

**USO DE HERRAMIENTAS INTERACTIVAS PARA MODELADO ESTRUCTURAL
A PARTIR DE LA METODOLOGÍA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)**

Orjuela Cruz Jhoan Sebastian

Rodriguez Porras Camilo



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Ingeniería civil, Facultad De Ingenierías

Universidad La Gran Colombia

Ciudad de Bogotá

2023

**Uso de herramientas interactivas para modelado estructural a partir de la metodología
Building Information Modeling (BIM)**

Orjuela Cruz Jhoan Sebastian

Rodriguez Porras Camilo

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de (Ingeniero Civil)

**Directora de proyecto Diana María Jurado Gordo, co director Víctor Enrique Rodríguez
Pabón y asesora metodológica Laura Milena Cala Cristancho**



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Ingeniería civil, Facultad de ingenierías

Universidad La Gran Colombia

Ciudad de Bogotá

2023

Tabla de contenido.

| | |
|--|----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 6 |
| 2. OBJETIVOS | 7 |
| 2.1. Objetivo General | 7 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 7 |
| 3. MARCO REFERENCIAL | 8 |
| 3.1. Capítulo I: Marco teórico | 8 |
| 3.1.1. Estado del arte. | 8 |
| 3.2. Capítulo II: Marco conceptual | 10 |
| 3.2.1. AutoCAD: | 10 |
| 3.2.2. Robot Structural Analysis Professional: | 11 |
| 3.2.3. Revit: | 12 |
| 3.2.3.1. Familias de Revit | 14 |
| 3.2.4. Navisworks: | 14 |
| 3.2.5. Herramientas de Revit Modelación Estructural | 15 |
| 3.2.5.1. Interfaz | 16 |
| 3.2.5.2. Comandos | 17 |
| 3.2.5.3. Visualización | 17 |
| 3.2.5.4. Objetos | 18 |
| 3.2.5.5. Ayudas del programa | 19 |
| 3.2.5.6. Unidades | 20 |
| 3.2.5.7. Creación de vistas en cámara | 20 |
| 3.2.5.8. Formato de presentación | 21 |
| 3.2.5.9. Creación de ejes | 22 |
| 3.2.5.10. Creación y ajuste de niveles (cotas) | 23 |
| 3.2.5.11. Creación de columnas y vigas | 24 |
| 3.2.5.12. Creación de muros estructurales | 24 |
| 3.2.5.13. Creación de cimentación | 25 |
| 3.2.5.14. Creación de escaleras | 26 |
| 3.2.5.15. Visualización del modelo analítico | 27 |
| 3.2.5.16. Modelado de armaduras de acero estructurales | 28 |
| 3.2.5.17. Ubicación de estribos | 29 |
| 3.2.5.18. Tablas de Planificación | 30 |
| 3.2.6. Genially | 31 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3. Capítulo III: Marco normativo. | 31 |
| 3.4. CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO | 32 |
| 3.4.1. Interoperabilidad. | 32 |
| 3.4.2. Desarrollo de modelación del proyecto estructural en Revit | 33 |
| 3.4.3. Herramienta interactiva como medio de reconocimiento del software Revit. | 34 |
| 3.4.3.1. Ejercicio práctico | 34 |
| 3.4.3.2. Interoperabilidad | 37 |
| 3.4.3.3. Diseño con la herramienta interactiva. | 37 |
| 3.4.3.3.1. Funcionalidad de botones del Genially | 38 |
| 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 39 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 40 |
| 6. REFERENCIAS | 41 |

Lista de Figuras.

| | |
|--|-----------|
| Figura 1. Área de trabajo de AutoCAD | 11 |
| Figura 2. Área de trabajo de Robot Structural Analysis Professional. | 12 |
| Figura 3. Área de trabajo de Revit. | 13 |
| Figura 4. Área de trabajo de Navisworks. | 15 |
| Figura 5. Interfaz. | 16 |
| Figura 6. Tabla periódica de comandos Revit 2020. | 17 |
| Figura 7. Comandos barra de visualización. | 18 |
| Figura 8. Comando cargar familia. | 18 |
| Figura 9. Plataforma de ayuda de Autodesk. | 19 |
| Figura 10. Unidades de proyecto. | 20 |
| Figura 11. Creación de vistas en cámara. | 20 |
| Figura 12. Rótulo. | 21 |
| Figura 13. Ejes. | 22 |
| Figura 14. Niveles. | 23 |
| Figura 15. Vigas y columnas. | 24 |
| Figura 16. Muro estructural. | 25 |
| Figura 17. Creación de cimentación. | 26 |
| Figura 18. Escaleras. | 27 |
| Figura 19. Modelo analítico. | 28 |
| Figura 20. Armadura estructural. | 29 |
| Figura 21. Estribos. | 30 |
| Figura 22. Tablas de planificación. | 31 |
| Figura 23. Mapa mental de navegación de modelación estructural. | 36 |
| Figura 24. Imagen principal del material de apoyo de modelación estructural. | 37 |
| Figura 25. Imagen de softwares implicados en la interoperabilidad. | 38 |

1. Introducción

Desde hace tiempo el diseño asistido por computadora (CAD) documenta el trabajo y la información del diseño arquitectónico reemplazando el método de dibujo a mano, llevando a cambios significativos en el desarrollo de proyectos. BIM (Building Information Modeling) es un cambio de modelo que reemplaza el ya conocido CAD, BIM hace referencia a una plataforma digital para la fabricación de proyectos de construcción virtuales donde Autodesk entre otras compañías presentan herramientas de Diseño cien por ciento compatibles con este sistema, que básicamente permite desarrollar proyectos realistas gracias al modelado tridimensional. El manejo de las herramientas (softwares) permiten al ingeniero civil entender el mundo del diseño virtual que se viene desarrollando desde el año 2000 hasta la actualidad, facilitando el dibujo y acortando el tiempo de desarrollo, planeación y entrega de proyectos.

Este trabajo permite a través de un software (Genially) orientar la modelación estructural de un proyecto haciendo uso de las herramientas de trabajo colaborativo fundamentadas en el desarrollo de la metodología BIM, el cual permitirá a los usuarios; entre ellos, estudiantes y docentes de ingeniería civil comprender el manejo de los softwares y su interoperabilidad. El desarrollo es aplicable a cualquier tipo de proyecto de construcción donde a través del modelado estructural de una edificación se pretende mostrar la interoperabilidad, las herramientas, las interfaces entre otras facultades la efectividad y buen manejo de un proyecto planificado desde la metodología BIM.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Crear un contenido interactivo a través del software Genially para conocer el manejo interoperable de la metodología Building Information Modeling (BIM) fundamentado en el modelado estructural.

2.2. Objetivos Específicos

Explicar el funcionamiento de la metodología BIM desde un proyecto tipo con la interoperabilidad de los softwares de Autodesk.

Describir el proceso de modelación para proyectos estructurales mediante la metodología BIM.

Elaborar una herramienta interactiva para el reconocimiento del software Revit a partir de un ejercicio práctico de modelado estructural.

3. Marco Referencial

3.1. Capítulo I: Marco teórico

3.1.1. Estado del arte.

“El estado del arte es una modalidad de la investigación documental que permite el estudio del conocimiento acumulado (escrito en textos) dentro de un área específica” (Molina, 2005, p. 1).

El uso y la implementación de los softwares de Autodesk se han vuelto populares en el campo de la construcción en lo que refiere a modelado 2D y 3D y más aún si hablamos de la implementación que se tiene dentro de la metodología Building Information Modeling (en adelante BIM).

Se debe conocer el concepto claro de las herramientas y su manejo, según Orozco et al. (2021) Revit es un software - herramienta de modelado que permite integrar la información necesaria del sistema constructivo de una infraestructura desde la planeación y programación de forma eficiente y ordenada de sus fases.

El software Revit al igual que Robot, CAD y Navisworks está diseñado para Arquitectura, Ingeniería y otras áreas de la construcción, permitiendo desde el modelado conceptual la creación de edificios e infraestructuras de alta calidad y detalle, estudios de volúmenes, cálculo de áreas, selección de materiales y texturas entre otras herramientas, siendo posible la creación de un proyecto de infraestructura actualizable de forma automática a la hora de modificar alguna de sus fases de diseño lo que optimiza el tiempo de desarrollo y la calidad de entrega de proyectos.

El material de este trabajo busca encaminar el uso de herramientas digitales como CAD, Navisworks, Revit y Robot al manejo de la metodología BIM, explica Orozco et al. (2021) que

se trata de una estrategia que permite la colaboración unificada de múltiples disciplinas mediante simulaciones de diseño digital que facilitan el manejo informativo que requiere un proyecto de construcción, donde se busca unificar un modelo central a partir de la obtención de información fiable y coordinada desde las distintas fases como lo es la de diseño y construcción e incluso hasta una fase de funcionamiento y demolición de la edificación o infraestructura.

Para lograr el manejo interoperable haremos uso del material de acompañamiento que brinda Autodesk junto con los conceptos y capacitación brindada directamente por el Sena, así como también los manuales y cartillas teóricas, elaboradas por miembros del gremio en otras instituciones de educación que buscan capacitar a las personas que desean aprender la modelación y/o diseño de proyectos desde la herramienta digital Revit en la metodología BIM, esto haciendo uso de la tecnología y manejo del software online Genially el cual es una herramienta que permite la creación de contenidos dinámicos y visuales, como presentaciones, guías interactivas, infografías entre otras que agilizan el manejo de información y programación pero que a la vez crea contenido creativo y de fácil acceso gracias a su compatibilidad con documentos de tipo PDF, PowerPoint, HTML entre otros. Este software en línea es creado por Juan Rubio, Luis Garcia y Chema Roldan siendo lanzado en el año 2015 y apoyado por el fondo europeo FEDER.

Aunque se encuentra información respecto a la realización del proceso de modelado estructural en Revit como lo menciona Orozco et al. (2021), “Esta cartilla ofrece contenido que le permite adquirir elementos básicos para modelar diseños estructurales, a partir del uso del software Revit empleado en el marco de la metodología BIM” (p. 12). Se requiere hacer uso de más softwares para que se pueda contemplar por un lado la parte de la interoperabilidad y por otra parte que el contenido sea interactivo.

La realización de una guía para el modelado estructural con la metodología BIM enfocado hacia el software Robot fue trabajado por Montenegro M. en donde dice “Este documento pretende mostrar de una manera paralela la aplicación de los softwares tradicionales de diseño, modelación y análisis estructural, estableciendo unos parámetros guía que facilitan la implementación de la metodología BIM” (p. 4). Siendo este un buen material para el manejo de las herramientas del software Robot, es indispensable el manejo del software Revit, y aunque es una guía, también le hace falta que sea interactivo dicho contenido para el desarrollo de quienes quieran navegar entre los temas.

3.2. Capítulo II: Marco conceptual

3.2.1. AutoCAD:

CAD hace referencia a "Computer-Aided Design", es decir, diseño asistido por computadora. El software de diseño CAD proporciona tecnología para arquitectos, ingenieros civiles y profesionales de la construcción que permite diseñar y crear dibujos 2D y 3D precisos, sustituyendo el dibujo manual por un proceso automatizado (Autodesk, s.f., párr. 3).

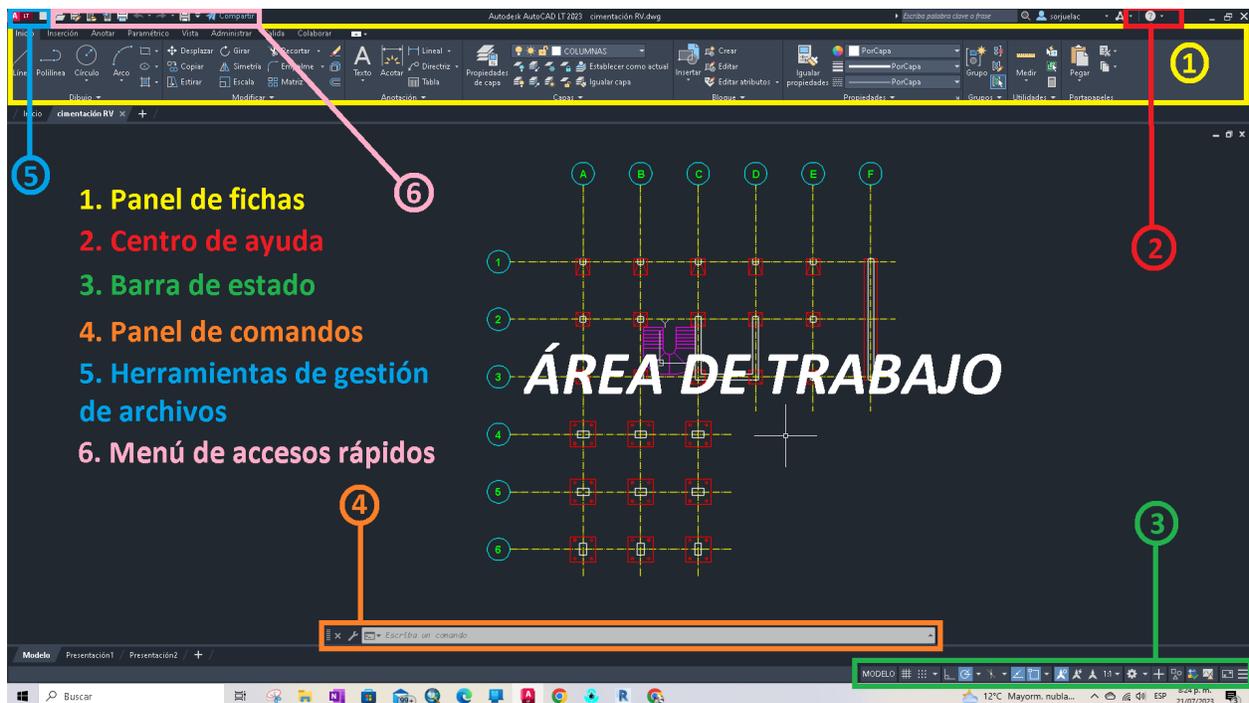
AutoCAD hace las veces de un cuaderno de dibujo, donde se presentan borradores y bocetos en 2D y 3D, la facilidad y rapidez de diseño es muy similar al dibujo a mano alzada, permitiendo un fácil aprendizaje y manejo del mismo. El software permite al usuario interactuar fácilmente con su diseño, el manejo de capas permite al usuario ordenar los elementos y/o estructuras plasmadas sin perder la información y mejorando la perspectiva de diseño.

El Software de diseño asistido por computador es compatible con los demás miembros de la familia Autodesk lo que permite un manejo y transferencia de información básica, precisa y fundamental para el modelado estructural; el programa guarda su información completa en un

formato DraWinG (DWG) también conocido como formato de dibujo computarizado que a través de importación es posible manejarlo en programas como Revit para el análisis 2D de la información.

Figura 1.

Área de trabajo de AutoCAD.



Nota. En esta imagen se señalan las herramientas y elementos del área de trabajo de Autocad. Adaptado de software Autocad 2023.

3.2.2. Robot Structural Analysis Professional:

“Es un software para el diseño y análisis de cargas estructurales que emplea flujos de trabajo integrados con BIM para el intercambio de datos con diferentes programas de modelación como Revit” (Autodesk, s.f., párr. 1).

Para el diseño y modelación de una edificación es necesario el manejo y análisis de cargas como lo estipula la NSR 10 en el caso de Colombia, desde el comportamiento y combinación de cargas, de tal manera que Robot es una herramienta que permite evaluar el

comportamiento virtual de las cargas y movimientos sísmicos de una construcción para su posterior dimensionamiento estructural desde otro programa como Revit.

Figura 2.

Área de trabajo de Robot Structural Analysis Professional.

Nota. En esta imagen se señalan las herramientas y elementos del área de trabajo de Robot. Adaptado de software Robot Structural Analysis Profe



ssional 2023.

3.2.3. Revit:

Revit es un software para BIM utilizado ampliamente por arquitectos, ingenieros y contratistas a fin de crear un modelo unificado que puedan aprovechar todas las disciplinas y los sectores para completar su trabajo. Autodesk Revit se ha creado para impulsar BIM, no para sustituirlo. Revit aloja la información que forma el modelo a partir del cual se generan los dibujos y los documentos (Autodesk, s.f., párr. 7).

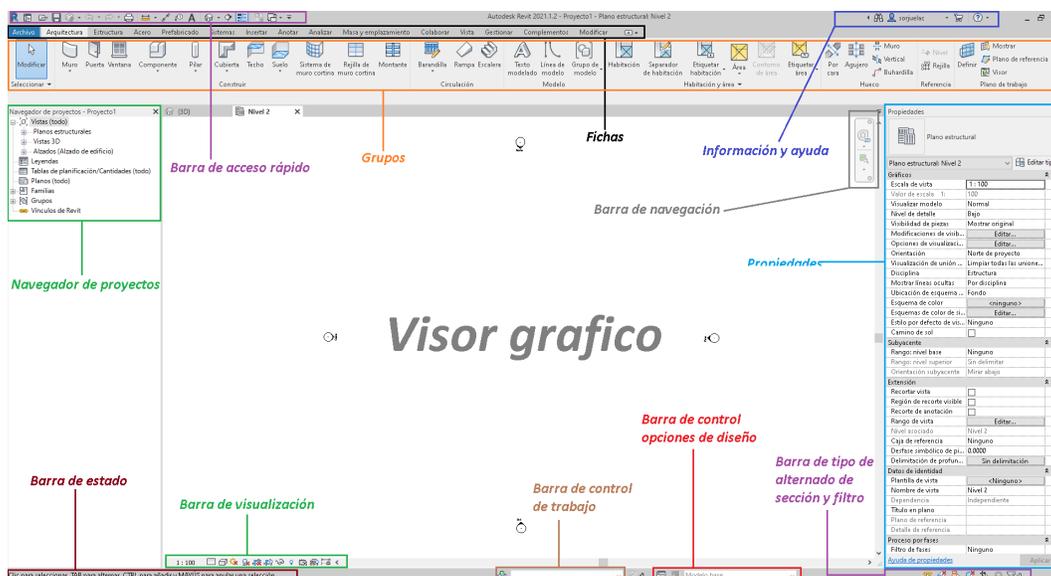
Se puede decir entonces, que Revit como bien sabemos es de gran importancia en lo que respecta al modelado de información dentro del campo de la construcción, lo cual conlleva a ser un programa que se utiliza con la finalidad de obtener modelos BIM.

Autodesk Revit es un software de diseño inteligente de modelado BIM (...) Lo más característico de este software es que todo lo que se modela es mediante objetos inteligentes (...) Revit se basa en BIM: metodología de trabajo colaborativa y usando el modelado paramétrico de objetos y elementos constructivos del edificio (RF AECO, s.f., párr. 1).

Para todas las personas que se desempeñan en el campo de la construcción, este programa les permite visualizar sus propios proyectos de manera 3D, y de igual modo poderlos presentar a los clientes mucho antes de poder construirlos, dándoles la satisfacción de que puedan tener un buen producto al final.

Figura 3.

Área de trabajo de Revit.



Nota. En esta imagen se señalan las herramientas y elementos del área de trabajo de Revit. Adaptado de software Revit 2021.

3.2.3.1. Familias de Revit

“Las familias de sistema abarcan todos los elementos integrados en el software y que el usuario no puede manipular en la interfaz. Se incluyen los componentes de modelo, como muros y suelos, además de otros elementos importantes, como los planos de planta, los datos de proyecto y los niveles” (Autodesk, s.f., párr. 3).

Se debe tener en cuenta que estas familias también se pueden encontrar de algunos fabricantes, de la página de Bimobject y otros sitios web, normalmente estas familias son creadas en versiones antiguas para que puedan ser usadas en los softwares más nuevos.

3.2.4. Navisworks:

Navisworks Simulate y Manage ayudan a los equipos a entregar proyectos de forma eficaz. Navisworks Manage incluye herramientas de detección de conflictos y gestión de interferencias, además de las funciones principales de Navisworks Simulate para la revisión de modelos, la cuantificación y la coordinación. (Autodesk, 2023, párr. 1).

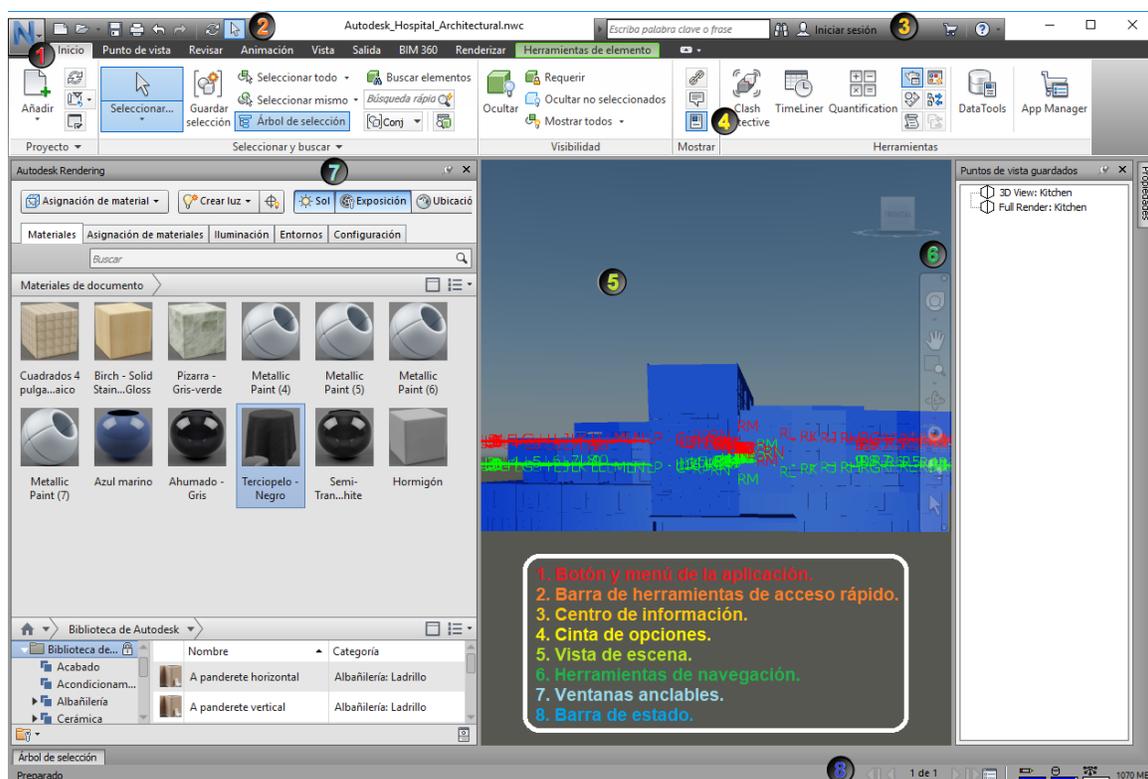
Con Navisworks se puede unificar distintos tipos de modelos o diseños de construcción en uno solo, ayudando a agilizar los procesos de detección de conflictos de manera más precisa, lo que ayuda a ahorrar un tiempo considerable en este tipo de tareas.

Autodesk Navisworks admite la simulación, la coordinación, el análisis y la comunicación 5D, evaluando la viabilidad constructiva de los diseños. (...) Además de unas completas prestaciones de planificación 4D, cuantificación, coste, animación y visualización permiten a los usuarios desarrollar sus diseños y simular las construcciones, lo que les proporcionará una mejor perspectiva y mejorará su capacidad de predicción (Editeca, s.f., párr. 3).

Al poder manejar modelos no solo en 3D, sino que además 4D y 5D, permite que se puedan ver simulaciones de manera progresiva del proyecto a realizar, en donde visualmente se puede apreciar como se llegara a ejecutar dicho proyecto, también se contempla lo que es la cuantificación de los materiales, esto ayuda mucho en lo que respecta a la reducción de las cantidades y de manera directa también los costos.

Figura 4.

Área de trabajo de Navisworks.



Nota. En esta imagen se señalan las herramientas y elementos del área de trabajo de Navisworks. Adaptado de Autodesk Navisworks 2024.

(<https://help.autodesk.com/view/NAV/2024/ESP/?guid=GUID-BC3F3603-A5D2-4FFA-8CDA-83731328BF9F>)

3.2.5. Herramientas de Revit Modelación Estructural

Para el desarrollo de un proyecto a nivel estructural se tienen que tener en cuenta ciertas fases para brindar un buen manejo del programa. En este trabajo se hablará del funcionamiento de las herramientas usadas en el proyecto tipo, a medida que se va

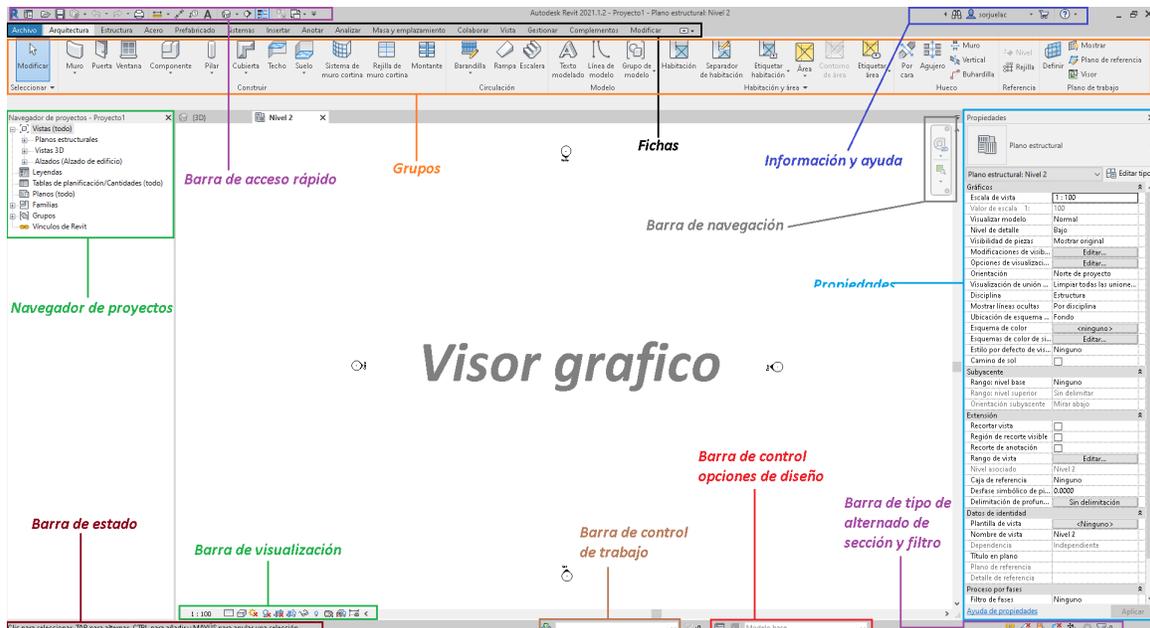
desarrollando cada fase, también como herramienta fundamental para el desarrollo de esta metodología se plasmarán las fases en una herramienta en línea (Genially), en donde se podrá navegar de manera interactiva en los distintos ítems presentados a continuación.

3.2.5.1. Interfaz

Conceptualmente hace referencia a un medio y diseño de información, donde a partir de patrones visuales sencillos se genera una interacción entre software, sistema operativo y usuario, en este caso la interfaz es gráfica, esto quiere decir que a través de iconos o elementos se controlan los softwares de modelación, Autodesk emplea una interfaz gráfica muy similar en todos sus productos lo que facilita el manejo de cualquier software de esta familia e incluso la interoperabilidad del mundo BIM.

Figura 5.

Interfaz.



Nota. En esta imagen se señalan las herramientas y elementos de la interfaz de Revit. Adaptado de software Revit 2021.

3.2.5.2. Comandos

Estos comandos son una serie de accesos rápidos, los cuales nos permiten desarrollar nuestro trabajo de manera más práctica, a continuación, encontraremos la estructura en la que están divididos dichos comandos.

Figura 6.

Tabla periódica de comandos Revit 2020.



Nota. Los comandos en esta figura representan las teclas de acceso rápido que se tienen para volver eficiente nuestro modo de trabajo. Tomado de "UDocz" M. Ccaico. C. 2020. (<https://www.udocz.com/apuntes/154709/tabla-periodica-de-los-comandos-de-revit>).

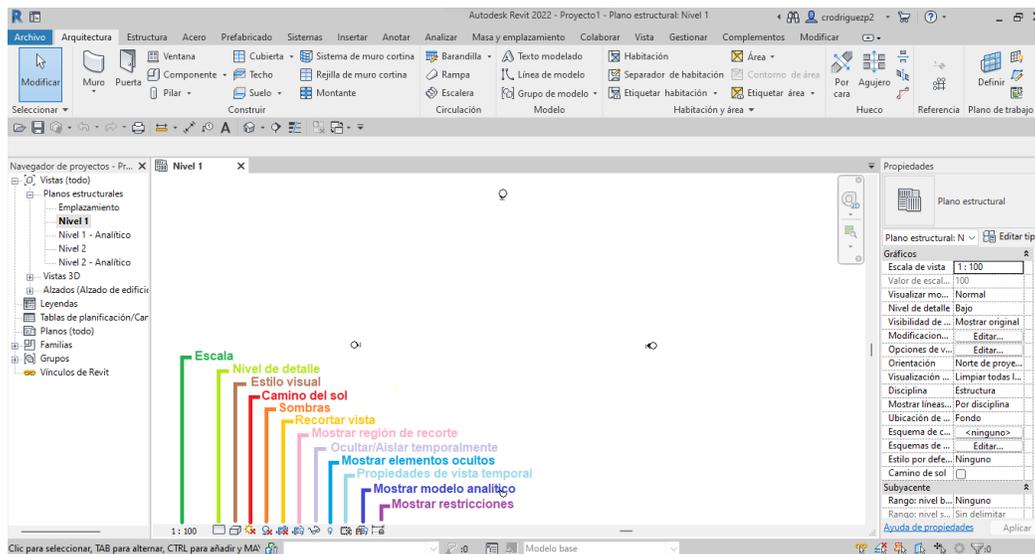
3.2.5.3. Visualización

Existen varias formas de visualizar un proyecto por lo general es: aspecto, dimensión, ángulo y dirección. Los softwares de Autodesk cuentan con una barra de herramientas inferior o superior izquierda donde es posible interactuar con los distintos estilos de visualización; entre ellos se encuentra la textura, material, estructura, aislamiento y escala. Para el caso de Revit

se genera una ventana de navegación que despliega las diversas opciones en que se visualiza un proyecto.

Figura 7.

Comandos barra de visualización.



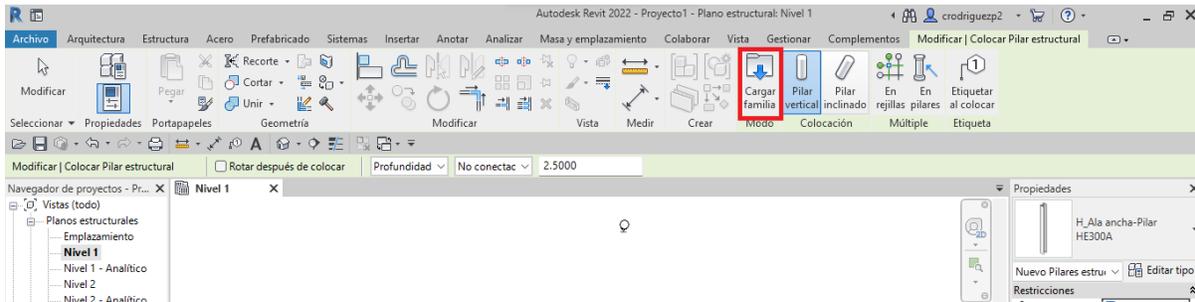
Nota. Los comandos en esta figura corresponden al contenido de ítems que tiene la barra de visualización. Adaptado del software Revit 2022.

3.2.5.4. Objetos

En lo que respecta a la inserción de objetos, este va a depender según sea su requerimiento por el tipo de familia que es, ya que la inserción de objetos de mobiliario, es muy diferente a la inserción de puertas, ventanas, columnas, vigas, pilotes, entre otros. debido a que para cada uno de este existe un ítem por separado el cual está especificado muy claramente.

Figura 8.

Comando cargar familia.



Nota. El comando cargar familia permite insertar familias ya creadas y cargadas en la carpeta de Revit que vienen por defecto o cargar familias descargadas desde la plataforma Bimobject. Adaptado del software Revit 2022.

3.2.5.5. Ayudas del programa

Los Softwares de Autodesk cuentan con una previsualización de la actividad u orden que deseamos ejecutar, se muestra una ventana con la información resumida de lo que puede ocurrir si se activa esa opción, cuando no es clara la información de la ventana emergente, el software genera un vínculo o link que lleva al usuario a la página principal del proveedor en un apartado de ayuda al usuario donde se exponen casos y soluciones de manejo del software en temas específicos de interés.

Figura 9.

Plataforma de ayuda de Autodesk.



Nota. Dentro de Revit al dar F1 sin estar sobre ningún comando, el programa abre esta pestaña de ayuda la cual

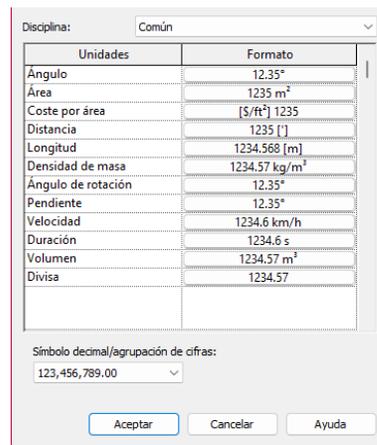
tiene una lista al costado izquierdo para aclarar cualquier duda que se tenga. Tomado de Autodesk Revit 2022. (<https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ESP/>)

3.2.5.6. Unidades

Es muy importante entender dónde se encuentra ubicado este ítem o cómo podemos obtenerlo de manera rápida, ya que de esto depende que nuestro proyecto quede bien realizado con las unidades con las que cada uno de nosotros trabajamos y nos sentimos más cómodos.

Figura 10.

Unidades de proyecto.



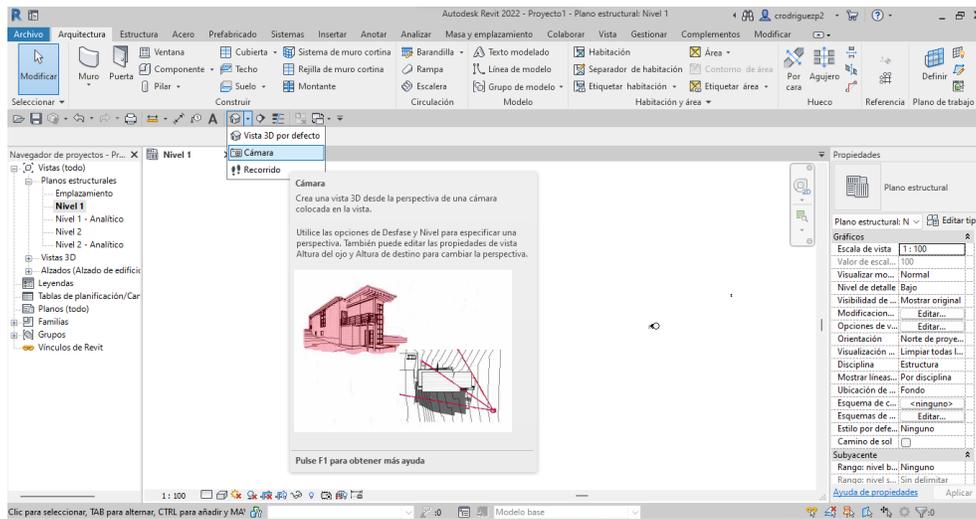
Nota. Aquí se puede modificar a gusto de cada diseñador las unidades con las que mejor se siente para trabajar en sus proyectos. Tomado del Software Revit 2022.

3.2.5.7. Creación de vistas en cámara

Hace referencia a la visualización en perspectivas deseadas por lo general en renders o ángulos específicos de detalle. Este tipo de vistas son en tercera dimensión y se van guardando en la ventana de navegación en la sección vista 3D.

Figura 11.

Creación de vistas en cámara.



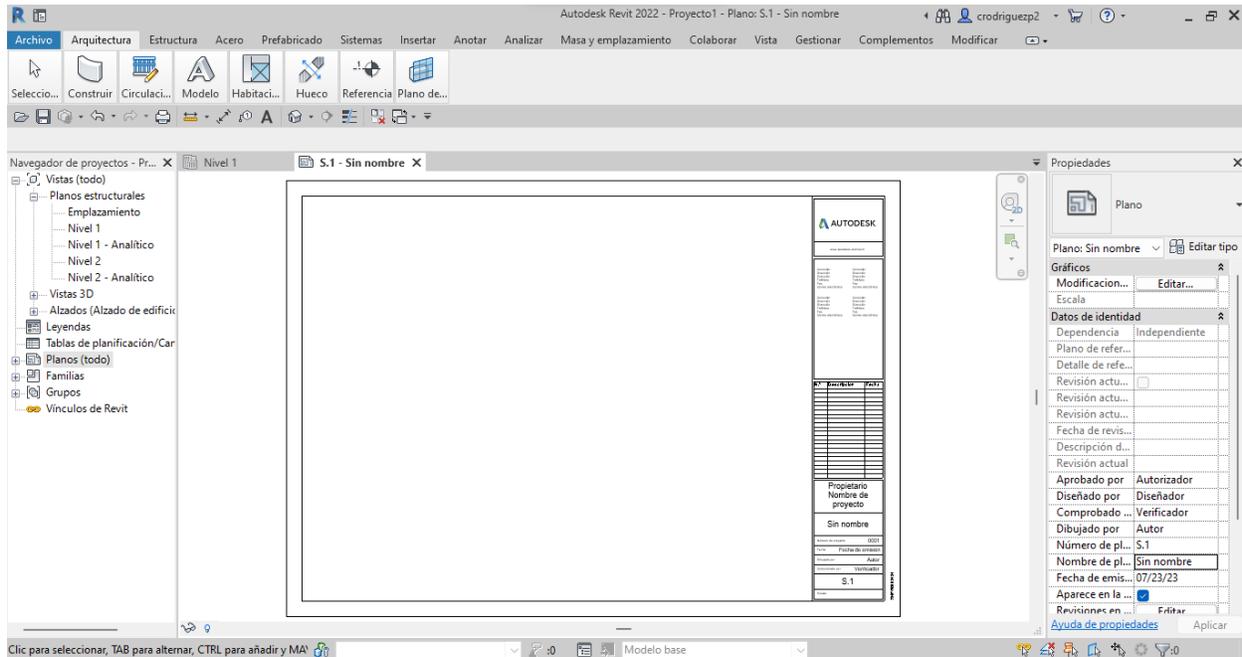
Nota. Este comando permite la creación de vistas y futuros renders que se quieran hacer. Tomado del software Revit 2022.

3.2.5.8. Formato de presentación

Esto puede ser de lo más importante ya que es lo que nosotros vamos a presentar rotulado, aquí se podrán anexar nuestros planos, vistas, cortes, render y tablas.

Figura 12.

Rótulo.



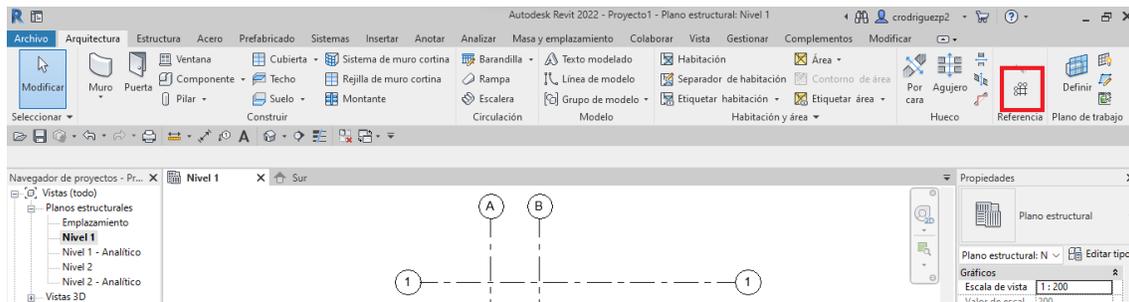
Nota. Este rótulo viene por defecto en el programa, pero se puede editar según se requiera. Tomado del software Revit 2022.

3.2.5.9. Creación de ejes

En la elaboración de ejes es importante conocer la ubicación del comando, para esto se debe emplear la ficha arquitectura, grupo Referencias y por último la herramienta rejilla o comando GR (Grill) Esta herramienta se visualiza en las plantas del proyecto, se puede elegir la planta o cota a la que deseamos los ejes, sin embargo, es posible ampliar esta rejilla de referencia a las demás plantas o cotas del proyecto para poder ser visualizadas en cada planta del mismo.

Figura 13.

Ejes.



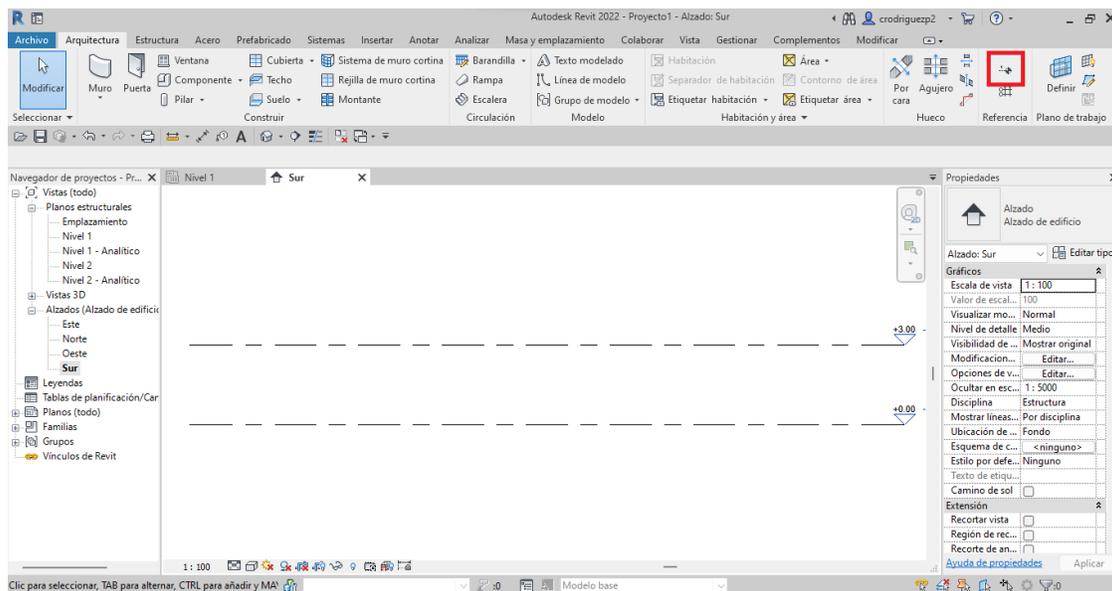
Nota. Este comando permite organizar los proyectos ya que a futuro los elementos que se insertan quedan enlazados de modo que si hay que modificar los ejes no se tenga que cambiar todo desde el inicio. Adaptado del software Revit 2022.

3.2.5.10. Creación y ajuste de niveles (cotas)

La creación de nuevos niveles dependerá de la cantidad de plantas que nosotros vayamos a requerir o si queremos tener algún nivel como referencia para crear algo en específico, aquí se puede ajustar la altura y editar el nombre de la cota según nuestra forma de trabajo.

Figura 14.

Niveles.



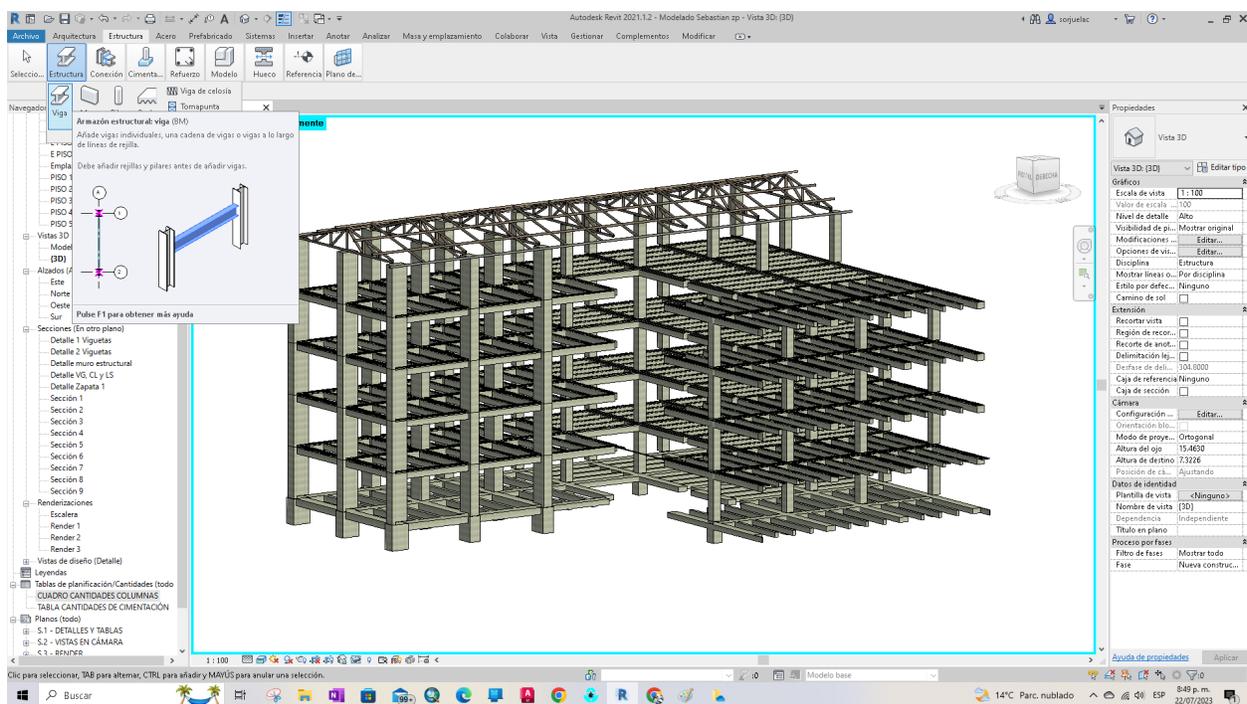
Nota. Este comando permite la creación de nuevos pisos. Adaptado del software Revit 2022.

3.2.5.11. Creación de columnas y vigas

Para la creación de estos elementos también conocidos como sistemas aporticados, se debe emplear la ficha estructura donde se visualiza los elementos que se pueden aplicar o cargar al programa; estas familias son editables desde la ventana propiedades, donde es posible modificar entre otros el material, las dimensiones y su ubicación en el plano. Es importante saber que en este apartado se diseña el elemento en un solo material esto quiere decir que puede ser en concreto (sin refuerzo), acero o madera.

Figura 15.

Vigas y columnas.



Nota. Esta imagen muestra el comando de la creación de vigas y como se ve el desarrollo de un proyecto con la implementación de las vigas y las columnas. Elaboración propia.

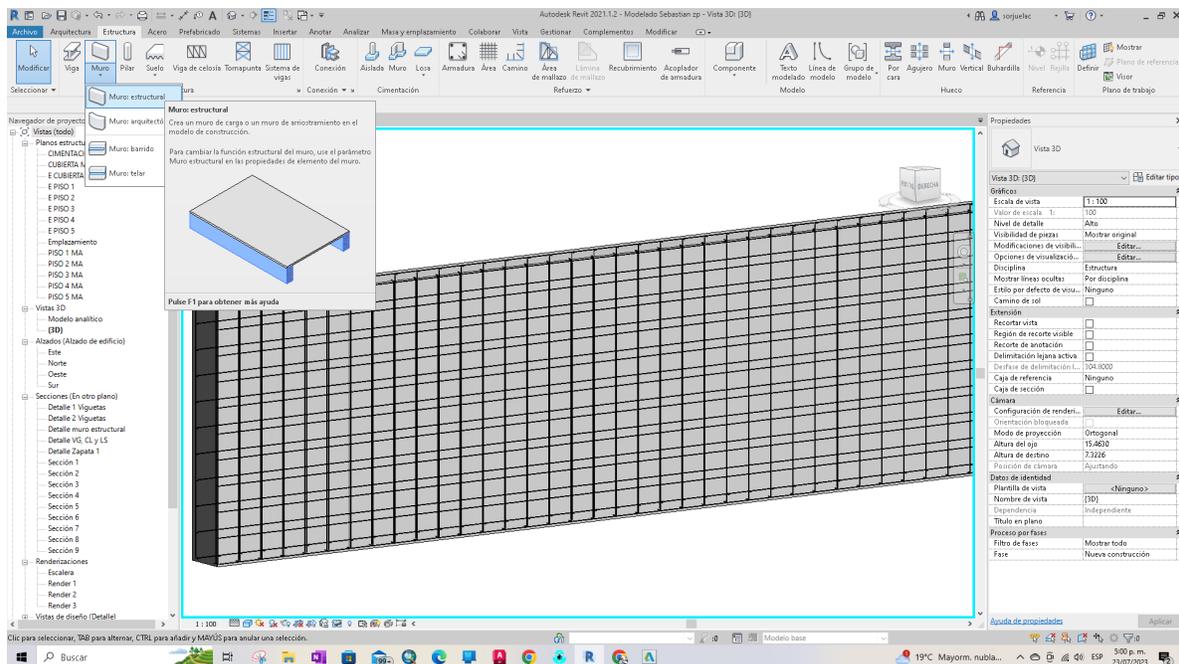
3.2.5.12. Creación de muros estructurales

Estos muros se dibujan de la misma manera que un muro arquitectónico, la diferencia es que en el arquitectónico no permite la colocación de acero ni la creación del modelo

analítico, mientras que en el estructural si permite la colocación de refuerzos y el análisis de cargas mediante el modelo analítico.

Figura 16.

Muro estructural.



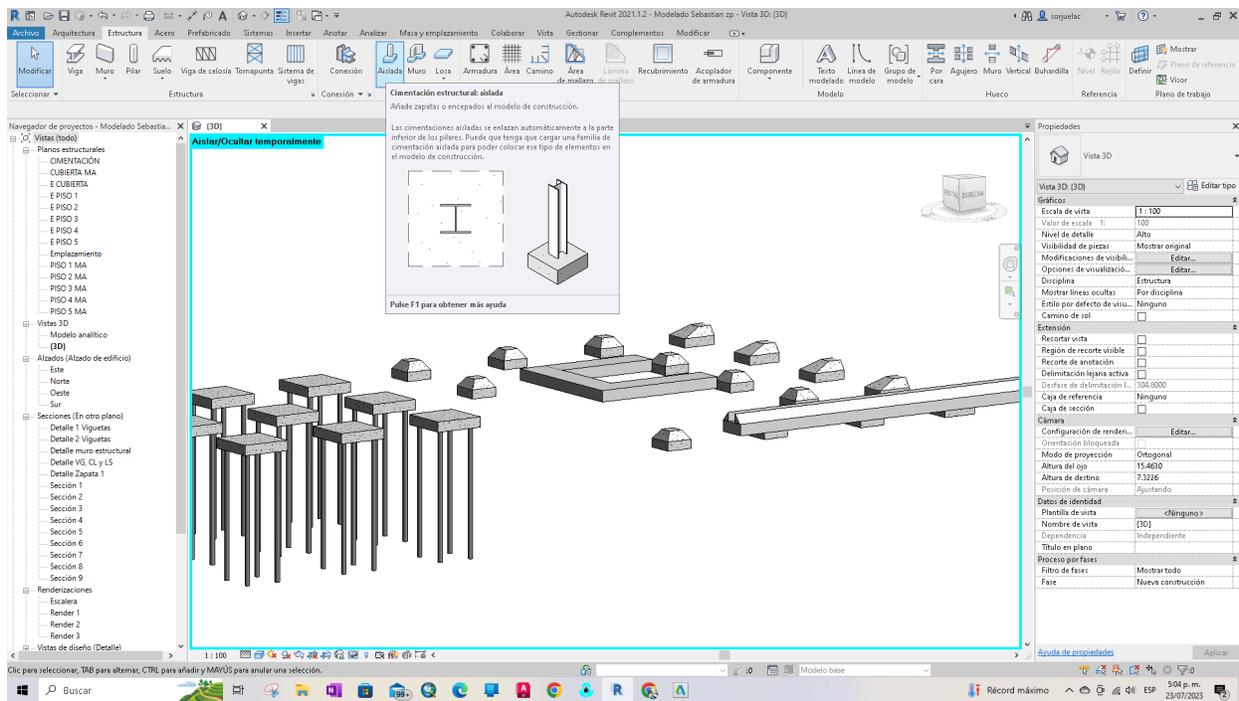
Nota. Esta imagen muestra el comando de la creación de muros estructurales y como se ve la implementación del mismo sobre el área de trabajo. Elaboración propia.

3.2.5.13. Creación de cimentación

Es posible generar la cimentación necesaria según las especificaciones y/o cálculos de transferencias de cargas al suelo. Se pueden crear tanto pilotes como zapatas y muros. Desde la ficha Estructura se accede a los elementos en el grupo Cimentación. Se puede hacer uso de un plano en AutoCAD como guía para la ubicación de cimentación y se recomienda en propiedades la creación de los elementos con un nombre específico en el caso de generar más de un tipo de cimentación esto con el fin de ordenar los datos en el programa y facilitando el manejo de cantidades.

Figura 17.

Creación de cimentación.

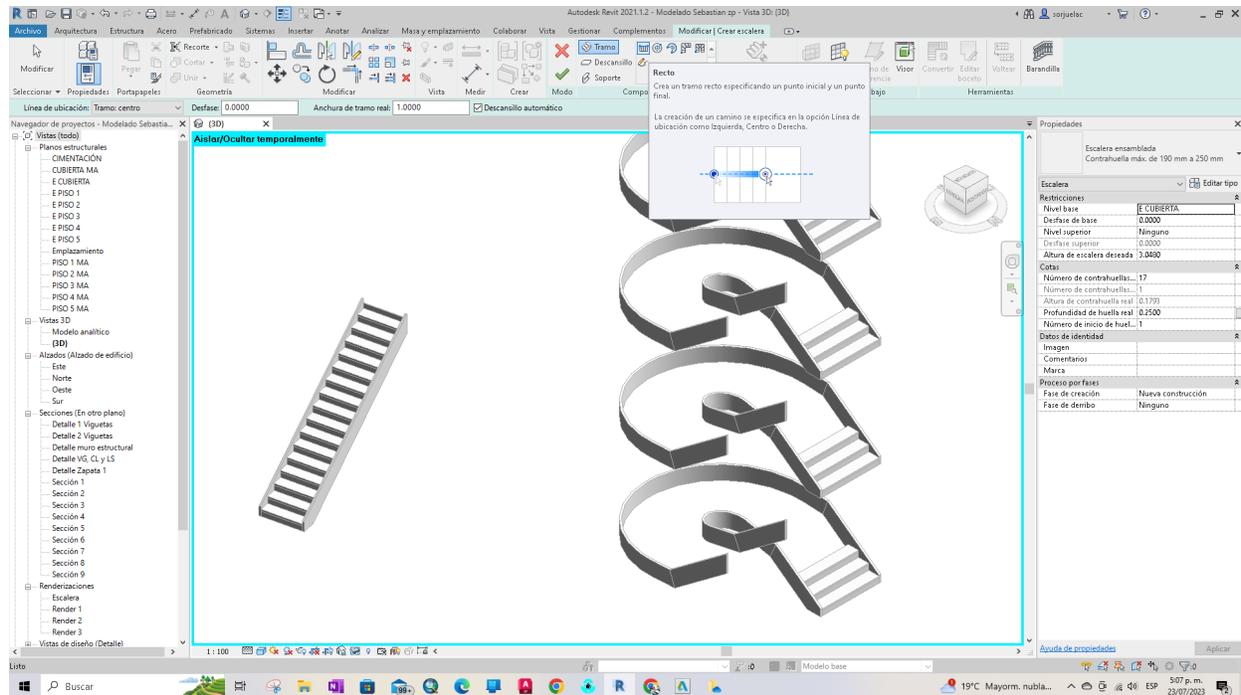


Nota. Esta imagen muestra uno de los comandos para la creación de la cimentación y como se ve la cimentación en la implementación sobre el área de trabajo. Elaboración propia.

3.2.5.14. Creación de escaleras

Las escaleras se pueden generar de dos maneras; una es conocida como tradicional o estándar y la otra como boceto, las escaleras estándar son por lo general cuadradas o circulares y ya se encuentran diseñadas por el programa a diferencia de las escaleras por boceto que básicamente hacen referencia al diseño especial del elemento para un proyecto arquitectónico fuera de lo convencional. El diseño por boceto permite al usuario crear libremente este elemento estructural.

Figura 18.
Escaleras.

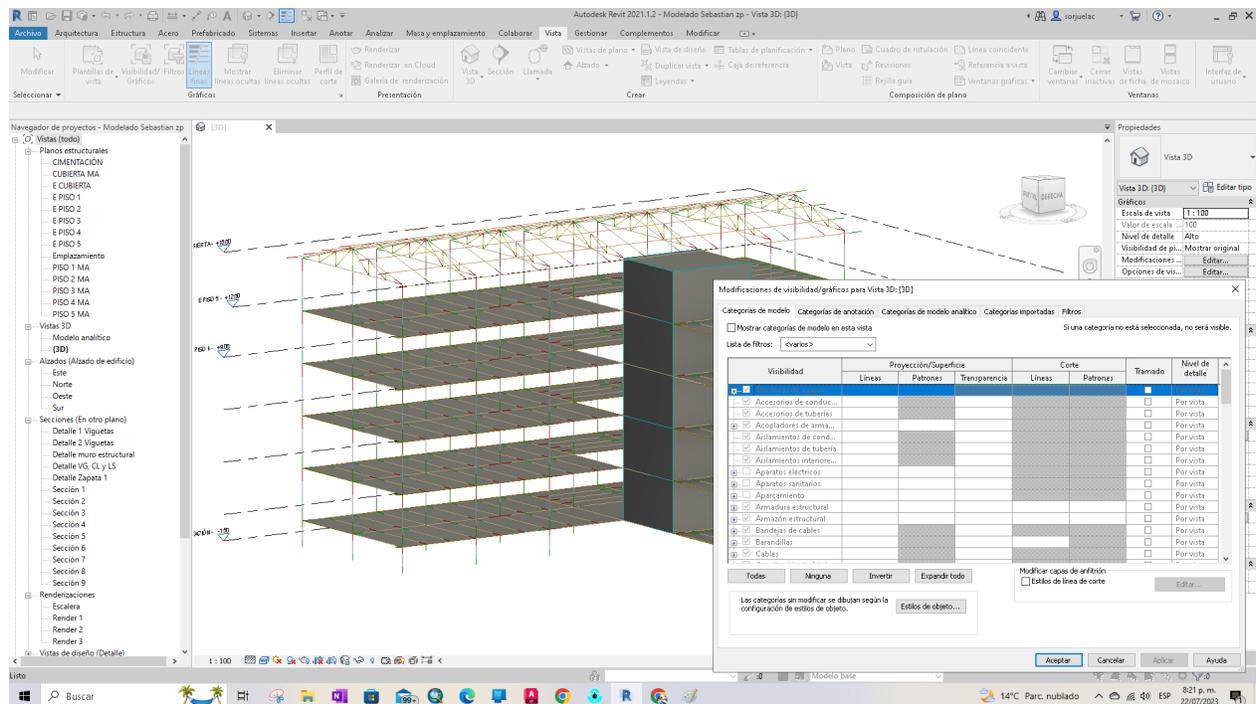


Nota. Esta imagen muestra distintos tipos de trabajar la escalera y como queda la escalera luego de haberla creado para el proyecto tipo. Elaboración propia.

3.2.5.15. Visualización del modelo analítico

Este modelo analítico se puede configurar para que se active el modelado analítico en la vista deseada, esto se realiza en la ficha de Vista de ahí nos dirigimos al grupo gráficos y en el comando visibilidad/gráficos. Este modelo analítico se utiliza para el análisis estructural, básicamente se puede exportar a otro software para que este pueda ser analizado como lo sería el software de Robot.

Figura 19.
Modelo analítico.

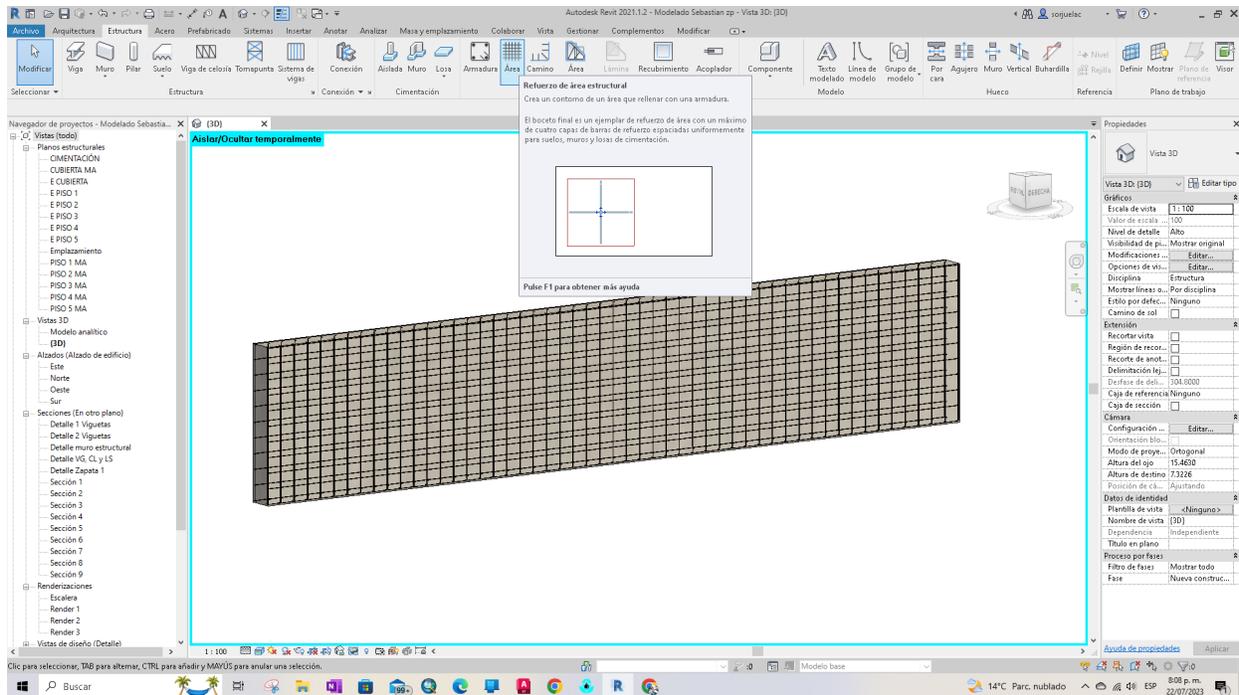


Nota. El modelo analítico en esta imagen muestra los elementos sobre los cuales se puede realizar un análisis estructural. Elaboración propia.

3.2.5.16. Modelado de armaduras de acero estructurales

Se hace referencia al refuerzo estructural de los elementos de concreto. Es importante generar cortes en los elementos a incorporar el acero de tal manera que se pueda trabajar en una vista en sección que facilite la interacción con el elemento. Desde la ficha estructura y el grupo Refuerzo se selecciona la herramienta armadura posterior a la generación del recubrimiento en los elementos. Existen diversos estilos de armadura los cuales se seleccionan con base a las especificaciones técnicas del proyecto; el software trae por defecto los diámetros de acero comerciales, pero también es posible cargar familias con información de proveedores nuevos.

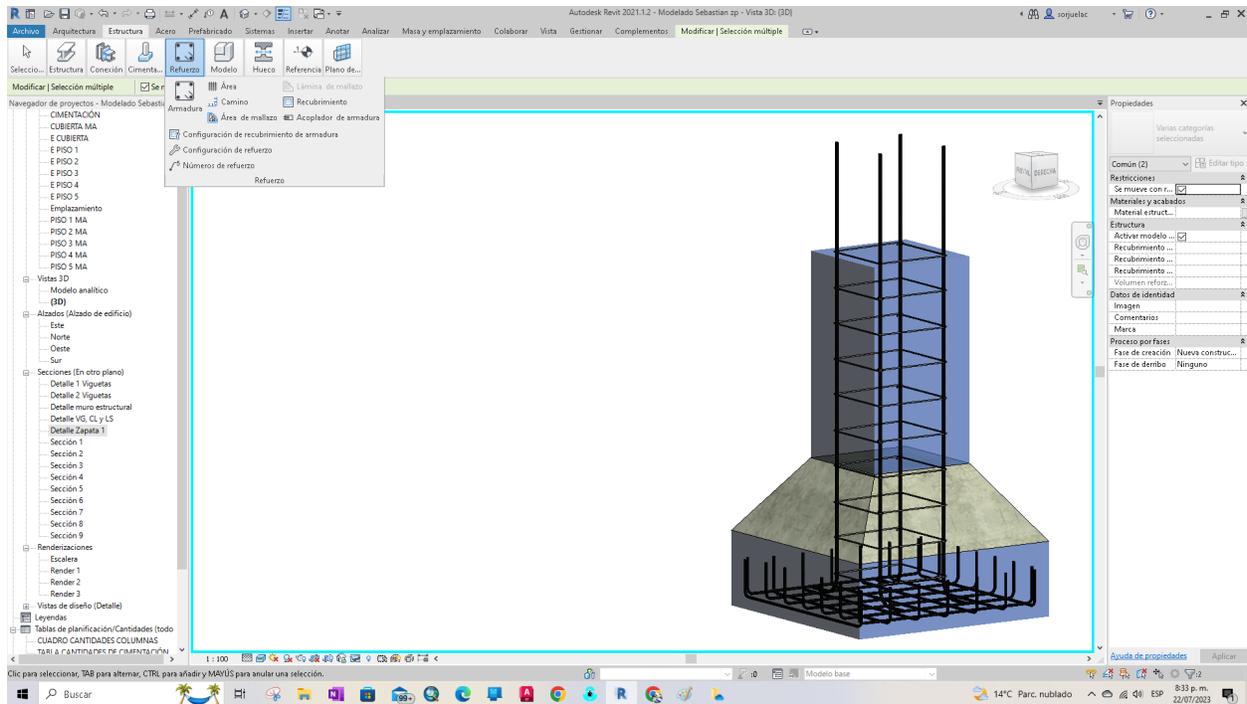
Figura 20.

Armadura estructural.

Nota. Se señala el comando de la creación de refuerzo de área estructural, este comando permite la creación y ajustes tanto de muros estructurales como de placas. Elaboración propia.

3.2.5.17. Ubicación de estribos

Estos elementos hacen parte indispensable en los componentes estructurales, se colocan a lo largo de las vigas o columnas, y su ancho, alto, diámetro y distanciamiento dependerá del análisis estructural. Para la creación de estos elementos se realiza en la ficha estructuras, desde ahí nos dirigimos al grupo refuerzo y en el comando de armadura podremos insertar los estribos a nuestros elementos estructurales.

Figura 21.*Estribos.*

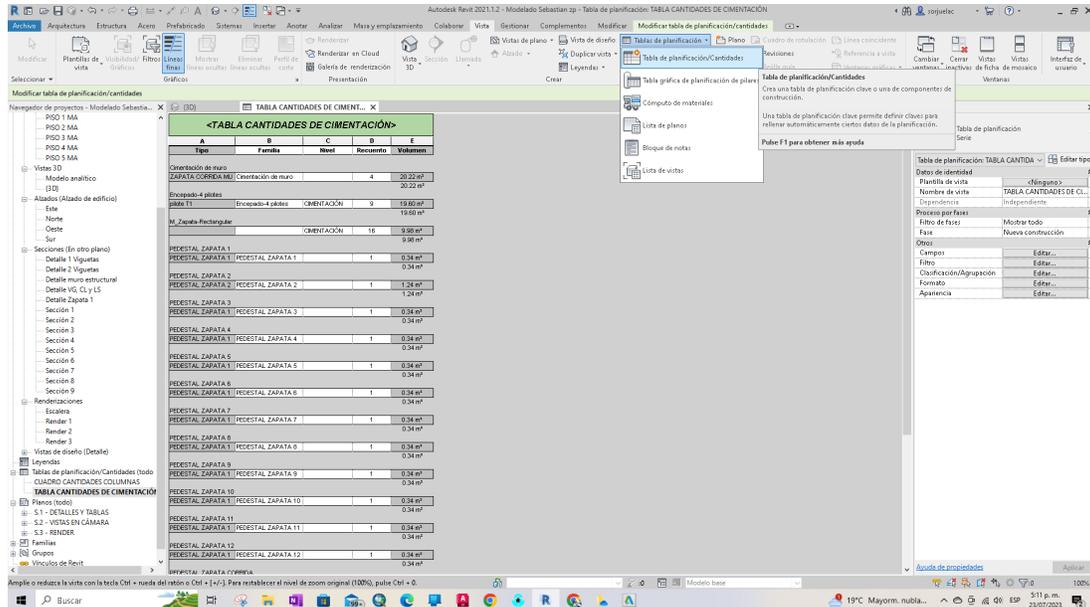
Nota. Se señala el Comando de creación del área de refuerzo, además se aprecian los estribos correspondientes a la zapata unida a la columna. Elaboración propia.

3.2.5.18. Tablas de Planificación

Es el resultado del buen manejo de la información en cada elemento creado en el modelo estructural, en cada creación es necesario organizar la información desde la ventana propiedades y sección editar tipo. La creación de estos cuadros se realiza desde la ficha Vista, grupo tablas, donde es posible seleccionar entre cantidades y planificación. Las tablas se pueden seleccionar por categorías y permite seleccionar la información que se desea visualizar en las tablas que posteriormente se representa en el navegador de proyectos en la sección Tablas de Planificación/Cantidades.

Figura 22.

Tablas de planificación.



Nota. Esta imagen muestra el comando para la creación de las tablas de cantidades y una de las maneras de configuración de dichas tablas para mostrar el contenido del proyecto. Elaboración propia.

3.2.6. Genially

Genially es un software que permite trabajar de manera online, donde se pueden crear diferentes tipos de contenidos interactivos a través de las herramientas que nos brinda el mismo software y que además son muy intuitivas. Este software se puede usar de manera individual o en grupo, además, el uso es parcialmente gratuito pero si se quiere hacer uso del paquete premium para utilizar las herramientas avanzadas este habrá que ser cancelado.

3.3. Capítulo III: Marco normativo.

Para la modelación de un proyecto estructural es importante el uso adecuado de la normativa vigente del país, para el caso de Colombia aplica la norma NSR-10, la norma ISO 19650 y las NTC correspondientes. Para este proyecto se modeló de forma general sin tener presente análisis y normativa técnica, ya que la finalidad del proyecto es el modelado estructural y su interoperabilidad mas no el análisis de carga que está vinculado a la normativa.

Respecto a la norma ISO 19650 el Icontec (2021) dice “Este documento se aplica a todo el ciclo de vida de cualquier activo construido, incluida la planificación estratégica, el diseño inicial, la ingeniería, la entrega, la documentación (...) la reparación y el final de la vida útil”.

3.4. Capítulo IV: Marco Metodológico

La metodología trabajada en este proyecto es un tipo de investigación de tipo aplicativo, con un enfoque cualitativo, a continuación, se explica el cumplimiento de cada objetivo específico.

3.4.1. Interoperabilidad.

Dentro de lo que respecta a la interoperabilidad que se tiene con otros programas, Revit juega un papel importante, ya que de los rasgos más destacados encaminados a la evolución de un mundo más práctico se encuentra la modelación en 3D, esta permite no solo visualizar los componentes de manera real otorgando planos y cantidades con los cuales podemos coordinar un plan de trabajo y una construcción eficiente, sino que además permite detectar errores en el diseño lo que es de gran ayuda para agilizar procesos, una vez elaborado el modelado este se puede llevar a otros programas como es el caso de Navisworks donde se pueden controlar las programaciones y los costos mediante simulaciones, además de que puede incorporar diferentes modelos y analizarlos para evitar errores de diseño (interferencias). Los datos del Revit como lo es el modelo analítico puede ser llevado al software Robot para su respectivo análisis estructural.

Para el desarrollo de este proyecto se inicia con el diseño de los ejes y la ubicación de cimientos en un plano 2D en un archivo DWG que mediante la importación en el software Revit permite la ubicación de los elementos, preliminar a la modelación estructural se inicia con la preparación básica: sistema de unidades, interfaz gráfica, comandos, visualización, objetos,

ayudas del programa, creación de vistas en cámara y formato de presentación, para continuar con la creación estructural del proyecto tipo.

Este y todos los proyectos se realizan pensando en el proceso constructivo adecuado y coherente a la construcción de una edificación: cimentación, columnas, muros, vigas, losa, escalera y así sucesivamente hasta llegar a la cubierta. Una vez desarrollado el proyecto hasta este punto se procede según sea el caso a guardar el documento en un formato que se pueda leer, para Naviswork, este puede hacer lectura directamente del modelo de Revit o bien sea un archivo exportado en NWC, del mismo modo al trabajar en Robot Structural Analysis este también se puede trabajar de 2 maneras diferentes, una es con un archivo intermedio (.smxx) donde ambas partes pueden abrir y modificar el modelo, y otra donde la integración es directa, es decir que desde Revit permite enviar un modelo directamente a Robot, de tal manera que al realizar modificaciones en Robot se pueda actualizar el modelo y abrir desde Revit.

3.4.2. Desarrollo de modelación del proyecto estructural en Revit

Teniendo en cuenta el proceso constructivo de una edificación se maneja la modelación básicamente en dos etapas: Inicialmente se realiza un preliminar, aquí se conoce la interfaz del software ya que conociendo la ubicación de las herramientas que se manejan, es más sencillo poder interactuar y realizar con mayor efectividad los diseños, de igual modo también se encuentra la preparación del software para iniciar el dibujo evitando inconvenientes más adelante, como por ejemplo, el manejo de unidades, Idioma, creación de rótulo, identificación del panel de ayuda entre otros, y como segunda etapa la creación o modelación del proyecto como tal haciendo referencia a la creación de elementos estructurales, visualización y montaje de tablas de planificación.

Para la creación de cada elemento se debe emplear la ficha estructura, aquí se pueden encontrar los elementos que se pueden aplicar o cargar al programa; estos elementos son editables desde la ventana propiedades, donde es posible modificar el material, las dimensiones y su ubicación en el plano.

Desde la misma ficha de estructuras se realizan los muros de contención, los muros al dibujarlos en esta ficha permite la colocación de refuerzos y el análisis de cargas mediante el modelo analítico cosa que no se permite al crearlos desde la ficha de arquitectura. Desde esta misma ficha de estructuras nos dirigimos al grupo refuerzo y en el comando de armadura podremos insertar los estribos a nuestros elementos estructurales.

Desde la ficha Vista en el grupo tablas es posible seleccionar entre cantidades y planificación. Las tablas se pueden seleccionar por categorías y permite seleccionar la información que se desea visualizar, una vez seleccionados los ítems a evaluar se puede apreciar que se visualiza en el navegador de proyectos en la sección Tablas de Planificación/Cantidades. Desde aquí se pueden sacar las cantidades según se requiera, si se desea en su totalidad, por niveles, por elemento estructural, todo dependerá de las necesidades que requiera el proyecto.

3.4.3. Herramienta interactiva como medio de reconocimiento del software Revit.

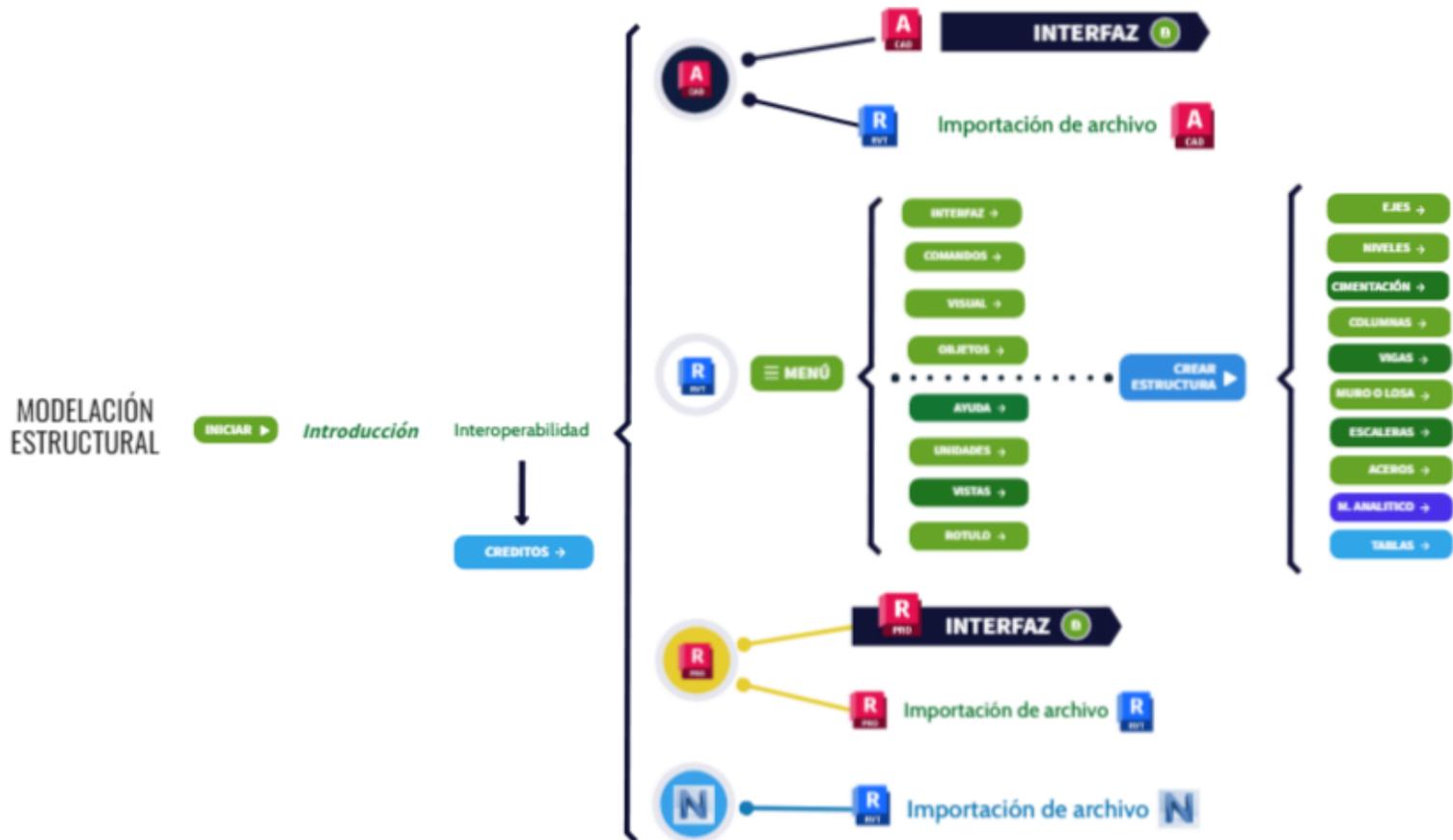
3.4.3.1. Ejercicio práctico

Mediante el ejercicio práctico realizado en Revit, el cual es base fundamental de información a compartir, esta información es llevada a otro software en este caso Genially, en donde se puede interactuar mediante botones y navegar entre páginas para captar la información allí suministrada por medio de unas imágenes y unos videos explicativos.

La información del ejercicio práctico se subcategoriza para poder transmitir mejor los temas, por un lado se encuentra la parte teórica explicativa del manejo del Software Revit, y por otra parte ya se habla de la realización de los elementos estructurales. Genially no solo permite que podamos compartir información mediante imágenes y videos, también nos permite realizar actividades para reforzar los conocimientos adquiridos, así que para esto se incorporan algunas de las actividades suministradas por el mismo Genially y otras actividades externas al programa, de modo que la persona que realiza la actividad pueda ver que tan bien está con los conocimientos adquiridos según sea el avance en cada tema.

Figura 23.

Mapa mental de navegación de modelación estructural.



Nota. Mapa mental del material de apoyo como ayuda a la navegación del software Genially. Elaboración Propia 2023.

<https://view.genial.ly/64811258e695d100180fbd6e/interactive-content-modelacion-estructural-bim>

3.4.3.2. Interoperabilidad

El uso de la interoperabilidad juega un papel muy importante al momento de subir la información a los softwares de Autodesk, ya que el proyecto tipo realizado se hizo con la finalidad de ser estructural, la documentación de esta información se basa en la realización de videos explicativos para la creación de un proyecto tipo haciendo uso del software Genially, donde se puede apreciar la interoperabilidad en un sentido, de Autocad a Revit, de Revit a Robot y finalmente de Revit a Navisworks.

3.4.3.3. Diseño con la herramienta interactiva.

Al tener la información completa del ejercicio práctico junto con la realización de videos explicativos, enlaces, actividades y a demás de tener claro los softwares que serán partícipes de la interoperabilidad, se procede a montar dicha información de manera que sea interactiva para que la información sea más clara al navegar por la herramienta, al comienzo de deja un esquema de navegación de modo que pueda ver de antemano el contenido que se va a encontrar, posterior una breve introducción para poder continuar con la parte de interoperabilidad, allí se muestra el menú principal del cual se despliega: autocad, Revit, Robot y Naviswork, en donde se explica la interfaz y cómo funciona cada programa enfocados al software Revit, y finalmente se procede a la asignación de actividades y a la inserción de los videos correspondientes a cada tema tratado. A continuación se muestran algunas de las ventanas de interacción del software interactivo.

Figura 24.

Imagen principal del material de apoyo de modelación estructural.



Nota. Interfaz inicial del material de apoyo subido al software Genially. Elaboración Propia 2023. (<https://view.genial.ly/64811258e695d100180fbd6e/interactive-content-modelacion-estructural-bim>).

Figura 25.

Imagen de softwares implicados en la interoperabilidad.



Nota. Softwares utilizados en la interoperabilidad con el programa Revit para la modelación estructural. Elaboración Propia 2023. (<https://view.genial.ly/64811258e695d100180fbd6e/interactive-content-modelacion-estructural-bim>).

3.4.3.3.1. ***Funcionalidad de botones del Genially***

Dentro de la funcionalidad de los botones se encuentran los siguientes: Iniciar, este botón ayuda a dar comienzo mostrando el esquema de navegación para hacer más fácil la interacción con el programa, el botón siguiente permite navegar a la próxima página, también se tiene el botón de devolver, este básicamente como su nombre lo indica, su función es devolver a la página anterior, en la ventana de interoperabilidad se hayan 4 iconos de los

cuales son; A CAD para ingresar a ver una breve descripción de Autocad, R RVT para ingresar a ver una breve descripción de Revit, R PRO para ingresar a ver una breve descripción de Robot, y N para ingresar a ver una breve descripción de Navisworks,

continuyendo con la descripción de los botones se menciona también los botones de menú, crear estructura, cimentación y aceros los cuales dan apertura a nuevas páginas donde se encuentran una serie de botones explicativos, por otro lado esta los botones como son; interfaz, importación, comandos, visualización, objetos, ayuda, unidades, vistas, rótulo, ejes, niveles, zapata aislada centrica, zapata aislada excentrica, pilotes, muro, columnas, vigas, muro o losa, escaleras, armadura de zapata, armadura de losa o muro, armadura de viga y columna, modelo analitico y tablas, de estos botones se despliegan páginas que contienen videos explicativos junto con actividades a desarrollar por video, y finalmente está el botón Actividad que es donde se encuentran ubicadas las actividades, el botón de descargar el cual redirige al usuario a una pagina de autodesk para que pueda adquirir los software y hacer uso de ellos, y el boton de creditos que hace referencia a la finalidad de la elaboración del contenido del software Genially y de las personas implicadas del desarrollo.

4. Análisis y Discusión de Resultados

En cuanto a interactividad de los softwares queda abierto el tema de tal manera que es posible complementar el aprendizaje generando material de apoyo similar al presentado en este trabajo con el fin de sintetizar la información de forma general para todos los softwares de la familia Autodesk que están enfocados en la creación de proyectos de construcción y su modelación estructural.

Para el uso de la herramienta interactiva Genially si desea ver la trazabilidad del tema esquemáticamente lo puede hacer remitiéndose al esquema de navegación de modelación

estructural ubicado en el apartado de interoperabilidad del marco metodológico del presente documento.

Aunque dentro del contenido desarrollado en el software Genially se tienen actividades, cabe recalcar que dichas actividades no tienen modo de darles puntaje de calificación con la finalidad de incentivar el aprendizaje y la competitividad de los participantes.

5. Conclusiones y Recomendaciones

A partir de la identificación y manejo de interfaz de los softwares (AutoCAD, Robot, Revit y Navisworks) se facilitó la preparación preliminar que requiere cada programa para el inicio de la modelación, dando paso al desarrollo de las fases y actividades necesarias para la construcción virtual del proyecto tipo. Se recomienda profundizar el manejo de los programas Robot Structural Analysis Professional, AutoCAD y Navisworks, con el fin de enriquecer y dar continuidad al material aquí presentado.

Desde el desarrollo de la modelación de una edificación tipo en Revit se presentó la participación de los softwares CAD, Robot y Navisworks desde la importación de sus archivos permitiendo la colaboración conjunta de las distintas aplicaciones complementarias permitiendo la interoperabilidad.

Desde el concepto de interoperabilidad de los softwares se llevó a cabo el modelado estructural de una edificación tipo teniendo en cuenta el proceso constructivo y las fases de desarrollo de cada actividad. Desde la herramienta interactiva Genially se facilitó la creación del material dinámico, presentando videos explicativos, imágenes y actividades complementarias de forma creativa.

El material de apoyo fue desarrollado de forma correcta y de la manera en que se planteó en el anteproyecto, esto gracias a los conocimientos adquiridos en los cursos de modelación impartidos por el Sena, al material tipo cartilla en repositorio y al manejo gratuito de los softwares que brinda Autodesk a la comunidad académica.

El presente documento se realiza con fines educativos y como proyecto de grado en la modalidad de monografía, de tal manera que se encuentra de forma gratuita y de libre acceso a la comunidad académica y general.

6. Referencias

Autodesk (s.f.). COMPARACIÓN DEL SOFTWARE PARA BIM Y CAD REVIT FRENTE A AUTOCAD.

<https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/revit-vs-autocad#:~:text=Revit%20es%20un%20software%20para%20BIM%20utilizado%20ampliamente%20por%20arquitectos.impulsar%20BIM%2C%20no%20para%20sustituirlo.>

Autodesk (2023). Autodesk Navisworks 2024- Interfaz de usuario de Navisworks.

<https://help.autodesk.com/view/NAV/2024/ESP/?guid=GUID-BC3F3603-A5D2-4FFA-8CDA-83731328BF9F>

Autodesk (2023). Características de Navisworks 2023.

https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/2377/Guia_APA_interactiva_vol2%20%282%29%20%281%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Autodesk (2022). Página principal de Ayuda de Autodesk Revit 2022.

<https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ESP/>

Autodesk (2022). Familias de Revit: Una introducción paso a paso.

<https://www.autodesk.com/autodesk-university/es/article/Revit-Families-Step-Step-Introduction->

[2018#:~:text=Las%20familias%20de%20sistema%20abarcan,de%20proyecto%20y%20los%20niveles.](#)

Ccaico C M. (2020). Tabla Periódica de los Comandos de Revit.

<https://www.udocz.com/apuntes/154709/tabla-periodica-de-los-comandos-de-revit>

Editeca (s.f.) Claves fundamentales para conocer la herramienta Navisworks.

<https://editeca.com/claves-fundamentales-navisworks/#:~:text=Navisworks%20es%20una%20de%20las,punto%20de%20vista%2C%20y%20mediciones.>

Icontec. (2021). NTC-ISO 19650-1:2021.

<https://tienda.icontec.org/gp-organizacion-y-digitalizacion-de-la-informacion-en-edificaciones-y-obras-de-ingenieria-civil-incluyendo-bim-building-information-modelling-gestion-de-la-informacion-usando-bim-parte-1-conceptos-y-principios-ntc-iso19650-1-2021.html>

Montenegro N.M. (2022). Guía de implementación del BIM en estructuras.

Montoya, N. M. (2005). ¿Qué es el estado del arte? Ciencia y Tecnología para la salud Visual y Ocular, (5), 73-75. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599263>

Orozco, E. Pacheco, L. Pérez, A. & Quintero, C. (2021). *Manual interactivo para modelado REVIT: fundamentos estructurales basado en el proceso constructivo de una vivienda*. SENNOVA. <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/7160>

RF AECO (s.f.) ¿Qué es Revit de Autodesk y para qué sirve?

<https://www.rfaeco.com/que-es-revit-de-autodesk-y-para-que-sirve/>

C. Rodriguez, S. Orjuela (2023). Modelación estructural BIM.

<https://view.genial.ly/64811258e695d100180fbd6e/interactive-content-modelacion-estructural-bim>

