación entre sus lados no debe exceder a 4, si no cumple dicha condición se debe dividir la estructura mediante juntas de dilatación para que la estructura tenga un comportamiento óptimo.

Según Morales (2006) señala que el predimensionamiento de elementos estructurales son aproximaciones que el diseñador o profesional responsable asumen para evaluar el comportamiento de la estructura y si estas cumplen con los requerimientos de las normativas (p.86).

El desarrollo de proyectos comprende un previo análisis estructural, con respecto a ello la (Norma E030, 2018, p.9) manifiesta que en las estructuras regulares la fuerza sísmica total debe ser independiente en dos direcciones

mientras que en las irregulares se debe enfatizar en la orientación más desfavorable. Asimismo, es la etapa donde se determina los diversos esfuerzos y deformaciones a los que se somete la estructura, por ello involucra la adopción de programas que permitan la obtención de un análisis estructural con resultados óptimos y confiables.

Dentro del análisis estructural existen dos dimensiones importantes, el análisis estático y dinámico; el primero involucra la acción sísmica de las fuerzas relacionadas con la altura de la edificación, analizando la fuerza cortante en la base, fuerzas sísmicas e intervalos de vibración, mientras que el segundo permite el desarrollo del diseño estructural a partir de los resultados obtenidos; además dicho análisis proporciona los modos de vibración, la aceleración espectral, fuerza cortante, efectos de torsión y las excentricidades que presenta la estructura.

Consecuentemente luego del análisis estructural se encuentra el diseño estructural; según (Morales, 2006, p. 01), las estructuras deben incluirse como uno solo con la finalidad de cumplir una determinada función; teniendo en consideración sus objetivos y frente a ello las diversas restricciones, proporcionando en gran medida mejores soluciones, considerando que es imposible lograr una solución óptima. Es decir, se requiere formar criterios y soluciones que sean más razonables que únicas. Finalmente, una estructura pierde utilidad cuando disipa la funcionalidad para la cual fue diseñada; pues es donde se tomó como referencia estados límites importantes como resistencia a cargas máximas, deflexiones y anchos de grietas.

Debido a la complejidad de diversos proyectos es indispensable para el desarrollo del análisis y diseño estructural el uso de herramientas que proporcionan confiabilidad en los resultados y que permitan el intercambio de información. En respuesta a ello surgen softwares como Robot Structural que permite el modelamiento estructural, además de ser una herramienta de la metodología BIM, permite desarrollar proyectos de gran envergadura debido a su fácil configuración e interoperabilidad con otros programas frente al método tradicional. Según Villarroel (2016) Robot Structural es un programa diseñado para cálculo estructural que permite realizar el análisis y diseño de estructuras, el dimensionamiento de elementos regidos por diversas normas y el contraste de resultados (p.5).

Frente a la urgencia de la importancia de los medios tecnológicos que requieren los proyectos de alta competitividad aparecen métodos como BIM que permiten sistematizar procesos. Por su parte el plan BIM Perú (2021) en su nota técnica define a dicho método como un sistema que permite desarrollar un trabajo colaborativo basándose en un modelo de información que cuenta con los requerimientos de las partes interesadas con el objetivo de brindar facilidades en las diversas etapas del proyecto y principalmente proporcionar resultados confiables para la toma de decisiones (p.14).

Por su parte Rodríguez (2015), indico que BIM (Building Information Modeling) consta de un trabajo colaborativo, además realiza la gestión de datos en el desarrollo del proyecto, donde los modelos 3D utilizan diferentes softwares para reducir el tiempo y los recursos de diseño y construcción. El proceso de modelado de información (BIM) incluye la forma geométrica del edificio, la información geográfica y los atributos de sus componentes (p.10).

Por otro lado, según la revista BIM fórum Argentina (2018); BIM define un nuevo paradigma y como consecuencia un cambio cultural, generando nuevos escenarios en las empresas. Además, permitirá la interrelación de personas, procesos y herramientas en un mismo ambiente, sinérgico y colaborativo que debe asegurar la comunicación entre actores profesionales y no profesionales (p.6).

Por su parte la revista EADIC afirma que el principal obstáculo para la implantación BIM es la falta de estándares de términos y procesos. Esta deficiencia ha llevado a un desarrollo desigual de la metodología colaborativa entre el cliente y los agentes intervinientes. Como respuesta a esta necesidad a finales del 2018 se vio la desaparición paulatina de los estándares británicos PAS 1192 Y BS 1192 y se reemplazó por las normas ISO 19650-1 e 19650-2.

Dentro del marco normativo nacional, el Ministerio de Economía y Finanzas manifiesta los beneficios que trae adoptar la metodología BIM; siendo entre los principales la digitalización y movimiento de información, durante la fase de inversión. Los diferentes agentes participativos trabajan con indistintos archivos siguiendo el método tradicional; por ello adoptar BIM significaría desprenderse de documentos y llevar todo a la digitalización, pudiendo compartir la información

necesaria en tiempo real; garantizando la transparencia, trazabilidad y mejora de calidad de proyectos.

De igual forma optimiza la participación de las partes interesadas cumpliendo con los objetivos del cliente; a partir de una visualización del modelado gráfico que le ayude a decidir sobre su modelo ideal. Asimismo, evita los retrabajos y desperdicios de construcción mediante una simulación de procesos constructivos donde el usuario es capaz de identificar interferencias entre las diferentes especialidades y corregirlas en la etapa inicial del proyecto, con el fin de mitigar costos.

Por otra parte, el diario PERUANO (2020) afirma que: Mediante el Decreto Supremo N °289-2019-EF, se ratificó la ordenanza que regula la implementación gradual de métodos colaborativos en los procesos de inversión pública. De igual forma, el artículo 2 del Decreto Supremo N 289-2019-EF lo instauro como conjunto de métodos, tecnologías y estándares que admiten el desarrollo, diseño, construcción, operación y mantenimiento conjunto de la infraestructura pública en un espacio virtual colaborativo; además es muy beneficioso, porque ayuda a resolver problemas en la etapa inicial y / o en otras etapas del ciclo de inversión.

Respecto a la normativa nacional la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (2020) define que el Plan de Ejecución BIM es el documento más importante que acompaña a todas las fases del proyecto de inversión, está integrado por las características técnicas, el rol que cumple cada participante, funciones, la metodología de trabajo para poder entregar productos de calidad en las fechas previstas, también se debe tener cuenta que el Plan de Ejecución BIM tiene que ser actualizado constantemente de acuerdo a los cambios que se presenten en el proyecto (p.8).

Por otro lado, la revista PROJECT EXECUTION PLANNING GUIDE (2010) afirma que el Plan de Ejecución BIM es una visión completa junto con los detalles de implementación que el grupo de trabajo debe regirse durante toda la ejecución de la obra. Asimismo, esta debe desarrollarse al inicio de la construcción, actualizándose a medida que se integran más participantes que aporten al proyecto, revisado y monitoreado en cada fase de ejecución. En resumen, el Plan

debe definir de manera clara el alcance del proyecto en la implementación BIM, donde se puede identificar de manera sencilla el flujo de trabajo y definir los intercambios de información entre las partes interesadas, todo ello respaldado por la compañía.

Para la revista BIM fórum Chile, dicha metodología aporta beneficios tanto para los usuarios como para el proyecto los cuales se detallan a continuación:

Proporciona herramientas BIM que permiten establecer estándares en el desarrollo de proyectos, una vez superada la curva de aprendizaje se puede lograr un mayor rendimiento y control en el desarrollo de tareas rutinarias, de esta manera contribuye con el usuario porque permite una planificación ordenada, es decir se puede obtener cubicaciones y metrados con menos alteraciones y consultas por incompatibilidades o falta de definiciones.

Asimismo, el uso del BIM beneficia al proyecto en la fase de diseño, siendo la etapa donde se toma las decisiones más importantes y donde se observan inconsistencias e interferencias durante la construcción, causando un aumento significativo en los costos, evitando definiciones insuficientes del proyecto. Por otro lado, su aplicación temprana en la fase de diseño permite adecuarse al cambio de manera sencilla, ya que al estar vinculados la actualización es automática. Cabe señalar que los mayores ahorros en el ciclo del proyecto se producen durante las etapas de operación y mantenimiento.

Respecto a la literatura sobre dicha metodología, Patrick MacLeamy mostro un gráfico en el Instituto Americano de Arquitectos (AIA) en el 2005, donde concluyo que se realizó más esfuerzos en las primeras decisiones de la fase de diseño del proyecto, aportando enormes beneficios en su desarrollo.

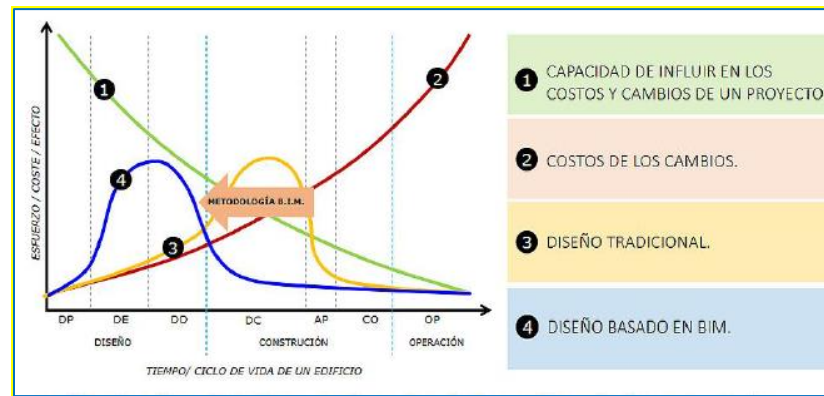


Figura 2.- Curva del Esfuerzo del Proceso Constructivo

Fuente. - Revista BIM Fórum Chile

La implementación del método en cuestión involucra dimensiones como: la geometría siendo la representación espacial y geométrica en torno a un modelo 3D de datos integrados, del cual se puede extraer y generar diferentes puntos de vista e información de acuerdo a las necesidades del usuario. Permite mejorar la visualización del proyecto, optimizar la reducción de retrabajos y coordinar de forma multidisciplinaria.

En cuanto a la dimensión 4D enfocado en el tiempo, vincula de forma inteligente los procesos constructivos con la información de tiempo y horario, utilizada para la verificación del cronograma de obra, el cual permite planear y optimizar los tiempos en las obras de concreto armado, brindando facilidad a constructores y proveedores. Todo ello genera un efecto en la dimensión 5D, siendo un término de vinculación de componentes inteligentes de costos, utilizado para el seguimiento presupuestario y análisis de costos, asimismo se asocia al 3D y 4D, permitiendo a los involucrados visualizar el avance de sus actividades y evaluar los costos relacionados con el tiempo; permitiendo el desarrollo de modelos más eficientes y rentables.

Frente al marco de la adopción de la metodología BIM se denotan teorías con respecto a los Niveles de desarrollo (LOD), según Goyzueta y Puma (2016): miden la calidad y cantidad de información transmitida, denotan veracidad; asimismo en cada período del proyecto se tendrá que proporcionar datos que se demandan por cada nivel de desarrollo o LOD (p.31).

Dentro del desarrollo de proyectos basados en el método tradicional regidos por el Organismo Supervisor de Contrataciones del Estado se define conceptos como: planos de ejecución de obra que reflejan de forma precisa cada unidad física del proyecto pudiendo presenciar de dos a tres dimensiones; los metrados contiene la cuantificación de partidas del proyecto a elaborar en un término esperado además constituye el volumen de trabajo.

De igual manera en el análisis de precios unitarios es crucial conocer los insumos que interceden en la realización de cada actividad, su contribución unitaria o rendimiento, incluyendo el precio en el mercado; asimismo la fórmula polinómica está compuesta por monomios, que consideran la incidencia de los principales recursos, también se utiliza para calcular el impacto de cambios en el costo de ciertos insumos involucrados en la ejecución, para ello utiliza el Índice Unificado de precios de la construcción emitido por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INE). Por último, se encuentra el cronograma de ejecución de obra el cual permite determinar la duración del contrato, el consultor deberá considerar todas las limitaciones dificultosas del proyecto para preparar un cronograma de ejecución.

El desarrollo de varios proyectos denota diversas causas por las cuales se generan los sobrecostos, frente a esta problemática Encalada Ojeda (2016), manifiesta que una de ellas son las incompatibilidades, pues se presentan cuando las representaciones gráficas no concuerdan con otra documentación, es muy usual que existan planos que no concuerdan con sus detalles, debido a que la gran mayoría copia información de proyectos para otro distinto (p.45).

Desde el punto de vista de Berdillana (2008), otra causa notable son las interferencias, pues son faltas que se detectan en los formatos 2D, generando que un elemento con sus respectivas propiedades físicas no se pueda construir o no se pueda realizar la instalación. Estos determinados problemas surgen porque los distintos planos carecen de integración, pues generalmente estos inconvenientes se presentan en la relación arquitectura- estructura, dichas interrupciones son analizadas y solventadas en campo, generando como consecuencia a largo plazo retrasos y sobrecostos (p.5).

De acuerdo con Ramos (2019), una causa relacionada a los sobrecostos también es la interoperabilidad, pues consiste en los cambios en cuanto al modelo tradicional referido a los planos, buscando implementar BIM, siendo una interfaz que permite cambios en las diferentes etapas del proyecto.

Por otro lado, Encalada Ojeda (2016) expresa que la simulación 4D consiste en agregar el tiempo al modelo 3D, para realizar una parametrización, siguiendo la secuencia de las tareas estipuladas en el diagrama de Gantt. De esta forma realizar la correcta programación de obra, teniendo como objetivo principal la generación de la simulación constructiva, donde se muestra la construcción de forma virtual para el mejor control y planificación de la tarea a ejecutar (p. 20).

Según CAPECO (2014) señala que modelar ayuda a la planificación, programación de obra y una mejor concepción del proceso constructivo, permitiendo controlar los tiempos y los espacios implicados en el desarrollo del propósito.

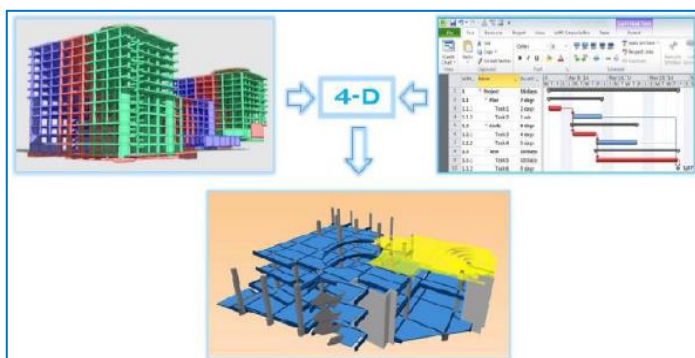


Figura 3.- Vinculación del Modelo BIM 3D con el Cronograma

Fuente. - Editeca 2018

En el ámbito de la ingeniería la optimización de costos genera la disminución del presupuesto de obras principalmente de obras de concreto armado. Por ello es muy importante enfatizar el control de costos, pero con aplicación de la metodología BIM, con respecto a ello Ybañez (2018), señala que dicho método permite monitorear, controlar y actualizar cualquier cambio en los materiales empleados en los modelos, además es eficaz en la fase de diseño ya que permite generar reportes de metrados y presupuestos sincronizados en menos tiempo (p.29).

Dentro del marco de aplicación del método BIM, Seys (2018), opina que los costos involucran la quinta dimensión, es decir permite agregar estimaciones precisas de costos en un modelo visual, donde los cambios suceden de forma paralela a los procesos constructivos, previniendo errores y evaluándolos de forma constante. Asimismo, la herramienta Revit permite vincular los costos del modelo, y obtener el volumen de material requerido para la construcción, según el avance del proyecto (p.52).

Por otro lado, Goyzueta y Puma (2016), señalan que el control de materiales es una tarea primordial para realizar presupuestos ajustados a la realidad. Por ello, los metrados con BIM dependen de los niveles de desarrollo y en qué proporción los programas concuerdan con la realidad; de esta manera obtener resultados confiables, encaminados a una secuencia lógica y constructiva.

La estimación del tiempo del proyecto como parte influyente en el costo, según Ybañez (2018), la programación de obra incluye procesos requeridos para planificar el término del proyecto y con la implementación de BIM se busca disminuir los plazos de ejecución para satisfacer la demanda del mercado, optimizando de la mejor manera los tiempos (p.35).

Asimismo, manifiesta que el costo es lo más importante en un proyecto; por ello su implicancia del BIM ayuda a tener una mejor visión tridimensional del proyecto, además anticipa posibles interferencias y/o inconvenientes haciendo posible resolverlos antes de la ejecución evitando gastos innecesarios (p.37).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación que se realizó es aplicado, dado que la presente tesis pretende resolver una problemática antes que el conocimiento, aplicando metodología BIM para el modelamiento estructural de obras de concreto armado en viviendas.

El diseño de investigación de la presente tesis es no experimental, debido a que no se manipuló la variable dependiente, solo se procede al modelamiento estructural para la reducción de costos en obras de concreto armado aplicando metodología BIM, para ello se procederá a modelar en el programa Revit Structure siguiendo un Master Plan de forma ordenada y organizada obteniendo las tablas de planificación que permitirá desarrollar los presupuestos y finalmente la programación de obra; con la finalidad de optimizar y reducir costos en la etapa diseño y construcción.

3.2. Variables y Operacionalización

En la presente investigación se consideró como variable independiente el modelamiento estructural y como variable dependiente la reducción de costo en obras de concreto armado. (Ver anexo 1)

Variable independiente:

Definición Conceptual. - El modelamiento estructural consiste en la idealización de la estructura, con la finalidad de estudiar el comportamiento; teniendo en cuenta que los resultados obtenidos son una aproximación más no son reales. (Moscardo, Trujillo y Bascón, 2018).

Definición Operacional. – Regido por las normas E.020, E.030, E.070, y el BEP (Plan de ejecución BIM).

Indicadores. – Se consideró el análisis estático, dinámico, columnas de confinamiento, vigas soleras, pilar, armazón, suelo estructural y la armadura estructural.

Escalas de medición. – Ordinal

Variable dependiente:

Definición Conceptual. - El modelo BIM sirve para estimar costos en obra en cada fase del proyecto, permitiendo anticipar posibles modificaciones por falta de interoperabilidad de especialidades. (Capeco, 2014).

Definición Operacional. - Se realizará la comparación de partidas mediante una ficha de metrados, presupuesto y programación de obra entre el método tradicional y la metodología BIM regidos por la: “Norma Técnica, metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas”; asimismo para el manejo de información BIM, se apoyará en la R.D. 007-2020 “Lineamiento para la utilización de la metodología BIM en las inversiones públicas” y la ISO-19650”.

Indicadores. – Se consideró las partidas, análisis de precios unitarios y la estimación de días.

Escalas de medición. – Ordinal e intervalo de tiempo

3.3. Población, muestra y muestreo

La población de la presente tesis son las viviendas de concreto armado en la ciudad de Lima.

Según Nel (2010), señala que la población es un grupo de individuos que tienen características similares y brindan información sobre el fenómeno a estudiar (p.96).

La muestra de la presente tesis es la vivienda de concreto armado ubicado en Urb. El Parral-Comas. Según Nel (2010) manifiesta: es una porción al azar de una población (p.96).

El muestreo por el cual se optó en la presente tesis es el aleatorio simple, teniendo en cuenta que según Nel (2010) existen diferentes tipos como son: el muestreo aleatorio simple, sistemático, estratificado, conglomerado y mixto (p.104).

Considerando que, dentro del concepto de muestreo aleatorio simple, cada elemento tiene similar opción de ser seleccionado, para luego realizar un análisis de mayor credibilidad. (Nel, 2010, p.104).

En la presente tesis se optó por el muestreo no probabilístico intencional debido a que la variable estudiada es indefinida; por lo tanto, se propone hacer el estudio del modelamiento estructural de obras de concreto armado en viviendas con la aplicación de modelos de información en Lima.

Este tipo de muestreo no selecciona una muestra representativa, por lo que los resultados obtenidos no pueden generalizarse a toda la población. (Pineda y Alvarado, 2008).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas:

La información, procedimiento o método adecuado que se elija tendrá que responder a la incógnita en estudio (Ybañez, 2018, p.46).

Observación directa. - En este caso, la observación podría ser directa cuando se tiene una búsqueda ordenada, efectiva y confiable de conductas y eventos visibles a través de una serie de dimensiones e indicadores. (Valderrama, 2002, p.84).

Recopilación de antecedentes. - La presente tesis también se apoyará en investigaciones pasadas con la finalidad de comparar resultados y además servirá como guía para buscar mejores resultados.

3.5. Instrumentos de recolección de datos

Según Nel (2010), señala que involucra cualquier recurso utilizado por los investigadores para procesar fenómenos y extraer información de ellos (p.114).

Asimismo, los instrumentos a manipular en la presente investigación serán:

Las normativas vigentes de edificaciones de concreto armado E. 020, E. 030, la E.070 para el análisis y diseño estructural; referente a la aplicación de la metodología BIM los instrumentos fueron el plan BIM Perú 2020 y la ISO 19650.

Herramientas BIM-Tradicionales. - Se accederá a la utilización de herramientas colaborativas como son: Robot, Revit, Navisworks y Arquímedes mientras que el tradicional por: Etabs, Excel, AutoCAD y S10; los cuales permitieron obtener datos exactos para realizar la comparación y demostrar la hipótesis.

Validez

La validez de la presente tesis se hará con la participación de ingenieros civiles encaminados al modelamiento estructural con aplicación de metodología BIM, por tanto, se realizará la validación por juicio de expertos, para ello se cuestionará a tres ingenieros.

Tabla 1 *Índices De Validez*

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: Oseda, 2011

Procedimientos

En primer lugar, los planos de arquitectura y estructura en formato 2D, estructurados y predimensionados por los bachilleres tesistas, fueron creados en el programa Revit Structural 2021, donde se procedió al correcto modelado de los elementos estructurales siguiendo un estándar planificado como el Plan de Ejecución BIM verificando detenidamente las incompatibilidades de planos.

En segunda instancia luego del modelado se hizo la interoperabilidad de programas entre el Revit Structural 2021 y el Robot Structural 2021, donde se inició con el análisis estructural que comprende la definición de materiales, metrado de cargas, peso sísmico, análisis estático y dinámico, finalmente se procedió a la verificación y diseño de todos los elementos estructurales. Por último, luego de la aprobación del análisis y diseño en Robot 2021 se retorna a Revit 2021 para la

extracción de metrados mediante las tablas de planificación, el cual sirvió como base para la elaboración del presupuesto en Arquímedes y posteriormente evaluar la coordinación de especialidades en Navisworks 2021 evitando las interferencias y lograr una simulación constructiva a partir de las sectorizaciones.

3.6. Método de análisis de datos

El método fue descriptivo porque se evaluó el comportamiento de la edificación ante un sismo en el programa Robot Structural siguiendo las normativas vigentes de análisis estructural, obteniendo resultados favorables que sirvió para el buen diseño estructural.

Consecuentemente para verificar si la metodología BIM es eficiente o no se obtuvo los metrados del programa Revit Structural 2021 para poder procesar los datos y generar los presupuestos con el fin de reducir costos en las obras de concreto armado.

Hipótesis

El modelamiento estructural aplicando metodología BIM reduce el costo en obras de concreto armado en viviendas Lima 2021.

3.7. Aspectos éticos

De acuerdo con Achío (2003) señala que la ética en los procesos de investigación tiene que ver con la responsabilidad de los autores con los sujetos de investigación. Es muy importante velar por la moral y honestidad por parte de los investigadores hacia los sujetos estudiados (p.1).

Los investigadores se comprometen a respetar la precisión de los resultados obtenidos, la identidad de los participantes y la fiabilidad de los diferentes documentos técnicos, dando créditos a todas las bibliografías consultadas.

IV. RESULTADOS

Se desarrollo el modelamiento estructural para la reducción de costos en obras de concreto armado aplicando metodología BIM en viviendas, donde se logró minimizar los presupuestos frente al método tradicional siguiendo los criterios básicos de modelado de estructuras en el sistema de albañilería confinada, se configuró el programa Robot Structural de manera adecuada respetando las normativas peruanas de diseño que conllevan a obtener viviendas resistentes, evitando retrabajos y sobrecostos.

Resultados objetivo específico N.º 01

- Proyecto: Vivienda Multifamiliar
- Ubicación: Se planea la construcción de la vivienda multifamiliar, situada en la Urb. El Parral - Comas, cuenta con un área total de 489.6 m².

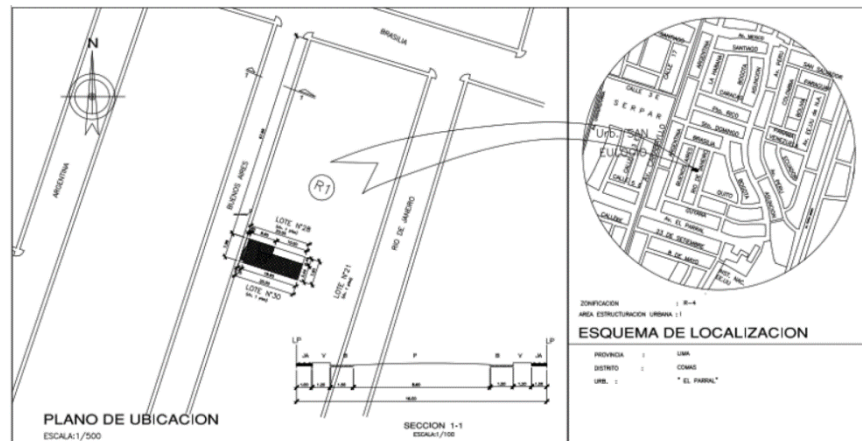


Figura 4.- Ubicación de vivienda multifamiliar

Fuente. - Propia

A continuación, se muestra el plano arquitectónico del proyecto modelado por los bachilleres tesistas.

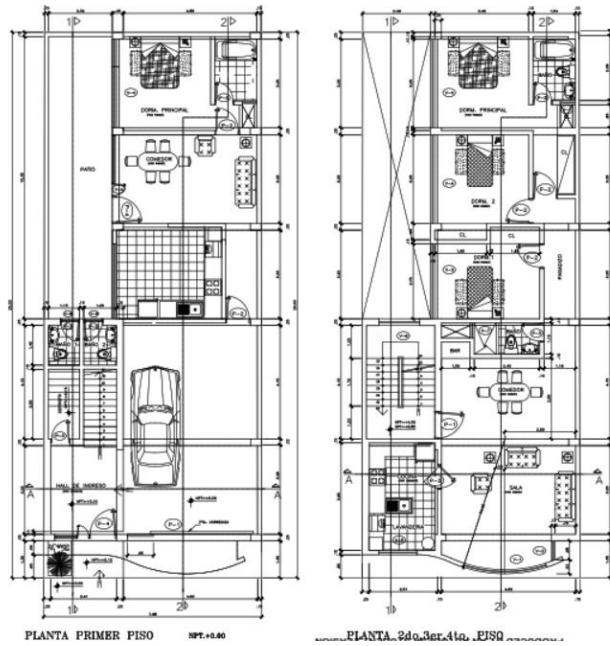


Figura 5.- Planos arquitectónicos

Fuente. - Propia

Dentro de la especialidad de estructuras se busca economizar los proyectos y que sean resistentes, por ello se realizó el modelamiento estructural que involucra dos fases fundamentales estipulados en las normativas vigentes el análisis y diseño estructural.

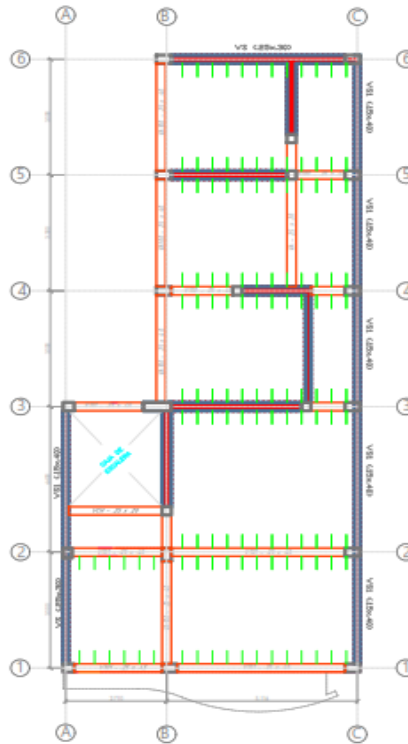


Figura 6.- Estructuración y predimensionamiento del proyecto

Fuente. – Propia

Como fase inicial dentro del análisis se realizó la estructuración mostrada en la Figura 6. la cual enfoca criterios de simetría, diafragma rígido para la transferencia de cargas, rigidez lateral, ductilidad, entre otros establecidos en la norma E.030 y E.070.

Asimismo, la figura anterior muestra el predimensionamiento de los elementos estructurales teniendo en cuenta la luz libre y la carga proyectada. Dentro de esta fase se planteó dimensiones que resulten económicas para el proyecto, es decir evitando el sobredimensionamiento de las estructuras. Con esa consideración se trató de minimizar los costos en la etapa previa a la realización del modelamiento estructural.

Frente al elevado nivel de manejo de información del software de análisis estructural que proporciona la metodología BIM, se tiene como herramienta principal el programa Robot Structural el cual permitió la configuración de los diversos materiales utilizados en determinado proyecto de edificación estudiada en la presente tesis con el objetivo de obtener resultados alineados a la realidad y resistentes a eventos sísmicos. Para ello se realizó previamente un modelo estructural en el programa Revit 2021 a partir del cual se hizo la interoperabilidad a Robot 2021 para continuar con el análisis estructural considerando las propiedades mostradas en la tabla 2 y 3.

Tabla 2.- Propiedades Concreto y Acero

Datos del Concreto y Acero			
F'c=	210	kg/cm ²	Resistencia a la compresión
E _c =	217370.6512	kg/cm ²	Módulo de elasticidad del concreto
v=	0.2		Módulo de Poisson
Y _{con} =	2400	kg/cm ³	Peso específico del concreto
E _s =	2000000	kg/cm ²	Módulo de elasticidad del acero
F'y=	4200	kg/cm ²	Resistencia a la fluencia

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.- Propiedades de la Albañilería

Datos de albañilería		
f'm=	65 kg/cm ²	Resistencia a compresión axial de pila
V'm=	8.1 kg/cm ²	Resistencia al corte del murete
Em=	32500 kg/cm ²	Módulo de elasticidad de albañilería
v=	0.15	Módulo de Poisson
γalb=	1800 kg/m ³	Peso específico de albañilería

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la estructuración y el predimensionamiento en la figura 7 se observa el modelado tradicional de la vivienda multifamiliar y en la figura 8 por el método BIM; considerando la normativa E070 por el tipo de sistema estructural. De igual forma se usó la norma E020 para la asignación de cargas y la E030 para la verificación por sismo.

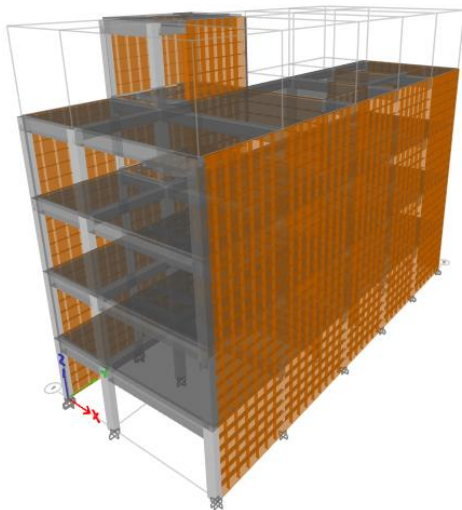


Figura 7.- Modelo - Etabs v 18.2

Fuente. - Propia

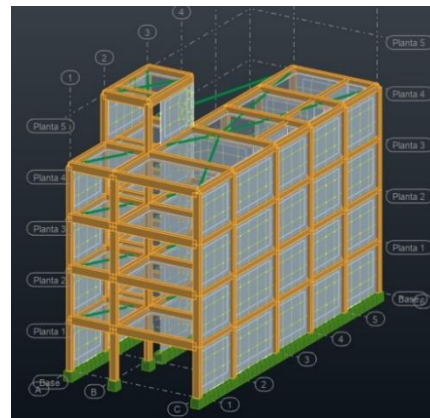


Figura 8.- Modelo – Robot Structural

Fuente. - Propia

En el software Robot Structure se asignó cada una de las cargas estipuladas en las normas considerando las cargas vivas, cargas muertas, cargas de sismo tanto en el sentido XX como YY, evaluando la densidad de los muros y su resistencia frente a fuerzas laterales.

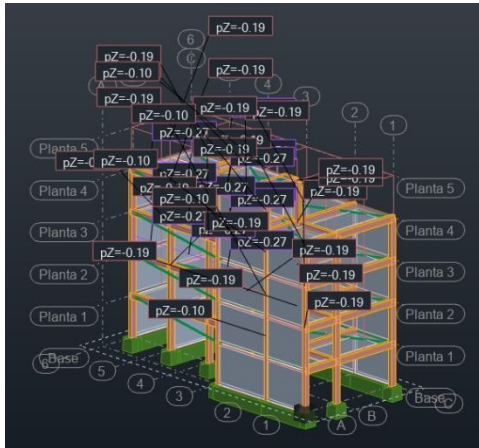


Figura 9.- Asignación Carga Muerta

Fuente. - Propia



Figura 10.- Asignación Carga Viva

Fuente. - Propia

Según lo indicado por especialistas en el rubro el periodo de vibración debe oscilar aproximadamente en un 10% del número de pisos. Frente a dicho criterio la edificación evaluada en la presente investigación con 4 niveles, presento como máximo un periodo aproximado de 0.4 segundos en ambas direcciones. De manera particular se obtuvo el periodo 0.306 en la dirección XX, lo cual refleja que la estructura presenta una rigidez adecuada y por otro lado en la dirección YY se tiene un periodo de 0.173 el cual indica que en dicha dirección se encuentra la mayor densidad de muros por ello la rigidez es mayor frente al sentido XX.

Tabla 4.- Modos y periodos de vibración

Case	Modo	Periodo			UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
		sec														
Modal	TX=	0.306	0.5112	0.043	0	0.5112	0.043	0	0.0232	0.1988	0.2243	0.0232	0.1988	0.2243		
Modal	TY=	0.173	0.2178	0.3957	0	0.7291	0.4386	0	0.1377	0.0423	0.1658	0.1609	0.2412	0.3901		
Modal	TRZ=	0.13	0.042	0.3561	0	0.7711	0.7947	0	0.0644	0.017	0.4154	0.2253	0.2581	0.8054		
Modal	4	0.122	0.0421	0.0038	0	0.8132	0.7985	0	0.0006	0.1484	0.0175	0.2259	0.4065	0.823		
Modal	5	0.085	0.0631	0.0276	0	0.8763	0.8261	0	0.0282	0.201	0.0171	0.2541	0.6075	0.84		
Modal	6	0.057	0.0455	0.0633	0	0.9218	0.8894	0	0.301	0.1446	0.0107	0.5551	0.7521	0.8507		
Modal	7	0.052	0.0007	0.0052	0	0.9225	0.8947	0	0.0214	0.0003	0.0336	0.5765	0.7524	0.8843		
Modal	8	0.048	0.0037	0.0069	0	0.9262	0.9015	0	0.0293	0.0117	0.0001	0.6059	0.7641	0.8845		
Modal	9	0.046	0.0002	0.0005	0	0.9265	0.9021	0	0.002	0.0005	0.0008	0.6078	0.7646	0.8853		
Modal	10	0.045	0.0001	0.0001	0	0.9265	0.9022	0	0.0001	0.0002	0.0021	0.608	0.7648	0.8874		
Modal	11	0.045	4.21E-05	0.0006	0	0.9266	0.9028	0	0.0011	1.51E-05	0.0099	0.609	0.7648	0.8973		
Modal	12	0.044	0.0261	0.0082	0	0.9527	0.9109	0	0.0518	0.0823	0.0155	0.6608	0.8471	0.9128		

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la norma E.030 indica que la suma de las masas participativas debe ser como mínimo el 90% de la masa total, la tabla 4 muestra que la sumatoria de modos de la vivienda de concreto armado analizada cumple con lo reglamentado en el modo 8, esto denota que los criterios considerados en la estructuración son adecuados.

Asimismo, luego del análisis estructural elaborado en Robot Structure 2021 también se verifico los resultados obtenidos de derivas y desplazamientos comparándolos con los de ETABS – 2018; evaluando y respetando los márgenes que establece la normativa de diseño sismorresistente.

Tabla 5 Derivas en XX

Pisos	ETABS		ROBOT		NORMA	Verificación
	EQ-XX	Δ -XX	EQ-XX	Δ -XX	Δ -E030	
piso 4	0.00138	0.0030	0.001125	0.0030	0.005	Cumple
piso 3	0.001689	0.0040	0.0013714	0.0035	0.005	Cumple
piso 2	0.001746	0.0040	0.00145	0.0035	0.005	Cumple
Piso 1	0.001323	0.0030	0.001225	0.0030	0.005	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Los efectos de la tabla 5 extraídos de los programas de análisis muestran los desplazamientos reales o derivas en la dirección XX tanto por el método tradicional y BIM, donde se observa que del piso 1 hasta la azotea los rangos de desplazamiento oscilan entre 0.003 al 0.004, siendo lo máximo permitido por la normativa E.030 el 0.005. Asimismo, la variación de resultados que proporcionan dichos softwares es mínima, logrando un modelo óptimo ante la verificación por sismo.

Tabla 6 Derivas en YY

Pisos	ETABS		ROBOT		NORMA	Verificación
	EQ-YY	Δ -YY	EQ-YY	Δ -YY	Δ -E030	
piso 4	0.000446	0.001	0.0002393	0.0005	0.005	Cumple
piso 3	0.00053	0.0012	0.0002893	0.0007	0.005	Cumple
piso 2	0.000545	0.0013	0.0003036	0.0007	0.005	Cumple
Piso 1	0.000439	0.001	0.00023	0.0005	0.005	Cumple

Fuente: Elaboración propia

De igual forma la tabla 6 muestra las derivas en la dirección YY donde se observa que los resultados se encuentran muy por debajo del 0.005 frente a

lo que sucede en el eje XX, esto denota que la rigidez en YY es mayor mientras que su desplazamiento es mínimo. También es necesario considerar que el centro de masas y rigidez deben ser próximos para evitar el efecto de torsión.

En ese sentido los cuadros anteriores muestran que los criterios de análisis considerados cumplen lo estipulado en las normativas y además denotan que las dimensiones propuestas proveen la resistencia requerida. Frente a los efectos se deduce que la aplicación de la metodología por medio de la herramienta Robot Structural muestra resultados confiables frente al software ETABS 2018; pero a diferencia de este último, Robot 2021 permite el flujo de trabajo colaborativo con diversos programas encargados de la generación de modelos y simulaciones virtuales.

Teniendo en cuenta el análisis estructural se inició el diseño de albañilería; para ello como primer paso se verificó la densidad mínima de muros en cada dirección requerida por la normativa E.070, siguiendo la siguiente expresión:

$$\frac{\sum LT}{AP} \geq \frac{ZUSN}{56} = \frac{0.45 \times 1 \times 1.05 \times 4}{56} = 0.0338$$

Para ello se tomó en cuenta la longitud de los muros portantes mayores o iguales a 1.20m, espesor efectivo 13cm o 23cm, cuenta con un área típica de planta de 122.4 m² se encuentra ubicado en la zona sísmica 4 (Z=0.45), perteneciente a la Categoría C (U=1), con un factor de suelo intermedio (S=1.05) siendo la edificación de 4 niveles. Asimismo, al efectuar la ecuación se verificó que la densidad de los muros portantes en la dirección Y-Y supero el mínimo de 0.0338 obtenido de las consideraciones que plantea la normativa según lo detalla la tabla 7. Por otro lado, en el sentido X-X el muro 5X al no contar con la longitud mínima se planteó colocar un muro de concreto armado estratégicamente para no afectar significativamente el centro de rigidez y de masas, logrando el mínimo normativo. Con referencia a dicho cambio para proseguir con el diseño de los muros portantes se determinó el espesor equivalente con la siguiente expresión:

$$t = tcx \frac{Ec}{Em} = 0.23 \times 6.68833 = 1.5383$$

Tabla 7.- Densidad de muros

DENSIDAD DE MUROS REFORZADOS							
Dirección X-X				Dirección Y-Y			
Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	$L \times t$ m ²	Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	$L \times t$ m ²
1X	5.466	0.23	1.2572	1Y	8.150	0.13	1.0595
2X	3.751	0.23	0.8627	2Y	3.400	0.23	0.7820
3X	2.100	0.23	0.4830	3Y	2.650	0.23	0.6095
4X	3.748	0.23	0.8620	4Y	3.750	0.13	0.4875
5X	0.750	1.53832	1.1537	5Y	18.650	0.13	2.4245
$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} =$		$\frac{4.6187}{122.4} =$	0.377	$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} =$		$\frac{5.3630}{122.4} =$	0.0438

Como segundo punto se hizo la verificación por cargas verticales, para ello se calculó la resistencia admisible (Fa) a compresión de los muros de albañilería la cual está regida por la siguiente expresión:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L t} \leq Fa = 0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f'_m$$

Los valores no deben superar el $0.15 f'_m = 0.15 \times 65 = 9.75 \text{ kg/m}^2$, como se muestra en la tabla 8 donde los esfuerzos son menores que la resistencia admisible pero algunos muros superan el $0.15 f'_m$ lo cual se revisó más adelante, siendo una posible solución colocar refuerzos en los muros.

Tabla 8.- Diseño por cargas verticales

Diseño por Cargas Verticales						
Muro	L (m)	t (m)	Pm (Kg)	σ_m (Kg/cm ²)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (Kg/cm ²)	Observación
1X	5.4660	0.23	30706.89	2.4425	11.42722117	Revisar
2X	3.7510	0.23	38727.27	4.4889	11.42722117	Revisar
3X	2.1000	0.23	28139.82	5.826	11.42722117	Revisar
4X	3.7480	0.23	39594.38	4.5931	11.42722117	Revisar
5X	0.7500	1.538315378	52374.41	4.5395	12.96484132	Revisar
1Y	8.1500	0.13	38428.89	3.6271	8.076923077	Muro Correcto

2Y	3.4000	0.23	34229.39	4.3772	11.42722117	Revisar
3Y	2.6500	0.23	14638.04	2.4016	11.42722117	Revisar
4Y	3.7500	0.13	24138.84	4.9516	8.076923077	Muro Correcto
5Y	18.6500	0.13	73095.66	3.0149	8.076923077	Muro Correcto

En cuanto al diseño por fisuración por sismo moderado en la tabla 9 se observa que el 55 % de la cortante resistente (V_m) logra resistir al cortante que actúa sobre el muro (V_e).

Tabla 9.- Diseño por fisuración - sismo moderado

DISEÑO POR FISURACIÓN-SISMO MODERADO											
Muro	Pg (Kg)	Ve-X (Kg)	Me-X (Kg-m)	Ve-Y (Kg)	Me-Y (Kg-m)	Ve (Kg)	Me (Kg-m)	$\frac{V_e L}{M_e}$	α	Vm (Kg)	$V_e \leq 0.55V_m$
1X	28532.12	20277.15	42899.41	1153.88	821.71	20277	42899.41	2.584	1.000	57478.1776	No Fisurado
2X	34368.92	11479.64	31295.04	256.59	410.18	11480	31295.04	1.376	1.000	42845.4166	No Fisurado
3X	24348.45	7080.4	14953.56	529.08	360.82	7080.4	14953.56	0.994	0.994	25050.817	No Fisurado
4X	35431.52	44821.39	53012.02	710.49	591.1	44821	53012.02	3.169	1.000	43061.8696	Fisurado
5X	47167.85	21431.6	17857.1	1595.77	1041.11	21432	17857.1	0.900	0.900	52908.3467	No Fisurado
1Y	36057.04	871.42	1177.38	26720.31	99882.46	26720	99882.46	2.180	1.000	51202.8692	No Fisurado
2Y	30864.52	1608.15	1738.32	10568.41	18262.59	10568	18262.59	1.968	1.000	38769.8396	No Fisurado
3Y	13709.25	741.59	437.06	5542.36	9602.24	5542.4	9602.24	1.530	1.000	27837.8775	No Fisurado
4Y	21330.37	747.2	454.42	8782.43	8541.44	8782.4	8541.44	3.856	1.000	24649.7351	No Fisurado
5Y	66603.44	1220.9	1571.86	56335.3	213732.36	56335	213732.36	4.916	1.000	113511.041	No Fisurado

La tabla 10 muestra el diseño de columnas de confinamiento, donde se observa los momentos y fuerzas actuantes en los muros, además se definió el número de columnas por paño teniendo en cuenta que la separación máxima entre ellas es de dos veces la altura, enseguida se procedió a calcular la cuantía necesaria y las dimensiones de los confinamientos, concluyendo que las medidas propuestas en la estructuración cumplen satisfactoriamente con lo requerido por las solicitaciones.

Tabla 10.- Diseño de columnas de confinamiento

Diseño de columnas de confinamiento															
Muro	M (Kg-m)	F (Kg)	Número de Columnas Nc	Long. Paño Mayor, Lm (m)	0.5 L (m)	Pc (Kg)	δ	As (cm ²)	Arreglo	Vc (Kg)	T (Kg)	C (Kg)	An (cm ²)	Acf (cm ²)	D (cm)
1X	41134.4	7525.51	3	3.5	2.733	9510.71	1	3.02	6ø8mm	13802	1985.2	17036.2	68.4	386.6	20
2X	33901.5	9038	2	-	1.8755	17184.5	0.8	3.02	6ø8mm	10711	8146.5	26222.5	176.6	345.0	15
3X	9789.54	4661.68	2	-	1.05	12174.2	1	3.02	6ø8mm	6262.7	7512.5	16835.9	66.8	345.0	15
4X	45737.4	12203.2	2	-	1.874	17715.8	1	3.02	6ø8mm	10765	5512.6	29918.9	171.5	345.0	15
5X	-29988	-39983.6	2	-	0.375	23583.9	1	3.02	6ø8mm	13227	63568	16399.7	63.3	2307.5	15
1Y	128081	15715.4	3	4.4	4.075	12019	1	3.02	6ø8mm	10366	3696.4	27734.5	154.0	290.4	25
2Y	509.995	149.998	2	-	1.7	15432.3	0.8	3.02	6ø8mm	9692.5	15282	15582.3	70.2	345.0	15
3Y	-10166	-3836.34	2	-	1.325	6854.63	1	3.02	6ø8mm	6959.5	10691	3018.28	-43.8	345.0	15
4Y	-10536	-2809.68	2	-	1.875	10665.2	1	3.02	6ø8mm	6162.4	13475	7855.51	5.1	195.0	15
5Y	271738	14570.4	6	4.4	9.325	11100.6	1	3.02	6ø8mm	12162	3469.8	25671	137.5	340.7	30

Tabla 11.-Diseño de Vigas Soleras

Diseño de Vigas Soleras			
Muro	Ts (Kg)	As-requerida (cm ²)	Varillas de acero
1X	28739	7.60	4 φ 5/8"
2X	21423	5.67	2 φ 1/2" + 2 φ 5/8"
3X	12525	3.31	4 φ 1/2"
4X	21531	5.69	2 φ 1/2" + 2 φ 5/8"
5X	26454	6.99	4 φ 5/8"
1Y	25601	6.77	4 φ 5/8"
2Y	19385	5.13	2 φ 1/2" + 2 φ 5/8"
3Y	13919	3.68	4 φ 1/2"
4Y	12325	3.26	4 φ 1/2"
5Y	56756	15.01	4 φ 5/8" + 6 φ 1/2 "

Finalmente, en la tabla 11 se obtuvo el diseño de vigas soleras con las áreas de acero requeridas que garanticen la resistencia y seguridad a la edificación, cumpliendo con la filosofía de diseño establecido en la normativa vigente E.030. En resumen, el diseño y detallado de todos los elementos de concreto armado que componen el sistema de albañilería confinada sirvieron para la generación final del modelo físico y/o construcción virtual en el software Revit 2021.

Resultados objetivo específico 2

A partir de haber realizado el análisis y diseño estructural con los resultados que proporciona el programa Robot Structural 2021, enseguida se generó la interoperabilidad con Revit Structural 2021 y se terminó de definir el modelo físico que permitió la extracción de metrados.

Para la construcción virtual se consideró la generación de planos de arquitectura en formato 2D proporcionado por un profesional. Asimismo, dentro de la herramienta Revit 2021 se modeló dicha arquitectura en formato 3D (ver figura 11), a partir del cual se obtuvo cortes, secciones y diferentes detalles que proporcionaron mayor información al proyecto; evitando defectos y sobrecostos generados tanto en la etapa de diseño como construcción.



Figura 11.- *Modelo arquitectónico*

Fuente. - *Propia*

En el modelado de estructuras se tuvo presente los procesos constructivos reales, facilitando la extracción de metrados. Cada componente fue modelado siguiendo un orden y basándose en la información necesaria, como resultado de ello se obtuvo dos modelos paramétricos.

En primer lugar, se inició con el modelado en Revit 2021 de todos los elementos estructurales predimensionados y estructurados, a partir de ello se obtiene el modelo analítico que está conformado por elementos simples como líneas, puntos y área; la ubicación de sus elementos obedece a criterios de idealización, sirviendo como base para la interoperabilidad con softwares de elementos finitos; también, posee relación estrecha con el modelo físico.

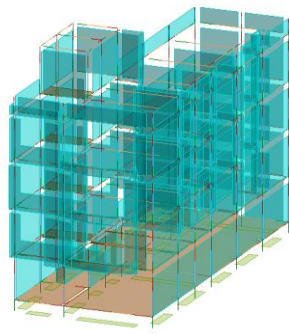


Figura 12.- Modelo analítico-Revit 2021

Fuente. - Propia

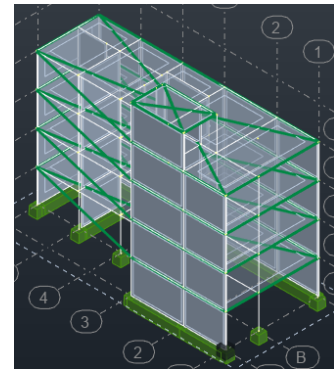


Figura 13.- Modelo Robot Structural

Fuente. - Propia

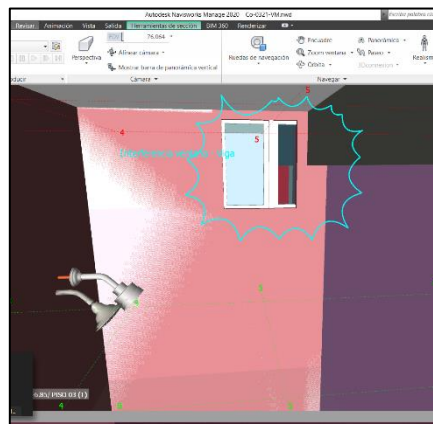


Figura 14.- Interferencia Viga – Columna

Fuente. - Propia

El modelo físico posee toda la información necesaria del proyecto, la ubicación de sus elementos obedece a la construcción real, está representada por elementos sólidos y de anotación, tiene como función principal hacer de guía para la construcción del proyecto real. Además, como se muestra en la figura 15, dicho modelo sirvió para la extracción de metrados, detección de interferencias (ver figura. 14) y la simulación constructiva. Frente a las diferentes formas de obtención de metrados en dicho proyecto se optó por el método de la pintura ya que proporciona resultados aproximados y es más factible su manejo; además permite elaborar los presupuestos de forma rápida a comparación de otro que requiere de

la parametrización de cada elemento, proporcionando mayor exactitud, pero demanda más tiempo.

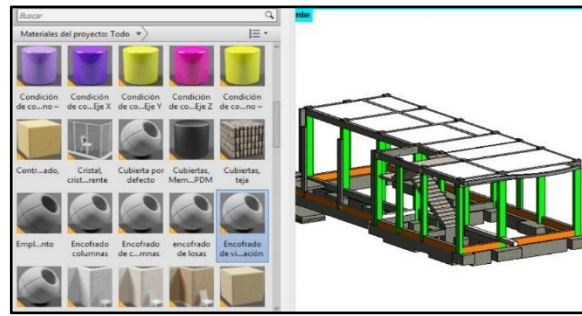


Figura 15.- Método de la pintura

Fuente. - Propia

A partir del modelo estructural generado en el programa Revit 2021 se pudo extraer los metrados de cualquier elemento de forma independiente e inclusive la presentación de diferentes vistas con mayor detalle y de forma automática como se muestran en las siguientes figuras:

<T.02 // Concreto en zapatas >					
A	B	C	D	E	F
Marca de tipo	Familia	Volumen	Anchura	Grosor de cimentación	Longitud
Z-0	M_Zapata-Rectangular	0.73 m³	0.90	0.60	1.35
Z-1	M_Zapata-Rectangular	4.05 m³	1.50	0.60	1.50
Z-2	M_Zapata-Rectangular	1.54 m³	1.60	0.60	1.60
Z-3	M_Zapata-Rectangular	3.07 m³	1.60	0.60	1.60
Z-4	M_Zapata-Rectangular	1.68 m³	1.00	0.60	1.40
Z-5	M_Zapata-Rectangular	0.65 m³	0.90	0.60	1.20
Z-6	M_Zapata-Rectangular	2.11 m³	1.10	0.60	1.60
Z-7	M_Zapata-Rectangular	2.38 m³	1.10	0.60	1.80
Z-8	M_Zapata-Rectangular	0.90 m³	1.00	0.60	1.50
Z-9	M_Zapata-Rectangular	0.48 m³	0.80	0.60	1.00
Total general: 16		17.58 m³			

Figura 16.- Metrado de zapatas

Fuente. - Propia

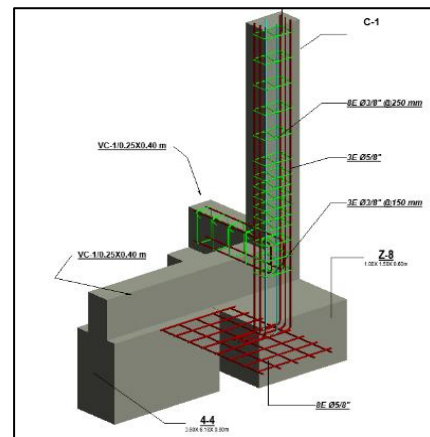


Figura 17.- Detalle de zapata - 3D

Fuente. - Propia

En la figura 18 se muestra la proporción de variación de metrados extraídos en las partidas de acero donde los resultados con metodología BIM varían entre 0.16 a 1.27% frente al metrado tradicional. Con respecto a los elementos de concreto armado en el caso de volumen de concreto se observa que por el método BIM disminuye un porcentaje mínimo entre 0.12 – 3.1%, pero la mayor diferencia de mediciones se da en los encofrados, pues el porcentaje de varía entre 1.18 –

7.9 %. En general si bien es cierto las diferencias son pequeñas, pero denotan confiabilidad de las herramientas BIM frente al método tradicional.

VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 4 PISOS + AZOTEA MZA. R1 LT29 URB. EL PARRAL-COMAS						
COMPARACIÓN DE METRADOS- 1er PISO						
ITEM	DESCRIPCION	UND.	METRADO TRADICIONAL	METRADO BIM	VARIACIÓN DE METRADO	% VARIACIÓN
01.04.00	CONCRETO SIMPLE				0	
01.04.01	CIMIENTO CORRIDO C:H 1/10 + 30% PG	M2	17.55	17.57	0.0244	0.14%
01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE CIMIENTO CORRIDO	M2	72.95	73.44	0.488	0.67%
01.04.03	CONCRETO EN FALSO PISO	M2	134.73	134.39	-0.34	-0.25%
01.04.04	SOLADO e= 4" fc=100 kg/cm2	M2	20.50	20.50	0	0.00%
01.05.00	CONCRETO ARMADO					
01.05.01	ZAPATAS					
01.05.01.01	SOLADO EN ZAPATAS	M2	28.85	28.85	0	0.00%
01.05.01.02	CONCRETO ZAPATAS fc=210 kg/cm2	M3	17.31	17.31	0	0.00%
01.05.01.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO ZAPATAS	M2	51.54	51.54	0	0.00%
01.05.01.04	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	428.19	428.58	0.3925	0.09%
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION					
01.05.03.01	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION fc=210 kg/cm2	M3	6.78	6.58	-0.198075	-2.92%
01.05.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION	M2	57.09	55.89	-1.203	-2.11%
01.05.03.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	621.97	620.95	-1.022	-0.16%
01.05.04	COLUMNAS					
01.05.04.01	CONCRETO COLUMNAS fc=210 kg/cm2	M3	5.80	5.62	-0.18	-3.10%
01.05.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN COLUMNAS	M2	88.96	81.93	-7.03	-7.90%
01.05.04.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	1,114.90	1100.70	-14.2	-1.27%
01.05.05	VIGAS					
01.05.05.01	CONCRETO VIGAS fc=210 kg/cm2	M3	7.70	7.54	-0.1595	-2.07%
01.05.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	60.46	59.50	-0.9645	-1.60%
01.05.05.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	1,062.15	1060.21	-1.9402	-0.18%
01.05.06	LOSA ALIGERADA					
01.05.06.01	CONCRETO LOSAS fc=210 kg/cm2	M3	8.59	8.58	-0.01	-0.12%
01.05.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	98.16	97.00	-1.16	-1.18%
01.05.06.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	487.66	485.34	-2.3155	-0.47%
01.05.06.04	LADRILLO PARA TECHO DE h=0.15 m	UND	782.00	806.00	24	3.07%

Figura 18.- Variación de metrados

Fuente. - Propia

Resultado objetivo específico 3

A partir de la obtención del modelamiento estructural en Revit 2021, por medio de la aplicación de la metodología BIM se sectorizo y parametrizo las partidas de tal forma que se pueda desarrollar el presupuesto de forma automática mientras que en el método tradicional cada cambio prolonga los tiempos de entrega, generando en consecuencia los sobrecostos.

VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 4 PISOS + AZOTEA MZA. R1LT29 URB. EL PARRAL-COMAS					
VARIACIÓN DE PRESUPUESTOS- 1er PISO					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	PRESUPUESTO TRADICIONAL	PRESUPUESTO BIM	VARIACIÓN DE PRESUPUESTO (\$)
01.04.00	CONCRETO SIMPLE				
01.04.01	CIMIENTO CORRIDO C:H 1/10 + 30% PG	M2	S/ 3,746.51	S/ 3,751.72	S/ 5.21
01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE CIMIENTO COR	M2	S/ 3,153.71	S/ 3,174.81	S/ 21.10
01.04.03	CONCRETO EN FALSO PISO	M2	S/ 4,117.35	S/ 4,106.96	-S/ 10.39
01.04.04	SOLADO $\phi=4"$ $f'c=100$ kg/cm ²	M2	S/ 1,097.16	S/ 1,097.03	-S/ 0.13
01.05.00	CONCRETO ARMADO				
01.05.01	ZAPATAS				
01.05.01.01	SOLADO EN ZAPATAS	M2	S/ 1,544.05	S/ 1,544.05	S/ -
01.05.01.02	CONCRETO ZAPATAS $f'c=210$ kg/cm ²	M3	S/ 4,425.99	S/ 4,425.99	S/ -
01.05.01.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	S/ 1,878.63	S/ 1,878.63	S/ -
01.05.01.04	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	KG	S/ 1,849.78	S/ 1,851.47	S/ 1.69
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION				
01.05.03.01	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION $f'c=210$ kg/cm ²	M3	S/ 1,808.80	S/ 1,755.94	-S/ 52.86
01.05.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	S/ 2,081.04	S/ 2,037.19	-S/ 43.85
01.05.03.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	KG	S/ 2,686.92	S/ 2,682.50	-S/ 4.42
01.05.04	COLUMNAS				
01.05.04.01	CONCRETO COLUMNAS $f'c=210$ kg/cm ²	M3	S/ 1,777.64	S/ 1,722.47	-S/ 55.17
01.05.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	S/ 3,242.59	S/ 2,986.35	-S/ 256.24
01.05.04.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	KG	S/ 4,816.37	S/ 4,755.02	-S/ 61.34
01.05.05	VIGAS				
01.05.05.01	CONCRETO VIGAS $f'c=210$ kg/cm ²	M3	S/ 1,948.59	S/ 1,908.22	-S/ 40.37
01.05.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	S/ 2,203.93	S/ 2,168.78	-S/ 35.16
01.05.05.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	KG	S/ 4,588.43	S/ 4,580.11	-S/ 8.32
01.05.06	LOSA ALIGERADA				
01.05.06.01	CONCRETO LOSAS $f'c=210$ kg/cm ²	M3	S/ 2,406.92	S/ 2,404.12	-S/ 2.80
01.05.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	S/ 3,577.93	S/ 3,535.65	-S/ 42.28
01.05.06.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	KG	S/ 2,106.67	S/ 2,096.67	-S/ 10.00
01.05.06.04	LADRILLO PARA TECHO DE h=0.15 m	UND	S/ 2,353.82	S/ 2,426.06	S/ 72.24
			S/ 70,640.35	S/ 70,117.18	-S/ 523.16

Figura 19.- Variación de presupuesto

Fuente. - Propia

Se muestra en la figura 20 que el monto total del presupuesto con BIM disminuye en S/. 523.16 con respecto al tradicional, por lo tanto se puede deducir que la aplicación de dicha metodología computa resultados más conservadores frente al otro método en cuestión; es decir no disminuye mucho el costo estimado, pero proporciona resultados confiables en menos tiempo. Asimismo, los resultados obtenidos se centran mayormente en los elementos estructurales de concreto armado del primer piso, dentro de las cuales se observa que principalmente en la partida de encofrado y desencofrado de columnas la variación es de S/. 256.24, seguidas por el concreto en columnas y vigas de cimentación de S/. 55.17 y S/. 52.86 respectivamente.

VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 4 PISOS + AZOTEA MZA. R1 LT29 URB. EL PARRAL-COMAS					
PROGRAMACIÓN DE DÍAS- 1er PISO					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	DURACIÓN TRADICIONAL	DURACIÓN BIM	VARIACIÓN DE DÍAS
01.04.00	CONCRETO SIMPLE				
01.04.01	CIMIENTO CORRIDO C:H 1/10 + 30% PG	M2	1	1	0.00
01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE CIMIENTO CORRIDO	M2	4.6	4.6	0.00
01.04.03	CONCRETO EN FALSO PISO	M2	1.3	1.3	0.00
01.04.04	SOLADO e= 4" f _c =100 kg/cm ²	M2	0.5	0.5	0.00
01.05.00	CONCRETO ARMADO				
01.05.01	ZAPATAS				
01.05.01.01	SOLADO EN ZAPATAS	M2	1.2	1.2	0.00
01.05.01.02	CONCRETO ZAPATAS f _c =210 kg/cm ²	M3	1.7	1.7	0.00
01.05.01.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	0.2	0.2	0.00
01.05.01.04	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	KG	10.7	10.7	0.00
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION				
01.05.03.01	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION f _c =210 kg/cm ²	M3	0.5	0.4	0.10
01.05.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	5.7	5.6	0.10
01.05.03.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	KG	2.4	2.4	0.00
01.05.04	COLUMNAS				
01.05.04.01	CONCRETO COLUMNAS f _c =210 kg/cm ²	M3	0.5	0.5	0.00
01.05.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	8.9	8.2	0.70
01.05.04.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	KG	4.3	4.2	0.10
01.05.05	VIGAS				
01.05.05.01	CONCRETO VIGAS f _c =210 kg/cm ²	M3	0.3	0.3	0.00
01.05.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	6	6	0.00
01.05.05.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	KG	4.1	4.1	0.00
01.05.06	LOSA ALIGERADA				
01.05.06.01	CONCRETO LOSAS f _c =210 kg/cm ²	M3	0.4	0.4	0.00
01.05.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	9.8	9.7	0.10
01.05.06.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	KG	1.9	1.9	0.00
01.05.06.04	LADRILLO PARA TECHO DE h=0.15 m	UND	0.5	0.5	0.00
			102.9	101.8	1.10

Figura 20.- Estimación de días

Fuente. - Propia

Asimismo, dentro de la programación de obras se realizó la estimación de días tomando en cuenta los metrados y rendimientos calculados para el desarrollo del proyecto del primer piso; generando frente al método tradicional una disminución de 1.1 días. En consecuencia, esto denotara el no requerimiento de algunos recursos por el tiempo de descenso que se genera influyendo directamente en los costos.

V. DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos obtenidos de los resultados de los objetivos, se valida la hipótesis general que establece que la aplicación de la metodología BIM en el modelamiento estructural de obras de concreto armado en viviendas permite reducir costos en viviendas Lima 2021.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Guerra y Mariños (2016), y Viñas (2015) quienes señalan que dicha metodología permite obtener proyectos de calidad, mejorar la eficiencia en la demanda constructiva frente a proyectos complicados que requieren ser elaborados en menos tiempo sin perder el fin para el cual fue diseñado, evitando los sobrecostos producto de los retrabajos en la etapa de diseño. Para lograr dicho objetivo se realizaron modelos paramétricos de los cuales se extrajo información que permitió comparar la metodología BIM con el método tradicional, deduciendo que las interferencias, incompatibilidades son una de las principales causas de incremento en los costos del proyecto, todo lo expresado concuerda con lo investigado en la presente tesis. Pero no existe concordancia el estudio de dichos autores con la presente investigación, ya que se enfocaron primordialmente en la etapa de gestión más no realizaron el análisis y diseño estructural de los proyectos en estudio. Por lo tanto, no muestran resultados de cálculos estructurales, ya que hicieron la simulación constructiva para predecir errores previos a la construcción, a diferencia del presente estudio que si desarrollo dichos cálculos.

Con lo que respecta al primer objetivo, se valida la primera hipótesis de modelamiento estructural de obras de concreto armado aplicando metodología BIM optimiza el diseño estructural en viviendas Lima 2021, debido a que los resultados tienen relación con lo que señala Villena (2017) quien realizo el análisis y diseño de una edificación irregular con la aplicación del software Revit Structural y su análisis con Robot Structural, para ello modelo los principales elementos estructurales con el fin de garantizar la estabilidad, seguridad y resistencia, además realizo la comparación de resultados obtenidos del método BIM con la herramienta tradicional ETABS, para brindarle confiabilidad a su investigación, y por ultimo genero la interoperabilidad entre la herramienta de elementos finitos y Revit para obtener la generación de planos. De igual manera la presente investigación desarrolla el

análisis y diseño estructural con el uso del software Robot Structural partiendo desde la estructuración y predimensionamiento hasta el análisis estático y dinámico; pero a diferencia de la anterior tesis el modelo estructural en Revit sirvió no solo para la generación de planos sino también para la extracción de metrados. Por su parte, Rojas (2019) hace la comparación del modelado de un edificio de 4 niveles controlando los tiempos de demora al realizar el análisis y diseño con herramientas tradicionales y BIM, compara el costo de implementación de ambas metodologías; es decir el costo de adquirir la licencia de los softwares utilizados donde concluye que BIM resulta ser más económico.

Con respecto al segundo objetivo, se valida la segunda hipótesis del modelamiento estructural en obras de concreto armado aplicando metodología BIM optimiza la extracción de metrados en viviendas Lima, el trabajo de Atencio (2019) análisis de la implementación de la metodología BIM para la optimización del proyecto de construcción centro cívico en el barrio Huanuquillo – Tarma, donde desarrollo el modelamiento de cuatro especialidades, siendo el tipo de investigación aplicada con un diseño no experimental y nivel descriptivo; se determinó la variación de partidas en porcentajes que ascienden los 60% del total, además con respecto al costo se notó un ascenso de 7.36 % del total del valor estimado. Asimismo, en cuanto a la duración este muestra un aumento que representa el 8.28% del total, concluyo que BIM influye positivamente, mas no reduce lo propuesto, pero facilita números más exactos. Con relación a ello la presente investigación de tipo aplicada con diseño no experimental y nivel descriptivo se inicia a partir del modelo físico de dos especialidades donde luego de su análisis estructural proporciona la extracción de metrados de las partidas de obras de concreto armado de una vivienda en la cual muestra mínimas variaciones. Con respecto a los metrados de partidas de acero se denota su aproximación al 1.27%, en cuanto al volumen de concreto y encofrado su variación oscila entre 3.1 – 7.9% respectivamente; todo ello demuestra la gran ventaja de dicha metodología frente a cambios en el modelo evitando los retrabajos en la etapa de diseño y obtención de metrados de forma automática.

Referente al tercer objetivo, se valida la tercera hipótesis la cual manifiesta que el modelamiento estructural aplicando metodología BIM optimiza el

presupuesto y programación de obras de concreto armado en viviendas Lima, según Ramos (2019), en su tesis “ Eficiencia de la metodología BIM a través de la simulación 4D, 5D en el control de tiempos y costos para la obra de mejoramiento del servicio de seguridad ciudadana en el distrito de Puno, 2017 – 2018”, demuestra la eficiencia de la metodología BIM frente al método tradicional con su aplicación en los procesos de ejecución de obras, además analiza el nivel de impacto en el ámbito económico y temporal. Asimismo, fundamenta que la etapa de diseño debe ser correcta, detallada y organizada para poder establecer toda la información necesaria dentro de un modelo virtual, gracias a todo ello su investigación realizada obtuvo resultados muy cercanos a la realidad, optimizando los precios, la duración y denotando su alto nivel de eficiencia. Frente a dicho aspecto la presente tesis concuerda en el impacto que acarrea BIM, principalmente en el eje fundamental de todo proyecto de construcción el presupuesto y la programación. Además, en base a los resultados alcanzados se puede aseverar que la aplicación de la metodología de información permite el intercambio de información, detectando las interferencias a tiempo evitando los sobrecostos y retrabajos de oficina.

VI. CONCLUSIONES

En la presente tesis se determinó que el modelamiento estructural aplicando metodología BIM reduce los presupuestos frente al método tradicional en obras de concreto armado en viviendas, a través del uso de sus herramientas BIM, cumpliendo con los estándares nacionales estipuladas en los lineamientos de adopción de dicha metodología, el cual permitió obtener un entregable ordenado, sin pérdida de información, evitando el perjuicio del desarrollo del proyecto y cumpliendo las normativas peruanas de diseño como la E.020, E.030, E.060, E.070 y la normativa de metrados.

Se demostró que el modelamiento estructural con aplicación de la metodología BIM frente al método tradicional logró ser más eficiente debido a que en su configuración permite adoptar diversas normativas que permiten generar espectros de diseños acordes al lugar del proyecto, además se determinó que el análisis sismorresistente de la edificación de albañilería confinada en el programa Robot Structural cumple con lo que establece las normativas, obteniendo un periodo en la dirección X-X de 0.306 y en Y-Y de 0.173 lo cual se traduce que cuenta con una adecuada densidad de muros en ambas direcciones, de la misma forma se verificó que las derivas de entrepiso son menores a lo estipulado en la norma E030, lo cual permitió el diseño estructural de los elementos de confinamiento y la verificación de los muros frente a cargas de gravedad, sismo y corte.

Se coordinó el modelo estructural con la especialidad de arquitectura para la detección de interferencias antes de la extracción de tablas de planificación de manera automática, las cuales denotan una mínima variación con el metrado tradicional, pero resultan ser más eficientes en cuanto al tiempo, evitando retrabajos de oficina y permitiendo la toma de decisiones frente a cualquier cambio en el proyecto.

Se concluyó que la aplicación de la metodología BIM optimizó la extracción de mediciones de diversas formas, pero todas ellas se diferencian por la exactitud de sus resultados; asimismo dentro de la presente investigación se utilizó el método

de la pintura para obtener dichas métricas llegando a deducir que los resultados obtenidos frente a los tradicionales varían en un porcentaje mínimo.

Es claro que la metodología BIM empleada para los presupuestos y programación de obras de concreto armado en viviendas optimizo los costos y tiempos, evitando errores previos a la ejecución del proyecto. Se elaboró para ello el análisis de precios unitarios y se insertó en el programa Arquímedes a partir del cual se vinculó las partidas generando los metrados de manera automática, permitiendo realizar la estimación de costos y verificar su variación frente al método tradicional.

VII. RECOMENDACIONES

Establecidas las conclusiones de la presente investigación podemos dar las siguientes recomendaciones:

De los resultados del modelamiento estructural de obras de concreto armado aplicando metodología BIM reduce los presupuestos, para ello es recomendable entender las normativas vigentes de análisis y diseño estructural, los lineamientos de la adopción progresiva de BIM y la normativa de metrados. De igual forma se debe tener en cuenta la interpretación correcta de las normativas y el análisis adecuado de los estándares de modelamiento, evitando la distorsión de información.

Por otro lado, se debe conocer el flujo de trabajo colaborativo y la interoperabilidad de los programas a utilizar, verificar las versiones que estas presentan para no generar conflictos en los modelos, generando confiabilidad y evitando alterar el intercambio de información. Con respecto al desarrollo de la análisis y diseño estructural se debe evaluar cuidadosamente el sistema estructural a utilizar, los modos y periodos de vibración evitando el efecto de torsión en la estructura. Asimismo, se dedujo que en la herramienta (Robot Structural) se debe insertar los parámetros sísmicos de la normativa peruana mientras que en el tradicional (ETABS) viene incluido; pero la diferencia radica en que este último no cuenta con la interoperabilidad y manejo de información amplia como lo proporciona la metodología BIM.

Modelar siguiendo procesos constructivos y brindar la información y parámetros necesarios a cada elemento para la extracción de métricas de manera automática y ordenada; para ello se debe conocer, manejar y realizar la configuración de la herramienta Revit Structural y poder obtener resultados óptimos frente a los tradicionales. Asimismo, se debe conocer muy bien los métodos para la extracción de metrados ya sea parametrizando o por el método de la pintura, pues todo ello facilitara a la correcta extracción de metrados de partidas complicadas como es el caso de los encofrados.

Para obtener la estimación correcta del proyecto se realiza el análisis de precios unitarios considerando los rendimientos en función de las partidas, también

se debe manejar la parametrización de elementos estructurales en el programa Revit y la vinculación con el programa Arquímedes para obtener la estimación del presupuesto de forma inmediata, de igual modo la simulación estructural para la verificación de secuencias constructivas.

REFERENCIAS

ALIAGA MELO, Gonzalo. Implementación y metodología para la elaboración de modelos BIM para su aplicación en proyectos industriales multidisciplinarios [en línea]. Santiago, Chile: Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2012 [Fecha consulta: 5 de noviembre 2020]. Disponible en <<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112356>> REYMUNDO GARCÍA, A.I., 2019. Universidad Peruana Los Andes. *Universidad Peruana Los Andes* [en línea], Disponible en: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/1625>.

ALCÁNTARA, P. y ENCALADA OJEDA, S., 2016. Aplicación De La Tecnología Bim En La Gestion De La Construcción Y Analisis De Los Beneficios Del Modelamiento 4D-5D (Tiempo-Costo) En Un Edificio De 9 Pisos En La Ciudad De Arequipa. Universidad Nacional de Ingeniería, pp. 202.

ANTONIO, Ismael y LIÉVANO, Andrés. Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto. Tesis (Título de especialista en gerencia de obras). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017, 67pp. Disponible en: [PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGIA BIM.pdf \(ucatolica.edu.co\)](http://repositorio.ucatolica.edu.co/PLAN_DE_IMPLEMENTACION_DE_METODOLOGIA_BIM.pdf)

ARAYA, F. Estado del arte del uso de BIM para la resolución de demandas en proyectos de construcción. Rev. ing. constr. [online]. 2019, vol.34, n.3 [citado 2021-05-15], pp.299-306. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732019000300299&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-5073. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000300299>

ATENCIO, Carlos. Análisis de la implementación de la metodología BIM para la optimización del proyecto de construcción de centro cívico en el barrio Huanuquillo – Tarma. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Tarma: Universidad Católica Sedes Sapientiae, 2019, 41pp. Disponible en: <http://repositorio.ucss.edu.pe/handle/UCSS/736>

BERDILLANA, Feliciano. Tecnologías informáticas para la visualización de la información y su uso en la construcción – los sistemas 3D inteligente. Tesis (Grado de maestro en Gestión y Administración de la construcción). Lima:

Universidad Nacional de Ingeniería, 2008, 121pp. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/833>

BIM, C. y CAPECO, 2014. Documentación BIM. [en línea], pp. 26. Disponible en: www.capeco.org.

BLANCO, Antonio. Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado. Lima: Universidad Católica del Perú, 2021, 155pp.

BRIONES SÁNCHEZ, P.S. y ALVAREZ CHIRIBOGA, J.L., 2018. Comparación del modelamiento, análisis y diseño estructural en concreto armado utilizando los Software Etabs y Robot structural analysis, para un edificio de cinco niveles (cuatro pisos y un semisótano). Universidad Peruana Unión [en línea], Disponible en: <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1207>.

CANCHARI QUISPE, E.A. y SALAZAR SARAVIA, E., 2020. Facultad De Ingeniería Y Arquitectura [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 0000000242738. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CERÓN, I.A. y LIÉVANO RAMOS, D.A., 2017. Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto. Universidad Católica de Colombia [en línea], no. 551035, pp. 61. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15347/1/PLAN%20DE%20IMPLEMENTACION%20DE%20METODOLOGIA%20BIM.pdf>

CHIPANA MAMANI, E. y HUILLCA HUILLCA, E., 2019. Análisis Y Diseño Del Edificio Montoya Salazar De Concreto Armado De 1 Semisótano + 6 Pisos En Arequipa Interactuando Los Programas Revit Y Robot Analysis. , pp. 189. ISSN 1098-6596.

DE JUSTO MOSCARDÓ, E., DELGADO TRUJILLO, A. y BASCÓN HURTADO, M.C., [sin fecha]. T. 6. Realidad y Modelo Estructural.

DIRECCIÓN GENERAL DE PROGRAMACIÓN MULTIANUAL DE INVERSIONES PÚBLICAS DEL MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS, 2020. Lineamientos para la utilización de la metodología BIM en las inversiones públicas. Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, pp. 1-10.

DOMÍNGUEZ HURTADO, N.R. y MORENO MINAYA, A.E., 2018. "Diseño estructural sismorresistente de un edificio de siete niveles bajo la metodología bim en la provincia de Pomabamba, Ancash, 2018". Universidad César Vallejo,

ENCALADA, Silvia. Aplicación de la tecnología BIM en la gestión de la construcción y análisis de los beneficios del modelamiento 4D-5D (tiempo-costos) en un edificio de 9 pisos en la ciudad de Arequipa. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Arequipa: Universidad Católica Santa María, 2016, 202pp. Disponible en: [Aplicación De La Tecnología BIM En La Gestión De La Construcción Y Análisis De Los Beneficios Del Modelamiento 4d 5d \(Tiempo Costo\) En Un Edificio De 9 Pisos En La Ciudad De Arequipa \(1library.Co\)](#)

GOYZUETA, Jimmy y PUMA, Hipólito. Implementación de la metodología BIM y el sistema Last Planner 4D para la mejora de gestión de la obra "Residencial Montesol-Dolores"-Tomo I. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2016, 241pp. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3303>

GUERRA, P. y MARIÑOS, D., 2016. Aplicación de tecnología BIM para el incremento de la eficiencia en la etapa de diseño del proyecto inmobiliario Vivienda Multifamiliar Nova - Trujillo, La Libertad". [en línea], Disponible en: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/3761>.

GUÍA NACIONAL BIM Gestión de la Información para inversiones desarrolladas en BIM. [en línea], [sin fecha]. S.l.: [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6^a ed. Ciudad de México: McGRAW-HILL. 2014, 634pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

Macalupu Yovera, I. L., & Sánchez Aguilar, J. A. (2019). Optimización del proceso de elaboración de presupuestos para obras privadas en edificaciones mediante el uso de la metodología BIM.(Tesis de licenciatura). Repositorio de la

Universidad de Ciencias aplicadas. Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628181/Macalupu_YI.pdf?sequence=3&isAllowed=y

MESSNER, J., ANUMBA, C., DUBLER, C., GODDMAN, S., KASPRZAK, C., KREIDER, R., LEICHT, R., SALUJA, C. AND ZIKIC, N., 2010. Building Information Modeling Execution Planning Guide - Version 2.0. The Computer Integrated Construction Research Program (CIC) [en línea], Disponible en: http://www.engr.psu.edu/ae/cic/bimex/downloads/Guide/BIM_PxP_Guide-V2.0.pdf.

MINISTERIO DE Vivienda, Construcción y Saneamiento. Reglamento nacional de edificaciones. Norma E.020 de Cargas. Lima: 2006, 40pp.

MINISTERIO DE Vivienda, Construcción y Saneamiento. Reglamento nacional de edificaciones. Norma E.030 de Diseño Sismorresistente. Lima: 2018, 85pp.

MINISTERIO DE Vivienda, Construcción y Saneamiento. Reglamento nacional de edificaciones. Norma E.060 de Concreto Armado. Lima: 2009, 205pp.

ISBN: 978-9972-9433-4-8

MINISTERIO DE Vivienda, Construcción y Saneamiento. Reglamento nacional de edificaciones. Norma E.070 de Albañilería. Lima: 2005, 147pp.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS, P., 2019. Aprueban disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública Autorizan Transferencia de Partidas en el Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2019 a favor de la Presidencia del Consejo de Ministros. El Peruano, pp. 6-7.

MORALES, Roberto. Diseño en concreto armado. 3^a ed. Lima: Editorial Instituto de la construcción y gerencia, 2006, 225 pp.

McCORMAC, Jack y BROWN, Russell. Diseño de concreto reforzado. 8^a ed. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México, 2008, 724pp.

ISBN: 978-607-707-231-7

NIETO, M., 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". (Tesis de pregrado). Journal of Chemical Information and Modeling, vol. 53, no. 9, pp. 193. ISSN 1098-6596.

NOTA TÉCNICA DE INTRODUCCIÓN BIM ADOPCIÓN EN LA INVERSIÓN PÚBLICA. [en línea], [sin fecha]. S.I.: [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/nota_tecnica_bim.pdf.

PORRAS, Hernán et al. Tecnologías "Building Information Modeling" en la elaboración de presupuestos de construcción de estructuras de concreto reforzado [en línea]. Enero-junio 2015, n. °1. [Fecha de consulta: 25 de abril del 2021]. Disponible en: [v11n1a17.pdf \(scielo.org.co\)](#)

QUEZADA, Nel. Estadística aplicada en investigación. Lima: Empresa editora Macro E.I.R.L, 2010, 337pp.

ISBN: 978-612-4034-50-3

RAMOS, J.F., 2019. Eficiencia de la Metodología BIM a través de la simulación 4D, 5D en el control de tiempos y costos para la obra Mejoramiento del Servicio de Seguridad Ciudadana en el Distrito de Puno, 2017 - 2018. , pp. 2006-2011.

REYMUNDO GARCÍA, A.I., 2019. Universidad Peruana Los Andes. *Universidad Peruana Los Andes* [en línea], Disponible en: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/1625>.

ROJAS, Roberth. Comparativa en el diseño estructural de una edificación de 04 niveles, aplicando métodos tradicionales y metodología BIM – Concepción 2018. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, 2018, 173pp. Disponible en: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1817>

SAN BARTOLOMÉ, Ángel, QUIUN, Daniel y SILVA, Wilson. Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. 2ª ed. Lima: Fondo editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011, 344pp.

ISBN: 978-612-317-366-1

VILLENA, M., 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 Analysis» (BIM). S.l.: s.n. ISBN 1805053558.

VIÑAS VILLA, V., 2015. BIM , para asegurar el costo contractual de obra y su implementación en un proyecto multifamiliar. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) [en línea], pp. 53. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/596038?show=full&locale-attribute=es>.

VILLAROEL, Carlos. Análisis y diseño de estructuras con Autodesk Robot Structural Analysis, Bolivia: Senapi, 2016, 596pp.

YBAÑEZ, Joselyn. BIM, para optimizar la etapa de diseño de una edificación, Distrito Villa el Salvador, Lima 2018. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018, 123pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/26425>

ANEXOS

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escalas de medición
VARIABLE INDEPENDIENTE			Análisis estructural	Estático Dinámico	Razón
Modelamiento estructural	El modelamiento estructural consiste en la idealización de la estructura, con la finalidad de estudiar el comportamiento; teniendo en cuenta que los resultados obtenidos son una aproximación mas no son reales. (Moscardo, Trujillo y Bascón, 2018).	Regido por las normas E.020, E.030, E.060, E.070, y el BEP(plan de ejecución BIM)	Diseño estructural	Muros Columnas de confinamiento Vigas soleras	Razón
			Simulación estructural	Pilar Armazón Suelo estructural Armadura estructural	Razón
VARIABLE DEPENDIENTE			Metrados	Partidas	Ordinal
			Presupuesto de obra	Análisis de Precios unitarios	Ordinal
Reducción de costo en obras de concreto armado	El modelo BIM sirve para estimar costos en obra en cada fase del proyecto, permitiendo anticipar posibles modificaciones por falta de interoperabilidad de especialidades. (Capeco, 2014).	Se realizará la comparación de partidas mediante una ficha de metrados, presupuesto y programación de obra entre el método tradicional y la metodología BIM regidos por la: "Norma Técnica, metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas"; asimismo para el manejo de información BIM, se apoyará en la R.D. 007-2020 "Lineamiento para la utilización de la metodología BIM en las inversiones públicas" y la ISO-19650".	Programación	Estimación de días	Intervalo de tiempo

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
¿Cómo podemos realizar el modelamiento estructural para la reducción de costos en obras de concreto armado aplicando metodología BIM en viviendas Lima-2021?	Modelar estructuralmente para la reducción de costos en obras de concreto armado aplicando metodología BIM en viviendas Lima - 2021	El modelamiento estructural aplicando metodología BIM reduce los costos en obras de concreto armado en viviendas Lima 2021	VARIABLE INDEPENDIENTE Modelamiento estructural	Análisis estructural	Estático Dinámico	Razón
PROBLEMA ESPECÍFICO 1	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	HIPÓTESIS ESPECÍFICO 1		Diseño estructural	Muros Columnas de confinamiento Vigas Soleras	Razón
¿Cómo realizar el modelamiento estructural de obras de concreto armado aplicando metodología BIM para el óptimo diseño estructural en viviendas Lima - 2021?	Modelar estructuralmente obras de concreto armado aplicando metodología BIM para el óptimo diseño estructural en viviendas Lima - 2021	El modelamiento estructural de obras de concreto armado aplicando metodología BIM optimiza el diseño estructural en viviendas Lima 2021		Simulación Estructural	Pilar estructural Armazón estructural Suelo estructural	Razón
PROBLEMA ESPECÍFICO 2	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	HIPÓTESIS ESPECÍFICO 2	VARIABLE DEPENDIENTE Reducción de costo en obras de concreto armado	Metrados	Partidas	Ordinal
¿Cómo realizar el modelamiento estructural aplicando metodología BIM en obras de concreto armado para la extracción óptima de metrados en viviendas Lima-2021	Modelar estructuralmente obras de concreto armado aplicando metodología BIM para la extracción óptima de metrados en viviendas Lima - 2021	El modelamiento estructural en obras de concreto armado aplicando metodología BIM optimiza la extracción de metrados en viviendas Lima 2021		Presupuesto	Análisis de Precios unitarios	Ordinal
PROBLEMA ESPECÍFICO 3	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	HIPÓTESIS ESPECÍFICO 3		Programación	Tiempo de ejecución	Intervalo de tiempo

ANEXOS

1. CERTIFICADOS DE VALIDACIÓN

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:
“Modelamiento estructural para la reducción de costos en obras de concreto armado aplicando metodología BIM en viviendas Lima – 2021”.

N°	VARIABLES7DIMENSIONE7INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Modelamiento estructural							
		x		x		x		
	DIMENSIÓN 1.- Análisis estructural	Si	No	Si	No	Si	No	
1		x		x		x		
2								
	DIMENSIÓN 2.- Diseño estructural	Si	No	Si	No	Si	No	
3		x		x		x		Considerar el diseño de muros principalmente
4	DIMENSIÓN 3.- Simulación estructural	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
		x		x		x		Simular el proceso constructivo
	VARIABLE DEPENDIENTE: Reducción de costos en obras de concreto armado	Si	No	Si	No	Si	No	
		x		x		x		
	DIMENSIÓN 1.- Metrados	Si	No	Si	No	Si	No	
5		x		x		x		Partidas más influentes de CA
6								
	DIMENSIÓN 2.- Presupuesto de obra	Si	No	Si	No	Si	No	
7		X		X		X		
8								
	DIMENSIÓN 3.- Programación de obra	Si	No	Si	No	Si	No	
9		X		X		X		Estimación de días

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Los ítems elegidos son suficientes para las dimensiones

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Ing: Soriano Malqui, Cristhian Luis DNI: 43562867

Especialidad del validador: Ingeniería civil

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

12 de mayo del 2021

CÉSAR VALLEJO PERÚ S.A.
 INSTITUCIÓN EDUCATIVA CÉSAR VALLEJO
 C.V. - I.E. C.V.
 GERENTE GENERAL

Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:
“Modelamiento estructural para la reducción de costos en obras de concreto armado aplicando metodología BIM en viviendas Lima – 2021”.

N°	VARIABLES7DIMENSIONE7INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Modelamiento estructural							
		x		x		x		
	DIMENSION 1.- Análisis estructural	Si	No	Si	No	Si	No	
1		x		x		x		Correcta Estructuración
2								
	DIMENSION 2.- Diseño estructural	Si	No	Si	No	Si	No	
3		x		x		x		
4	DIMENSION 3.- Simulación estructural	Si	NO	SI	NO	SI	NO	
		x		x		x		Coordinación Arquitectura - Estructura
	VARIABLE DEPENDIENTE: Reducción de costos en obras de concreto armado	Si	No	Si	No	Si	No	
		x		x		x		
	DIMENSION 1.- Metrados	Si	No	Si	No	Si	No	
5		x		x		x		Configuración de Herramientas BIM
6								
	DIMENSION 2.- Presupuesto de obra	Si	No	Si	No	Si	No	
7		X		X		X		Obtención de notas Claves Correctas.
8								
	DIMENSION 3.- Programación de obra	Si	No	Si	No	Si	No	
9		X		X		X		Variabilidad en días de ambos métodos

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Los ítems elegidos son suficientes para las dimensiones

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Ing: Lizana Palacios, Arnulfo DNI: 43983771

Especialidad del validador: Ingeniería civil

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

12 de mayo del 2021




Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:
“Modelamiento estructural para la reducción de costos en obras de concreto armado aplicando metodología BIM en viviendas Lima – 2021”

N°	VARIABLES7DIMENSIONE7INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Modelamiento estructural							
		x		x		x		
	DIMENSION 1.- Análisis estructural	Si	No	Si	No	Si	No	
1		x		x		x		Considerar criterios de Estructuración
2								
	DIMENSION 2.- Diseño estructural	Si	No	Si	No	Si	No	
3		x		x		x		Considerar los elementos estructurales principales
4	DIMENSION 3.- Simulación estructural	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
		x		x		x		Considerar la secuencia constructiva
	VARIABLE DEPENDIENTE: Reducción de costos en obras de concreto armado	Si	No	Si	No	Si	No	
		x		x		x		
	DIMENSION 1.- Metrados	Si	No	Si	No	Si	No	
5		x		x		x		Partidas de Concreto Armado
6								
	DIMENSION 2.- Presupuesto de obra	Si	No	Si	No	Si	No	
7		X		X		X		Considerar lo más variable
8								
	DIMENSION 3.- Programación de obra	Si	No	Si	No	Si	No	
9		X		X		X		Estimación de días

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Los Ítems elegidos son suficientes para las dimensiones

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**
Apellidos y nombres del juez validador. Ing: Cristian Alexander, Campos Ostos CIP: 203307

Especialidad del validador: Ingeniería civil

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

12 de mayo del 2021


CRISTIAN ALEXANDER

CAMPOS OSTOS

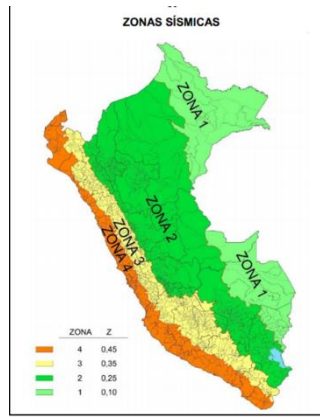
INGENIERO CIVIL

C.I.P., 203307

Firma del Experto Informante.

ANEXOS

2. CONSIDERACIONES DE LA NORMA E020, E030, E070



Fuente. - NTP E.030 enero 2021

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

Fuente. - NTP E.030 enero 2021

SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente. - NTP E.030 enero 2021

Coficiente de Amplificación Sísmica

$T < T_P$	$C = 2,5$
$T_P < T < T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$
$T > T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$

Fuente. - NTP E.030 enero 2021

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran 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

Fuente. - Categoría de Edificación, Factor de uso - NTP E.030 enero 2021

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
A2 (**)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Fuente. - Categoría y sistema estructural de edificación - NTP E.030 enero 2021

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_d (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
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	7(**)

Fuente. - Sistema Estructural - NTP E.030

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente. - Regularidad de las edificaciones - NTP E.030

Artículo 26.- Estimación del Peso (P)	
El peso (P) se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:	
a)	En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
b)	En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
c)	En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
d)	En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.
e)	En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100% de la carga que puede contener.

Fuente. - Estimación de Peso - NTP E.030

28.2. Fuerza Cortante en la Base

28.2.1. La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

28.2.2. El valor de C/R no se considera menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,11$$

28.3. Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

28.3.1. Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i , correspondientes a la dirección considerada, se calculan mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

28.3.2. Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

Fuente. - NTP E.030

28.4.1. El período fundamental de vibración para cada dirección se estima con la siguiente expresión:

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

Donde:

$C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Fuente. - Período fundamental - NTP E.030

28.4.2. Alternativamente puede usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i}}$$

Donde:

- f_i es la fuerza lateral en el nivel i correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.
- d_i es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel i en traslación pura (restrigiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f_i . Los desplazamientos se calculan suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

28.4.3. Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental T se toma como 0,85 del valor obtenido con la fórmula precedente.

Fuente. — NTP E.030

CAPÍTULO V REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

Artículo 31.- Determinación de Desplazamientos Laterales

- 31.1. Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0,85 R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.
- 31.2. Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se consideran los valores mínimos de C/R indicados en el numeral 28.2 ni el cortante mínimo en la base especificado en el numeral 29.4.

Artículo 32.- Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el artículo 31, no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11.

Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deniva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

Fuente. - Límites de entrepiso - NTP E.030

TIPO	ZONA SISMICA 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Fuente. - Limitaciones de las unidades de Albañilería - NTP E.070

Materia Prima	Denominación	UNIDAD f_b	PILAS f_m	MURETES v_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente. - Resistencia de la albañilería - NTP E.070

ANEXOS

3. MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

UBICACIÓN

Proyecto: Vivienda Multifamiliar

Código del proyecto: VM-0221

Fecha: 07/03/2021

Ubicación: Comas – Lima

Encargados: Fernandez Abelardo, Kely; Sandoval Utus, Steven

2. CONFIGURACION ESTRUCTURAL

En esta parte se evalúa el conjunto de la edificación, según la normativa.

Norma E.030

Edificación educativa: A2

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Tabla 10. Norma E.030

PLANTA:

DIRECCION XX: Configuración Irregular

DIRECCION YY: Configuración Irregular

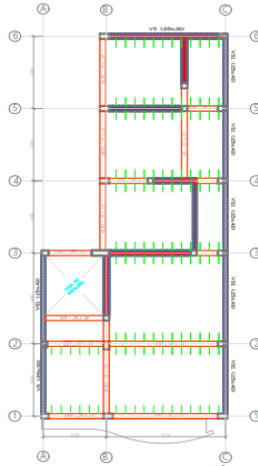
ELEVACIÓN:

DIRECCION XX: Configuración Regular

DIRECCION YY: Configuración Regular

3. ESTRUCTURACION

En esta parte se describen los elementos estructurales a considerar en el proyecto.



Plantas típicas del proyecto arquitectónico

- **Losa aligerada de concreto armado**

Se tiene paños de losa de geometría rectangular, optándose por una losa unidireccional armada en el sentido corto por motivos de otorgarle mayor rigidez vertical y menores esfuerzos. Se optó por una losa del tipo aligerada por motivos de peso y economía sin perder su seguridad.

- **Vigas de concreto armado**

La presencia de pórticos intermedios genera la aparición de vigas de longitud aproximada de 4.52 m. Para esta longitud se requieren vigas peraltadas de concreto armado. Por una condición de rigidez y uniformidad constructiva, se adoptará vigas peraltadas en la dirección longitudinal.

- **Columnas de concreto armado**

La presencia de pórticos intermedios genera la aparición de vigas peraltadas y columnas de similares características, debido a su longitud aproximada de 4.52 m de eje a eje en planta.

El conjunto de muros portantes forma un sistema denominado “Albañilería Confinada”, en concordancia con la norma E.030.

Tabla N° 7
SISTEMAS ESTRUCTURALES

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_d (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
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	7(**)

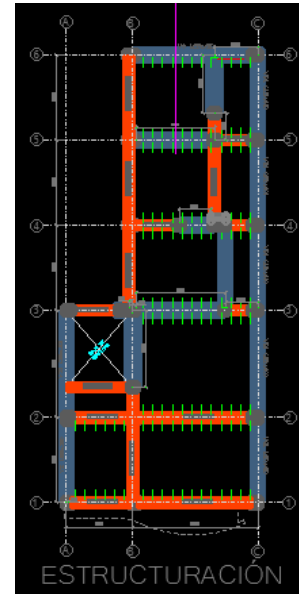
➔

Tabla 7 Norma E.030

Los alfeizars y tabiques serán de albañilería. Su tratamiento está basado en lo que especifica la Norma E.070 “Albañilería Estructural”. Esta decisión se tomó por condiciones de menor peso y economía. También por esas razones se optó por el amarre tipo “soga”.

Los elementos descritos serán distribuidos con los criterios establecidos en la norma E.030:

- Simetría
- Continuidad
- Rigidez
- Resistencia
- Ductilidad
- Líneas sucesivas de resistencia



4. PREDIMENSIONADO

Busca conocer las dimensiones iniciales de los elementos estructurales y no estructurales.

VIGAS DE PORTICOS

$$h = L/10 @ L/12$$

$$\text{Promedio: } h = L / 11$$

$$b = 0,30h @ 0,5h$$

$$b \geq 25 \text{ cm}$$

h = Altura de la viga

b = Ancho de la viga

L = luz libre de la viga

Vigas longitudinales

Longitud L = 4.52 m

$$h = L / 10$$

$$h = 4.52 / 11$$

$$h = 0.45 \text{ m}$$

Redondeando: h = 0,45 m

Ancho de la viga: b

$$b = 0,30h @ 0,5h$$

$$b = 0,30 \times 0,45$$

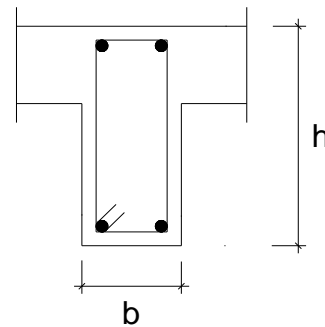
$$b = 0,14 \text{ m}$$

$$b = 0,50 \times 0,45$$

$$b = 0,23 \text{ m}$$

$$b \geq 25 \text{ cm}$$

Tomamos un ancho de viga b = 0,25 m



Viga longitudinal: (25x45cm)

Vigas transversales

Se asumirá una geometría igual a la viga transversal por condiciones de rigidez y constructivas.

Viga transversal: (25x40cm)

VIGAS DE ALBAÑILERÍA

Las vigas de albañilería, para su predimensionamiento no se tiene muchas referencias como de los pórticos y no se puede aplicar las fórmulas, es por ello que se basa en el criterio y experiencia del calculista, pero teniendo en consideración los parámetros mínimos que establece la normativa E-070 de albañilería confinada.

Vigas longitudinales

Para el eje 6 entre B y C donde hay un muro portante de albañilería en cabeza se propone una viga de **(25x30cm)**

Vigas transversales

Para el eje C entre 1 y 6 donde hay muros portantes de albañilería en soga se propone vigas de **(15X40cm)**

COLUMNAS

Para edificios con pórticos

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0,45 f'c}$$

$$P = Q \times A_t \times N$$

$$Q = 1,0 \text{ tonf/m}^2$$

$$A_t = 3.95 \times 3.86 \text{ m}^2$$

$$A_t = 15.25 \text{ m}^2$$

$$N = 4 \text{ pisos}$$

$$P = 1,0 \times 15.25 \times 4$$

$$P = 61 \text{ tonf}$$

$$P = 61000 \text{ kgf}$$

$$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$$

Reemplazando:

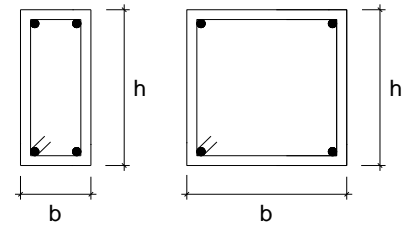
$$A_{columna} = 61000 / (0,45 \times 210) \text{ cm}^2$$

$$A_{columna} = 645.5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ancho de columna} = 25,00 \text{ cm}$$

$$\text{Peralte de columna} = 645.5 / 25 \text{ cm}$$

$$\text{Peralte de columna} = 25.82 \text{ cm}$$



Columna C-1, C-2

$$\text{Ancho de columna} = 25,00 \text{ cm}$$

$$\text{Peralte de columna} = 40,00 \text{ cm}$$

Las columnas de confinamiento se proponen según la normativa E-070 el ancho mínimo debe ser de 15cm, para el caso del proyecto en estudio se optó por columnas de 25 por 30 para tener mayor rigidez en Y-Y, evitando los efectos de torsión.

Columna C-3

Ancho de columna = 25,00 cm

Peralte de columna = 30,00 cm

Recomendación: El peralte de la viga debería ser similar al peralte de la columna, a fin de lograr:

$$\sum Mn \text{ col} \geq 1,20 \sum Mn \text{ vigas}$$

Ancho de columna = 25,00 cm

Peralte de columna = 40,00 cm

Finalmente, la columna propuesta será de (25x40cm)

LOSA ALIGERADA

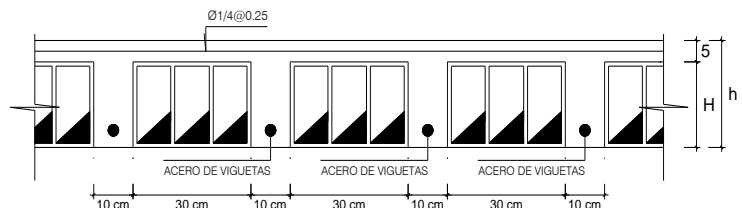
Sobrecarga $\leq 300 \text{ kgf/m}^2$

h = 17 cm L $\leq 4,00 \text{ m}$

h = 20 cm L $\leq 5,00 \text{ m}$

h = 25 cm L $\leq 6,50 \text{ m}$

h = 30 cm L $\leq 7,50 \text{ m}$



En nuestro caso tenemos una longitud libre de L=4,52 m.

Según la tabla adjunta, la altura de la **losa aligerada será de h = 20,00 cm**

PLACA DE CONCRETO ARMADO

Se dimensiona por condición sísmica.

Para el dimensionado de las placas de concreto armado, es usual considerar que éstas asumirán el 80% del cortante estático. Para ello, estableceremos la base de la resistencia al corte:

$$t \cdot L = V / (0,53 \sqrt{f'c})$$

$$\text{Área de placas} = V / (0,53 \sqrt{f'c})$$

Esta área de placas se utilizará para cada dirección de análisis.

L = longitud total de las placas

t = Espesor de placas

$$V = Z \cdot U \cdot C \cdot S \cdot P / R$$

Z = 0,45 Lima está en la zona sísmica 4

U = 1,0 Edificación común

C = 2,50 Edificación de albañilería confinada

$S = 1,05$ Suelo intermedio en zona 4

$R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$

$R = 3 \times 0.9 \times 1$

$R = 2.70$

$P = Q \times A \text{ total} \times N$

$P = 1,0 \times (122.4) \times 4$

$P = 489,60 \text{ tonf}$

Reemplazando:

$V = Z \cdot U \cdot C \cdot S \cdot P / R$

$V = 0,45 \times 1,0 \times 2,50 \times 1,05 \times 489,60 / 2.7$

$V = 214,2 \text{ tonf}$

$V = 214200 \text{ kgf}$

Área de placas = $V / (0,53 \sqrt{f'c})$

Área de placas = $214200,00 / (0,53 \sqrt{210}) \text{ cm}^2$

Área de placas = $27890,63 \text{ cm}^2$

Esta área de placa se requiere en la dirección X-X porque falta rigidizar en esa zona por la baja densidad muros.



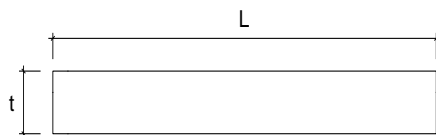
DIRECCION XX

Norma E.060

Ancho mínimo en placas = 15,00 cm

Por una condición de anclaje con la viga, tenemos:

Ancho de placa $t = 25,00 \text{ cm}$



Longitud total de placas = Área de placas / espesor

Longitud total de placas = $27890,63 / 25,00 \text{ cm}$

Longitud total de placas = $1115,63 \text{ cm}$

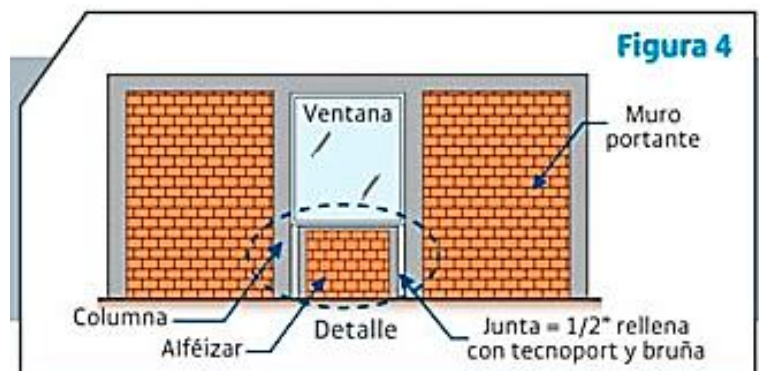
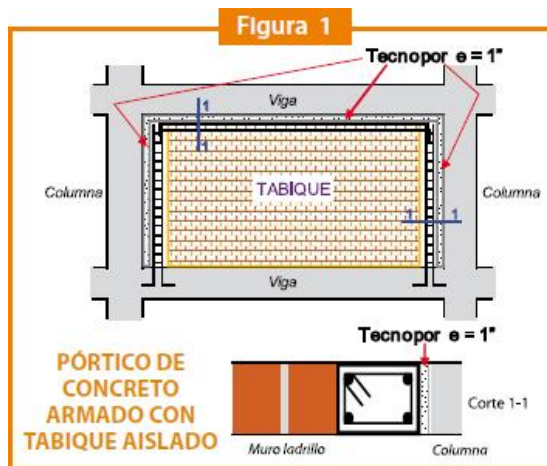
Longitud de cada placa = $1115,63 \text{ cm} / 2$

Longitud de cada placa $L = 557,81 \text{ cm}$

Las placas serán rectangulares: 25 x 750 cm

4. MUROS DE ALBAÑILERÍA

Por consideraciones de peso y economía, los muros no estructurales serán de albañilería en amarre sogá, es decir un espesor de 14,00 cm.



5. NORMAS UTILIZADAS: SENCICO

- Norma T3cnica E.020 “Cargas”

ALCANCE

Las edificaciones y todas sus partes deber3n ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Estas actuar3n en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los se3alados para cada material estructural en su Norma de dise3o espec3fica.

En ning3n caso las cargas asumidas ser3n menores que los valores m3nimos establecidos en esta Norma.

Las cargas m3nimas establecidas en esta Norma, est3n dadas en condiciones de servicio.

Esta Norma se complementa con la NTE E.030 Dise3o Sismorresistente y con las Normas propias de dise3o de los diversos materiales estructurales.

- Norma T3cnica E.030 “Dise3o Sismorresistente”

Artículo 1.- Objeto

- 1.1. Esta Norma establece las condiciones mínimas para el Diseño Sismorresistente de las edificaciones.
- 1.2. Mientras no se cuente con normas nacionales específicas para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas, túneles y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se debe utilizar los valores Z y S del Capítulo II amplificados de acuerdo a la importancia de la estructura considerando la práctica internacional.

- Norma Técnica E.050 “Suelos y Cimentaciones”

OBJETIVO

El objetivo de esta Norma es establecer los requisitos para la ejecución de Estudios de Mecánica de Suelos* (*EMS*), con fines de cimentación, de edificaciones y otras obras indicadas en esta Norma. Los *EMS* se ejecutarán con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las obras y para promover la utilización racional de los recursos.

- Norma Técnica E.060 “Concreto Armado”

ALCANCE

Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, preesforzado y simple.

Los planos y las especificaciones técnicas del proyecto estructural deberán cumplir con esta Norma.

Lo establecido en esta Norma tiene prioridad cuando está en discrepancia con otras normas a las que ella hace referencia.

- Norma Técnica E.070 “Albañilería”

ALCANCE

Esta Norma establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.

Para estructuras especiales de albañilería, tales como arcos, chimeneas, muros de contención y reservorios, las exigencias de esta Norma serán satisfechas en la medida que sean aplicables.

Los sistemas de albañilería que estén fuera del alcance de esta Norma, deberán ser aprobados mediante Resolución del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento luego de ser evaluados por SENCICO.

6. MATERIALES

Datos del Concreto y Acero			
F'c=	210	kg/cm ²	Resistencia a la compresión
Ec=	217370.6512	kg/cm ²	Módulo de elasticidad del concreto
v=	0.2		Módulo de Poisson
Ycon=	2400	kg/cm ³	Peso específico del concreto
Es=	2000000	kg/cm ²	Módulo de elasticidad del acero
F'y=	4200	kg/cm ²	Resistencia a la fluencia

Fuente: Elaboración propia

Datos de albañilería			
f'm=	65	kg/cm ²	Resistencia a compresión axial de pila
V'm=	8.1	kg/cm ²	Resistencia al corte del murete
Em=	32500	kg/cm ²	Módulo de elasticidad de albañilería
v=	0.15		Módulo de Poisson
Yalb=	1800	kg/m ³	Peso específico de albañilería

Fuente: Elaboración propia

7. CARGAS

Carga Muerta: Norma E.020

Acero corrugado:

Peso específico = 7850,00 kgf/m³

Concreto Armado:

Peso específico = 2400,00 kgf/m³

Albañilería:

Peso específico = 1800,00 kgf/m³

Piso terminado = 100,00 kgf/m²

PESOS UNITARIOS

MATERIALES	PESO kN/m ³ (Kgf/m ³)
Aislamientos de:	
Corcho	2,0 (200)
Fibra de vidrio	3,0 (300)
Fibrocemento	6,0 (600)
Poliuretano y poliestireno	2,0 (200)
Albañilería de:	
Adobe	16,0 (1600)
Unidades de arcilla cocida sólidas	18,0 (1800)
Unidades de arcilla cocida huecas	13,0 (1350)
Concreto Simple de:	
Cascote de ladrillo	18,0 (1800)
Grava	23,0 (2300)
Pómez	16,0 (1600)
Concreto Armado	Añadir 1,0 (100) al peso del concreto simple.

Carga Viva: Norma E.020

Carga en viviendas = 200,00 kgf/m²

Ultimo techo = 100,00 kgf/m²

3.2 CARGA VIVA DEL TECHO

Se diseñarán los techos y las marquesinas tomando en cuenta las cargas vivas, las de sismo, viento y otras prescritas a continuación.

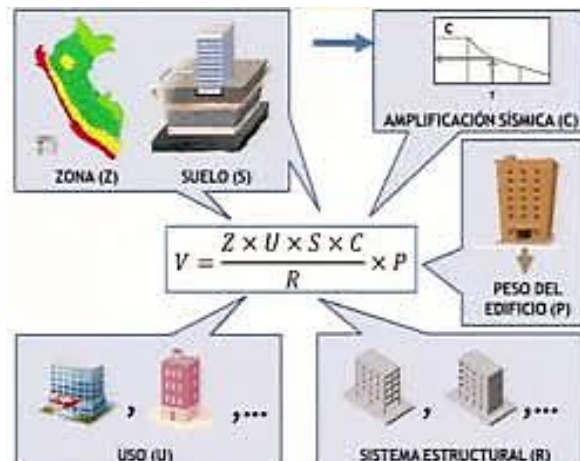
3.2.1 Carga Viva.- Las cargas vivas mínimas serán las siguientes:

3.2.1.1 Para los techos con una inclinación hasta de 3° con respecto a la horizontal, 1,0 kPa (100 kgf/m²).

3.2.1.2 Para techos con inclinación mayor de 3°, con respecto a la horizontal 1,0 kPa (100 kgf/m²) reducida en 0,05 kPa (5 kgf/m²), por cada grado de pendiente por encima de 3°, hasta un mínimo de 0,50 kPa (50 kgf/m²).

Carga de Sismo: Norma E.030

Para este tratamiento la norma establece una fuerza cortante en la base de la estructura y una aceleración espectral correspondiente a la dirección considerada la cual se determina con las siguientes expresiones:



$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Factor de zona: Z

El proyecto está ubicado en Arequipa cercado.

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

Como vemos, nuestro proyecto está ubicado en la zona sísmica 4, correspondiendo un factor zona Z=0,45

Factor de Uso e Importancia: U

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso pueda representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. 	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran 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 edificio es una vivienda multifamiliar por lo que le corresponde la categoría C, común con un factor de uso $U=1,0$.

Factor de Amplificación sísmica: C

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

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

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

T es el período de acuerdo al numeral 28.4, concordado con el numeral 29.1.

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

Factor de Suelo: S

**Tabla N° 3
FACTOR DE SUELO "S"**

SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,80	2,00

**Tabla N° 4
PERÍODOS "T_P" Y "T_L"**

	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	1,8

Nuestro edificio está ubicado en un suelo intermedio S2, por lo tanto, tenemos:

S = 1,05

T_p = 0,60 s

T_l = 2,00 s

Factor de Reducción de Respuesta: R

**Tabla N° 7
SISTEMAS ESTRUCTURALES**

Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R _s (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albafilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)



La expresión de la norma indica:

$$R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

Sistema estructural de albañilería confinada $R_o = 3,00$

La elevación típica del edificio es regular $I_a = 1,00$

La planta es típica del edificio es irregular $I_p = 0.90$

Luego:

$$R = 3 \times 1 \times 0.9$$

$$R = 2.7$$

Factor de Peso Sísmico: P

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

- a) En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
- b) En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
- c) En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
- d) En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.

Peso $P = P$ muerta + % P viva

Nuestro edificio tiene categoría C (Común), por lo tanto, le corresponde un porcentaje de carga viva del 25%.

En la azotea (último techo) se aplicará un porcentaje de 25% de la carga viva.

Factor gravedad: g

Aceleración $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

8. METODOS DE DISEÑO

CONCRETO ARMADO

Para el diseño de estructuras de concreto armado se utilizará el Diseño por Resistencia. Deberá proporcionarse a todas las secciones de los elementos estructurales Resistencias de Diseño (ϕR_n) adecuadas, de acuerdo con las disposiciones de esta Norma, utilizando los factores de carga (amplificación) y los factores de reducción de resistencia, ϕ , especificados en el Capítulo 9.

Se comprobará que la respuesta de las elementos estructurales en condiciones de servicio (deflexiones, agrietamiento, vibraciones, fatiga, etc.) queden limitadas a valores tales que el funcionamiento sea satisfactorio.

RESISTENCIA REQUERIDA

La resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será como mínimo:

$$U = 1,4 CM + 1,7 CV \quad (9-1)$$

Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de viento (CVi), además de lo indicado en 9.2.1, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1,25 (CM + CV \pm CVi) \quad (9-2)$$

$$U = 0,9 CM \pm 1,25 CVi \quad (9-3)$$

Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de sismo (CS), además de lo indicado en 9.2.1, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1,25 (CM + CV) \pm CS \quad (9-4)$$

$$U = 0,9 CM \pm CS \quad (9-5)$$

Lo anterior es aplicado a la amplificación de las fuerzas internas de los estados de carga.

El factor de reducción de resistencia, ϕ , debe ser el especificado en 9.3.2.1 a 9.3.2.8:

Flexión sin carga axial..... 0,90

Carga axial y carga axial con flexión:

(a) Carga axial de tracción con o sin flexión..... 0,90

(b) Carga axial de compresión con o sin flexión:

Elementos con refuerzo en espiral según 10.9.3..... 0,75

Otros elementos..... 0,70

Para elementos en flexocompresión ϕ puede incrementarse linealmente hasta 0,90 en la medida que ϕP_n disminuye desde $0,1 f'c Ag$ ó ϕP_b , el que sea menor, hasta cero.

Cortante y torsión..... 0,85

Aplastamiento en el concreto (excepto para las zonas de anclajes de postensado).... 0,70

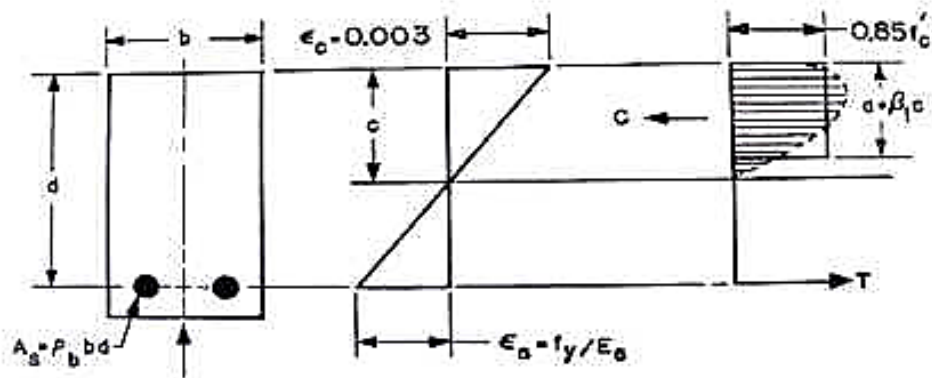
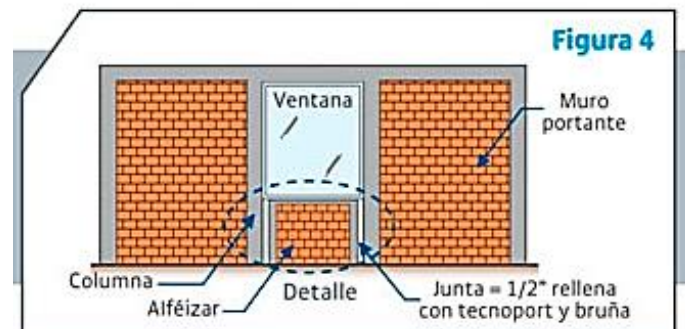
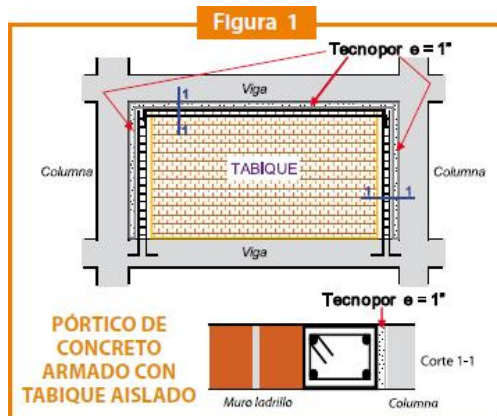


Fig. 5 Bloque rectangular de compresión
(Tomado del Reglamento ACI 318-71)

ALBAÑILERÍA: MUROS NO PORTANTES



ESPECIFICACIONES GENERALES

Los muros portantes y los no portantes (cercos, tabiques y parapetos) deberán verificarse para las acciones perpendiculares a su plano provenientes de sismo, viento o de fuerzas de inercia de elementos puntuales o lineales que se apoyen en el muro en zonas intermedias entre sus extremos superior o inferior.

Para el caso de fuerzas concentradas perpendiculares al plano de muros de albañilería simple, los muros deberán reforzarse con elementos de concreto armado que sean capaces de resistir el total de las cargas y transmitir las a la cimentación. Tal es el caso, por ejemplo, de una escalera, el empuje causado por una escalera cuyo descanso apoya directamente sobre la albañilería, deberá ser tomado por columnas.

Para el caso de muros confinados o muros arriostrados por elementos de concreto, las fuerzas deberán trasladarse a los elementos de arrioste o confinamiento por medio de elementos horizontales, vigas o losa.

Para el caso de los muros armados, los esfuerzos que generen las acciones concentradas actuantes contra el plano de la albañilería deberán ser absorbidas por el refuerzo vertical y horizontal.

Cuando se trate de muros portantes se verificará que el esfuerzo de tracción considerando la sección bruta no exceda del valor dado en 9.1.8.

Los muros o tabiques desconectados de la estructura principal serán diseñados para resistir una fuerza sísmica asociada a su peso, de acuerdo a lo indicado en el capítulo correspondiente de la NTE E.030. Diseño Sismorresistente



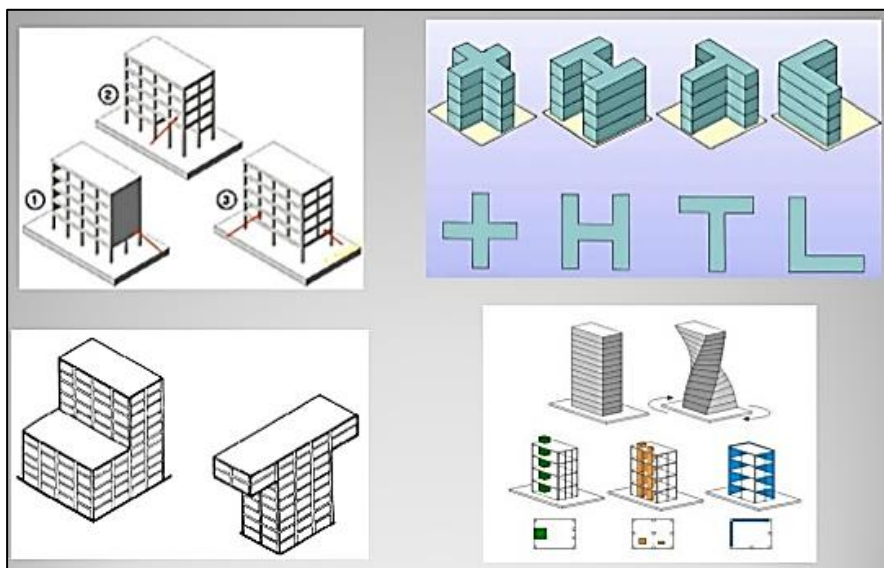
**CAPÍTULO VI
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS**

Artículo 36.- Generalidades

- 36.1. Se consideran como elementos no estructurales aquellos que, estando conectados o no al sistema resistente a fuerzas horizontales, aportan masa al sistema pero su aporte a la rigidez no es significativo.
- 36.2. Para los elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural sismorresistente y acompañen la deformación de la estructura se asegura que en caso de falla no causen daños.
- 36.3. Dentro de los elementos no estructurales que tienen adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas se incluyen:
- a) Cercos, tabiques, parapetos, paneles prefabricados.
 - b) Elementos arquitectónicos y decorativos entre ellos cielos rasos, enchapes.
 - c) Vidrios y muro cortina.
 - d) Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
 - e) Instalaciones eléctricas.
 - f) Instalaciones de gas.
 - g) Equipos mecánicos.
 - h) Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo.



9. REQUISITOS DE LA CONFIGURACION ESTRUCTURAL (NORMA E.030)



Formas y comportamientos que la norma E.030 desea evitar

Artículo 7.- Concepción Estructural Sismorresistente

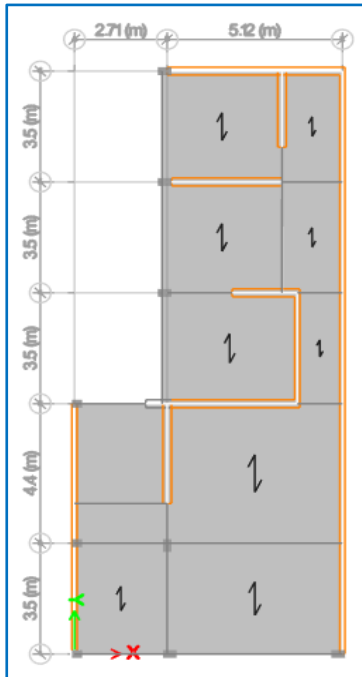
Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

- a) Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- b) Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- c) Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- d) Resistencia adecuada, en ambas direcciones principales, frente a las cargas laterales.
- e) Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación.
- f) Ductilidad, entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.
- g) Deformación lateral limitada.

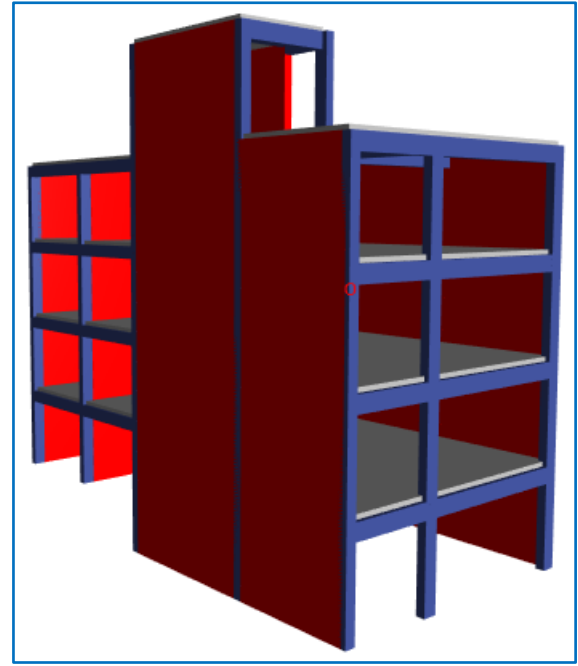
- h) Inclusión de líneas sucesivas de resistencia (redundancia estructural).
- l) Consideración de las condiciones locales.
- j) Buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa.

Aspectos que mejoran el comportamiento frente a un sismo

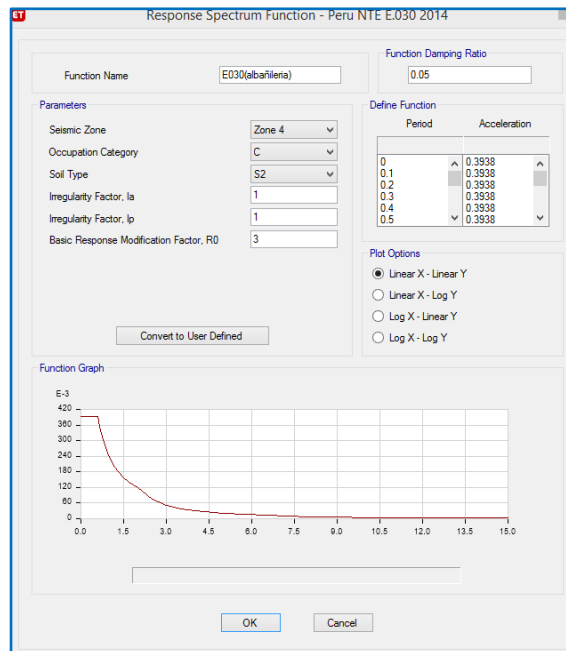
10. MODELO ESTRUCTURAL



Fuente. - *Vista en planta*



Fuente. - *Vista 3D*



Fuente. - *Espectro de respuesta*

Material Property Data

General Data

Material Name: Fm=65 kg/cm2 (Albañilería)

Material Type: Masonry

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Change...]

Material Notes: [Modify/Show Notes...]

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 1800 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 183.549 kgf-s³/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 325000000 kgf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.25

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.000081 1/C

Shear Modulus, G: 130000000 kgf/m²

Design Property Data

[Modify/Show Material Property Design Data...]

Advanced Material Property Data

[Nonlinear Material Data...]

[Material Damping Properties...]

[Time Dependent Properties...]

[OK] [Cancel]

Fuente. - Definición del material de Albañilería – ETABS V 18.0.2

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: F1M2M3C2

Material: Fc=210 kg/cm2

Notional Size Data: [Modify/Show Notional Size...]

Display Color: [Change...]

Notes: [Modify/Show Notes...]

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.4 m

Width: 0.25 m

[Show Section Properties...]

Property Modifiers

[Modify/Show Modifiers...]

Currently Default

Reinforcement

[Modify/Show Rebar...]

[OK] [Cancel]

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

P-M2-M3 Design (Column) M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: A815G60

Confinement Bars (Ties): A815G60

Reinforcement Configuration

Rectangular Circular

Confinement Bars

Ties Spirals

Check/Design

Reinforcement to be Checked Reinforcement to be Designed

Longitudinal Bars

Clear Cover for Confinement Bars: 0.04 m

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 3

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 5

Longitudinal Bar Size and Area: 3/8" 0.00007 m²

Corner Bar Size and Area: 3/8" 0.00007 m²

Confinement Bars

Confinement Bar Size and Area: 3/8" 0.00007 m²

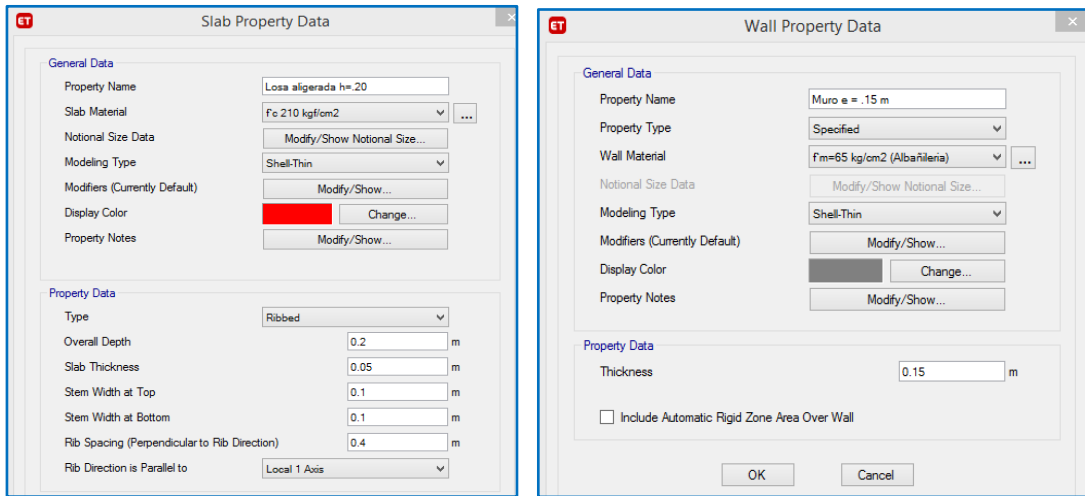
Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 0.15 m

Number of Confinement Bars in 3-dir: 3

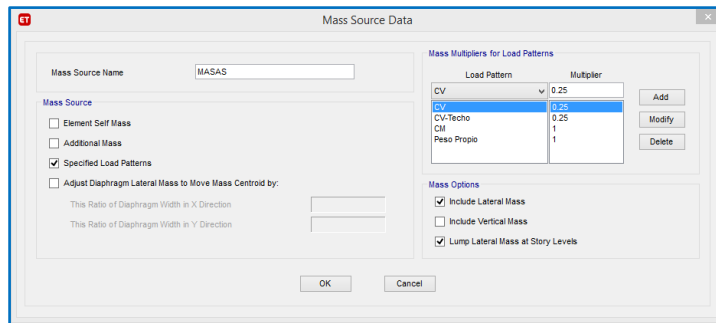
Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

[OK] [Cancel]

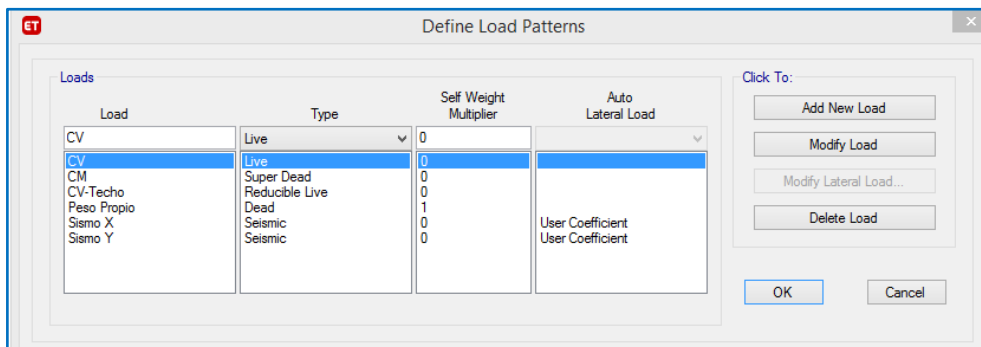
Fuente. - Definición de sección y de varillas de acero – ETABS V 18.0.2



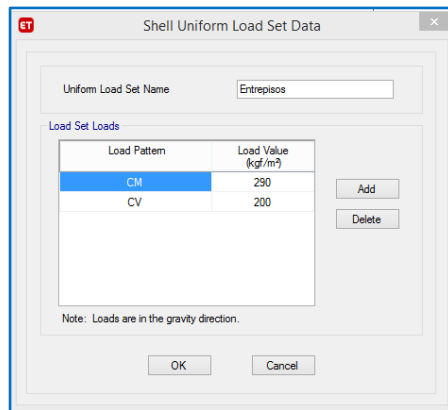
Fuente. - Propiedades de muros y losas – ETABS V 18.0.2



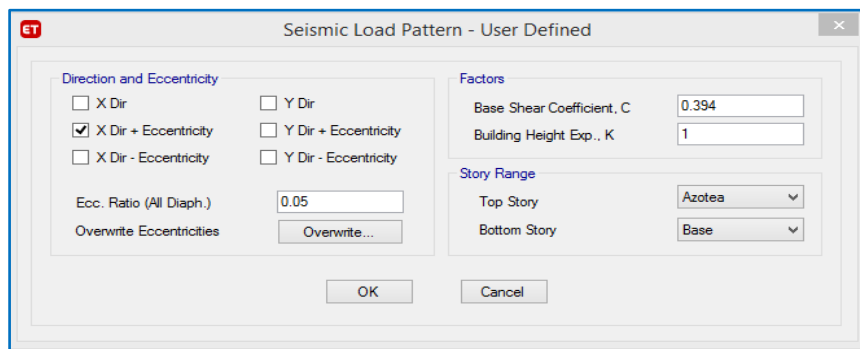
Fuente. – Definición de peso sísmico – ETABS V 18.0.2



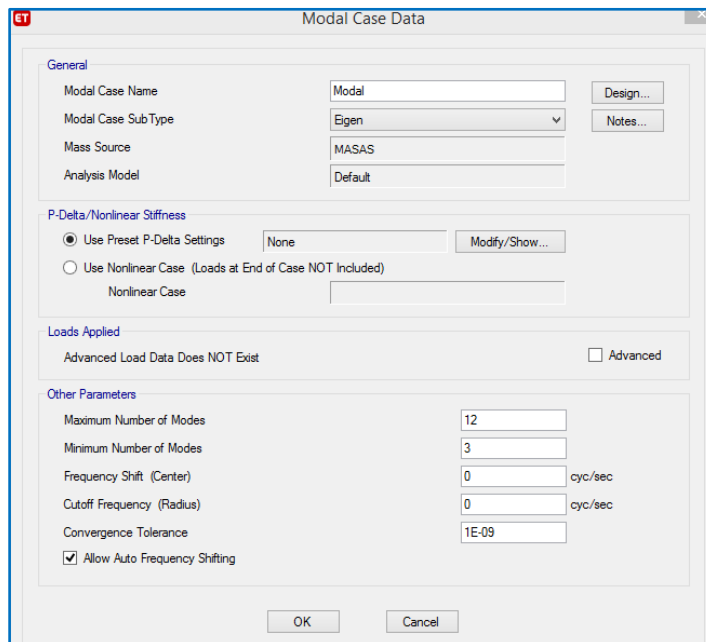
Fuente. – *Definición de Cargas – ETABS V 18.0.2*



Fuente. – *Definición de carga de entrepisos – ETABS V 18.0.2*



Fuente. – *Definición de Sismo Estático – ETABS V 18.0.2*



Fuente. – Definición de Sismo Dinámico – ETABS V 18.0.2

Fuente. –Aceleración Espectral– ETABS V 18.0.2

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.306	0.5112	0.043	0	0.5112	0.043	0	0.0232
Modal	2	0.173	0.2178	0.3957	0	0.7291	0.4386	0	0.1377
Modal	3	0.13	0.042	0.3561	0	0.7711	0.7947	0	0.0644
Modal	4	0.122	0.0421	0.0038	0	0.8132	0.7985	0	0.0006
Modal	5	0.085	0.0631	0.0276	0	0.8763	0.8261	0	0.0282
Modal	6	0.057	0.0455	0.0633	0	0.9218	0.8894	0	0.301
Modal	7	0.052	0.0007	0.0052	0	0.9225	0.8947	0	0.0214
Modal	8	0.048	0.0037	0.0069	0	0.9262	0.9015	0	0.0293
Modal	9	0.046	0.0002	0.0005	0	0.9265	0.9021	0	0.002
Modal	10	0.045	0.0001	0.0001	0	0.9265	0.9022	0	0.0001
Modal	11	0.045	4.207E-05	0.0006	0	0.9266	0.9028	0	0.0011
Modal	12	0.044	0.0261	0.0082	0	0.9527	0.9109	0	0.0518

Fuente. — Masas participativas y periodos de vibración

Diaphragm Max Over Avg Drifts								
File Edit Format-Filter-Sort Select Options								
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Diaphragm Max Over Avg Drifts								
Filter: ([Output Case] = 'SDX') AND ([Item] = 'Diaph D1 X')								
	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Step Label	Item	Max Drift
▶	Story5	SDX	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	0.003464
	Story4	SDX	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	0.002147
	Story3	SDX	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	0.002627
	Story2	SDX	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	0.002716
	Story1	SDX	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	0.002058

Fuente. —Desplazamientos en la Dirección XX

Diaphragm Max Over Avg Drifts								
File Edit Format-Filter-Sort Select Options								
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Diaphragm Max Over Avg Drifts								
Filter: ([Output Case] = 'SDY') AND ([Item] = 'Diaph D1 Y')								
	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Step Label	Item	Max Drift
▶	Story5	SDY	LinRespSpec	Max			Diaph D1 Y	0.000489
	Story4	SDY	LinRespSpec	Max			Diaph D1 Y	0.000549
	Story3	SDY	LinRespSpec	Max			Diaph D1 Y	0.000631
	Story2	SDY	LinRespSpec	Max			Diaph D1 Y	0.00062
	Story1	SDY	LinRespSpec	Max			Diaph D1 Y	0.00047

11. VALIDACION DEL MODELO ESTRUCTURAL

Periodo de vibración lateral: T

Dirección XX: $T_x = 0,306$ segundos

Dirección YY: $T_y = 0,173$ segundos

Periodo de vibración del suelo $T_p = 0,60$ segundos

Por los resultados, no se producirá resonancia.

Desplazamientos y distorsión máxima.

Según la norma E.030, tenemos:

Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

Artículo 31.- Determinación de Desplazamientos Laterales

31.1. Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0,85 R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Nuestra edificación es del tipo irregular, por lo tanto, sus desplazamientos elásticos se multiplicarán por 0,85R siendo R=2.7.

Verificación en la dirección XX:

Pisos	ETABS		ROBOT		NORMA	Verificación
	EQ-XX	Δ -XX	EQ-XX	Δ -XX	Δ -E030	
piso 4	0.00138	0.0030	0.001125	0.0030	0.005	Cumple
piso 3	0.001689	0.0040	0.0013714	0.0035	0.005	Cumple
piso 2	0.001746	0.0040	0.00145	0.0035	0.005	Cumple
Piso 1	0.001323	0.0030	0.001225	0.0030	0.005	Cumple

Fuente: Elaboración propia

La máxima distorsión de entrepiso 0,003 es menor a la máxima permisible 0,0050 por lo tanto la rigidez del sistema es adecuada.

Verificación en la dirección YY:

Pisos	ETABS		ROBOT		NORMA	Verificación
	EQ-YY	Δ -YY	EQ-YY	Δ -YY	Δ -E030	
piso 4	0.000446	0.001	0.0002393	0.0005	0.005	Cumple
piso 3	0.00053	0.0012	0.0002893	0.0007	0.005	Cumple
piso 2	0.000545	0.0013	0.0003036	0.0007	0.005	Cumple
Piso 1	0.000439	0.001	0.00023	0.0005	0.005	Cumple

Fuente: Elaboración propia

La máxima distorsión de entrepiso 0,0013 es menor a la máxima permisible 0,0050 por lo tanto la rigidez del sistema es adecuada.

Cortante Mínimo.

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 según el artículo 25 para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

Dirección XX:

$$V \text{ dinámico} = 139.02 \text{ tonf}$$

$$V \text{ estático} = 240.31 \text{ tonf}$$

$$90\% V \text{ estático} = 216.279 \text{ tonf}$$

$V \text{ din} > 90\% V \text{ est}$ es incorrecto por ello se debe escalar

$$\text{Factor} = 90\% V \text{ estático} / V \text{ dinámico}$$

$$F. S = 1.55$$

Dirección YY:

$$V \text{ dinámico} = 137.41 \text{ tonf}$$

$$V \text{ estático} = 240.31 \text{ tonf}$$

$$90\% V \text{ estático} = 216.279 \text{ tonf}$$

$V \text{ din} > 90\% V \text{ est}$ es incorrecto por ello se debe escalar

$$\text{Factor} = 90\% V \text{ estático} / V \text{ dinámico}$$

$$F.S = 1.57$$

ANÁLISIS ESTÁTICO - X			
Z =	0.45	UBICACIÓN	LIMA Z4
U =	1.00	USO	Edif.Comun C
S =	1.05	FALTA DE SUELO-TIPO S2	
TP =	0.60	PERIODOS DEL SUELO	EMS
TL =	2.00		
Rx =	2.70	COEF. REDUCCION	Dual
CT =	45.00	COEF.DE PERIODO FUNDAMENTAL	
hn =	14.00	ALTURA EDIFICACION	
Tx =	0.306	PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA	
Kx =	1.000		
C <= 2.50	C=2.50	Factor de Amplificación Sísmica	
	OK		
C/R >= 0.125	C/R=0.93	OK	$V = Z \cdot U \cdot S \cdot \left(\frac{C}{R}\right) \cdot S^* \cdot P_{eso}$
Coeficiente:	0.438	etabs	
Vx =	240.31 Ton	CORTE EN LA BASE	
80% * Vx =	192.25 Ton	Est.Regular	
90% * Vx =	216.28 Ton	Est.Irregular	
			$t < 0.5 \text{seg} \rightarrow k = 1$
			$F_i = V \frac{P_i h_i}{\sum P_i h_i}$

Fuente. – Análisis estático de fuerzas equivalentes

	hPISO	P (Ton)	P* hACUM	hACUM/Sum	%*V (Fza Inerc)	Mto
5° PISO	2.80	19.67	278.20	7.09 %	17.03 Ton	2.55 Ton-m
4° PISO	2.80	121.99	1366.24	34.80 %	83.63 Ton	12.54 Ton-m
3° PISO	2.80	135.81	1140.78	29.06 %	69.83 Ton	10.47 Ton-m
2° PISO	2.80	135.81	760.52	19.37 %	46.55 Ton	6.98 Ton-m
1° PISO	2.80	135.81	380.26	9.69 %	23.28 Ton	3.49 Ton-m
	14.00	Sum=549.28	Sum=3926			

Fuente. – Fuerzas cortantes por entrepisos

Z: Factor de zona	0.45	$T < T_p$ $C = 2,5$ $V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$ $F_i = \alpha_i \cdot V$ $T_p < T < T_L$ $C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$ $\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$ $T > T_L$ $C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$ $\frac{C}{R} \geq 0,11$			
U: Factor de uso o importancia	1				
S: Factor de amplificación del suelo	1.05				
TP: Periodo que define la plataforma del factor C(s)	0.6				
TL: Periodo que define el inicio de la zona del factor C(s)	2				
Tx=	3.06	a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: k = 1,0. b) Para T mayor que 0,5 segundos: k = (0,75 + 0,5 T) ≤ 2,0.			
DIRECCIÓN XX	Tx: Periodo natural de la edificación X (s)	0.306	DIRECCIÓN YY	Tx: Periodo natural de la edificación Y (s)	0.173
	Cx: Factor de amplificación sísmica en X	2.5		Cx: Factor de amplificación sísmica en Y	2.5
	Rx: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	3		Rx: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	3
	Iax: irregularidad en altura final	1		Iax: irregularidad en altura final	1
	Iax: irregularidad en planta final	0.9		Iax: irregularidad en planta final	0.9
	Rx: Coeficiente de reducción sísmico en X	2.7		Rx: Coeficiente de reducción sísmico en Y	2.7
	Edificación irregular	90%		Edificación irregular	90%
	Fuerza cortante estática (tonf)	240.31		Fuerza cortante estática (tonf)	240.31
Fuerza cortante dinámica (tonf)	139.02	Fuerza cortante dinámica (tonf)	137.4139		
		CORTANTE DE DISEÑO (tonf)	216.279		
		Fuerza cortante dinámica (tonf)	139.02		
		FACTOR DE ESCALAMIENTO X-X	1.5557402		
				FACTOR DE ESCALAMIENTO Y-Y	1.5739237

Fuente. – Cortante estático, dinámico y factor de escalamiento

Número de Pisos, $N =$	4	
Factor de Zona, $Z =$	0.45	Zona 4-Lima
Factor de Uso, $U =$	1.00	Vivienda C
Factor de Suelo, $S =$	1.05	S2
Área típica del piso, $A_p =$	122.4	m ²
Albañilería Industrial $f'm =$	65	kg/cm ²
$v'm =$	8.1	

$E_c =$	217371
$E_m =$	32500
$n =$	6.68833
$e_q =$	0.86948 1.5383
$e_{radrill} =$	0.13 0.23

Dirección X			
Muro	Longitud (m)	Espesor (m)	$L \times t$ (m ²)
1X	5.466	0.23	1.2572
2X	3.751	0.23	0.8627
3X	2.100	0.23	0.4830
4X	3.748	0.23	0.8620
5X	0.750	1.53832	1.1537
6X			
7X			
8X			

Dirección Y			
Muro	Longitud (m)	Espesor (m)	$L \times t$ (m ²)
1Y	8.150	0.13	1.0595
2Y	3.400	0.23	0.7820
3Y	2.650	0.23	0.6095
4Y	3.750	0.13	0.4875
5Y	18.650	0.13	2.4245
6Y			
7Y			
8Y			
9Y			
10Y			

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

$\sum L \cdot t = 4.6187$
 $Z \cdot U \cdot S \cdot N = 1.8900$
 $\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = 0.03773$
 $\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = 0.03375$
 Cumple

$\sum L \cdot t = 5.3630$
 $Z \cdot U \cdot S \cdot N = 1.8900$
 $\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = 0.04382$
 $\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = 0.03375$
 Cumple

DENSIDAD DE MUROS

Fuente. – Verificación de densidad de muros

11. DISEÑO DE LOS CONFINAMIENTOS

PRIMER PISO							
Diseño por Cargas Verticales							
Muro	L (m)	t (m)	Pm (Kg)	σ_m (Kg/cm ²)	$0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (Kg/cm ²)	Observación	
1X	5.4660	0.23	30706.89	2.44252	11.42722117	Revisar	
2X	3.7510	0.23	38727.27	4.48892	11.42722117	Revisar	
3X	2.1000	0.23	28139.82	5.82605	11.42722117	Revisar	
4X	3.7480	0.23	39594.38	4.5931	11.42722117	Revisar	
5X	0.7500	1.538315378	52374.41	4.53955	12.96484132	Revisar	
1Y	8.1500	0.13	38428.89	3.62708	8.076923077	Muro Correcto	
2Y	3.4000	0.23	34229.39	4.37716	11.42722117	Revisar	
3Y	2.6500	0.23	14638.04	2.40165	11.42722117	Revisar	
4Y	3.7500	0.13	24138.84	4.95156	8.076923077	Muro Correcto	
5Y	18.6500	0.13	73095.66	3.01488	8.076923077	Muro Correcto	
$f'm = 65 \text{ Kg/cm}^2$			Resistencia al corte en Dirección X del Edificio, $\Sigma V_{mx} = 221344.6275 \text{ Kg}$				
$0.15f'm = 9.75 \text{ Kg/cm}^2$			Resistencia al Corte en Dirección Y del Edificio, $\Sigma V_{my} = 255971.3626 \text{ Kg}$				
$0.05f'm = 3.25 \text{ Kg/cm}^2$			Cortante por Sismo Severo en Dirección X, $V_{E'X} = 216280.36 \text{ Kg}$				
$h = 2.8 \text{ m}$			Cortante por Sismo Severo en Dirección Y, $V_{E'Y} = 216280.13 \text{ Kg}$				
$v'm = 8.1 \text{ Kg/cm}^2$							

Fuente. – Diseño por cargas verticales

Diseño por Fisuración-SISMO MODERADO													
Muro	Pg (Kg)	Ve-X (Kg)	Me-X (Kg-m)	Ve-Y (Kg)	Me-Y (Kg-m)	Ve (Kg)	Me (m)	$\frac{V_e L}{M_e}$ (Kg)	α	V_m (Kg)	$V_e \leq 0.55V_m$		
1X	28532.12	20277.15	42899.41	1153.88	821.71	20277.2	42899.41	2.584	1.000	57478.1776	No Fisurado		
2X	34368.92	11479.64	31295.04	256.59	410.18	11479.6	31295.04	1.376	1.000	42845.4166	No Fisurado		
3X	24348.45	7080.4	14953.56	529.08	360.82	7080.4	14953.56	0.994	0.994	25050.81703	No Fisurado		
4X	35431.52	44821.39	53012.02	710.49	591.1	44821.4	53012.02	3.169	1.000	43061.8696	Fisurado		
5X	47167.85	21431.6	17857.1	1595.77	1041.11	21431.6	17857.1	0.900	0.900	52908.34667	No Fisurado		
1Y	36057.04	871.42	1177.38	26720.31	99882.46	26720.3	99882.46	2.180	1.000	51202.8692	No Fisurado		
2Y	30864.52	1608.15	1738.32	10568.41	18262.59	10568.4	18262.59	1.968	1.000	38769.8396	No Fisurado		
3Y	13709.25	741.59	437.06	5542.36	9602.24	5542.36	9602.24	1.530	1.000	27837.8775	No Fisurado		
4Y	21330.37	747.2	454.42	8782.43	8541.44	8782.43	8541.44	3.856	1.000	24649.7351	No Fisurado		
5Y	66603.44	1220.9	1571.86	56335.3	213732.36	56335.3	213732.36	4.916	1.000	113511.0412	No Fisurado		

Fuente. – Diseño por Fisuración frente a sismo moderado

Diseño por Resistencia					Necesidad de Reforzar Horizontalmente					
Muro	VEi - X (Kg)	VEi - Y (Kg)	VEi (Kg)	$V_m \geq V_{Ei}$	Muro	$\frac{V_{m1}}{V_{e1}}$	$2 \leq \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \leq 3$	V_u (Kg)	M_u (Kg-m)	Condición
1X	40554.03	57306.09	57306.09	Resistente	1X	2.834628022	2.834628022	57478.1776	121603.8697	No Reforzar
2X	22959.12	19945.81	22959.12	Resistente	2X	3.732296187	3	34438.92	93885.12	Reforzar
3X	14160.7	6306.62	14160.7	Resistente	3X	3.538051103	3	21241.2	44860.68	Reforzar
4X	89642.19	34989.82	89642.19	Frágil	4X	0.960743734	2	89642.78	106024.04	Reforzar
5X	42862.93	14821.22	42862.93	Resistente	5X	2.468707267	2.468707267	52908.34667	44083.95254	Reforzar
1Y	89979.17	53439.93	89979.17	Frágil	1Y	1.916252813	2	53440.62	199764.92	Reforzar
2Y	23179.67	21136.54	23179.67	Resistente	2Y	3.668464755	3	31705.23	54787.77	Reforzar
3Y	6065.9	11084.58	11084.58	Resistente	3Y	5.022747981	3	16627.08	28806.72	No Reforzar
4Y	13361.27	17564.63	17564.63	Resistente	4Y	2.806710113	2.806710113	24649.7351	23973.34603	Reforzar
5Y	65666.9	112669.13	112669.13	Resistente	5Y	2.014918554	2.014918554	113511.0412	430653.2977	No Reforzar

Fuente. – Diseño por resistencia y refuerzo horizontal

Diseño de Columnas de Confinamiento Extrema															
Muro	M (Kg-m)	F (Kg)	Número de Columnas Nc	Long. Paño Mayor, Lm (m)	0.5 L (m)	Pc (Kg)	δ	As (cm ²)	Arreglo	Vc (Kg)	T (Kg)	C (Kg)	An (cm ²)	Acf (cm ²)	D (cm)
1X	41134.4	7525.507	3	3.5	2.733	9510.707	1	3.02	6ø8mm	13802	1985.2	17036.21	68.4	386.6	20
2X	33901.5	9038	2	-	1.8755	17184.46	0.8	3.02	6ø8mm	10711	8146.5	26222.46	176.6	345.0	15
3X	9789.54	4661.684	2	-	1.05	12174.23	1	3.02	6ø8mm	6262.7	7512.5	16835.91	66.8	345.0	15
4X	45737.4	12203.15	2	-	1.874	17715.76	1	3.02	6ø8mm	10765	5512.6	29918.91	171.5	345.0	15
5X	-29988	-39983.6	2	-	0.375	23583.93	1	3.02	6ø8mm	13227	63568	16399.72	63.3	2307.5	15
1Y	128081	15715.45	3	4.4	4.075	12019.01	1	3.02	6ø8mm	10366	3696.4	27734.46	154.0	290.4	25
2Y	509.995	149.9984	2	-	1.7	15432.26	0.8	3.02	6ø8mm	9692.5	15282	15582.26	70.2	345.0	15
3Y	-10166	-3836.34	2	-	1.325	6854.625	1	3.02	6ø8mm	6959.5	10691	3018.282	-43.8	345.0	15
4Y	-10536	-2809.68	2	-	1.875	10665.19	1	3.02	6ø8mm	6162.4	13475	7855.51	-5.1	195.0	15
5Y	271738	14570.39	6	4.4	9.325	11100.57	1	3.02	6ø8mm	12162	3469.8	25670.97	137.5	340.7	30

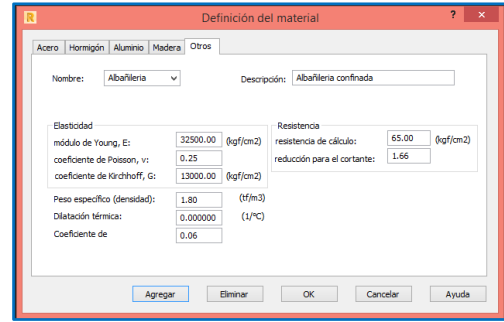
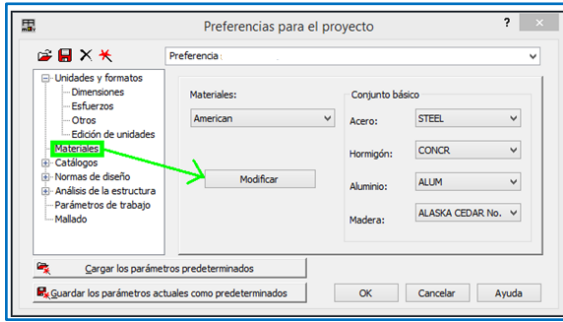
Fuente. – Diseño de las columnas de confinamiento

Diseño de Estribos y Refuerzo Longitudinal								Diseño de Vigas Soleras			
Muro	Ac (cm ²)	An (cm ²)	Asf (cm ²)	Ast (cm ²)	As-requerida (cm ²)	Arreglo	As-existente (cm ²)	Muro	Ts (Kg)	As-requerida (cm ²)	Arreglo
1X	550	460	4.11	0.56	4.66	4ø1/2"	5.16	1X	28739	7.60	4 φ 5/8"
2X	425	345	3.19	2.28	5.47	4ø1/2"+1ø3/8"	5.87	2X	21423	5.67	2 φ 1/2" + 2 φ 5/8"
3X	425	345	1.86	2.10	3.97	4ø1/2"	5.16	3X	12525	3.31	4 φ 1/2"
4X	425	345	3.20	1.54	4.75	4ø1/2"	5.16	4X	21531	5.70	2 φ 1/2" + 2 φ 5/8"
5X	2649	2307	3.94	17.81	21.74	4ø1/2"	5.16	5X	26454	7.00	4 φ 5/8"
1Y	405	325	3.09	1.04	4.12	4ø1/2"	5.16	1Y	25601	6.77	4 φ 5/8"
2Y	425	345	2.88	4.28	7.17	4ø1/2"+3ø3/8"	7.29	2Y	19385	5.13	2 φ 1/2" + 2 φ 5/8"
3Y	425	345	2.07	2.99	5.07	4ø1/2"	5.16	3Y	13919	3.68	4 φ 1/2"
4Y	255	195	1.83	3.77	5.61	4ø1/2"+1ø3/8"	5.87	4Y	12325	3.26	4 φ 1/2"
5Y	480	390	3.62	0.97	4.59	4ø1/2"	5.16	5Y	56756	15.01	4 φ 5/8" + 6 φ 1/2"

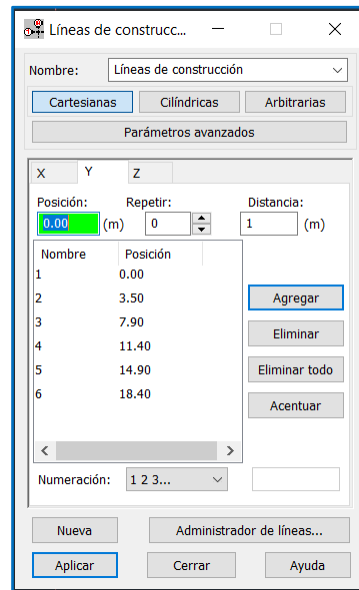
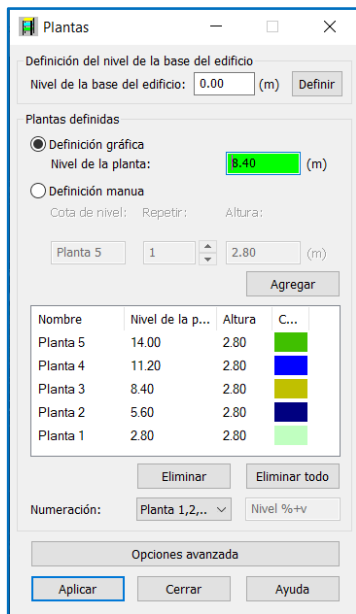
Fuente. – Diseño de estribos y Vigas Soleras

ANEXOS

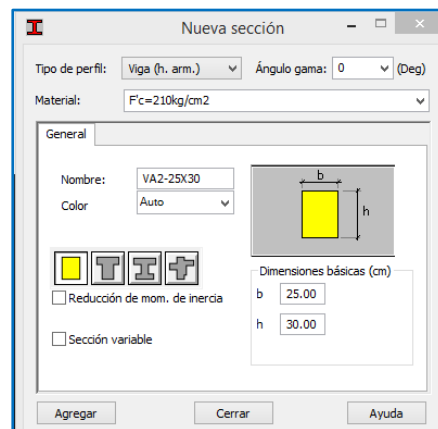
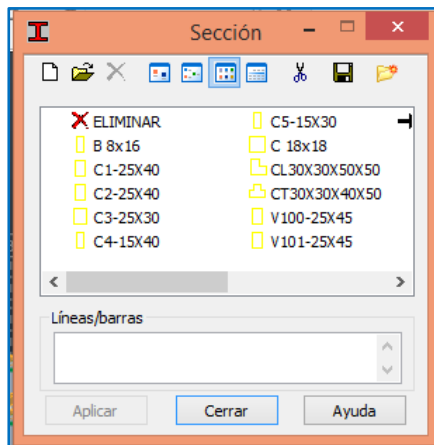
4. MODELAMIENTO ESTRUCTURAL ROBOT – METODOLOGÍA BIM



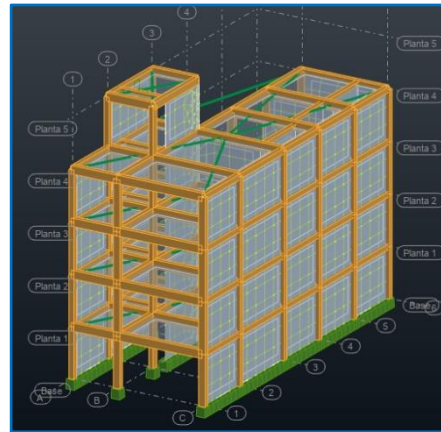
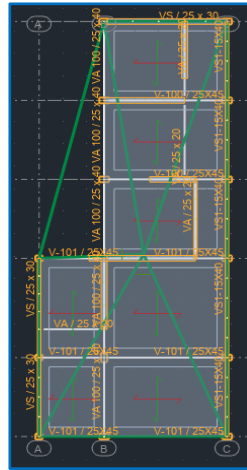
Fuente. —Definición de Materiales – ROBOT STRUCTURAL 2021



Fuente. —Creación de plantas y rejillas



Fuente. —Creación de Secciones



Fuente. – Vista en planta y 3D

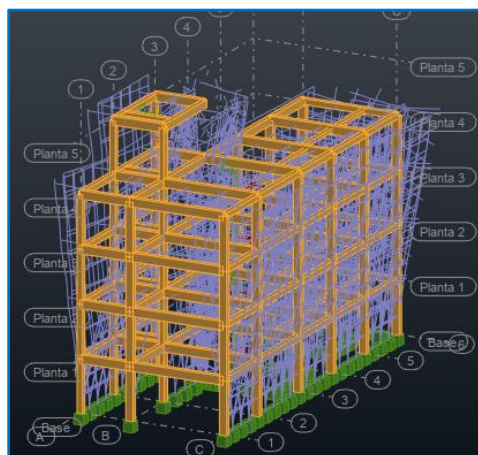
Caso/Modo	Frecuencia (Hz)	Periodo (sec)	. UX (%)	. UY (%)	. UZ (%)	Masas corr. UX (%)	Masas corr. UY (%)	Masas corr. UZ (%)	Total masas UX (t)	Total masas UY (t)	Total masas UZ (t)
4/ 1	3.245	0.308	53.624	3.256	0.0	53.624	3.256	0.0	586.78	586.78	0.0
4/ 2	5.707	0.175	73.677	42.495	0.0	20.053	39.239	0.0	586.78	586.78	0.0
4/ 3	7.357	0.136	77.597	80.061	0.0	3.919	37.566	0.0	586.78	586.78	0.0
4/ 4	8.661	0.115	82.978	81.063	0.0	5.382	1.002	0.0	586.78	586.78	0.0
4/ 5	11.833	0.085	88.738	82.799	0.0	5.760	1.736	0.0	586.78	586.78	0.0
4/ 6	17.574	0.057	92.962	89.919	0.0	4.224	7.121	0.0	586.78	586.78	0.0
4/ 7	19.346	0.052	93.170	90.356	0.0	0.208	0.436	0.0	586.78	586.78	0.0
4/ 8	21.710	0.046	95.398	92.743	0.0	2.228	2.387	0.0	586.78	586.78	0.0
4/ 9	22.598	0.044	95.440	92.779	0.0	0.042	0.036	0.0	586.78	586.78	0.0
4/ 10	22.715	0.044	95.965	93.354	0.0	0.424	0.575	0.0	586.78	586.78	0.0
4/ 11	23.396	0.043	95.910	93.812	0.0	0.046	0.458	0.0	586.78	586.78	0.0
4/ 12	23.983	0.042	96.097	93.880	0.0	0.187	0.067	0.0	586.78	586.78	0.0

Fuente. – Modos y periodos de Vibración

Caso/Planta	UX (cm)	UY (cm)	dr UX (cm)	dr UY (cm)	d UX	d UY	Max UX (cm)	Max UY (cm)	Min UX (cm)	Min UY (cm)
13/ 1	0.075	0.069	0.075	0.069	0.000	0.000	0.111	0.078	0.061	0.060
13/ 2	0.170	0.148	0.094	0.079	0.000	0.000	0.238	0.180	0.141	0.126
13/ 3	0.260	0.222	0.090	0.073	0.000	0.000	0.370	0.283	0.217	0.182
13/ 4	0.334	0.278	0.075	0.056	0.000	0.000	0.478	0.371	0.278	0.220
13/ 5	0.387	0.409	0.053	0.131	0.000	0.000	0.449	0.443	0.355	0.353

Caso/Planta	UX (cm)	UY (cm)	dr UX (cm)	dr UY (cm)	d UX	d UY	Max UX (cm)	Max UY (cm)	Min UX (cm)	Min UY (cm)
12/ 1	0.199	0.067	0.199	0.067	0.001	0.000	0.377	0.142	0.063	0.032
12/ 2	0.462	0.154	0.264	0.087	0.001	0.000	0.868	0.332	0.148	0.066
12/ 3	0.716	0.239	0.254	0.085	0.001	0.000	1.337	0.522	0.235	0.096
12/ 4	0.919	0.307	0.203	0.069	0.001	0.000	1.715	0.682	0.308	0.118
12/ 5	1.513	0.660	0.593	0.352	0.002	0.001	1.782	0.824	1.302	0.519

Fuente. – Desplazamientos Relativos



Fuente. – Posibles Deformaciones

ANEXOS

5. MASTER PLAN BIM - VIVIENDA MULTIFAMILIAR

Descripción del Proyecto

Proyecto: Vivienda Multifamiliar

Código del proyecto: VM-0221

Fecha: 07/03/2021

Ubicación: Comas – Lima

Encargados: Fernandez Abelardo, Kely; Sandoval Utus, Steven

Especialidades:

Especialidades	Código	Código Modelo
Arquitectura	AR	AR-VM-0221
Estructuras	ES	ES-VM-0221

Coordinación:

Programas	Archivo
Revit	Coordinación
Navisworks	Coordinación Vivienda Multifamiliar
Robot	Análisis Estructural
Arquimedes	Generación de Presupuesto

El presente proyecto está ubicado la Mz. "R1" Lte. "29" Urb. EL PARRAL-COMAS. | Cuenta con un área construida total de 489.60 m2.

Cuadro de Área Construida		
Nivel	Perímetro (m)	Área (m2)
01. Primer piso + 0.00m	53	122.4
02. Segundo piso + 4.05m	53	122.4
02. Tercer piso + 6.85m	53	122.4
04. Cuarto piso + 9.65m	53	122.4
Total general		489.6

Tiene 4 niveles + Azotea:

Primer Nivel: Servicios Higiénicos + Estacionamiento

Segundo Nivel: Dormitorio +SS.HH +Sala + comedor + Cocina

Tercer Nivel: Dormitorio + SS. HH + Sala + comedor + Cocina

Cuarto Nivel: Dormitorio+ SS. HH + Sala + comedor + Cocina

La definición de vivienda multifamiliar radica en una construcción vertical u horizontal, dividida en varias unidades de viviendas integradas que comparten el terreno como bien común.

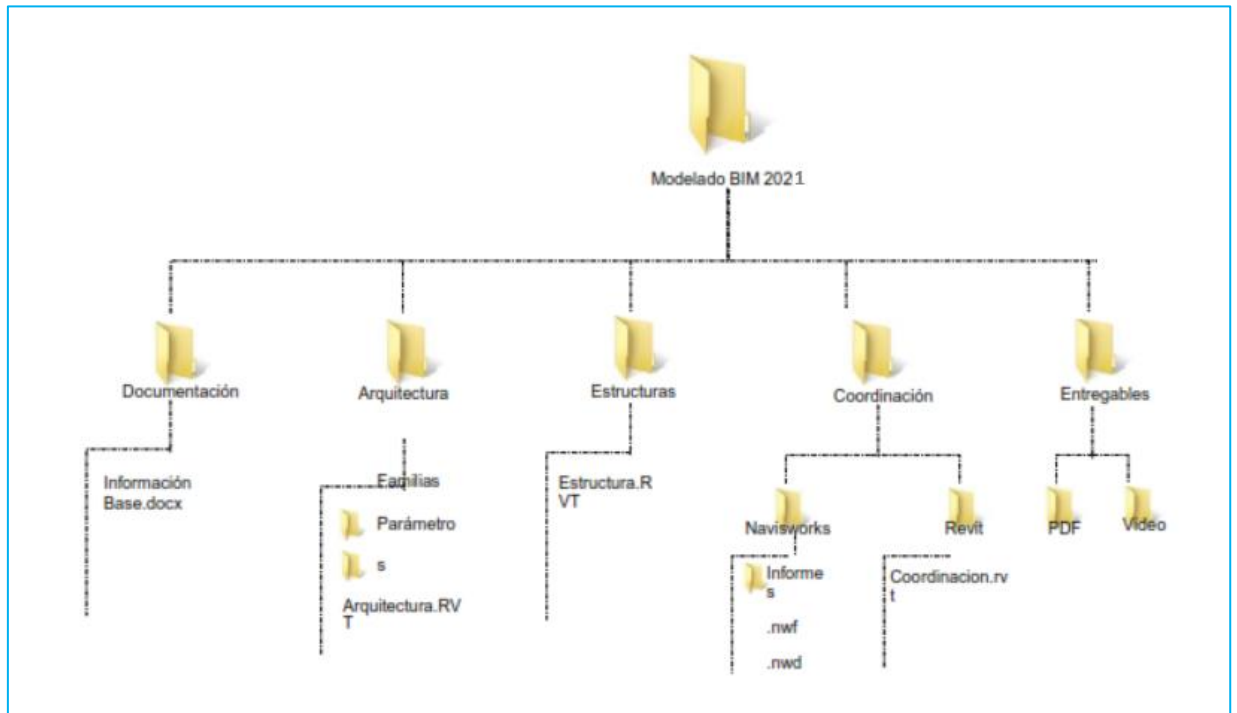
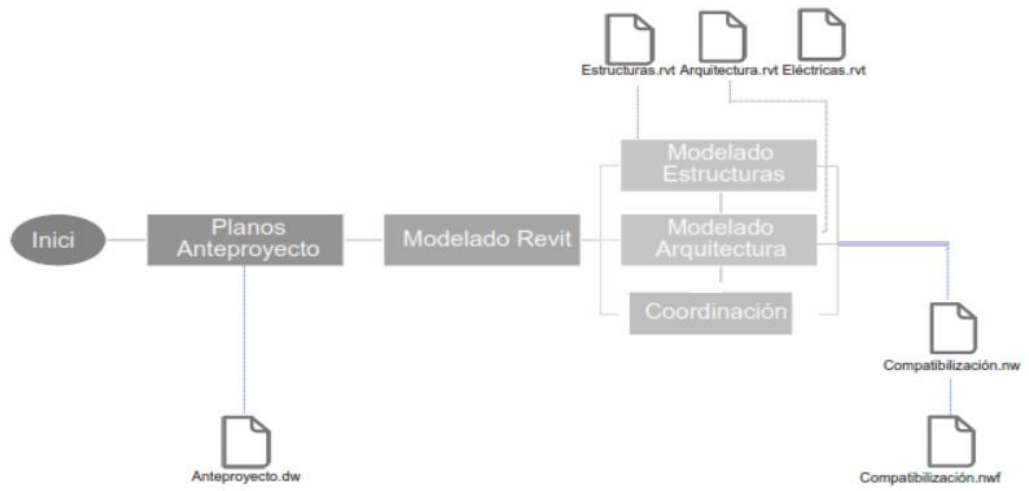


Figura 1.- Fachada Vivienda Multifamiliar

SISTEMA ESTRUCTURAL:

El sistema estructural usado en la Vivienda multifamiliar es Albañilería Confinada. La cimentación tiene zapatas conectadas por vigas de cimentación con un hormigón de 210kg/cm^3 . Los pilares estructurales tienen un refuerzo de hormigón de 210kg/cm^3 . El sistema usado en las losas es de viguetas unidireccionales.

**PLAN DE EJECUCIÓN BIM
(BEP)**

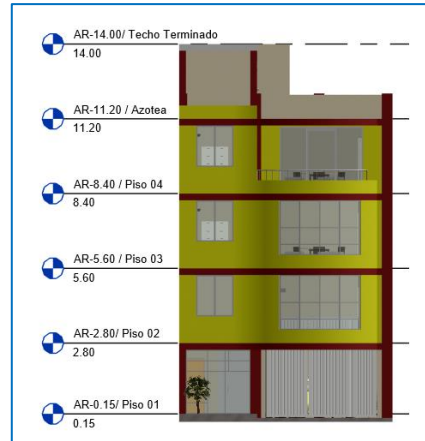


ANEXOS

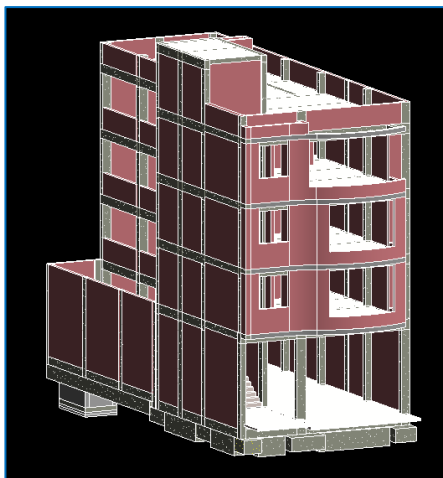
6. EXTRACCIÓN DE METRADOS APARTIR DEL MODELO ESTRUCTURAL



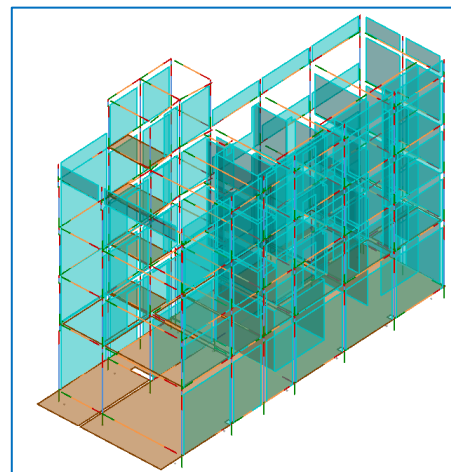
Fuente. –*Isométrico de Arquitectura*



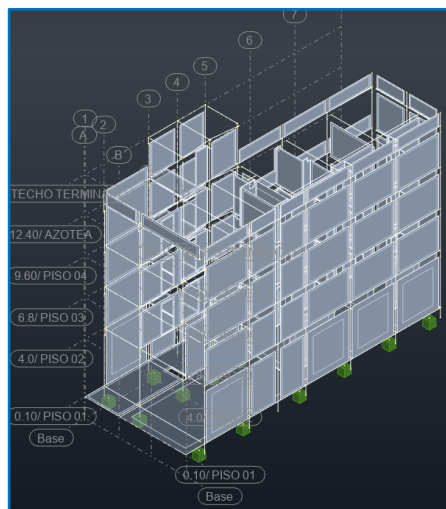
Fuente. – *Fachada de Arquitectura*



Fuente. –*Modelo Estructural- Revit 2021*



Fuente. – *Modelo Analítico Revit 2021*



Fuente. –*Modelo estructural - Robot Structural 2021*

//Encofrado de cimientos corridos				
A	B	C	D	E
Marca de tipo	Material: Nombre	Recuento	Material: Como pint	Material: Área
CC // 1-1	Encofrado cemento	1	Si	29.99 m²
CC // 2-2	Encofrado cemento	1	Si	2.36 m²
CC // 3-3	Encofrado cemento	1	Si	2.92 m²
CC // 4-4	Encofrado cemento	3	Si	24.30 m²
CC // 5-5	Encofrado cemento	1	Si	13.88 m²
Total general: 7				73.44 m²

Fuente. – Encofrado en cimientos corridos- Revit – 2021

// Concreto falso piso		
A	B	C
Marca de tipo	Tipo	Área
Falso piso	Falso piso 10cm	115.19 m²
Falso piso	Falso piso 10cm	19.20 m²
Total general: 2		134.39 m²

Fuente. – Concreto en falso piso- Revit – 2021

// Solados de zapatas					
A	B	C	D	E	F
Marca de tipo	Tipo	Anchura	Longitud	Recuento	Solado
Z-0	Z-0/ 0.90x1.35x0.60m	0.90	1.35	1	1.22 m²
Z-1	Z-1/ 1.50x1.50x0.60	1.50	1.50	3	6.75 m²
Z-2	Z-2/ 1.45 x1.45x0.60	1.45	1.45	1	2.10 m²
Z-3	Z-3/ 1.60 x1.60x0.60	1.60	1.60	2	5.12 m²
Z-4	Z-4/ 1.0 x1.40x0.60m	1.00	1.40	2	2.80 m²
Z-5	Z-5/ 0.90x1.20x0.60m	0.90	1.20	1	1.08 m²
Z-6	Z-6/ 1.10x1.60x0.60m	1.10	1.60	2	3.52 m²
Z-7	Z-7/ 1.10 x1.80x0.60	1.10	1.80	2	3.96 m²
Z-8	Z-8/ 1.0 x1.50x0.60m	1.00	1.50	1	1.50 m²
Z-9	Z-9/ 0.80 x1.00x0.60	0.80	1.00	1	0.80 m²
Total general: 16					28.85 m²

Fuente. – Solado en Zapatas- Revit – 2021

// Concreto en zapatas				
A	B	C	D	E
Marca de ti	Familia	Tipo	Recuento	Volumen
Z-0	M_Zapata-Rectangu	Z-0/ 0.90X1.35X0.60m	1	0.73 m³
Z-1	M_Zapata-Rectangu	Z-1/ 1.50X1.50X0.60	3	4.05 m³
Z-2	M_Zapata-Rectangu	Z-2/ 1.45 x1.45x0.60m	1	1.26 m³
Z-3	M_Zapata-Rectangu	Z-3/ 1.60 x1.60x0.60m	2	3.07 m³
Z-4	M_Zapata-Rectangu	Z-4/ 1.0 x1.40x0.60m	2	1.68 m³
Z-5	M_Zapata-Rectangu	Z-5/ 0.90X1.20X0.60m	1	0.65 m³
Z-6	M_Zapata-Rectangu	Z-6/ 1.10X1.60X0.60m	2	2.11 m³
Z-7	M_Zapata-Rectangu	Z-7/ 1.10 x1.80x0.60m	2	2.38 m³
Z-8	M_Zapata-Rectangu	Z-8/ 1.0 x1.50x0.60m	1	0.90 m³
Z-9	M_Zapata-Rectangu	Z-9/ 0.80 x1.00x0.60m	1	0.48 m³
Total general: 16			16	17.31 m³

Fuente. – Concreto en Zapatas- Revit – 2021

// Encofrado de Zapatas		
A	B	C
Marca de tipo	Tipo	Encofrado de cimentación
Z-0	Z-0/ 0.90x1.35x0.60m	2.70 m ²
Z-1	Z-1/ 1.50x1.50x0.60	10.80 m ²
Z-2	Z-2/ 1.45 x1.45x0.60m	3.48 m ²
Z-3	Z-3/ 1.60 x1.60x0.60m	7.68 m ²
Z-4	Z-4/ 1.0 x1.40x0.60m	5.76 m ²
Z-5	Z-5/ 0.90x1.20x0.60m	2.52 m ²
Z-6	Z-6/ 1.10x1.60x0.60m	6.48 m ²
Z-7	Z-7/ 1.10 x1.80x0.60m	6.96 m ²
Z-8	Z-8/ 1.0 x1.50x0.60m	3.00 m ²
Z-9	Z-9/ 0.80 x1.00x0.60m	2.16 m ²
Total general: 16		51.54 m ²

Fuente. – *Encofrado de Zapatas- Revit – 2021*

// Acero en zapatas				
A	B	C	D	E
Marca de anfitrión	Tipo	Longitud total de b	Peso nominal	Kilage
Z-0	5/8"	11.25 m	1.55 kg/m	17.46 kg
Z-1	5/8"	64.80 m	1.55 kg/m	100.57 kg
Z-2	5/8"	23.20 m	1.55 kg/m	36.01 kg
Z-3	5/8"	52.20 m	1.55 kg/m	81.01 kg
Z-4	5/8"	24.40 m	1.55 kg/m	37.87 kg
Z-5	5/8"	9.75 m	1.55 kg/m	15.13 kg
Z-6	5/8"	32.60 m	1.55 kg/m	50.60 kg
Z-7	5/8"	36.90 m	1.55 kg/m	57.27 kg
Z-8	5/8"	13.55 m	1.55 kg/m	21.03 kg
Z-9	5/8"	7.50 m	1.55 kg/m	11.64 kg
Total general: 32		276.15 m		428.58 kg

Fuente. – *Acero en Zapatas- Revit – 2021*

// Concreto en vigas de cimentación.				
A	B	C	D	E
Nivel de referencia	Familia	Tipo	Recuento	Volumen
0.10/ PISO 01	M_Hormigón-Viga rectangular	VC-1/0.25X0.40 m	19	6.00 m ³
0.10/ PISO 01	M_Hormigón-Viga rectangular	VC-2/0.15 X 0.35 m	4	0.58 m ³
0.10/ PISO 01: 23				6.58 m ³

Fuente. – *Concreto en Vigas de cimentación- Revit – 2021*

// Encofrado en vigas de cimentación			
A	B	C	D
Material: Nombre	Tipo	Recuento	Material: Área
Encofrado de viga de cimentación	VC-1/0.25X0.40 m	19	48.07 m ²
Encofrado de viga de cimentación	VC-2/0.15 X 0.35	4	7.82 m ²
Total general: 23			55.89 m ²

Fuente. – *Encofrado en Vigas de cimentación- Revit – 2021*

// Concreto en columnas>					
A	B	C	D	E	F
Nivel base	Marca de tipo	Familia	Tipo	Recuento	Volumen
1.35 / NFC	C-1	M_Hormigón-Rectangular-Pilar1	C-1/ 0.25X0.40m	11	3.20 m³
1.35 / NFC	C-2	M_Hormigón-Rectangular-Pilar1	C-2/ 0.25X0.40m	1	0.29 m³
1.35 / NFC	C-3	M_Hormigón-Rectangular-Pilar1	C-3/ 0.25X0.30m	4	0.87 m³
1.35 / NFC	C-4	M_Hormigón-Rectangular-Pilar1	C-4/ 0.15X0.40m	3	0.54 m³
1.35 / NFC	C-5	M_Hormigón-Rectangular-Pilar1	C-5/ 0.15X0.30m	5	0.72 m³
1.35 / NFC: 24					5.62 m³

Fuente. – *Concreto en Columnas- Revit – 2021*

// Encofrado en columnas>			
A	B	C	D
Material: Nombre	Tipo	Recuento	Material: Área
Encofrado columna	C-1/ 0.25X0.40m	11	41.60 m²
Encofrado columna	C-2/ 0.25X0.40m	1	3.77 m²
Encofrado columna	C-3/ 0.25X0.30m	4	12.82 m²
Encofrado columna	C-4/ 0.15X0.40m	3	9.85 m²
Encofrado columna	C-5/ 0.15X0.30m	5	13.90 m²
Total general: 24			81.93 m²

Fuente. – *Encofrado en Columnas- Revit – 2021*

<T.03// Concreto en vigas>				
A	B	C	D	E
Nivel de referencia	Familia	Tipo	Recuento	Volumen
4.0/ PISO 02	M_Hormigón-Viga rectangular	Corte-X/ 0.10 X 0.20 m	1	0.10 m³
4.0/ PISO 02	M_Hormigón-Viga rectangular	V-100/ 0.25X0.45m	2	1.05 m³
4.0/ PISO 02	M_Hormigón-Viga rectangular	V-101/ 0.25X0.45 m	6	2.35 m³
4.0/ PISO 02	M_Hormigón-Viga rectangular	VA-100/ 0.25X0.40 m	6	1.67 m³
4.0/ PISO 02	M_Hormigón-Viga rectangular	VA/ 0.25 X 0.20 m	4	0.52 m³
4.0/ PISO 02	M_Hormigón-Viga rectangular	VS-1/ 0.15X0.40 m	8	1.23 m³
4.0/ PISO 02	M_Hormigón-Viga rectangular	VS/ 0.25X0.30 m	2	0.57 m³
4.0/ PISO 02	M_Hormigón-Viga rectangular	VV-1 / 0.25 X 0.20 m	1	0.02 m³
4.0/ PISO 02	M_Hormigón-Viga rectangular	VV-2 / 0.25 X 0.20 m	1	0.03 m³
4.0/ PISO 02: 31				7.54 m³

Fuente. – *Concreto en vigas - Revit 2021*

// Concreto en losas					
A	B	C	D	E	F
Familia	Nivel	Marca de tipo	Área	factor de conversi	Volumen neto
Suelo	4.0/ PISO 02	Losa aligerada	95 m²	0.0875	8.32 m³
Suelo	4.0/ PISO 02	Losa aligerada	3 m²	0.0875	0.26 m³
Total general: 2			98 m²		8.58 m³

Fuente. – *Concreto en losas - Revit 2021*

// Encofrado en losas	
A	B
Material: Nombre	Material: Área
encofrado de losa	94 m²
encofrado de losa	3 m²
Total general: 2	97 m²

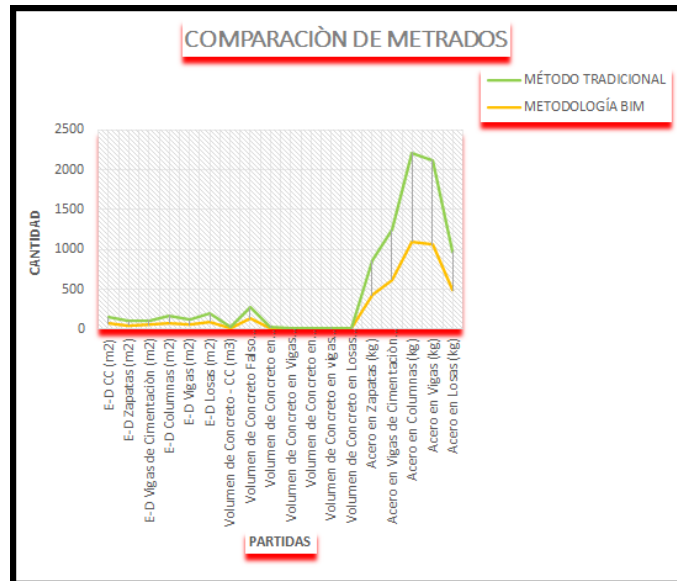
Fuente. – *Encofrado en losas - Revit 2021*

// Ladrillo losa aligerada				
A	B	C	D	E
Nivel	Marca de tipo	Área	Ladrillo X m2	Numero de ladrillos
4.0/ PISO 02	Losa aligerada	94 m ²	8.33	781
4.0/ PISO 02	Losa aligerada	3 m ²	8.33	25
Total general: 2		97 m ²		806

Fuente. — Ladrillo en losa aligerada - Revit 2021

// Muros KK					
A	B	C	D	E	F
Elemento	Tipo	Área	Volumen	Ladrillo x m2	Cantidad de Ladrillo
M-1	Muro KK 23cm	48.42 m ²	11.14 m ³	65.68	3180.437089
M-1: 8		48.42 m ²	11.14 m ³		3180.437089
M-2	Muro corte Estructu	0.00 m ²	0.00 m ³		0
M-2	Muro KK 13cm	776.54 m ²	100.86 m ³	37.35	29003.592541
M-2	Muros Corte Estruct	0.00 m ²	0.00 m ³		0
M-2: 183		776.54 m ²	100.86 m ³		29003.592541
Total general		824.96 m ²	112.00 m ³		32184.02963

Fuente. — Muros - Revit 2021



Fuente. — Tendencia en variación de metrados

ANEXOS

7. VINCULACIÓN DE NOTAS CLAVE PARA LOS PRESUPUESTOS

OE0100 Estructura	
OE010100	Obras Provisionales
OE010200	Obras Preliminares
OE010300	Movimiento de tierras
OE010400	Concreto Simple
OE010401	Cimiento Corrido C:H 1:10 + 30%PG
OE010402	Encofrado y Desencofrado normal de cimiento corrido
OE010403	Concreto en falso piso
OE010500	Concreto Armado
OE010501	Zapatas OE010500
OE01050101	Concreto en Zapatas $f'c = 210\text{kg/cm}^2$
OE01050102	Encofrado y Desencofrado
OE01050103	Acero Corrugado $f_y = 4200\text{ kg/cm}^2$
OE01050104	Solado $e = 4"$ $f'c = 100\text{kg/cm}^2$
OE010502	Vigas de Cimentación
OE01050201	Concreto de Vigas de Cimentación $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$
OE01050202	Encofrado y Desencofrado
OE01050203	Acero Corrugado $f_y = 4200\text{kg/cm}^2$
OE010503	Columnas OE010500
OE01050501	Concreto en Losas $f'c = 210\text{kg/cm}^2$
OE01050502	Encofrado y Desencofrado
OE01050503	Acero Corrugado $f_y = 4200\text{ kg/cm}^2$
OE010504	Vigas
OE010505	Losa Aligerada

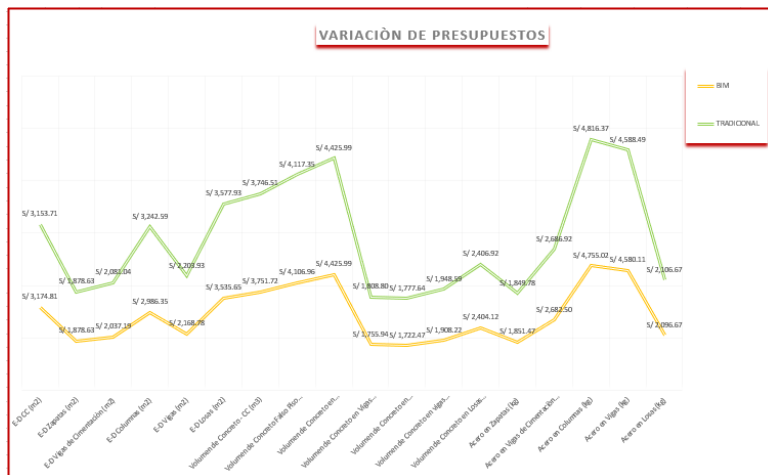
Fuente. —Notas Clave para Vincular partidas a los presupuestos-BIM

Código	Doc.	Pli	GR	Ud	Resumen	Cant	Coste	Importe
OE010200					Obras Preliminares	1,000	4,589,00	4,589,00
OE010201		mes			Servicio Higienicos de obra	3,000	250,00	750,00
OE010202		und			Señalización y seguridad de obra	1,000	1,000,00	1,000,00
OE010203		m2			Limpieza de terreno manual	158,600	3,36	532,90
OE010204		m2			Trazo y replanteo	158,600	1,93	306,10
OE010205		glo			Flete terrestre	1,000	2,000,00	2,000,00
OE010300					Movimiento de tierras	1,000	5,773,43	5,773,43
OE010301		m3			Excavación F/Cimientos, Zapatas y Vigas de Cimentación	68,240	44,03	3,004,61
OE010302		m3			Relleno compactado olequipo mat.propio	15,070	34,37	517,96
OE010303		m3			Eliminación de material excedente	63,800	35,28	2,250,86
OE010400					Concreto Simple	1,000	12,130,65	12,130,65
OE010401		m3			Cimiento Comido C/H 1:10 + 30%PG	17,570	213,53	3,751,72
OE010402		m2			Encofrado y Desencofrado normal de cimiento comido	73,440	43,23	3,174,81
OE010403		m2			Concreto en falso piso	134,390	30,56	4,106,96
OE010404		m2			Solado e: 4" f.c: 100 kg/cm2	20,500	53,52	1,097,16
OE010500					Concreto Armado	1,000	44,759,22	44,759,22
OE010501					Zapatas	1,000	9,700,14	9,700,14
OE01050101		m3			Concreto en Zapatas f c = 210kg/cm2	17,310	255,69	4,425,99
OE01050102		m2			Encofrado y Desencofrado	51,540	36,45	1,878,63
OE01050103		kg			Acero Corrugado fy = 4200 kg/cm2	428,580	4,32	1,851,47
OE01050104		m2			Solado e = 4" f c = 100kg/cm2	28,850	53,52	1,544,05
OE010502					Vigas de Cimentación	1,000	6,475,63	6,475,63
OE01050201		m3			Concreto de Vigas de Cimentación f c = 210 kg/cm2	6,580	266,86	1,755,94
OE01050202		m2			Encofrado y Desencofrado	55,890	36,45	2,037,19
OE01050203		kg			Acero Corrugado fy = 4200kg/cm2	620,950	4,32	2,682,50
OE010503					Columnas	1,000	9,463,84	9,463,84
OE01050301		m3			Concreto en Columnas	5,620	306,49	1,722,47
OE01050302		m2			Encofrado y Desencofrado de Columnas	81,930	36,45	2,986,35
OE01050303		kg			Acero Corrugado fy: 4200 kg/cm2	1,100,700	4,32	4,755,02

Fuente. —Presupuesto en la herramienta Arquímedes

Capítulo	Importe
Proyecto: Conexión Arquímedes - Revit	
Capítulo 1 Estructura	70.117,26
Capítulo 1.1 Obras Provisionales	2.864,96
Capítulo 1.2 Obras Preliminares	4.589,00
Capítulo 1.3 Movimiento de tierras	5.773,43
Capítulo 1.4 Concreto Simple	12.130,65
Capítulo 1.5 Concreto Armado	44.759,22
Capítulo 1.5.1 Zapatas	9.700,14
Capítulo 1.5.2 Vigas de Cimentación	6.475,63
Capítulo 1.5.3 Columnas	9.463,84
Capítulo 1.5.4 Vigas	8.657,11
Capítulo 1.5.5 Losa Aligerada	10.462,50
Presupuesto de ejecución material	70.117,26
10% de gastos generales	7.011,73
13% de beneficio industrial	9.115,24
Suma	86.244,23
18% IGv	15.523,96
Presupuesto de ejecución por contrata	101.768,19

Fuente. — Entregable de presupuesto en Arquímedes



Fuente. — *Tendencia en variación de presupuesto*