

Propuesta del uso de software de modelado en tres dimensiones SketchUp como herramienta para la mejora de procesos constructivos en la construcción de viviendas individuales

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Propuesta de uso del software de modelado en tres dimensiones SketchUp como herramienta para la mejora de los procesos constructivos en la construcción de viviendas individuales


Llevado a cabo por el estudiante:

Rojas Díaz Marco Vinicio

Carné: 201225331

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el martes 08 de abril de 2025 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

 Firmado digitalmente por
JOSE ANDRES ARAYA
OBANDO (FIRMA)
Fecha: 2025.04.22 08:54:36
-06'00'

Dr. José Andrés Araya Obando
Director de Escuela

MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA) Firmado digitalmente por
MILTON ANTONIO SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2025.04.08 16:33:45 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MAE
Profesor Guía

MAURICIO ESTEBAN ARAYA RODRIGUEZ (FIRMA) Firmado digitalmente por MAURICIO
ESTEBAN ARAYA
RODRIGUEZ (FIRMA)
Fecha: 2025.04.08
18:16:13 -06'00'

Ing. Mauricio Araya Rodríguez
Profesor Lector

MANUEL ANTONIO ALLAN ZUÑIGA (FIRMA) Firmado digitalmente por
MANUEL ANTONIO ALLAN
ZUÑIGA (FIRMA)
Fecha: 2025.04.09 08:18:35 -06'00'

Ing. Manuel Alán Zúñiga, MGP, MBA
Profesor Observador

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mi familia, en especial a mis padres Marcos y Cecilia, quienes han sido los pilares que me han sostenido a lo largo de este proceso. Su amor incondicional y su sabiduría han sido la guía que me ha orientado no solo en mi vida, sino también en este camino hacia mi formación profesional. Ellos han sabido brindarme la fuerza para ser una mejor persona cada día. Sin su apoyo constante, alcanzar esta meta no habría sido posible.

Mi eterno agradecimiento a Dixiana, cuyo amor, apoyo y cariño han sido fundamentales para mantenerme firme en este proceso. Gracias por estar siempre a mi lado, por ser mi fortaleza y por motivarme a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

A mis amigos cercanos, quiero agradecerles por valorarme tal como soy, por su lealtad y por ser un refugio constante cuando más lo necesitaba. Siempre han tenido una mano amiga dispuesta a ayudarme, y su apoyo ha sido una fuente constante de inspiración.

Finalmente, agradezco a todas las personas con las que he compartido, incluso brevemente, algún momento de mi vida. Cada uno de ustedes ha dejado una contribuyendo, de alguna manera, a la persona que soy hoy.

Resumen

Esta investigación propone la implementación del programa de modelado en tres dimensiones SketchUp como una herramienta para mejorar los procesos constructivos en la edificación de viviendas unifamiliares en Costa Rica. La investigación se llevó a cabo a través de un enfoque mixto que incluye una revisión bibliográfica y un análisis cualitativo basado en entrevistas con profesionales del sector, como ingenieros, arquitectos y maestros de obra. Se identificaron los problemas más comunes en la interpretación de planos constructivos, lo que permitió determinar cómo el uso de SketchUp puede mitigar errores y optimizar la gestión de proyectos.

El análisis de las funcionalidades de SketchUp mostró que su capacidad para visualizar detalles, integrar vistas y secciones, y detectar incongruencias antes de la etapa constructiva, resulta crucial para la reducción de costos y la mejora en la eficiencia del proceso. A partir de estos hallazgos, se diseñó una guía práctica para el uso del programa, enfocada en el modelado de elementos y etapas específicas de la construcción.

Se concluye que la implementación de herramientas tridimensionales como SketchUp no solo facilita la comprensión de los planos por parte de los equipos de trabajo, sino que también reduce los errores en la ejecución, mejora los plazos de entrega y optimiza los recursos invertidos. Asimismo, se brindan recomendaciones para la formación y adaptación del personal de un proyecto, así como sugerencias para extender el uso de esta herramienta a otros tipos de proyectos constructivos.

Palabras clave: SketchUp, modelado 3D, procesos constructivos, vivienda unifamiliar, interpretación de planos, reducción de errores, optimización de proyectos.

Abstract

This research proposes the implementation of the three-dimensional modeling program SketchUp as a tool to improve construction processes in the building of single-family homes in Costa Rica. The study was carried out through a mixed-methods approach, including a literature review and a qualitative analysis based on interviews with industry professionals, such as engineers, architects, and construction foremen. The most common issues in the interpretation of construction plans were identified, which allowed for the determination of how the use of SketchUp can mitigate errors and optimize project management.

The analysis of SketchUp's functionalities demonstrated that its ability to visualize details, integrate views and sections, and detect inconsistencies before the construction phase is crucial for cost reduction and improving process efficiency. Based on these findings, a practical guide for using the program was developed, focusing on the modeling of specific construction elements and phases.

It is concluded that the implementation of three-dimensional tools like SketchUp not only facilitates the understanding of construction plans by work teams but also reduces execution errors, improves project timelines, and optimizes invested resources. Additionally, recommendations are provided for the training and adaptation of project personnel, as well as suggestions for extending the use of this tool to other types of construction projects.

Keywords: SketchUp, 3D modeling, construction processes, single-family housing, blueprint interpretation, error reduction, project optimization.

Propuesta del uso del software de modelado en tres dimensiones SketchUp como herramienta para la mejora de procesos constructivos en la construcción de viviendas individuales

MARCO VINICIO ROJAS DÍAZ

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Diciembre de 2024

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Resumen ejecutivo.....	2
Introducción.....	5
Objetivos	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
Alcance.....	7
Limitaciones	8
Capítulo 1: Marco teórico	9
Vivienda unifamiliar en Costa Rica	9
Modelado 3D en la construcción.....	12
2D vs 3D, diferencias entre los planos tradicionales y los modelos en 3D	12
Procesos constructivos en la construcción de vivienda individual tradicional en Costa Rica	13
Etapas del proceso constructivo	13
Problemas comunes en la interpretación de planos.....	17
Mejoras para el éxito en los procesos constructivos	17
¿Qué es SketchUp?.....	18
Importancia de las fichas técnicas	20
Capítulo 2: Metodología	21
Tipo de investigación	21
Categorías.....	21
Capítulo 3: Resultados y análisis	28
Problemas en los proyectos surgidos de la interpretación de planos.....	28
Análisis de SketchUp como herramienta de apoyo en campo.....	38
Guía de implementación de la herramienta SketchUp.....	42
Capítulo 4: Conclusiones y recomendaciones...	46
Conclusiones.....	46
Recomendaciones	47
Referencias	49
Apéndices.....	51

Resumen ejecutivo

Este proyecto final de graduación lo que plantea es una propuesta de implementación del programa de modelado en tres dimensiones SketchUp en la construcción de viviendas individuales dentro del contexto costarricense como herramienta que permita la mejora de los diferentes procesos constructivos. De esa manera, se obtiene como producto una guía de uso del programa que, pese a nacer como una propuesta dirigida a ciertos actores en la actividad constructiva con poco conocimiento técnico en cuanto a modelado, su alcance puede ser mayor y estará a disposición de cualquier tipo de público con información referente tanto al uso e implementación del programa, como a los procesos constructivos en la construcción de las viviendas individuales.

El producto final de este proyecto se optimiza los procesos constructivos, pero además, está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 4 y 9. Ya que al promover el uso de SketchUp como herramienta de modelado en tres dimensiones, se facilita el acceso a una formación más inclusiva y de calidad en el ámbito de la construcción (ODS 4), permitiendo que tanto profesionales con experiencia como personas con conocimientos técnicos limitados comprendan mejor los planos y participen de manera más efectiva en las obras. Además, la implementación de esta tecnología impulsa la innovación y la mejora de la infraestructura en proyectos de pequeña y mediana escala (ODS 9), optimizando la planificación y ejecución de las construcciones para lograr procesos más eficientes y sostenibles.

A la hora de desarrollar el proyecto, se siguió la ruta establecida mediante los objetivos específicos donde inicialmente fue necesario investigar sobre los problemas que comúnmente se presentan en los proyectos constructivos relacionados con la interpretación de los planos, para la determinación de la forma en que SketchUp puede ser un apoyo para la gestión de las obras. Para esto, se analizaron fuentes de información primarias, fuentes secundarias y entrevistas a personas involucradas en la dirección de procesos constructivos, ya que se busca determinar los procesos en los que más errores se considera se comete en la construcción de vivienda unifamiliar en Costa Rica debido a la interpretación de planos, cuáles son los más frecuentes, cuáles tienen un mayor impacto negativo en el éxito del proyecto.

Como segundo objetivo específico se planteó analizar las funcionalidades y características del programa SketchUp que son relevantes para la gestión y la ejecución de los proyectos constructivos. Para esto, también se realizó una revisión bibliográfica donde aplicaron dos enfoques; se identificaron las variables que definen el éxito del proyecto para poder abordarlas con soluciones mediante la herramienta de modelado 3D SketchUp, y se revisó también directamente en la literatura sobre las características que posee el programa

que son de importancia y pueden ser aplicadas para el desarrollo de la herramienta propuesta, siempre con el fin de ofrecer una guía que al implementarse logre corregir errores provenientes de planos constructivos y/o su interpretación.

Como último paso, se realizó la propuesta de un marco de implementación de SketchUp en proyectos de pequeña y mediana envergadura, incluyendo recomendaciones para la formación y adaptación de equipos de trabajo. Para esto se utilizó el resultado de los dos pasos anteriores, donde tras el cruce de la información, se dio forma a la guía cuyos principales aspectos que busca mejorar son la duración, el costo y la calidad del proyecto de construcción de vivienda unifamiliar.

Los resultados del estudio evidencian que los errores en la interpretación de planos constructivos son frecuentes y tienen un impacto significativo en los proyectos de vivienda unifamiliar. Entre los principales problemas identificados se encuentran discrepancias entre los planos y las condiciones reales del sitio, lo que afecta principalmente el plazo y el costo de las obras. Se identificó que el 80% de los entrevistados mencionó retrasos en la ejecución debido a estos errores, mientras que el 70% señaló incrementos en los costos operativos. Además, se encontró que los errores de interpretación son recurrentes en todas las etapas del proceso constructivo, siendo las actividades preliminares y los acabados las áreas más afectadas.

El uso de SketchUp se plantea como una solución viable para minimizar estos problemas, ya que permite la visualización tridimensional de los proyectos antes de su ejecución. Los entrevistados coincidieron en que esta herramienta facilitaría la identificación de errores en planos, reduciría la necesidad de modificaciones en obra y mejoraría la comunicación entre los diferentes actores del proceso constructivo. La implementación de una guía de modelado en 3D con SketchUp se presenta como una buena estrategia para optimizar la planificación, reducir costos y garantizar una mayor calidad en la ejecución de las obras.

Asimismo, del resultado de las entrevistas se conocieron algunos de los errores que generan mayores retrasos en la ejecución, destacando la falta de información en los planos, las discrepancias en medidas y cotas erróneas, y la ausencia de adaptación de diseños a las condiciones reales del sitio. La falta de claridad en la documentación técnica es una de las principales causas de detenciones en obra, afectando la eficiencia del proceso constructivo. La aplicación de herramientas digitales como SketchUp permitiría mitigar estos problemas mediante un mejor control visual de los proyectos y una coordinación más eficiente entre los equipos de trabajo.

El estudio concluye que la implementación de SketchUp en la construcción de viviendas unifamiliares es una estrategia eficaz para reducir errores en la interpretación de planos, mejorar la comunicación entre los actores del proceso constructivo y optimizar la ejecución de las obras. Su capacidad para generar modelos tridimensionales detallados facilita la identificación temprana de discrepancias, minimizando modificaciones imprevistas en obra y optimizando recursos. Además, su interfaz intuitiva permite que tanto profesionales

experimentados como personas con menor conocimiento técnico puedan utilizarlo con facilidad. Como recomendación, se sugiere integrar herramientas de modelado 3D en los procesos constructivos y promover la capacitación en su uso para garantizar una transición efectiva. Asimismo, se plantea el desarrollo de estudios de caso que evalúen su impacto en proyectos reales, midiendo la reducción de costos y mejoras en tiempos de ejecución. Finalmente, se recomienda analizar su aplicación en otros tipos de edificaciones, como proyectos multifamiliares o comerciales, con el fin de maximizar los beneficios del modelado tridimensional en el sector de la construcción.

Introducción

Existe una elevada tendencia hacia la adopción de herramientas BIM en el sector de la construcción en todo el globo, y como mencionan Toan et al. (2023), el programa computacional SketchUp es uno de los más conocidos y utilizados ya que es muy fácil de utilizar y es muy accesible para el público (Hassan, 2016). Además, como señalan Ayarde y Hernani (2022), SketchUp se destaca por ser el modelador tridimensional más sencillo disponible, con una ventana intuitiva que prioriza el espacio para dibujar en lugar de menús desplegables complicados, por lo que se convierte en una herramienta muy útil para profesionales que buscan eficiencia y simplicidad en el modelado. El presente Trabajo Final de Graduación (TFG) se desarrolla en el ámbito de la construcción de viviendas individuales dentro del contexto costarricense, pues la optimización de los procesos constructivos mediante la implementación del modelado tridimensional utilizando el programa SketchUp, por las características ya mencionadas, se muestra como una oportunidad por abordar. En la construcción en general, se ven involucrados muchos profesionales en cada una de sus etapas, incluyendo desde la fase de diseño arquitectónico, diseño estructural, diseño de sistemas electromecánicos hasta la ejecución de la obra.

En la etapa de ejecución, fase del proyecto en el que se centra este trabajo, las actividades son realizadas por personas que muchas veces cuentan con poco conocimiento técnico y de visualización de un proyecto desde una perspectiva técnica, pero con mucha experiencia en la ejecución, por lo que se genera una brecha que puede transformar en errores por mala interpretación de planos, afectando la eficiencia, los costos y la calidad del proyecto. Con la implementación de una herramienta como SketchUp, se permite visualizar en 3D los detalles constructivos de manera intuitiva, facilitando esa la comprensión de los planos y reduciendo los errores durante la ejecución.

El problema que se quiere abordar radica en la dificultad de prever y corregir problemas constructivos en etapas tempranas, lo que genera aumentos en los costos y en el tiempo de ejecución de los proyectos. La implementación de la herramienta computacional de modelado tridimensional SketchUp se propone como una solución que permita la visualización de cada una de las etapas constructivas partiendo de los planos realizados por un profesional. De esta manera, se busca identificar dentro del modelado integral, esos problemas constructivos que puedan ser abordados con antelación.

La situación actual en muchos proyectos de construcción es la falta de una herramienta accesible y comprensible para todos los involucrados que permita una visualización clara y precisa del proyecto. Esto lleva a errores de interpretación y ejecución que pueden resultar costosos. El cambio propuesto es la utilización de SketchUp para crear modelos tridimensionales de los proyectos, facilitando la comprensión y anticipación de posibles problemas constructivos.

Entre los beneficios y el impacto esperado de la implementación de SketchUp se encuentran el fomento del uso de herramientas digitales avanzadas en la construcción, dando paso a técnicas innovadoras, una mejor comunicación de las ideas entre los diferentes involucrados gracias a la visualización tridimensional, el ahorro en costo y tiempo relacionado a la mejora de los procesos, lo que a su vez se traduce en un menor consumo de materiales y energía en la construcción, disminuyendo el impacto ambiental.

Estudios previos en otras regiones o países han demostrado que la implementación de herramientas de modelado tridimensional mejora significativamente la precisión y eficiencia en los procesos constructivos. Por ejemplo, Lin (2014), Hassan (2016) y Cámara Costarricense de la Construcción (2018) concuerdan con que el uso de SketchUp y herramientas similares ha reducido los tiempos de ejecución y los costos en proyectos de construcción. Asimismo, Li & Bai (2020) y Peng et al. (2023) destacan la importancia de la visualización tridimensional para mejorar la comprensión y coordinación en proyectos complejos. También, Tal (2016) afirma que SketchUp es una herramienta que puede ser utilizada tanto como principiantes como por personas con conocimientos avanzados al respecto.

Además, la implementación de la herramienta computacional de modelado tridimensional SketchUp en la construcción de viviendas individuales no solo optimiza los procesos constructivos, sino que también contribuye en gran medida a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 4 y 9 (Naciones Unidas, s.f.). Al facilitar una guía paso a paso y proporcionar una herramienta accesible y comprensible para todos los involucrados, se promueve una educación inclusiva y de calidad (ODS 4), ya que permite que tanto profesionales con experiencia como personas con poco conocimiento técnico puedan aprender y participar activamente en el proceso constructivo. Esto fomenta el aprendizaje continuo y la capacitación en habilidades digitales avanzadas. Además, la utilización de SketchUp en la construcción de infraestructuras contribuye a la creación de infraestructuras resilientes y a la promoción de la industrialización sostenible e innovadora (ODS 9), mejorando la eficiencia en los proyectos, reduciendo errores, costos y tiempo de ejecución, y minimizando el consumo de materiales y energía, lo que tiene un impacto positivo en el medio ambiente. Esta sinergia entre la mejora educativa y la optimización industrial resalta la importancia de integrar herramientas digitales en la construcción para alcanzar un desarrollo sostenible integral.

Por tanto, la propuesta de implementar SketchUp en la construcción de viviendas individuales responde a la necesidad de mejorar la precisión, eficiencia y coordinación en los proyectos constructivos, con impactos positivos en lo científico, tecnológico, social, económico y ambiental. La inclusión de una guía paso a paso facilitará la adopción de esta herramienta, asegurando su utilidad tanto para profesionales con experiencia como para aquellos sin conocimientos técnicos en modelado computacional tridimensional.

Objetivos

El objetivo general y los objetivos específicos establecidos para el proyecto son los mostrados a continuación.

Objetivo general

Proponer la implementación del programa de modelado en tres dimensiones SketchUp como herramienta para el mejoramiento de los procesos constructivos en proyectos de viviendas individuales.

Objetivos específicos

- Investigar sobre los problemas que comúnmente se presentan en los proyectos constructivos relacionados con la interpretación de los planos, para la determinar en qué forma SketchUp puede ser un apoyo para la gestión de las obras.
- Analizar las funcionalidades y características del programa SketchUp que son relevantes para la gestión y ejecución de proyectos constructivos.
- Proponer un marco de Implementación de SketchUp en proyectos de pequeña y mediana envergadura, incluyendo recomendaciones para la formación y adaptación de equipos de trabajo.

Alcance

El alcance de este Trabajo Final de Graduación se define a partir de los tres objetivos específicos planteados, los que buscan abordar la implementación del programa de modelado en tres dimensiones SketchUp como herramienta para mejorar los procesos constructivos en la edificación de viviendas unifamiliares en Costa Rica.

Como primer paso, se investigan los problemas comunes relacionados con la interpretación de planos constructivos para poder determinar cómo SketchUp puede servir de apoyo en la gestión de las obras. De esa manera se empiezan a determinar las relaciones existentes entre la herramienta y el proceso constructivo, especialmente por la capacidad con la que cuenta para mejorar la comprensión del proyecto, reducir errores y minimizar malentendidos entre los equipos de trabajo.

En segundo lugar, se analizan las funcionalidades y características más relevantes del programa SketchUp para la gestión y ejecución de proyectos constructivos. En esta sección el punto principal está dirigido a exponer las funciones del programa necesarias para el modelado tridimensional de los distintos elementos en las distintas etapas del proceso constructivo, enfocándose en las características que resulten de mayor peso en cuanto a la duración de las actividades en las que están involucrados, la complejidad o el costo.

Finalmente, se propone un marco de implementación de SketchUp en proyectos de pequeña y mediana envergadura, que incluye recomendaciones para la formación y adaptación de los equipos de trabajo. Entonces, como parte de este objetivo, se elabora un manual práctico sobre el uso del programa, dirigido a personas con experiencia práctica, pero con poco conocimiento técnico, para facilitar la ejecución de cada etapa constructiva mediante una visualización clara y comprensible de los elementos y procesos involucrados.

Limitaciones

La presente investigación se enfrenta a algunas limitaciones que deben ser tomadas en cuenta para interpretar de la mejor manera los resultados. Inicialmente, es importante observar que la muestra utilizada fue reducida y no representativa, lo que podría generar información sesgada y limitar la generalización de los hallazgos. Aunque las entrevistas y análisis se realizaron con profesionales del sector como ingenieros, arquitectos y maestros de obra, el tamaño limitado de la muestra no permite asegurar que los resultados reflejen una realidad cercana a la de todos los proyectos de construcción en Costa Rica.

De la misma manera, se identificó que algunas personas con muchos años de experiencia en el sector de la construcción podrían mostrar resistencia a utilizar herramientas tecnológicas como SketchUp, dificultando en gran medida mostrarles la magnitud del impacto positivo que pueden aportar en la gestión de proyectos, lo que plantea un reto para uno de los objetivos del proyecto.

Otra limitación importante se da debido a la profundidad de algunas de las funciones del programa SketchUp, que podrían llegar a tener un mayor grado de dificultad a la hora de aplicarlas. Algunas de las herramientas avanzadas del programa podrían ser complicadas para usuarios sin experiencia previa en modelado tridimensional, trayendo consigo problemas, por tanto, nace la necesidad de centrarse en las funcionalidades más básicas para evitar sobrecargar a los usuarios con información innecesaria.

Entonces, para mitigar estas limitaciones, se proporciona una guía didáctica detallada sobre el uso de SketchUp dirigida principalmente a mejorar la comprensión visual del proceso constructivo y de cada una de sus etapas con los distintos elementos que son utilizados.

Capítulo 1: Marco teórico

En esta sección se muestran los conceptos más relevantes para este documento, mediante el análisis de literatura existente, de esta manera, se establecen las bases conceptuales que respaldan el desarrollo de la presente investigación, proporcionando un enfoque claro y fundamentado para el análisis del fenómeno en estudio.

Vivienda unifamiliar en Costa Rica

La construcción es un sector muy importante en el desarrollo de las sociedades y de los países (Rudeli, 2019), y en Costa Rica, para el 2022, la Cámara Costarricense de la Construcción (2023) mencionó que el sector de la vivienda lideró la cantidad de metros cuadrados según el tipo de edificación que fueron tramitados ante el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA) con un 55,7%, y específicamente en el sector de la vivienda unifamiliar, un 47%, es decir, el 81,7% de los metros cuadrados tramitados para vivienda. Por tanto, a partir de un simple análisis de este panorama, se desprende que el sector de la construcción de vivienda unifamiliar tiene un gran peso en la economía costarricense, y su desarrollo debe ser un foco de gran interés tanto para las autoridades como para los actores privados interesados en el desarrollo del país.

El sector de la construcción de vivienda unifamiliar ofrece en el país variedad de beneficios para su sociedad, forma parte del desarrollo económico y la generación de empleo en áreas urbanas y rurales (Camargo, 2015). Además, su objetivo principal es la mejora de la calidad de vida de las personas y contribuir al déficit habitacional que se ha venido desarrollando en el país (Solano, 2022), generando acceso a viviendas dignas y adaptadas a las necesidades actuales de las familias.

Entonces, el éxito en la construcción de este tipo de estructuras también tendrá un peso importante dentro de la economía del país, es decir, desarrollo de proyectos que cumplan positivamente en costo, tiempo y calidad (de Solminihac y Thenoux, 2011).

El Banco Central de Costa Rica (2021), mediante la contratación de los servicios del CFIA y con el objetivo de valorar la cuenta de producción de la construcción, propuso diseños de obras prototipo de las construcciones representativas del país en el año 2012, donde para la vivienda, se dividió en vivienda de interés social en bloques de mampostería, vivienda de interés social en materiales prefabricados, vivienda “clase media” (tipo 2) y vivienda “clase alta” (tipo 3). Además, resulta importante mencionar que para el año 2012, el mayor peso de valor de la construcción para este sector lo llevó la vivienda “clase media”, con un 21,9% del total referente al sector residencial privado que tuvo un peso del 41% total, según datos de la misma entidad.

El resultado de los servicios contratados por el BCCR (2021) para la definición de los prototipos de vivienda representativos fueron los siguientes:

CUADRO 1. DEFINICIÓN DE PROTOTIPOS DE VIVIENDAS		
Vivienda	Área de obra (m ²)	Características Generales
Tipo 01 Baldosas horizontales y columnas prefabricadas	35 - 60	“Paredes de material prefabricado de baldosas horizontales con columnas, contrapiso de concreto. Instalaciones mecánicas, instalaciones pluviales, instalaciones potables, instalaciones eléctricas básicas, instalación telefónica básica, sin instalación de televisión, tanque séptico y drenaje. Estructura de techo metálica, cubierta HG #28, canoas y bajantes PVC, tapichel de fibrocemento. Paredes internas y externas con pintura de agua a dos manos, fregadero, pila de ropa externa, inodoro y lavatorio económico, grifería calidad económica, acabado de piso lujado, marco de ventana de aluminio, cielo de fibrocemento en aleros y corredor, sin cielo interno, puertas externas de madera con llavín de doble paso económico, puerta de baño de madera y dormitorios sin diseño con llavín de bola. Corredor, sala-comedor-cocina, 2 dormitorios, baño tipo económico, pilas externas.”
Tipo 01 Bloques de mampostería	35 - 60	“Placa corrida de concreto, contrapiso de concreto, paredes de bloques de concreto de 12x20x40 cm, columnas de concreto, viga corona de concreto. Instalaciones mecánicas, instalaciones pluviales, instalaciones potables, instalaciones eléctricas básicas, instalación telefónica básica, sin instalación de televisión, tanque séptico y drenaje. Estructura de techo metálica, cubierta HG #28, canoas y bajantes PVC, tapichel de fibrocemento. Repello quemado interno y externo, pintura de agua a dos manos interno y externo, fregadero, pila de ropa externa, inodoro y lavatorio económico, grifería calidad económica, acabado de piso lujado, marco de ventana de aluminio, cielo de fibrocemento en aleros y corredor, sin cielo interno, puertas externas de madera con llavín de doble paso económico, puerta de baño de madera y dormitorios sin diseño con llavín de bola. Corredor, sala-comedor-cocina, 2 dormitorios, baño tipo económico, pilas externas.”
Tipo 2	61 - 199	“Placa corrida de concreto, contrapiso de concreto, paredes de mampostería de 12x20x40 cm, columnas de concreto, viga corona de concreto. Instalaciones mecánicas, instalaciones pluviales, instalaciones potables, instalaciones eléctricas normales, instalación telefónica, instalación de televisión, tanque séptico y drenaje. Sin tubería de agua caliente. Estructura de techo metálica, cubierta HG #26, canoas y bajantes PVC, tapichel de

		bloques de concreto 12x20x40 cm. Repello fino interno y externo, enmasillado de paredes, pintura de agua a dos manos interno y externo, mueble de cocina de madera, fregadero de aluminio, grifería calidad buena, acabado de piso cerámica nacional calidad buena, rodapié, marco de ventana de aluminio con ventana en vidrio bronce con paneles deslizables, cielo raso completo de yeso prensado en toda la vivienda incluyendo aleros y corredor, puertas externas de madera con diseño y llavín de seguridad, puertas internas de madera con llavín de bola. Sala, cocina, comedor, cochera para 2 vehículos techada, 1 dormitorio principal con baño privado completo tipo normal, 2 dormitorios secundarios, 1 baño completo tipo normal, cuarto de pilas.”
Tipo 3	200 - 1000 (Dos pisos)	“Placa corrida de concreto, contrapiso de concreto, paredes de bloques de concreto de 15x20x40 cm en primer nivel y 12x20x40 cm en segundo nivel, columnas de concreto, viga corona de concreto, entrepiso pretensado chorreado en sitio con mezcladora de concreto y bomba telescópica. Instalaciones mecánicas, instalaciones pluviales, instalaciones potables de agua caliente y fría, instalaciones eléctricas de lujo, instalación telefónica, instalación de televisión, sistema de alarma, tanque séptico y drenaje, aire acondicionado en oficina y dormitorios. Estructura de techo metálica, cubierta HG #26 con teja de barro (la teja cubre sólo la fachada frontal de la vivienda), canoas y bajantes PVC o HG de alta calidad, tapichel de bloques de concreto de 12x20x40 cm. Repello fino interno y externo, enmasillado de paredes, mueble de cocina de madera de lujo con sobre de granito natural, fregadero de aluminio, grifería tipo lujo, acabado de piso de cerámica fina en áreas comunes y piso laminado tipo muy bueno en dormitorios, rodapié de madera fina, marco de ventana de madera fina con ventana en vidrio bronce con paneles deslizables, puertas y ventanas con molduras, cielo raso artesonado de madera con paneles de yeso prensado en toda la vivienda, cornisa de madera fina, puerta principal de doble hoja, puertas externas de madera fina con diseño y llavín de seguridad, puertas internas de madera con llavín de bola. Sala, cocina, comedor, terraza, sala televisión, vestíbulo, oficina, cuarto de pilas, cochera para 3 o 4 vehículos techada y cerrada con portón eléctrico, 1 dormitorio principal con balcón y baño tipo muy bueno con tina tipo jacuzzi y walk in closet de madera fina, 2 dormitorios secundarios cada uno con baño tipo bueno y closet de madera fina, cuarto de servicio con baño tipo normal, medio baño tipo bueno en área común. La fachada de la vivienda tiene acabado con fachaleta o enchapado. Se contempla inversión en jardines,

		enzacatado y áreas externas. Las paredes externas (sin fachaleta) llevan acabado tipo estuco y las paredes internas tres manos de pintura de aceite de alta calidad.”
--	--	---

Modelado 3D en la construcción

El modelado 3D ha venido tomando mucha fuerza en el sector de la construcción hasta decirse que se encuentra presente en la mayoría de las obras significativas, mejorando la eficiencia y la coordinación de los proyectos. El permitir integrar diversas disciplinas de ingeniería en un entorno virtual, el modelado basado en programas computacionales abre el paso a una visualización completa de los proyectos, independientemente de su complejidad, lo que facilita la toma de decisiones y la gestión eficiente del tiempo y los recursos (Hassan, 2015). Con esta mejora de la colaboración y comunicación entre los equipos, que puede extenderse hasta la conceptualización de algún elemento por parte de los peones en plena ejecución de la obra, es posible la reducción de los costos y plazos de ejecución al minimizar errores y las correcciones que suelen ocurrir en la fase constructiva.

Además, facilita la comprensión y el análisis de cada etapa del proyecto desde su concepción, algo que, tradicionalmente, se limitaba a la representación directa del producto final. Este enfoque va más allá de la simple representación visual, ya que involucra todo el proceso de diseño y conceptualización, permitiendo a los diseñadores plasmar ideas complejas de manera eficiente y detallada (Li & Bai, 2020). Así, el modelado 3D no solo mejora la visualización, sino que también transforma la forma en que se desarrollan los proyectos de construcción, impactando positivamente en la gestión integral del diseño y la ejecución.

2D vs 3D, diferencias entre los planos tradicionales y los modelos en 3D

Existen siempre muchas dificultades de toda índoles en el diseño de la planificación y el propio proyecto en sí, lo que es más visible cuando se construye de la manera tradicional, lo que para este contexto se tendrá por el no uso de herramientas de modelado tridimensional, como la dificultad para expresar algunas ideas de manera inmediata e intuitiva, la poca claridad en planos bidimensionales, la complejidad de los elementos a construir, el abundante flujo de trabajo y la dificultad de que todos los involucrados puedan coordinarse y hacer una adecuada revisión de los proyectos (Peng et al., 2023).

Por su parte, Li & Bai (2020) enumeran una serie de ventajas importantes que conlleva el uso de herramientas de modelado tridimensional como bien puede ser SketchUp contra el no uso de ellas; a modo de resumen, inician haciendo hincapié en la facilidad de expresión física que permiten las herramientas, ya que el diseño se puede modificar constantemente como si se dibujara sobre un papel, logrando así una

retroalimentación inmediata sobre la lógica y la estética del modelo. Además, en el espacio virtual del modelo se facilita la aplicación y el ajuste del color, un elemento fundamental en la estética de los productos y permite seleccionar y cambiar fácilmente los materiales y texturas, dando a la visualización un mayor realismo.

Dentro de la misma lista de ventajas, los autores mencionan que la herramienta también ofrece la posibilidad de crear en muy poco tiempo entornos que funcionen de complemento al modelo, añadiendo elementos como personas, plantas, muebles, vehículos, entre otros. Con esto, el profesional podrá visualizar y transmitir la idea de cómo se integraría el producto en el contexto real. Y, por último, las diversas opciones de estilo de visualización que van desde dibujos a línea hasta las animaciones realistas más elaboradas, que dan a los diseñadores la capacidad de indagar en el modelo, experimentar con diferentes enfoques creativos y conseguir resultados muy positivos disminuyendo la probabilidad de errores en la ejecución.

Procesos constructivos en la construcción de vivienda individual tradicional en Costa Rica

A la hora de hablar de los procesos constructivos en la construcción de vivienda individual tradicional, se tomará esta como la unifamiliar y en estos proyectos intervienen, según de Solminihac y Thenoux (2011), tres variables de primordial importancia son el costo, el plazo y la calidad. El costo de ese proyecto deberá considerar que el costo de construcción se mantenga dentro del presupuesto y considerar los costos que tendrá la obra en el futuro durante su operación. En cuanto al plazo, siendo el enfoque en la productividad la llave para conseguir mejores tiempos de entrega de la obra, puesto que, a mayor productividad, menor será el plazo; y en cuanto a la calidad del producto solicitada por los planos y especificaciones, se hace necesario mantener una buena gestión del control de la calidad en los procesos de la construcción.

Tipos de sistemas constructivos empleados en Costa Rica

En Costa Rica existen principalmente viviendas en mampostería empleando bloques de concreto, sistemas de concreto prefabricado y el sistema de construcción liviana compuesta por una estructura metálica con forros en paneles de materiales como gypsum.

En las diferentes construcciones de viviendas unifamiliares se encuentran etapas o subdivisiones del proceso constructivo.

Etapas del proceso constructivo

Preliminares

Dentro de las actividades preliminares se encuentran las siguientes:

- Ubicación de la vivienda: Se selecciona el lugar en el que se va a colocar la vivienda dentro del lote respetando los linderos que estipula la ley.
- Limpieza del terreno: Se realiza limpieza de maleza, remoción de la capa orgánica del terreno previo a la construcción.
- Movimientos de Tierra: En algunos terrenos es necesario por su topografía realizar cortes o rellenos, los cortes los realizamos en los terrenos en donde requerimos quitar parte del suelo para lograr un terreno con las condiciones requeridas según planos para la construcción de la vivienda o por el contrario requerimos agregar más material para lograr el nivel del terreno adecuado para poder construir.
- Trazado: Se realiza el trazado de cada uno de los ejes que se encuentran descritos en los planos constructivos de manera que se dé una primera ubicación espacial de la vivienda con cada una de sus dimensiones.

Cimentaciones

La etapa de cimentaciones engloba las siguientes actividades:

- Placas aisladas: Sistema de elementos de concreto que presentan la función de transmitir las cargas de la estructura al terreno por medio de puntos de apoyo individuales con dimensiones variables que dependen del diseño estructural y las condiciones del terreno.
- Placas corridas: Sistema de elementos de concreto que de igual manera transmiten las cargas de la estructura, pero de una manera distribuida uniforme bajo una línea de acción sobre el terreno.
- Losas de cimentación: Consiste en una losa de concreto sobre toda el área de construcción sobre la que se van a ubicar la vivienda, esta losa cumple la función de transmitir la carga de la estructura de una manera uniforme en toda el área cubierta.

Paredes

Esta etapa engloba lo siguiente:

- Mampostería: Sistema de vivienda elaborada completamente por bloques de concreto con columnas y vigas en sistema modular empleando también bloques como paredes.
- Mampostería confinada: Sistema con marcos de concreto como estructura portante y con paredes en bloques de mampostería en las paredes como elementos no portantes.
- Prefabricado: Sistema de una estructura de columnas que son las que transmiten las cargas y con paredes de bloques o de baldosas con viga corona de concreto o viga solera metálica en la parte superior.
- Sistema Liviano: Elaborado a partir de una estructura de marcos de hierro que transmiten las cargas con paredes elaboradas con elementos de postes y canales metálicos con paneles de gypsum u otros

materiales similares en ambas caras de la pared y un sistema interno de paneles aislantes de ruido y calor.

Contrapiso

La etapa del contrapiso abarca lo siguiente:

- Relleno: Normalmente se emplea una capa de lastre compactado para mejorar la capacidad del suelo de soportar las cargas y las deformaciones del terreno por la acción de la humedad y la temperatura.
- Contrapiso de concreto: Losa de concreto con refuerzo de acero que va a soportar las cargas de uso de la vivienda.

Techo

Como parte de la etapa denominada cubierta, se tienen las siguientes actividades:

- Estructura de Techo: La estructura de techo más usada en nuestro país es la elaborada con elementos de metal ya sea con tubos de hierro o perfiles C, según lo haya definido el diseño arquitectónico y estructural.
- Cubierta: La más empleada es la cubierta metálica, ya sea del tipo rectangular u ondulada, con cumbrera en los cambios de pendiente y con botaguas en los bordes para evitar el ingreso de agua a la vivienda.
- Sistema recolección agua pluvial: Se emplean canoas como medio de recolección de las aguas pluviales.

Instalaciones eléctricas

Dentro de la etapa de instalaciones eléctricas se realiza:

- Acometida eléctrica: Corresponde a la parte de la instalación eléctrica comprendida desde la red pública de electricidad incluyendo desde el medidor hasta la conexión con el tablero de distribución.
- Tablero de distribución: Centro de carga donde se realiza la distribución de la corriente eléctrica a cada uno de los circuitos incluidos en la vivienda, este posee regularmente dos fases de carga, una barra de neutro y también una barra de puesta a tierra.
- Sistema de iluminación: comprende todos los circuitos que son empleados para la iluminación de la vivienda y los interruptores que encienden y apagan dichas luces.
- Sistema de tomacorrientes: Corresponde a los circuitos que suministran la electricidad a los aparatos o electrodomésticos que se conecten a la red eléctrica mediante un enchufe.
- Sistemas especiales: Sistemas colocados para una función específica basados en el diseño eléctricos donde se conectan equipos fijos como aires acondicionados, cocinas, secadoras y otros elementos de mayor voltaje.

Instalaciones mecánicas

Como parte de la etapa de instalaciones mecánicas, las actividades que se incluyen son:

- Sistema alimentador: Comprende desde la red de distribución o desde la fuente de agua que va a alimentar o suministrar el agua potable hasta la vivienda.
- Sistema de agua potable: Corresponde a las tuberías de distribución del agua potable conectadas a cada una de las salidas que van a existir en la vivienda.
- Sistema de aguas jabonosas: Sistema de va a recolectar y transportar las aguas jabonosas de fregaderos, pilas y baños de la vivienda hacia el tanque séptico o red de distribución municipal.
- Sistema de aguas negras: Sistema de recolección de las aguas provenientes de los inodoros de la vivienda transportando este residuo al tanque séptico para su tratamiento o a la red municipal.
- Sistema de aguas pluviales: Sistema de disposición de las aguas pluviales, esta puede ser en desagüe, a una red de alcantarillado o un drenaje, según la regulación en la zona.
- Tanque séptico: Sistema de tratamiento de los desechos provenientes de las aguas residuales mediante decantación previo a distribuir el agua tratada en el terreno.
- Drenaje: Basado en el diseño según la capacidad de infiltración del terreno para la correcta distribución del agua en el terreno proveniente del tanque séptico.

Acabados

La etapa de acabados abarca las siguientes actividades:

- Repello: Capa de recubrimiento de las paredes para aumentar la impermeabilidad y el aislamiento; además de brindarle un mejor acabado y más uniforme a las paredes de la vivienda.
- Pintura: Capa que mejora también la impermeabilidad y el control de temperatura con el tono además de brindarle un acabado visualmente estético a las paredes.
- Enchapes de paredes: Se emplean principalmente en zonas húmedas porque brindan una capa de impermeabilidad, evitando daños por humedad además de un acabado estético, son utilizados principalmente en baños, cocinas y en fachadas.
- Enchapes de pisos: Se utiliza para brindar un acabado más estético y uniforme a los pisos.
- Cielos: Existen de varios tipos, pero su función es de aislante contra humedad, insonorización de los aposentos, aislamiento de plagas y mejorar el acabado estético de la vivienda.
- Puertas: Además de su función de seguridad y privacidad de la vivienda y sus aposentos, el material con el que se encuentren elaboradas mejoras visualmente la vivienda.
- Ventanas: Elaboradas principalmente en marcos de aluminio o de madera.
- Muebles: Estos pueden estar elaborados en madera, mdf, melamina o de concreto o una combinación de estos dependiendo del diseño y del presupuesto de la construcción.

Problemas comunes en la interpretación de planos

En la interpretación de planos dentro de la industria de la construcción, y por ende en los proyectos de vivienda unifamiliar, un problema recurrente es la falta de coordinación entre los diferentes equipos involucrados en el diseño, lo que puede generar errores y llevar a la necesidad de realizar trabajos adicionales o rectificaciones costosas en la etapa de ejecución. Esta falta de coordinación, sumada a la presión por cumplir plazos, suele traer consigo resultados inaceptables que requieren correcciones.

- Información faltante.
- Falta de detalle.
- Falta de coordinación.

Mejoras para el éxito en los procesos constructivos

El sector construcción costarricense, como en otros países, es muy competitivo y a la vez, riesgoso; por lo que, ante la variedad de técnicas y materiales de la actualidad, la construcción de edificaciones es más compleja, requiriendo de la constante actualización y la optimización de los procesos. Sadeghi et al. (2022) mencionan que, por ejemplo, al aplicar principios de la metodología LEAN en la construcción, se obtienen beneficios en la disminución de los costos, el tiempo y un aumento en la calidad; lo que llevaría a su vez a un aumento de la eficiencia y disminución en el uso de energía y en los desperdicios, siendo positivo en gran medida para la seguridad del ambiente.

La industria de la construcción es una de las más importantes y que mayor impacto tienen en la economía mundial. Así que, sabiendo que el tiempo, el costo y la calidad son tres factores de gran importancia en la planificación y el control de los proyectos; llevarlos a un balance que minimice la duración y el total del costo pero maximizando la calidad puede definir el éxito de un proyecto de construcción (Dang-Trinh et al., 2021), que en el caso actual se trata de construcciones de viviendas unifamiliares de pequeña y mediana envergadura en Costa Rica, lo que representa un gran porcentaje de la construcción total del país, formando parte, ese éxito en esas construcciones, de un alto beneficio económico para el país.

Entonces, según Aksana (2022), los errores en los proyectos tienen patrones relacionados con los métodos adoptados en su construcción y, además, tienen una alta influencia en el “triángulo dorado” (tiempo-coste-calidad) de muchas maneras.

Tiempo

El factor de tiempo se refiere al plazo en el que se debe completar el proyecto, incluyendo todas sus fases y entregables. Se gestiona a través del cronograma, lo que implica planificar, desarrollar y controlar los tiempos de ejecución. El éxito en este ámbito se mide por la capacidad de cumplir con las fechas establecidas en ese cronograma, evitando retrasos que afecten las otras áreas del proyecto (Project Management Institute, 2021).

Costo

El costo abarca todos los recursos financieros necesarios para completar el proyecto dentro del presupuesto aprobado. El control de costos en un proyecto de construcción incluye la estimación de costos, la preparación del presupuesto y el monitoreo de los gastos durante la ejecución. Entonces, el éxito en la gestión de costos se mide por la capacidad de mantener los gastos dentro del presupuesto original o ajustado, minimizando las desviaciones (Project Management Institute, 2021).

Calidad

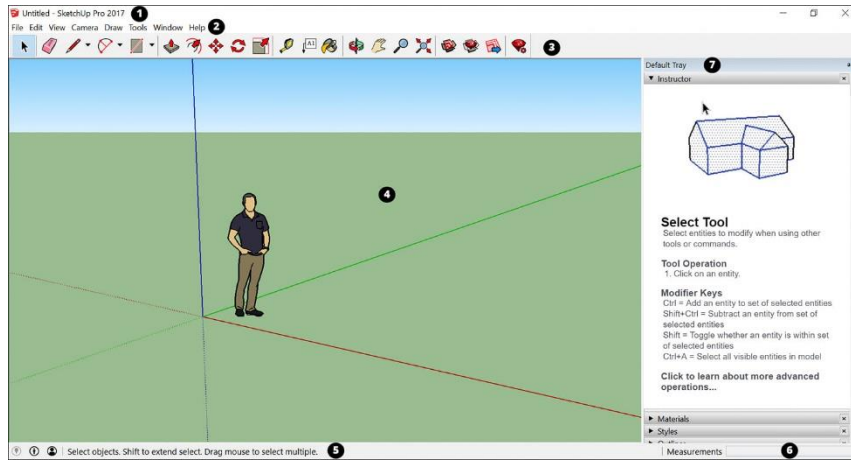
La calidad en un proyecto de construcción se refiere al grado en que los entregables cumplen con los requisitos y expectativas del cliente, así como con las normativas técnicas y estándares mínimos. Su gestión implica establecer los criterios de calidad, asegurar que los procesos de construcción los cumplan, y verificar que el producto final esté libre de defectos; es decir, el éxito en la calidad se mide por la conformidad del producto terminado con los estándares establecidos y la satisfacción del cliente final (Project Management Institute, 2021).

¿Qué es SketchUp?

SketchUp es un programa computacional de diseño tridimensional desarrollado inicialmente por @Last Software, posteriormente relanzado por Google tras su adquisición y actualmente desarrollado por Trimble. Destaca por su simplicidad y velocidad en comparación con otros programas de modelado 3D establecidos en el mercado, siendo menos exigente en cuanto a los requerimientos de computación y, por lo tanto, más accesible para todo tipo de usuarios (Li & Bai, 2020).

Una de las principales ventajas de SketchUp es su interfaz visual simple (Figura 1) e intuitiva, que elimina la necesidad de aprender instrucciones complejas, reduciendo la inversión en capacitación y simplificando el proceso del modelado en 3D. Esto lo hace ser utilizado en distintas disciplinas como la arquitectura, el diseño de interiores, el paisajismo y la planificación urbana (Peng et al., 2023). Como explican Li & Bai (2020), SketchUp permite a los diseñadores ahorrar tiempo en tareas tediosas, mejorando la eficiencia en la creación de bocetos y modelos, por lo que algunos le validan el apodo de lápiz electrónico de los arquitectos.

Figura 1. Interfaz de la herramienta de modelado en tres dimensiones SketchUp.



Fuente: SketchUp.

SketchUp ofrece una solución accesible sin comprometer la funcionalidad, puesto que por medio de herramientas simples como la creación de líneas y formas, junto con la manipulación de superficies mediante las funciones "empujar y tirar", el programa genera de manera rápida y eficiente modelos tridimensionales; así entonces, esta capacidad de visualización no solo agiliza el proceso de diseño, sino que también optimiza la comunicación entre los profesionales involucrados y los clientes, dando versatilidad y ahorro en costos de la presentación de proyectos (Hassan, 2015).

Entre sus características llamativas está el que no requiere una configuración del equipo avanzada, permitiendo un rendimiento ágil y fluido que brinda la opción a los usuarios de visualizar sus diseños desde cualquier ángulo sin dificultades mayores. Además, es compatible con una gran variedad de plataformas y permite convertir datos en tiempo real, y gracias a su arquitectura abierta, tiene una inmensa biblioteca de elementos 3D y soporta complementos específicos para distintas necesidades que al final facilitan la generación de modelos paramétricos que pueden estar conectados en tiempo real con otros programas (Peng et al., 2023).

Finalmente, en el contexto de la construcción, SketchUp también se posiciona como una herramienta valiosa dentro del enfoque BIM (Building Information Modeling) que está alineado con los avances de la ahora llamada Industria 4.0 y que vino a mejorar la productividad laboral, la eficiencia en términos de calidad, el tiempo requerido para la obra y su costo; donde se puede además hacer especial énfasis en una parte de los anteriores dichos que tiene que ver con la reducción de los desperdicios (Toan et al., 2023), brindando un matiz ecológico y sostenible a los beneficios y posicionando a SketchUp como una herramienta de gran valor para la gestión y ejecución de proyectos constructivos.

Importancia de las fichas técnicas

Una ficha técnica es un documento que establece los requisitos técnicos que debe cumplir un producto, proceso o servicio, desempeñando un papel de mucha importancia en la selección y uso adecuado de estos en todas sus aplicaciones. Proporciona información de mucho interés tanto con fines informativos como publicitarios, y detalla las capacidades básicas y características de rendimiento del producto. Por lo general, incluye datos sobre las dimensiones, composición, métodos de uso, requisitos operativos, aplicaciones comunes y advertencias de seguridad. Su mayor importancia está en que permite una comprensión más amplia de las especificaciones y condiciones óptimas de funcionamiento, facilitando la correcta implementación y minimizando errores durante los procesos relacionados (Diao et al., 2021).

Capítulo 2: Metodología

La metodología es una de las partes fundamentales de un proyecto porque en esta se incluyen los procedimientos necesarios para poder llegar al resultado esperado durante su desarrollo. Así, en ese apartado se encuentra la estrategia empleada para el desarrollo del análisis del modelado 3D empleando el programa computacional SketchUp para anticipar o resolver problemas constructivos previo a su etapa de ejecución.

Tipo de investigación

El método utiliza un enfoque cualitativo para abordar el problema planteado. Se eligió este tipo de investigación por su flexibilidad a la hora de profundizar en las experiencias, percepciones y significados que los participantes atribuyen al fenómeno estudiado, que en el presente caso se relaciona con los errores en los procesos constructivos de viviendas unifamiliares a causa de problemas con la interpretación de planos en Costa Rica.

La investigación cualitativa no busca generalizar, sino más bien comprender escenarios con información relevante para transmitir junto con su metodología para comparar lo que tiene en común con otros conocimientos documentados. Entonces, viene a ser, para Varela y Vives (2016), una manera de estimar la influencia del contexto en los sujetos en estudio, es decir, la comprensión de las experiencias de un grupo o persona en cuanto a su relación con el mundo, dando como resultado el panorama de situaciones para un tiempo y lugar dado.

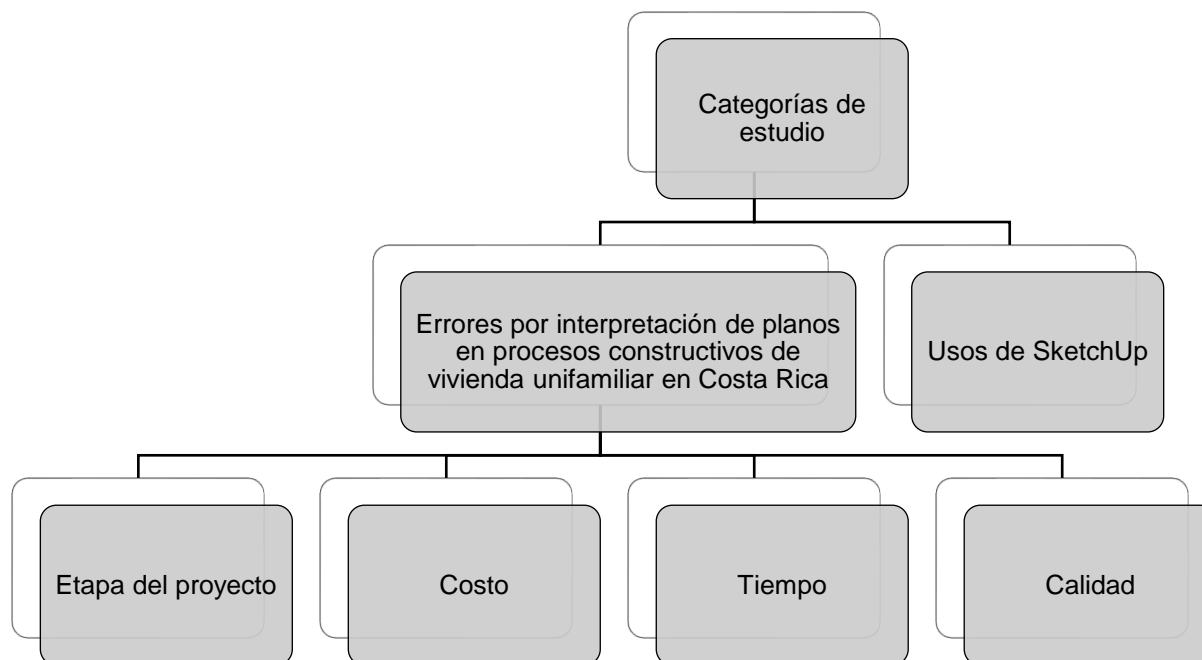
Categorías

Con las categorías, se tiene una estructura organizativa que permiten clasificar y comprender la información recopilada, facilitando la interpretación de los hallazgos y la identificación de patrones significativos en relación con el objetivo de estudio.

Por lo tanto, como parte de la estrategia de investigación, recolección de información, su análisis y obtención de resultados, se va a seguir una estructura de categorías y subcategorías diseñada para obtener los datos más relevantes y precisos sobre los errores existentes, a partir de la interpretación de los planos constructivos en los distintos procesos constructivos involucrados en la construcción de viviendas unifamiliares.

Además, se incluye la categoría sobre los usos de SketchUp para solucionar problemas de interpretación de planos en viviendas unifamiliares, como se muestra en la Figura 2, el cual está estrechamente relacionado con los resultados obtenidos sobre los errores típicos en este tipo de proyectos constructivos.

Figura 2. Esquema de las categorías de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis planteado, se establecen como subcategorías de investigación la etapa del proyecto en que se dieron los errores por interpretación de planos en procesos constructivos de vivienda unifamiliar en Costa Rica, y la relevancia de estos errores, que vendrían a afectar al proyecto en cuanto al costo total de la obra, el cumplimiento en plazo y la calidad final del producto.

Objetivo 1: Investigar sobre los problemas que comúnmente se presentan en los proyectos constructivos relacionados con la interpretación de los planos, para la determinación de la forma en que SketchUp puede ser un apoyo para la gestión de las obras.

De seguido se presentan los sujetos, fuentes, técnicas de recolección y análisis para el primer objetivo específico.

Sujetos de información

Para la extracción de información mediante la herramienta de la entrevista, se aplica a sujetos de información que se encuentran estrechamente relacionados con la construcción de vivienda en Costa Rica, independientemente de la experiencia que hayan tenido más procurando que exista alguna, esto debido a que se considera enriquecedora, para la información buscada, la diferencia de experiencia que pueda haber entre

los diferentes entrevistados. Los roles de la población entrevistable son los de profesionales de ingeniería, maestros de obra, contratistas y las profesionales en arquitectura. La muestra mínima es de 10 personas, ya que se consideró que es un valor adecuado para una investigación cualitativa debido a que es manejable; entre 3 y 4 profesionales en ingeniería civil o en construcción, entre 3 y 4 maestros de obra y entre 2 y 3 profesionales en arquitectura.

Fuentes de información

Cuando se debe tomar una decisión informada, la calidad de la información con la que se cuenta juega un papel muy importante para que sea la mejor, por lo que la recolección de la información se debe realizar a partir de fuentes de datos confiables.

Las personas o expertos relacionados con la construcción de viviendas unifamiliares en Costa Rica como los ingenieros, arquitectos, maestros de obra, y subcontratistas; son fuentes primarias de información a las que se aplica la herramienta de la entrevista. Así, con sus respuestas, es posible obtener datos directos sobre los procesos constructivos y los errores surgidos en ellos debido a la interpretación de planos.

También, algunas fuentes pueden ser planos de construcción, reportes de proyectos anteriores, normativas de construcción, o cualquier otro documento relevante que ayude a entender los procesos y aquellos desafíos relevantes para el objetivo del proyecto. Por último, la literatura especializada como artículos académicos, libros y estudios realizados sobre la construcción de viviendas o la interpretación de planos en Costa Rica u otras regiones equivalentes, también puede brindar contexto teórico o comparativo.

Técnicas de recolección de información

Para el logro de este objetivo se utilizarán las siguientes técnicas de recolección de información.

Revisión Bibliográfica

Se analizan fuentes de información primarias, es decir, que contienen la información original; tesis, publicaciones periódicas (revistas o periódicos), libros, documentos oficiales de instituciones públicas, informes técnicos e investigaciones de instituciones públicas o privadas.

También son utilizadas fuentes secundarias, que son información organizada, elaborada o reorganizada a partir de documentos primarios originales, como obras de referencia (enciclopedias, diccionarios especializados, repertorios biográficos, estadísticas), antologías, libros o artículos que interpretan otros trabajos o investigaciones.

Se obtiene la información necesaria sobre los procesos constructivos en los que más errores relacionados con la interpretación de planos se dan y cuáles son esos errores.

Entrevistas

Se realizan las entrevistas a personas involucradas en la dirección de procesos constructivos, ya que se busca determinar los procesos en los que más errores se considera se comete en la construcción de vivienda unifamiliar en Costa Rica por la interpretación de planos, cuáles son los errores más comunes y cuáles tienen un mayor peso negativo en el éxito del proyecto.

Se realiza una entrevista con preguntas abiertas estructuradas con la condición de calificar cada error mencionado según su importancia para el cumplimiento del plazo, el costo y la calidad, a los actores que se encuentran directamente relacionados en la etapa de ejecución de los proyectos. De seguido se presentan las preguntas realizadas.

CUADRO 2. PREGUNTAS POR REALIZAR EN LA ENTREVISTA
Preguntas por realizar
1. ¿Qué tan frecuente es encontrar errores en planos al momento de ejecutar una obra?
2. ¿Cómo afectan las diferencias entre los planos constructivos y las condiciones que nos encontramos en un sitio de construcción?
3. ¿En qué etapas del proceso constructivo es más frecuente encontrar errores al construir lo que se encuentra en planos?
4. ¿Cuáles son los errores que llegan a generar mayores atrasos en la etapa de ejecución de una obra?
5. ¿Ha tenido que realizar modificaciones a los planos constructivos durante la etapa de ejecución de una obra?
6. ¿Cuál es el procedimiento por seguir al encontrar diferencias en los planos constructivos durante la ejecución del proceso constructivo?
7. ¿Alguna vez se ha visto en la necesidad de parar labores de una etapa del proceso constructivo o de una obra en general por alguna discrepancia o error en los planos constructivos?
8. ¿Cómo influyen los errores en planos en el costo total del proyecto de construcción?
9. ¿Cómo se asegura que cada uno de los cambios realizados en los planos sean comunicados correctamente al equipo que se encuentra ejecutando la obra?
10. ¿Cree que una herramienta como SketchUp de modelado en 3 dimensiones pueda ayudar a disminuir posibles errores en planos antes del inicio de la etapa constructiva de una obra?

Fuente: Elaboración propia.

Análisis y procesamiento de la información

Desde la revisión bibliográfica se obtiene información sobre los procesos y los errores constructivos que se pueden dar, para lo que se discrimina entre los que se vean relacionados con errores en los planos constructivos, los que se deben a errores por interpretación de los planos y los que no están relacionados con los planos.

Se establece cuáles son los procesos en los que más errores relacionados con la interpretación de planos se dan en la construcción de vivienda unifamiliar en Costa Rica, cuáles son esos errores y un peso en cuanto a su efecto, tomando en cuenta el cumplimiento del costo, el tiempo y la calidad de esas construcciones.

Las entrevistas son transcritas para un mejor manejo de la información y extraer los diferentes errores constructivos mencionados a los que se atribuirán los respectivos pesos con ayuda de la información antes obtenida mediante la revisión bibliográfica; sin dejar de lado las opiniones de las diferentes personas entrevistadas.

Los resultados del desarrollo de este objetivo serán presentados como una lista de errores constructivos a causa de la interpretación de los planos constructivos de vivienda unifamiliar en Costa Rica, clasificada según los diferentes procesos que se desarrollan en este tipo de proyectos y estableciendo un peso dentro del éxito del proyecto medido como la consecución del plazo, el costo y la calidad establecidos antes de ejecutar la obra.

Objetivo 2: Analizar las funcionalidades y características del software SketchUp relevantes para la gestión y ejecución de proyectos constructivos.

De seguido se presentan las técnicas de recolección y análisis y manejo de la información para el segundo objetivo específico.

Técnicas de recolección de información

Al abordar el segundo objetivo específico planteado, la técnica de recolección de información aplicada se trata de la revisión bibliográfica, tal como se define a continuación.

Revisión Bibliográfica

Mediante la investigación en libros, revistas, y manuales se identificaron, las variables que definen el éxito del proyecto para poder abordarlos con soluciones mediante la herramienta de modelado 3D SketchUp.

Así entonces, también la bibliografía relacionada al uso de la herramienta de modelado en 3D SketchUp para identificar cuáles de las características que posee el programa son de importancia y pueden ser aplicadas para el desarrollo de la herramienta propuesta que pueda llegar a ser una guía y ser implementada para lograr corregir errores provenientes de planos constructivos y su interpretación.

Análisis y procesamiento de la información

Para obtener un mejor resultado y evitando dejar por fuera detalles relevantes para el objetivo, el análisis de la información obtenida mediante la revisión bibliográfica comienza con la identificación minuciosa de las funcionalidades de SketchUp que se relacionen con las diferentes etapas del proceso constructivo.

Como resultado, se espera conocer funcionalidades que atacan las distintas falencias en la interpretación de planos en la construcción de vivienda unifamiliar en Costa Rica que se encontraron al abordar el primer objetivo con ayuda de personas involucradas en el ámbito. Así, se sentarán las bases para el abordaje del tercer objetivo. Ese cruce permitirá determinar cuáles son las herramientas específicas de SketchUp que podrían ser aplicadas para minimizar los errores y mejorar la eficiencia en la ejecución de los proyectos.

Objetivo 3: Proponer un marco de implementación de SketchUp en proyectos de pequeña y mediana envergadura, incluyendo recomendaciones para la formación y adaptación de equipos de trabajo.

Se presentan ahora las técnicas de recolección y análisis y manejo de la información para el tercer objetivo específico.

Técnicas de recolección de información

Para abordar el tercer objetivo específico planteado, la técnica de recolección de información aplicada sería de manera indirecta la utilizada en los dos anteriores objetivos puesto que con ella es que se alimenta la guía para la mejora en los procesos constructivos de vivienda unifamiliar en Costa Rica mediante las funciones aplicables de SketchUp.

Tras realizar el cruce de información entre la obtenida en el primer objetivo con la obtenida en el segundo, se obtiene como resultado el marco de implementación de SketchUp en proyectos de pequeña y mediana envergadura donde se incluirán recomendaciones para la capacitación y la adaptación de los equipos de trabajo a su aplicación.

Análisis y procesamiento de la información

Se toman los resultados obtenidos en la investigación sobre los problemas o errores constructivos, así como la información del uso del programa de modelado 3D SketchUp como guía para generar la herramienta de implementación del modelado 3D en proyectos de vivienda unifamiliar.

A partir de la información obtenida sobre el programa de modelado en 3D SketchUp y la información obtenida sobre los errores presentes en planos constructivos se obtienen las características más importantes que se requieren incluir en el manual de modelado de viviendas unifamiliares.

Análisis de encuestas

Se obtendrán la información necesaria sobre los procesos constructivos en los que más errores relacionados con la interpretación de planos se dan y cuáles son esos errores a partir de las encuestas realizadas para identificar los aspectos que se deben incluir en el manual de implementación.

Se elabora una guía de modelado de proyectos de vivienda unifamiliar de cada etapa del proceso constructivo con la finalidad de generar una mejora en los siguientes aspectos:

- Duración de la construcción de vivienda unifamiliar (cumplir con el plazo).
- Costo asociado a la construcción de vivienda unifamiliar.
- Calidad de la vivienda unifamiliar.

Capítulo 3: Resultados y análisis

En esta sección del estudio se presentan los datos obtenidos de las fuentes consultadas y de las encuestas realizadas a los profesionales de la construcción donde se identificaron los principales problemas constructivos relacionados a la etapa de ejecución de un proyecto de construcción de viviendas unifamiliares.

Además, se muestra la manera como se aborda el marco de implementación de una guía del uso de la herramienta de modelado en tres dimensiones SketchUp como herramienta para anticipar errores constructivos durante la etapa de ejecución de una obra constructiva de una vivienda unifamiliar.

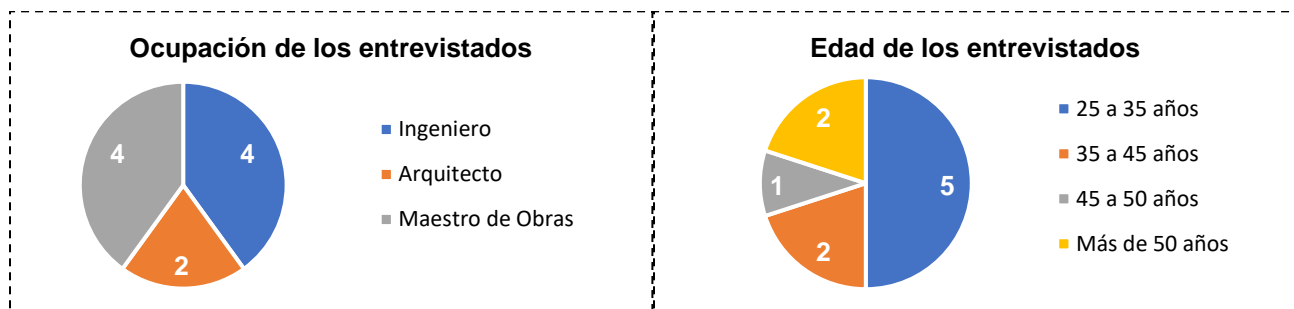
Problemas en los proyectos surgidos de la interpretación de planos

Los datos obtenidos de cada una de las entrevistas son en base a la experiencia que han tenido los profesionales y personas relacionadas a los procesos constructivos, la interpretación de planos y la solución de errores durante la etapa de ejecución de una obra de ingeniería para viviendas unifamiliares.

Se debe mencionar que cada uno de los entrevistados son personas que ejercen su profesión de manera activa al momento de la entrevista por lo que los resultados se encuentran enteramente ligados a su experiencia con el proceso constructivo, siendo más específico para este caso de estudio la relación de la interpretación de planos, el proceso de construcción de obras y los errores que ocurren durante este proceso.

Para dar un mejor contexto de las respuestas se muestra una clasificación de las edades, así como del rol que cumplen las personas entrevistadas.

Figura 3. Clasificación de los entrevistados por edad y ocupación.



Fuente: Entrevistas realizadas.

Se muestra en el siguiente cuadro resumen del análisis de las respuestas obtenidas por las diferentes personas entrevistadas.

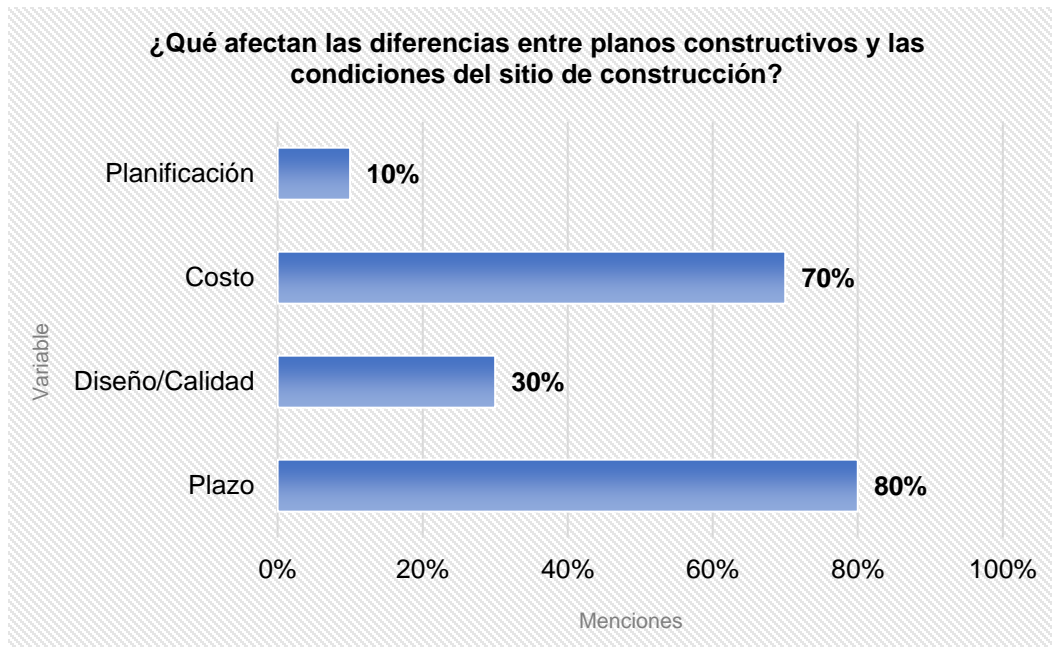
CUADRO 3. CUADRO DE RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS	
Pregunta	Resumen
1. ¿Qué tan frecuente es encontrar errores en planos al momento de ejecutar una obra?	Todos los entrevistados muestran una misma línea de respuesta donde se evidencia que los errores en los planos constructivos a la hora de ejecutar una obra son frecuentes.
2. ¿Cómo afectan las diferencias entre los planos constructivos y las condiciones que nos encontramos en un sitio de construcción?	La afectación de las diferencias entre los planos constructivos y las condiciones en el sitio de construcción se engloban principalmente en tres categorías: tiempo, costo y calidad de la obra.
3. ¿En qué etapas del proceso constructivo es más frecuente encontrar errores al construir lo que se encuentra en planos?	Como indican los entrevistados en cada una de las respuestas los errores ocurren en todas las etapas del proyecto.
4. ¿Cuáles son los errores que llegan a generar mayores atrasos en la etapa de ejecución de una obra?	Existen muchos errores asociados a la interpretación de planos, identificando que los temas más importantes están relacionados a temas donde se deba hacer un retrabajo o corrección en sitio impactando temas de calidad, tiempo y costo del proyecto.
5. ¿Ha tenido que realizar o solicitar modificaciones a los planos constructivos durante la etapa de ejecución de una obra?	Este problema es recurrente entre las personas entrevistadas debido a que los errores son identificados en el momento de la interpretación para ejecutar la etapa que se desarrolla en el momento.
6. ¿Cuál es el procedimiento por seguir al encontrar diferencias en los planos constructivos durante la ejecución del proceso constructivo?	Los entrevistados indican que el procedimiento a seguir es comunicar (informar al encargado cuando corresponda), encontrar la causa, incluso por medio de inspecciones si es necesario, también en caso de ser necesario, detener la obra, generar propuestas entre los responsables, realizar todos los ajustes, valorar costos, documentar y comunicar. Todo en el menor tiempo posible y dependiendo de la magnitud del problema.
7. ¿Alguna vez se ha visto en la necesidad de suspender o detener labores de una etapa del proceso constructivo o de una	Todos los entrevistados se han visto en la necesidad de detener una obra o ver ralentizado el avance por errores u omisiones en los planos.

obra en general por alguna discrepancia o error en los planos constructivos?	
8. ¿Cómo influyen los errores en planos en el costo total del proyecto de construcción?	Todos los entrevistados están de acuerdo en que los errores afectan al costo del proyecto, ya que los retrabajos, corrección de actividades, nuevas actividades o la detención de la obra se tenían contemplados, además algunos errores impactan más que otros por lo que existen los que pueden generar que el presupuesto existente no alcance para completar la obra.
9. ¿Cómo se asegura que cada uno de los cambios realizados en los planos sean comunicados correctamente al equipo que se encuentra ejecutando la obra?	La implementación de reuniones y la comunicación oportuna y directa con los responsables de corregir los errores pueden agilizar los procesos y afectar lo menos posible al proceso constructivo.
10. ¿Cree que una herramienta como SketchUp de modelado en 3 dimensiones pueda ayudar a disminuir posibles errores en planos antes del inicio de la etapa constructiva de una obra?	Todos los entrevistados concordaron en que SketchUp sí puede ayudar a disminuir errores en planos previo a iniciar la ejecución. Puede modelar los diferentes sistemas de una vivienda y comparar cada una de las láminas de los planos constructivos identificando cualquier error o incongruencia, además de que, al ser una herramienta de fácil uso, se pueden mostrar cambios o sugerencias del proyecto con una mayor rapidez y lograr que todas las personas involucradas estén al tanto y mediante un ejemplo visual del proceder durante la construcción.

Fuente: Entrevistas realizadas.

Tras abordar el análisis de la primera pregunta realizada a la muestra entrevistada que consulta sobre la frecuencia con la que han encontrado errores en planos al momento de ejecutar obras, se puede observar que todos mencionan que es muy frecuente llegar a observar errores en los planos constructivos de un proyecto, llegando algunos incluso a afirmar que en todos los proyectos se encuentran errores de este tipo. Esto argumenta la necesidad buscar alternativas o soluciones que permitan mitigar en la medida de lo posible estos errores, siendo la tecnología la principal opción a tomar en cuenta.

Figura 4. Resultados obtenidos en la pregunta número 2 de la entrevista realizada.

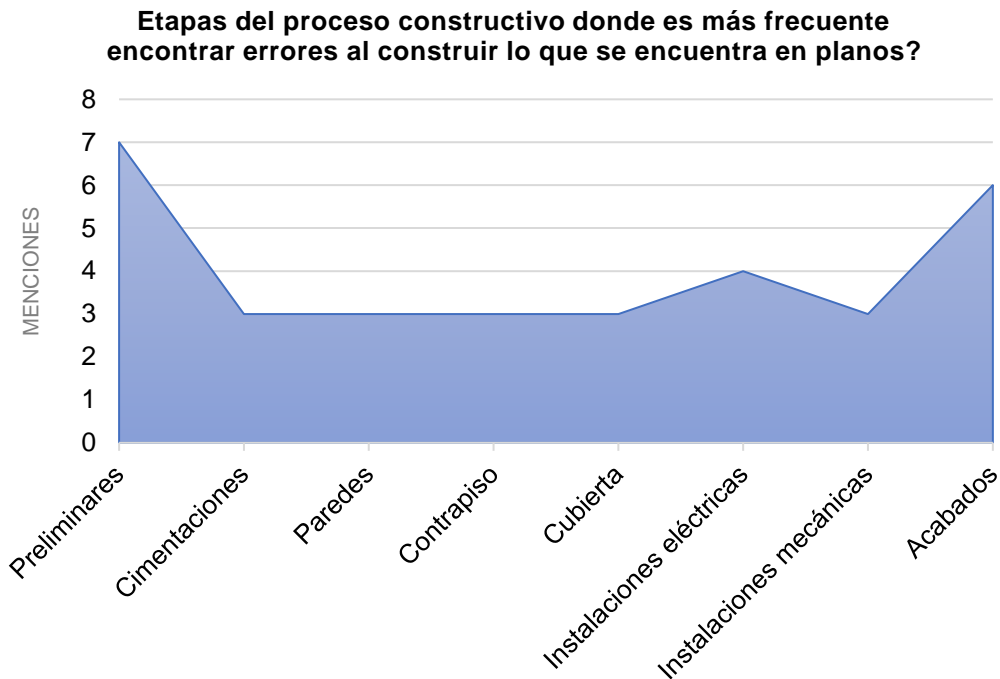


Fuente: Datos generados de las entrevistas.

Ahora, con los datos obtenidos de entrevista se observa que aunque una variable como el diseño y la calidad (30% de la muestra) fue menos mencionada, sigue siendo relevante, ya que errores o modificaciones imprevistas pueden alterar la integridad del proyecto. Y, la planificación (10%) aparece como una variable menos mencionada, siendo que, aunque las discrepancias puedan afectar toda la organización inicial, la principal afectación en el proceso del proceso constructivo de viviendas unifamiliares se sigue dando en la gestión del tiempo y los recursos. Se vuelve a sustentar entonces la necesidad planteada de realizar propuestas para mitigar también los efectos negativos de las diferencias entre los datos del sitio que alimentaron los planos y las verdaderas condiciones del sitio, provisionando de herramientas digitales que permitan implementar de manera sencilla y accesible procesos de revisión y ajustes en tiempo real que minimicen los retrasos y controlen los costos asociados.

En cuanto al análisis de los resultados de la pregunta número 2 sobre qué afectan las diferencias entre las condiciones para las que se diseñaron los planos constructivos y las condiciones reales del sitio de construcción, muestra que afectan principalmente dos aspectos primordiales en el control de un proyecto; el plazo y el costo, 80% y 70% respectivamente según el porcentaje de la muestra que los mencionó. La elevada frecuencia con la que los entrevistados mencionaron los plazos demuestra que estas discrepancias generan retrasos importantes en la ejecución, ya sea por la necesidad de ajustes en obra, rediseños o solución de imprevistos. Estos retrasos, a su vez, se ven directamente reflejados en los costos, ya que, al elevar la duración del proyecto, aumentan los gastos operativos y se pueden requerir recursos extra, tanto materiales como mano de obra.

Figura 5. Resultados obtenidos en la pregunta número 3 de la entrevista realizada.



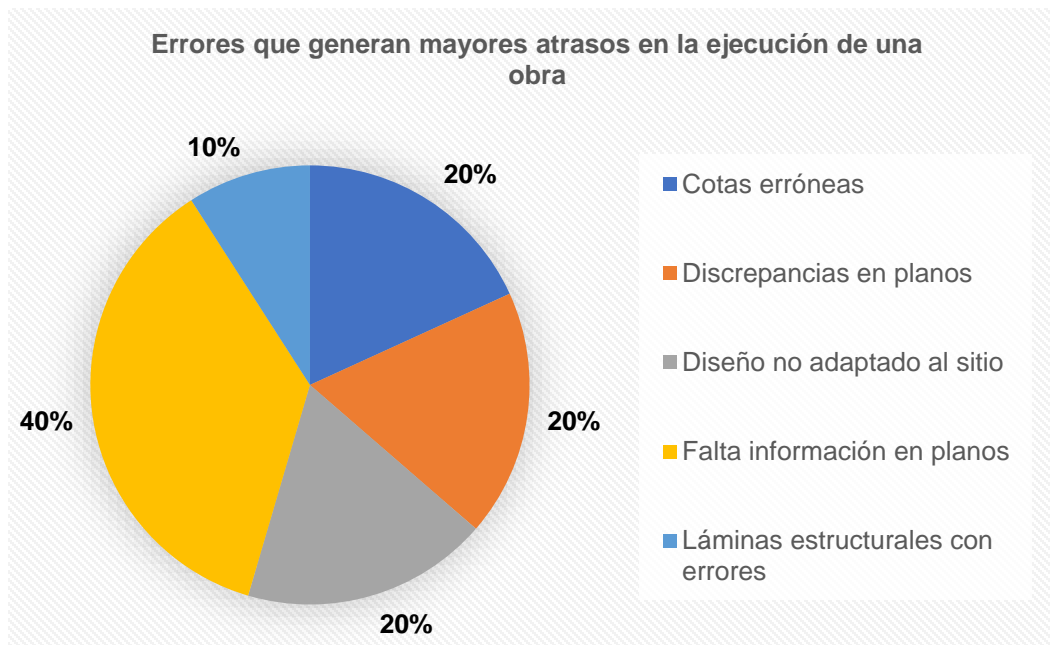
Fuente: Datos generados de las entrevistas.

Algunos de los entrevistados mencionaron la etapa de obra gris que se consideró como el conjunto de las etapas de cimentaciones, paredes, contrapiso y cubierta, sustentando lo mencionado anteriormente sobre la existencia de errores en todas las etapas. Individualmente cada una de esas etapas tiene una frecuencia más baja, de 30% en cuanto a la frecuencia de menciones; sin embargo, en conjunto hacen entrever los beneficios de aportar con propuestas que busquen mitigar en la medida de lo posible este tipo de falencias. Como metodología de trabajo colaborativo o incluso como mera herramienta gráfica para comunicar ideas, un programa computacional de modelado tridimensional podría implementarse para mejorar la revisión de planos y la coordinación entre disciplinas desde las fases iniciales hasta los detalles finales, para minimizar los errores y encontrar un flujo de trabajo más eficiente.

El análisis de los resultados obtenidos con la pregunta número 3, como se observa en la Figura 5, indica que los errores en la interpretación de planos se distribuyen de manera relativamente uniforme entre las diferentes etapas del proceso constructivo, aunque destacan ciertas áreas críticas. Las actividades preliminares sobresalen significativamente, con una frecuencia de mención del 70% entre la muestra, lo que sugiere que los errores en la planificación inicial, topografía, preparación del terreno o el trazado (actividad muy mencionada) tienen un gran efecto en la correcta ejecución del proyecto. Le siguen los acabados, con un 60%, una etapa donde la precisión es primordial para garantizar la calidad visual y funcional del producto final. De igual manera,

sobresale la etapa de las instalaciones eléctricas, que presenta un 40% en cuanto a menciones, lo que denota la importancia de conseguir una buena coordinación y detalle por la complejidad técnica.

Figura 6. Resultados obtenidos en la pregunta número 4 de la entrevista realizada.



Fuente: Datos generados de las entrevistas.

Por otro lado, de la pregunta 4 los resultados obtenidos muestran que otros errores como cotas erróneas, discrepancias en planos y diseños no adaptados al sitio fueron mencionados en un 20% de los casos cada uno, lo que indica que estos también son factores recurrentes que afectan el cronograma de las obras. Además, la presencia de errores en las láminas estructurales, aunque solo representó el 10% de las menciones, es decir, un único entrevistado, sigue siendo un aspecto relevante, ya que puede comprometer la seguridad estructural del proyecto y por ende la calidad de este.

El análisis de los datos recopilados con la pregunta número 4 y mostrados gráficamente en la Figura 6, muestra que el error más mencionado por los entrevistados es la falta de información en los planos, mencionado en el 40% de las entrevistas, destacándose como el principal causante de atrasos en la ejecución de obras. Este tipo de error puede desencadenar distintas complicaciones como llegar a detener los trabajos para solicitar aclaraciones o realizar modificaciones, lo que aumenta en gran medida los tiempos de ejecución. Sin embargo, el hecho de que solo un 40% de los entrevistados haya coincidido en este punto sugiere que no existe un consenso claro sobre un único error predominante, lo que podría deberse a la diversidad de experiencias o enfoques dentro de los proyectos analizados.

La formulación de la pregunta pudo haber influido en la diversidad de respuestas obtenidas, ya que al ser amplia permitió que los entrevistados interpretaran "errores que generan mayores atrasos" de distintas

maneras, lo que resultó en una falta de consenso claro sobre un único error predominante. Esta amplitud no ayudó a la identificación de un patrón más predominante. Sin embargo, a pesar de esta limitación, los datos obtenidos siguen siendo valiosos, ya que reflejan la variedad de desafíos que existen en la ejecución de proyectos y se vuelve a sustentar la necesidad de abordar las múltiples fuentes de error para mejorar los procesos constructivos.

En relación con la pregunta número 5, que cuestiona si ha tenido que realizar o solicitar modificaciones a los planos constructivos durante la etapa de ejecución de una obra, se evidenció un claro consenso entre los entrevistados, quienes afirmaron que estas modificaciones son una práctica común. Las respuestas destacan que dichas correcciones suelen ser necesarias debido a factores como la adaptación a las condiciones específicas del sitio, errores en la interpretación inicial de los planos o imprevistos surgidos durante la ejecución. Con esto se aprecia la importancia de contar con herramientas para gestionar cambios en los planos, con una comunicación fluida entre todos los actores involucrados para minimizar los efectos negativos en los plazos y costos del proyecto.

Además, se desprendió de esa misma pregunta que algunas de las causas más comunes pueden ser errores en los planos, falta de información constructiva, cambios solicitados por los clientes, ajustes debido a la disponibilidad de materiales, imprevistos en obra y requerimientos de instituciones reguladoras. Además, se menciona que las solicitudes de corrección suelen dirigirse al ingeniero responsable, ya que se entrevistó a maestros de obra; lo que refuerza nuevamente la necesidad de contar con procesos flexibles y eficientes para la actualización de los planos durante el desarrollo del proyecto y la comunicación de esos cambios.

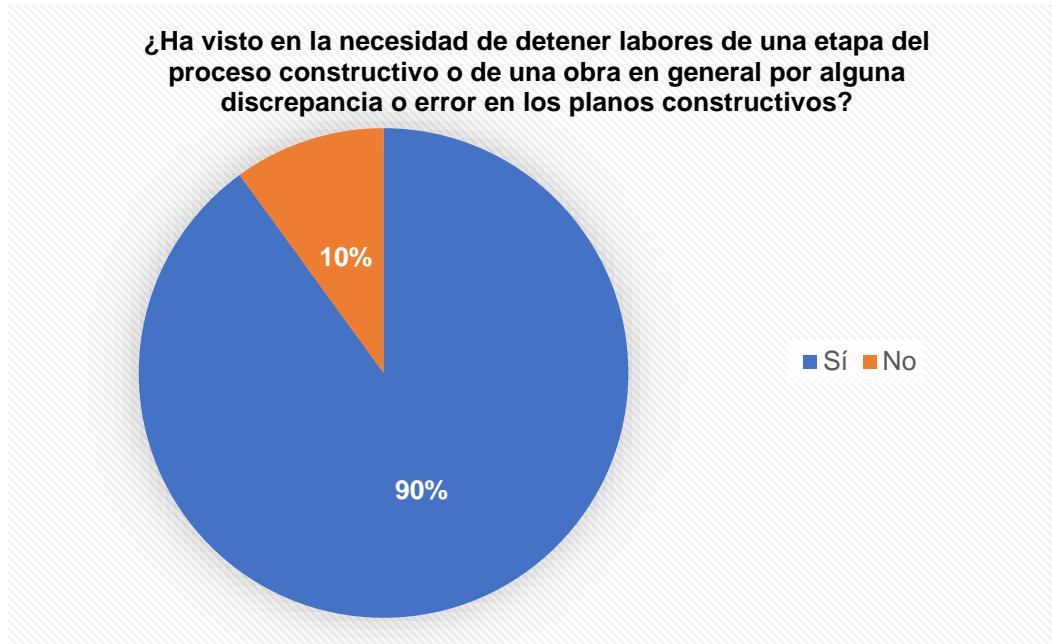
El procedimiento obtenido a partir de las respuestas de la pregunta número 6, que consulta cuál se debe seguir al encontrar diferencias en los planos constructivos durante la ejecución del proceso constructivo, refleja una línea lógica y generalizada para manejarlas. Los entrevistados coinciden en que el primer paso debe ser comunicar el problema al encargado o a los responsables, asegurando que la información fluya, siendo quizá el paso más importante para una rápida toma de decisiones y minimizar posibles retrasos.

Una vez comunicado, es importante identificar la causa del problema, lo cual puede requerir de inspecciones. En casos graves, se considera incluso detener temporalmente la obra para evitar consecuencias mayores, así se demuestra la prioridad que se le da a la seguridad y calidad en el proceso constructivo.

Posteriormente, se deben generar propuestas de solución, lo que incluye en muchas ocasiones la colaboración multidisciplinaria entre diseñadores, ingenieros y otros responsables. Es indispensable valorar los costos y ajustes necesarios, evaluando cómo la discrepancia impactará el cronograma y el presupuesto. Todo esto debe realizarse en el menor tiempo posible para finalmente, documentar cada acción y resultado, y continuar con la comunicación a todos los involucrados para mantener la transparencia y trazabilidad del

proceso. Este procedimiento descrito es el reflejo de la experiencia de los profesionales entrevistados y ofrece una guía básica y clara para la gestión eficiente de estas discrepancias en planos constructivos.

Figura 7. Resultados obtenidos en la pregunta número 7 de la entrevista realizada.

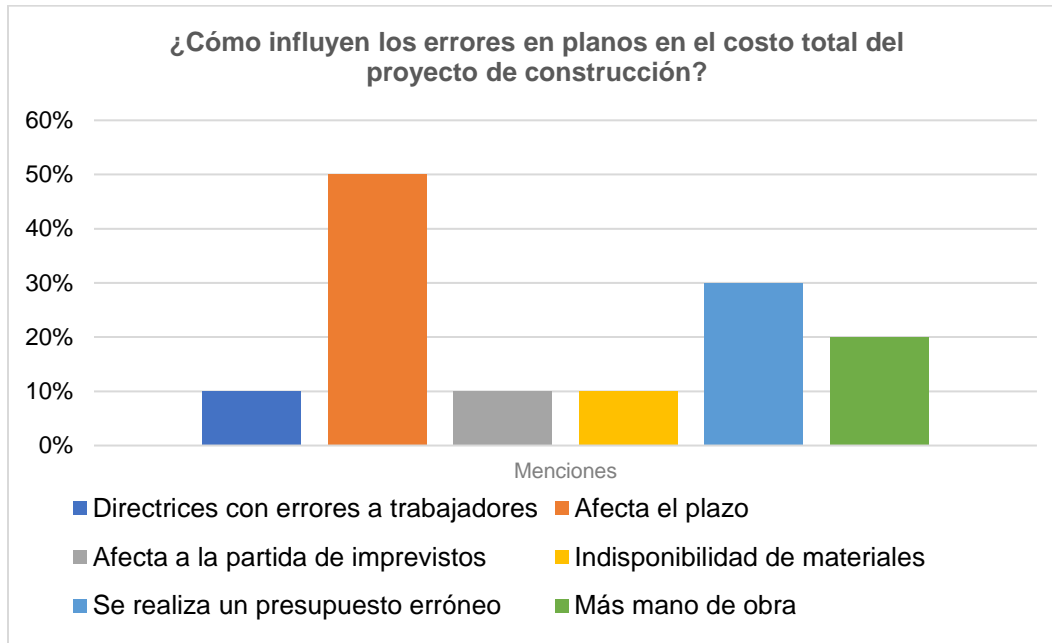


Fuente: Datos generados de las entrevistas.

Con respecto a la información obtenida de la pregunta 7 (ver Figura 7), que consulta si se ha visto en la obligación de detener las labores por alguna discrepancia en planos constructivos, el 90% de los entrevistados afirmó que sí han tenido que detener labores en alguna etapa del proceso constructivo o incluso la obra completa. Solo un 10% indicó que no se ha llegado a detener por completo, aunque reconoció que el avance suele ralentizarse mientras se resuelven las discrepancias. Este alto porcentaje evidencia la recurrencia y el impacto significativo que tienen los errores en los planos sobre el desarrollo de las obras.

Aparte de lo anterior, se obtuvo de la pregunta número 7 más información, algunos entrevistados mencionaron que, ante la falta de claridad en áreas específicas como instalaciones mecánicas o eléctricas, se detiene el proceso hasta recibir la documentación o aclaraciones necesarias por parte de los profesionales responsables. Otros señalaron que, si bien no se detiene toda la obra, sí se suspenden actividades específicas, aprovechando la oportunidad para avanzar en otras áreas, de modo que el impacto en el cronograma sea menor. También, se obtuvo el testimonio de un caso en el que se pausó por dos semanas la construcción de una vivienda para evitar consecuencias económicas mayores; reforzando aún más la idea de la necesidad de contar con herramientas que disminuyan los efectos de los errores o discrepancias que puedan existir en los planos constructivos.

Figura 8. Resultados obtenidos en la pregunta número 8 de la entrevista realizada.

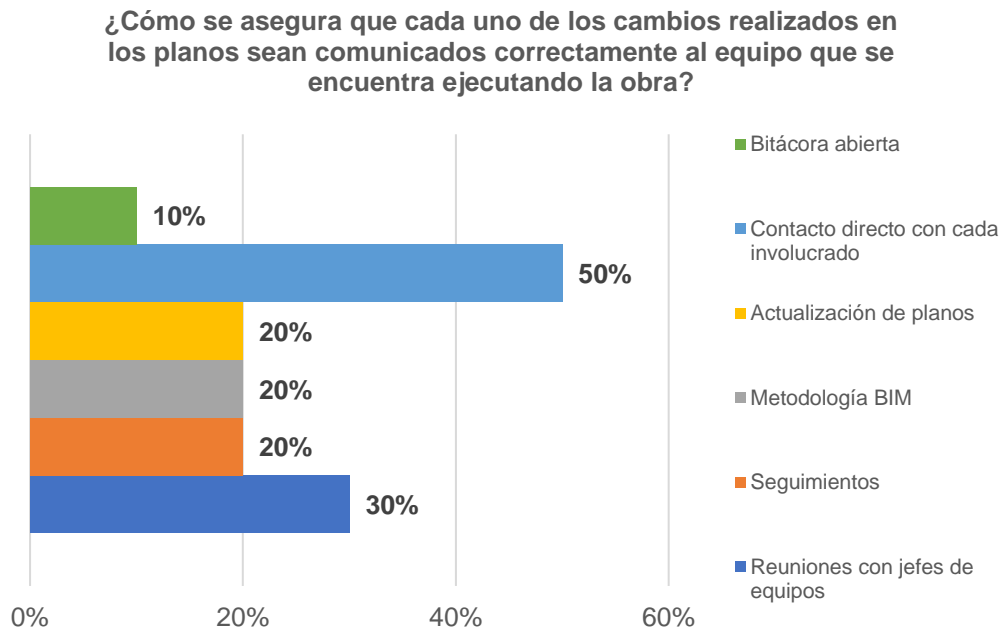


Fuente: Datos generados de las entrevistas.

Los resultados obtenidos en la pregunta número 8, donde se consultó cómo influyen los errores en planos en el costo total del proyecto, fueron procesados y disminuidos hasta llegar a 6 variables, como se observa en la Figura 8. Los datos refuerzan que los errores en los planos constructivos efectivamente tienen un impacto significativo en el costo total del proyecto, siendo la afeción al plazo el factor más destacado, mencionado por el 50% de los entrevistados. Este consenso refleja que las discrepancias en los planos suelen traducirse en retrasos que, a su vez, incrementan los costos asociados a la ejecución. Además, el 30% de los entrevistados señaló que los errores pueden provocar un presupuesto inexacto desde el inicio, lo que genera una base financiera errónea que repercute a lo largo del proyecto. Asimismo, el 20% indicó que los errores en los planos tienden a aumentar la necesidad de mano de obra, lo que agrava aún más los costos.

Otros factores menos mencionados, pero igualmente relevantes, incluyen la generación de directrices equivocadas para los trabajadores (10%), la afectación de la partida destinada a imprevistos (10%) y la indisponibilidad de materiales (10%). Aunque estos elementos no fueron destacados por la mayoría, reflejan cómo los errores en planos pueden impactar diversos aspectos del proyecto, desde la logística hasta la planificación financiera. De todo esto se desprende que las funcionalidades de un programa como SketchUp con un enfoque colaborativo pueden ser de mucha ayuda a la hora de mitigar todos estos problemas.

Figura 9. Resultados obtenidos en la pregunta número 9 de la entrevista realizada.



Fuente: Datos generados de las entrevistas.

Los resultados obtenidos con la pregunta número 9 de la entrevista sobre cómo asegurarse de que cada uno de los cambios realizados en los planos sean comunicados correctamente al equipo que se encuentra ejecutando la obra, muestran que la comunicación efectiva de los cambios en los planos es una prioridad para los entrevistados, quienes convergieron en seis mecanismos para asegurar su correcta transmisión al equipo de ejecución. El contacto directo con cada involucrado fue el mecanismo más mencionado, con un 50% de las respuestas, lo que muestra la confianza que se tiene en la comunicación personalizada y directa para evitar malentendidos. Las reuniones con los jefes de equipo también fueron destacadas por el 30% de los entrevistados, lo que hace énfasis en la importante y relevancia del trabajo colaborativo y la coordinación jerárquica para asegurar que los cambios se comprendan y apliquen correctamente.

Otros métodos relevantes mencionados fueron el uso de herramientas tecnológicas como la metodología BIM (20%) y la actualización continua de planos (20%), lo que sugiere una apertura a soluciones más avanzadas para la gestión de cambios. Estos mecanismos son afines a herramientas como SketchUp, que facilita el modelado tridimensional y la visualización de modificaciones en tiempo real, mostrando una oportunidad para mejorar los procesos de comunicación. Por último, el seguimiento constante (20%) y la utilización de una bitácora abierta (10%) destacan la importancia del registro documental y el monitoreo continuo

para garantizar que los cambios se implementen adecuadamente y que toda la información esté accesible para el equipo en cualquier momento.

Por último, el análisis de las respuestas de la pregunta décima muestra un consenso absoluto entre los entrevistados: el 100% considera que una herramienta como SketchUp puede ayudar a disminuir posibles errores en los planos antes del inicio de la etapa constructiva. Esta unanimidad representa la confianza en el modelado tridimensional como una solución eficaz para anticipar y corregir problemas que podrían surgir en las fases posteriores del proyecto, aportando claridad y precisión desde las primeras etapas; aparte de que todos los encuestados tenían conocimiento de la herramienta.

Además, los entrevistados mencionaron diversas ventajas específicas de SketchUp que refuerzan su valor como herramienta, como la capacidad de ofrecer una concepción mental clara del "qué" y "cómo" construir, la posibilidad de trabajar en un entorno colaborativo BIM, y la visualización de la congruencia entre planos, con la integración de vistas y secciones. También, para poder visualizar detalles importantes y el producto final, así como para abarcar dudas. Los beneficios permiten reducir errores y también mejorar la planificación y la comunicación entre los involucrados y, en última instancia, asegurar una ejecución más eficiente y precisa del proyecto constructivo.

Análisis de SketchUp como herramienta de apoyo en campo

SketchUp es una herramienta de modelado tridimensional que ofrece un conjunto amplio de funcionalidades que pueden ayudar a atacar las falencias más comunes en la interpretación de planos durante la construcción de viviendas unifamiliares en Costa Rica. Estas funcionalidades permiten desde la visualización del diseño hasta la integración de detalles específicos para comprender de manera más profunda el proyecto antes y durante su ejecución.

Una de las principales funcionalidades de SketchUp es la capacidad de crear modelos tridimensionales con alto nivel de detalle si así se desea, lo que facilita la visualización de la congruencia entre los planos y el modelo constructivo. Esto da la oportunidad a los equipos de diseño y construcción de comparar los planos bidimensionales con el modelo 3D y detectar posibles incongruencias antes de que se materialicen en la obra. De esta manera, se logra minimizar errores relacionados con medidas, dimensiones o detalles constructivos que no siempre son evidentes en planos 2D tradicionales.

Otra funcionalidad de suma importancia es la posibilidad de realizar vistas y secciones dinámicas del modelo, ya que esto permite a los que lo requieran, visualizar el proyecto desde diferentes ángulos y profundidades, ayudando a entender mejor las relaciones espaciales entre los distintos elementos

constructivos. Así, se pueden aclarar dudas sobre la disposición de componentes estructurales, acabados o instalaciones mecánicas, eléctricas y sanitarias, lo cual reduce la probabilidad de errores de interpretación.

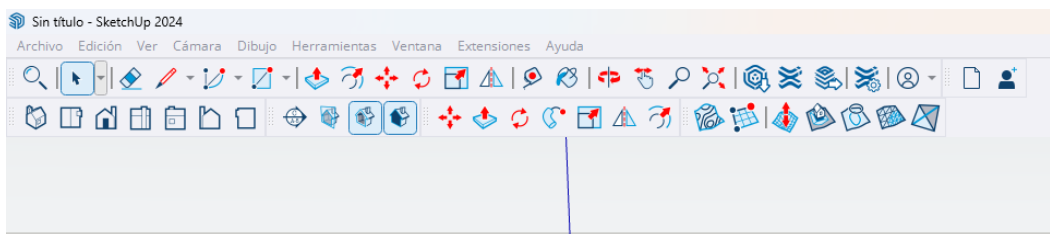
SketchUp también se integra con sistemas colaborativos basados en BIM, lo que trae consigo una coordinación más fluida entre los distintos profesionales involucrados en el proyecto, como los arquitectos, ingenieros y maestros de obra entrevistados. Gracias a esta integración, los cambios en el diseño pueden ser comunicados y actualizados en tiempo real, logrando que todos los involucrados trabajen con la información más reciente. Esto reduce los tiempos de respuesta ante imprevistos y mejora la adaptación a cambios necesarios durante la ejecución.

Además, la herramienta brinda la facilidad de crear visualizaciones detalladas de materiales, texturas y/o acabados, lo que da como resultado una representación más cercana al producto final. Esta funcionalidad ayuda a los clientes a entender mejor el proyecto y también permite a los profesionales prever problemas potenciales relacionados con la estética, la elección de materiales y la disposición de los elementos constructivos.

Programa de modelado en tres dimensiones SketchUp

Para alimentar los modelos tridimensionales que serán generados mediante SketchUp es necesario conocer su alcance. Es necesario tener claras las características de los materiales, presentes en las fichas técnicas; además de la información de las distintas láminas del plano, que serán integradas en un modelo que permitirá detectar discordancias, y la información recopilada del sitio por medio de mediciones durante visitas. Todo esto será la materia prima para iniciar a utilizar la herramienta. En la Figura 10 se puede observar la barra de herramientas de dibujo básica para la tarea.

Figura 10. Herramientas de Dibujo SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Fichas técnicas

Para obtener un modelado preciso de cada elemento en la construcción mediante SketchUp, es de suma importancia el uso de fichas técnicas de los materiales que serán utilizados en la obra. Estas fichas proporcionan

especificaciones detalladas como dimensiones, material e incluso acabados; y otras características que permiten que el modelo virtual refleje con la mayor exactitud posible las condiciones de la obra. Al basarse en datos técnicos verificables, se minimizan los errores relacionados con discrepancias en medidas o materiales, lo que mejora la calidad y la coherencia del proyecto.

En la Figura 11, se ilustra cómo las especificaciones de perfiles metálicos guían el modelado tridimensional con detalle, y la Figura 12 muestra cómo se pueden integrar los detalles técnicos de elementos prefabricados en el diseño digital.

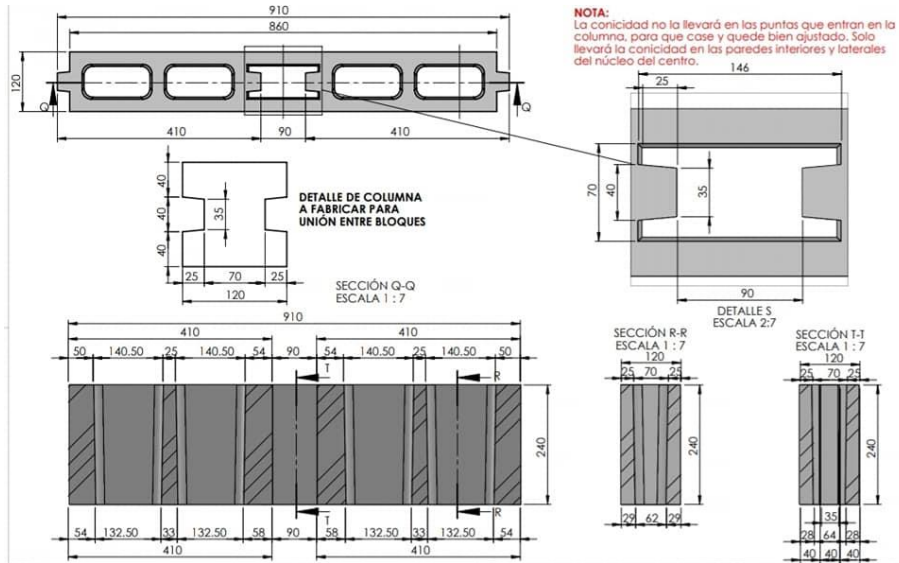
Figura 11. Detalles del Perfil C y Perfil Z presentes en la ficha técnica.



Fuente: Metalco.

Estos ejemplos muestran cómo las fichas técnicas actúan como una herramienta indispensable para conseguir que el modelo generado en SketchUp sea no solo visualmente coherente, sino también técnicamente riguroso y listo para ser llevado a la ejecución.

Figura 12. Detalle de block de concreto y columnas en prefabricado.



Fuente: Concretos modernos.

Integración de medidas del sitio de construcción

Un aspecto muy importante para el modelado preciso de una vivienda unifamiliar es la consideración de las medidas del sitio de construcción. Estas mediciones permiten adaptar el modelo a las condiciones específicas del terreno, como la topografía, la orientación y las dimensiones del espacio disponible. Así, con esto no solo se facilita la detección temprana de posibles inconsistencias entre el diseño y las condiciones del sitio, sino que también permite optimizar el uso de recursos y conseguir una ejecución más fluida y eficiente durante la etapa constructiva.

Utilización de la información presente en planos constructivos

Los planos constructivos constituyen la base para el modelado preciso en SketchUp, ya que contienen detalles técnicos esenciales como distribuciones espaciales, especificaciones de materiales, dimensiones y estructuras. Estos documentos brindan una guía detallada para reproducir virtualmente cada elemento de la obra, siendo muros, techos, instalaciones eléctricas o mecánicas. Al integrar esta información en el proceso de modelado, se logra una representación tridimensional fiel al diseño original, lo que permite visualizar el proyecto de manera integral, anticipar posibles conflictos y mejorar la coordinación entre los distintos actores involucrados en la ejecución.

Guía de implementación de la herramienta SketchUp

Se desarrolla una guía sobre cómo modelar viviendas unifamiliares en SketchUp, buscando minimizar los errores comunes en la interpretación de planos constructivos identificados durante la investigación. Esta guía busca orientar a los usuarios en el uso eficiente del programa, detallando paso a paso cómo representar elementos de la construcción, desde el terreno hasta los acabados finales, utilizando información extraída de planos, fichas técnicas y medidas tomadas en sitio.

Para lograr un modelado preciso de la vivienda unifamiliar en SketchUp, es necesario integrar diversos elementos de información indispensables. Se trata de los planos constructivos, que ofrecen una guía detallada de la disposición y características de la obra; las medidas específicas del sitio y las condiciones particulares, como la topografía, que aseguran la adaptación del proyecto al entorno físico; y, finalmente, las fichas técnicas, que proporcionan datos requeridos sobre los materiales y los componentes utilizados. La combinación de estas fuentes hace que el modelo tridimensional no solo sea una representación visual fiel, sino también una herramienta práctica para prever y resolver posibles inconvenientes durante la ejecución del proyecto. A continuación, se detalla cómo se emplea cada uno de estos recursos en el proceso de modelado.

Entonces, el objetivo es mejorar el cumplimiento del plazo, del costo y de la calidad en cada etapa del proceso constructivo, garantizando el cumplimiento de plazos, optimización de recursos y estándares de excelencia.

Dentro del contenido de la guía (Figura 13) se puede encontrar una descripción detallada mediante una división del contenido por etapas para tener una mejor comprensión de cada uno de los sistemas que se encuentran presentes en un plano constructivo empleando el modelado de cada una de las etapas constructivas principales que se encuentran en viviendas unifamiliares para integrarlas en un modelo general de la vivienda donde todos los sistemas se colocan de acuerdo a los planos constructivos de manera que es una representación del resultado que se obtendrá al final de la construcción.

El principal propósito de la guía es identificar todo aquel error que derive de los planos constructivos al integrar cada uno de los sistemas presentes en un solo modelo en tres dimensiones a diferencia de la representación que se tiene en dos dimensiones de los planos, además de que estos planos los sistemas para su fácil comprensión se separan los sistemas y mediante medidas los ubicamos en el sitio de construcción pero, esto no asegura que las dimensiones y las características que se quieren replicar en la construcción puedan tener errores por cambios realizados por diseño o por petición de clientes.

Un modelo en tres dimensiones previo a la construcción también da una mejor comprensión del equipo de trabajo esperado y que cada detalle necesario para lograr un correcto proceso constructivo sea respetado.

También con un modelo se puede involucrar al cliente sobre el resultado que tendrá la construcción para que tome las decisiones de cualquier cambio necesario en una etapa temprana que ayuda a obtener un mejor control de todo el proceso constructivo.

Figura 13. Portada de la guía de implementación de la herramienta SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Modelado de los materiales por elementos para viviendas unifamiliares

A continuación, se explican dos de las dimensiones que se toman en cuenta a la hora de elaborar la guía de implementación del programa.

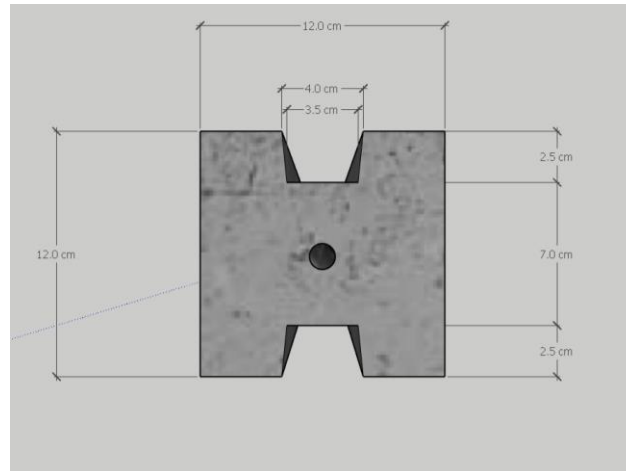
Modelado por elementos

La primera dimensión considerada en la elaboración de la guía es el modelado por elementos, que se centra en representar cada componente constructivo de manera individual y detallada. De esta manera se permite desglosar y visualizar los elementos más importantes, como paredes, columnas, losas y techos, asegurando

43

que cada pieza cumpla con los requisitos técnicos y se integre correctamente en el diseño general. Al modelar cada elemento por separado (como se observa en la Figura 14), según las especificaciones del material indicado en planos, se facilita la identificación de posibles errores, se mejora la precisión del proyecto y se optimiza la comunicación entre los distintos equipos. Además, esta metodología permite una mayor flexibilidad, ya que los elementos creados pueden agruparse y reorganizarse según las necesidades específicas del proyecto.

Figura 14. Vista en planta detalle de columna.

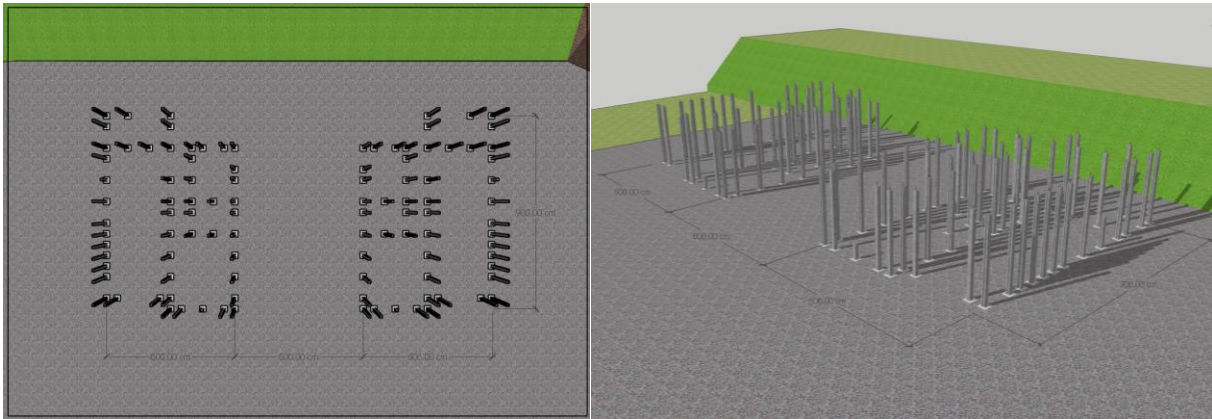


Fuente: Modelo de SketchUp.

Modelado por etapas

La segunda dimensión, el modelado por etapas, se enfoca en representar el proceso constructivo de manera secuencial, dividiendo el proyecto en fases específicas propuestas anteriormente. Desde esa línea, es posible visualizar cómo avanza la construcción a lo largo del tiempo, facilitando la planificación y el control del cronograma. Al fragmentar el modelo en etapas, se pueden identificar de manera anticipada posibles interferencias o problemas que podrían surgir en cada fase, lo que ayuda a optimizar el uso de recursos, minimizar retrasos y mejorar la coordinación entre los distintos equipos. Además, este método facilita una visión ordenada del progreso de la obra, ayudando a realizar ajustes precisos para garantizar el cumplimiento de los plazos, costos y estándares de calidad establecidos. En la Figura 15 se tienen la vista de las columnas aisladas en la etapa de paredes.

Figura 15. Ubicación de columnas en el sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Capítulo 4: Conclusiones y recomendaciones

En esta sección se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio, tomando en cuenta hallazgos y propuestas que buscan mejorar la implementación del programa SketchUp en los procesos constructivos.

Conclusiones

A partir del desarrollo del presente trabajo, se concluye que principal función de la guía de implementación del programa de modelado en tres dimensiones SketchUp es ofrecer un producto de gran valor en la mejora de los procesos constructivos de viviendas unifamiliares.

La guía de implementación ayuda a minimizar los errores comunes relacionados con la interpretación de planos siendo un filtro entre el equipo de diseño y el equipo de ejecución de la obra mejorando la eficiencia y calidad de los proyectos constructivos.

Las reuniones o el contacto directo con todos los involucrados se mantienen como la mejor herramienta para la corrección de errores (50%) y la mejor forma de comprender los cambios realizados en los planos constructivos cuando el proyecto ya se encuentra en su etapa de ejecución.

En relación con los problemas identificados, se determinó que los errores más recurrentes en la interpretación de planos suelen estar asociados a discrepancias en las medidas, falta de claridad en la documentación técnica o total ausencia de información, así como a ajustes imprevistos durante la construcción. Estos errores suelen darse por la falta de capacitación técnica específica de algunos miembros del equipo, la complejidad de algunos detalles de los procesos constructivos y limitarse únicamente a la utilización de métodos tradicionales que dificultan la comprensión integral de los juegos planos bidimensionales. Estas variables generan retrasos, incrementos en costos y desviaciones en la calidad final del alcance establecido para la obra.

La guía de implementación se propone como una solución a estos problemas, ya que contempla la visualización tridimensional de los proyectos previo al inicio de la etapa de ejecución, facilitando la identificación temprana de inconsistencias, mejorando la comunicación entre los diferentes actores del proceso constructivo y asegurando una mayor comprensión del proyecto en sus distintas etapas.

La guía de implementación brinda la opción de visualizar el producto final, ayudando a su comprensión por parte de todos los involucrados y reduciendo las incertidumbres propias del proceso de construcción representando una herramienta de gran valor para mejorar la construcción de viviendas unifamiliares.

Gran parte de los errores descritos por los profesionales y personas que se encuentran relacionados al proceso constructivo pueden ser evitados con un correcto uso de la guía ya que su implementación sirve para corregir errores en planos previo a la fase de ejecución de la obra.

Al comparar SketchUp como herramienta de modelado con otras de las presentes en el mercado sobresale la facilidad con la que se puede trabajar por lo que cambios necesarios pueden ser representados y comunicados con mayor brevedad en el equipo de trabajo.

La guía de implementación presenta el modelo de cada uno de los sistemas que se encuentran en los planos constructivos de manera que se puede identificar si cada una de las láminas de los planos constructivos presentan las medidas, detalles y consideraciones correctas que se van a construir en el proyecto.

Al realizar el modelado propuesto en la guía de implementación por elementos de cada una de los materiales que componen los sistemas y la forma de integrarlos con las medidas reales en cada una de las etapas del proyecto va a ser una manera de identificar errores que no solo dependen del diseño sino de las diferentes variantes que hay entre un material y otro que cumplen una misma función.

Por último, SketchUp ofrece una interfaz intuitiva, lo que lo hace accesible incluso para usuarios con poca experiencia con programas de diseño, permitiendo que tanto profesionales como personas menos técnicas puedan colaborar. Esto se vuelve especialmente útil en proyectos constructivos donde la comunicación entre arquitectos, ingenieros y trabajadores de obra es vital para el éxito del proyecto. La posibilidad de realizar ajustes en tiempo real mejora la flexibilidad y adaptabilidad del proceso.

Recomendaciones

Se recomienda a los profesionales a cargo de proyectos de vivienda unifamiliar integrar herramientas de modelado tridimensional, como SketchUp, en los procesos constructivos. Estas plataformas permiten visualizar claramente cada elemento de la obra, reduciendo los errores asociados a la interpretación de planos bidimensionales. La capacidad de integrar todas las láminas y observar el proyecto desde diferentes perspectivas facilita la detección temprana de discrepancias, lo que contribuye a la mejora continua del proceso constructivo.

Para los usuarios de la guía de aplicación de SketchUp, se recomienda seguir un proceso estructurado y ordenado, comenzando por familiarizarse con las herramientas básicas del programa, como el dibujo de líneas, la creación de volúmenes y la edición de componentes. Una vez dominados estos conceptos, es aconsejable proceder con las funcionalidades más avanzadas, como la aplicación de materiales, la creación de escenas y la exportación de planos desde el modelo tridimensional.

Asimismo, a quienes se adentren en el uso de la guía, se recomienda mantener una actitud abierta al aprendizaje continuo, ya que el uso de herramientas de modelado 3D requiere práctica y paciencia. El participar en capacitaciones, consultar recursos adicionales y buscar retroalimentación de colegas puede mejorar la experiencia y maximizar los beneficios que ofrece el programa en menor tiempo.

Para quienes deseen generar futuros desarrollos del proyecto, se sugiere analizar la integración de metodologías complementarias, como BIM (Building Information Modeling), que ofrece una visión más integral del proceso constructivo al coordinar diferentes disciplinas en un único modelo virtual. La combinación de SketchUp con otras herramientas BIM podría ofrecer una solución aún más satisfactoria para la gestión de proyectos.

Además, a quienes continúen con la investigación, sería de gran valor realizar estudios de caso para evaluar el impacto concreto de la guía en proyectos finalizados. Esto permitiría recopilar datos sobre la reducción de errores, la eficiencia en la ejecución y el ahorro de costos, facilitando datos cuantitativos del valor que aporta el uso de herramientas de modelado 3D en el sector de la construcción. Estos estudios también podrían identificar áreas de mejora en la guía y servir como base para futuras ediciones.

Además, al autor o futuros nuevos autores de investigaciones similares, otra recomendación de peso es extender la guía de uso de SketchUp a proyectos más allá de la vivienda unifamiliar, abarcando otras tipologías constructivas como edificios multifamiliares, proyectos comerciales o industriales. La flexibilidad y versatilidad del programa permiten su aplicación en variedad de proyectos, donde también se pueden mitigar errores y optimizar procesos constructivos. Adaptar la guía a diferentes tipos de proyecto ayudará a que más profesionales del sector se beneficien de las ventajas del modelado tridimensional, logrando así una mejor planificación, mayor precisión en la interpretación de planos y una gestión más eficiente de recursos en proyectos de mayor envergadura o con mayores complejidades técnicas.

Finalmente, también para aquellos interesados en llevar a cabo investigaciones similares, se recomienda documentar al detalle cada etapa del proceso y recopilar retroalimentación de los usuarios finales. Con esto se podrá perfeccionar la guía y seguirá sumando esfuerzos para conseguir el desarrollo de estas metodologías y herramientas que mejoren la eficiencia y calidad en la construcción de viviendas unifamiliares.

Referencias

- Aksana, M. (2022). Evaluating the Management of Critical Success Factors of Residential Complex's Projects and their impact on Cost, Time, and Quality in Erbil Governorate. *The Open Civil Engineering Journal*, 16, 1-13. doi:<http://dx.doi.org/10.2174/18741495-v16-e2207270>
- Banco Central de Costa Rica. (2021, Mayo). Índice de precios de insumos para la construcción de edificaciones y obras afines. BCCR. Costa Rica. Retrieved from https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Documentos/DocumentosMetodologiasNotasTecnicas/IPi-CTR.%20Documento_metodologico.pdf
- Cámara Costarricense de la Construcción . (2023, Febrero). *Vivienda lideró edificaciones con mayor cantidad de metros cuadrados tramitados durante 2022*. Retrieved from Cámara Costarricense de la Construcción: <https://construccion.co.cr/vivienda-lidero-edificaciones-con-mayor-cantidad-de-metros-cuadrados-tramitados-durante-2022/>
- Cámara Costarricense de la Construcción. (2018). *Guía de Implementación BIM para las Empresas* (1 ed.). Retrieved from <https://construccion.co.cr/wp-content/uploads/2024/02/Guia-de-implementacion-BIM.pdf>
- Camargo, J. (2015, Noviembre). Análisis de problemas de construcción derivados de errores de diseño. *Universidad de Los Andes*. Retrieved from <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/6ea41907-feb1-4c41-85ef-0970f798969f/content>
- Dang-Trinh, N., Le-Hoai, L., Basenda, P., & Duc-Hoc, T. (2021). Tradeoff time cost quality in repetitive construction project using fuzzy logic approach and symbiotic organism search algorithm. *Alexandria Engineering Journal*, 1499-1518. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.06.058>
- de Solminihac, H., & Thenoux, G. (2011). *Procesos y Técnicas de Construcción* (5 ed.). Ediciones Universidad Católica de Chile. Retrieved from <https://supervisiondeobrasumayor.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/07/procesos-y-tc3a9cnicas-de-construccic3b3n.pdf>
- Diao, W., Kulkarni, C., & Pecht, M. (2021). Development of an Informative Lithium-Ion Battery Datasheet. *Energies* 2021, 14(17), 1-19. doi:<https://doi.org/10.3390/en14175434>
- Hassan, A. (2016, Marzo). Effectiveness of 3D Modeling in Construction Industry Using SketchUp in Reducing Time and Cost of Project. *Comsats Institute of Information Technology*. ResearchGate. doi:10.13140/RG.2.1.1596.8404
- Li, W., & Bai, C. (2020, Septiembre 26). Professional Application and Performance of SketchUp Software Under the Background of Innovation and Entrepreneurship. *Innovative Computing*, 1247-1253. SpringerLink. doi:10.1007/978-981-15-5959-4_153

- Lin, Y. (2014). Construction 3D BIM-based knowledge management system: a case study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(2), 186-200. doi:10.3846/13923730.2013.801887
- Naciones Unidas. (n.d.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Retrieved from Naciones Unidas: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/#>
- Peng, X., Ma, Z., Wang, P., Huang, Y., & Qi, M. (2023, Abril 02). Exploring the Application of SketchUp and Twinmotion in Building Design Planning. *Artificial Intelligence in China*, 18-24. SpringerLink. doi:10.1007/978-981-99-1256-8_3
- Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (7 ed.). Newtown Square: Project Management Institute.
- Rudeli, N. (2019). Proyectos de construcción: determinación de causas principales de retraso y desarrollo de modelos estadísticos para la mejora. *Universidad de Navarra*. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/280358220.pdf>
- Sadeghi, S., Akbarpour, A., & Abbasianjahromi, H. (2022). Provide a Lean and Agile Strategy for an Antifragile Sustainable Supply Chain in the Construction Industry(residential complex). *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 5, 1-8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100079>
- Solano, F. (2022). Indicadores de vivienda. In F. Solano, M. Rodríguez, & D. Chavarría, *Balance y Tendencias del Sector Vivienda 2022* (pp. 33-54). Retrieved from <https://www.ucr.ac.cr/medios/documentos/2023/informe-balance-y-tendencias-del-sector-vivienda-2022-64f27e80ac80c.pdf>
- Tal, D. (2016). *SketchUp for Site Design*. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Toan, Q., Anh, X., & Tam, V. (2023). Trends in BIM Tools Adoption in Construction Project Implementation: A Case Study in Vietnam. *Proceedings of FORM 2022*, 9-19. doi:10.1007/978-3-031-10853-2_2
- Varela, M., & Vives, T. (2016). Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. *Metodología de Investigación en Educación Médica*, 5(19), 191-198. doi:<https://doi.tec.elogim.com/10.1016/j.riem.2016.04.006>

Apéndices

Apéndice 1 Formato de la entrevista aplicada a la muestra

Primera página de la entrevista.

TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN

“Propuesta del uso de software de modelado en tres dimensiones SketchUp como herramienta para la mejora de procesos constructivos en la construcción de viviendas individuales”

Como parte del proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción me dirijo a usted para solicitar su ayuda como profesional relacionado al ambiente de construcción.

Toda la información que se obtenga será confidencial, solamente las respuestas a las preguntas serán incluidas en la investigación.

Las preguntas deben ser respondidas considerando su experiencia y criterio con respecto a la construcción y los procesos constructivos.

Las respuestas pueden realizarse mediante las siguientes formas:

- Audios.
- Mensajes de texto.
- Documentos.

Si requiere más información al respecto puede comunicarse con mi persona **Vinicio Rojas Díaz**, por los siguientes medios.

- Celular: 84515514
- Correo: rojasdiazvinicio@gmail.com

Muchas gracias por la ayuda brindada.

Página 1 de 2

Fuente: Elaboración propia.

Primera página de la entrevista.

TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN

DATOS GENERALES

Nombre:

Edad:

Ocupación:

PREGUNTAS

1. ¿Qué tan frecuente es encontrar errores en planos al momento de ejecutar una obra?
2. ¿Cómo afectan las diferencias entre los planos constructivos y las condiciones que nos encontramos en un sitio de construcción?
3. ¿En qué etapas del proceso constructivo es más frecuente encontrar errores al construir lo que se encuentra en planos?
4. ¿Cuáles son los errores que llegan a generar mayores atrasos en la etapa de ejecución de una obra?
5. ¿Ha tenido que realizar modificaciones a los planos constructivos durante la etapa de ejecución de una obra?
6. ¿Cuál es el procedimiento por seguir al encontrar diferencias en los planos constructivos durante la ejecución del proceso constructivo?
7. ¿Alguna vez se ha visto en la necesidad de parar labores de una etapa del proceso constructivo o de una obra en general por alguna discrepancia o error en los planos constructivos?
8. ¿Cómo influyen los errores en planos en el costo total del proyecto de construcción?
9. ¿Cómo se asegura que cada uno de los cambios realizados en los planos sean comunicados correctamente al equipo que se encuentra ejecutando la obra?
10. ¿Cree que una herramienta como SketchUp de modelado en 3 dimensiones pueda ayudar a disminuir posibles errores en planos antes del inicio de la etapa constructiva de una obra?

Página 2 de 2

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 2

Respuestas obtenidas de la recolección de encuestas

A continuación, se presentan en cuadros los resultados obtenidos de las respuestas a cada una de las preguntas realizadas a las diferentes personas que cumplen una función dentro de la etapa de ejecución de una obra de ingeniería para la construcción de viviendas unifamiliares.

CUADRO 4. RESPUESTAS A PREGUNTA NÚMERO 1 DE LA ENTREVISTA	
¿Qué tan frecuente es encontrar errores en planos al momento de ejecutar una obra?	
Entrevistado 1	En general, es usual encontrar errores en planos, sin importar el tipo de proyecto a construir, por lo que es muy frecuente enfrentar esta situación a la hora de ejecutar una obra.
Entrevistado 2	Muy frecuente.
Entrevistado 3	Muy frecuente.
Entrevistado 4	Muy frecuente, podría decir que el 100% de los planos poseen errores, por supuesto hay errores que son significativos y hay errores que son poco relevantes. He visto errores significativos como incongruencias de medidas entre un plano arquitectónico y un plano estructural, o bien errores poco relevantes como incongruencias en las escalas y hasta errores ortográficos.
Entrevistado 5	Muy frecuente.
Entrevistado 6	Depende del diseñador, pero nunca hay plano perfecto, es muy común encontrar errores en planos, por lo cual la inspección es muy importante.
Entrevistado 7	Es frecuente.
Entrevistado 8	Muy Frecuente.
Entrevistado 9	Muy frecuente, prácticamente en cada juego de planos aparece algún error.
Entrevistado 10	Suele ser frecuente encontrar errores en planos.

Fuente: Entrevistas realizadas.

CUADRO 5. RESPUESTAS A PREGUNTA NÚMERO 2 DE LA ENTREVISTA

¿Cómo afectan las diferencias entre los planos constructivos y las condiciones que nos encontramos en un sitio de construcción?

Entrevistado 1	Afectan principalmente en los procedimientos, dependencias y precedencias de actividades, presupuesto, tiempos (cronograma) y en ocasiones se ven alterados los diseños estructurales y arquitectónicos cuando hay condiciones especiales en sitio, donde no aplican los planos constructivos.
Entrevistado 2	Afecta en el costo, el tiempo y la calidad de la obra.
Entrevistado 3	Se deben resolver situaciones en sitio que previamente no se contemplan lo que conlleva a contratiempos y gastos adicionales.
Entrevistado 4	Generalmente estas diferencias incrementan de manera directa los costos y generalmente retrasan el cronograma de trabajo. Sin dejar de lado que muchas veces es necesario hacer retrabajos tanto arquitectónicos como estructurales por la existencia de diferencias importantes.
Entrevistado 5	Atrasos en el avance de la obra.
Entrevistado 6	Afectan en costo, cuándo hay algo en sitio que no se prevé en el diseño en los documentos que va generando un impacto importante en los costos porque puede ser que no se consideren bien desniveles de terrenos que afecta alturas de muros, desplante de cimentaciones entre otros.
Entrevistado 7	Aumentan los costos de la mano de obra.
Entrevistado 8	Se atrasan actividades futuras.
Entrevistado 9	Afectan en el tiempo principalmente, si es un tema que el ingeniero responsable o el maestro de obras no puede resolver en campo, hay que hacer consultas al diseñador del plano, lo que atrasa el proyecto.
Entrevistado 10	Aumenta el costo del proyecto en mano de obra y materiales.

Fuente: Entrevistas realizadas.

CUADRO 6. RESPUESTAS A PREGUNTA NÚMERO 3 DE LA ENTREVISTA

¿En qué etapas del proceso constructivo es más frecuente encontrar errores al construir lo que se encuentra en planos?

Entrevistado 1	Realmente en todas las etapas del proceso es frecuente identificar errores, difícilmente todo lo que está en planos, sin importar la etapa, aplique a cabalidad con lo que tenemos en sitio.
Entrevistado 2	En las plantas mecánicas y eléctricas.
Entrevistado 3	En etapas de acabados, confección de bucles de puertas y ventanas e instalación de accesorios.
Entrevistado 4	En base a mi experiencia, los mayores errores en planos los he encontrado en la integración del sistema electromecánico en la obra gris de la vivienda, generalmente existen incongruencias entre los planos arquitectónicos, estructurales y electromecánicos. Sin embargo, el inicio del proyecto, la excavación y los acabados son etapas del proceso constructivo en la que también se encuentran bastantes errores.
Entrevistado 5	En los trazos.
Entrevistado 6	Lo más frecuentes al inicio cuándo el contratista o el constructor está empezando a conocer el proyecto y cómo el proyecto se va adaptando al sitio, los errores se detectan en todos los momentos, pero en esa etapa generan más impacto.
Entrevistado 7	Al momento de ubicar la vivienda en el sitio.
Entrevistado 8	En los acabados.
Entrevistado 9	Cotas, iluminación, alturas de accesorios. Si la parte estructural es compleja puede que tenga incoherencias con las arquitectónicas.
Entrevistado 10	Durante el inicio de la construcción y en los acabados.

Fuente: Entrevistas realizadas.

CUADRO 7. RESPUESTAS A PREGUNTA NÚMERO 4 DE LA ENTREVISTA

¿Cuáles son los errores que llegan a generar mayores atrasos en la etapa de ejecución de una obra?

Entrevistado 1	<p>No realizar los estudios preliminares.</p> <p>No tener claro los lineamientos del plan regulador del gobierno local.</p> <p>Asumir o dar por sentado condiciones y procedimientos constructivos que a la hora de llegada no corresponden a las condiciones reales.</p> <p>No realizar un plan de ejecución, es decir, ausencia de la logística y planes de acción cuando lo planeado no se puede ejecutar.</p> <p>No garantizar un flujo de caja adecuado.</p> <p>No realizar la previsión de materiales y proveedores disponibles en la zona o área circundante donde se va a ejecutar el proyecto en cuestión.</p> <p>No asignar personal competente en los diferentes rangos que median el avance de los procesos. (maestro de obras, capataces, encargados).</p> <p>No establecer metas claras a corto plazo que garanticen que se vayan cumpliendo las tareas de las actividades globales (no definir hitos).</p> <p>No tener claro los procesos administrativos con los diferentes entes e instituciones que involucran la obra a construir, por lo que se puede frenar el proceso hasta estar al día con los requerimientos, lineamientos y estatutos que exigen las regulaciones constructivas en Costa Rica.</p> <p>No tomar en cuenta e incluir en las consideraciones (imprevistos) a la hora de realizar el cronograma, las condiciones ambientales que afectan directa o indirectamente diferentes actividades, es decir, asumir erróneamente ejecutar actividades en paralelo o simultáneas cuando en la vida real no se pueden ejecutar de esta manera.</p>
Entrevistado 2	<p>Inexistencia del cronograma de trabajo. Falta de organización con proveedores de materiales. Inexactitud en los cálculos de materiales. Falta de información constructiva en planos.</p>
Entrevistado 3	<p>Los que incurren en un retrabajo o modificaciones de ubicación, por ejemplo, la modificación de la ubicación de la obra en el terreno, el tener que mover accesorios una vez colocados o modificaciones de puertas y/o ventanas.</p>
Entrevistado 4	<p>Los errores en el diseño Estructural (láminas estructurales) generalmente son los que generan mayores atrasos, ya que cualquier ajuste o modificación tiende a ser significativa cuando se habla en términos de cronograma.</p> <p>También añadiría cualquier error de medición (cotas) y errores que requieran modificación de materiales.</p>
Entrevistado 5	<p>Falta de información, ejemplo una cota.</p>

Entrevistado 6	Los errores que generan más atrasos son los de falta de conciliación en consultorías, por ejemplo, si estructura no calza con arquitectura, y no hay una conciliación de sistemas electromecánicos con arquitectura, ubicación de tomas, luminarias entre otros que después implique generar movimientos o desplazamiento de elementos, ejemplo un tomacorriente mal ubicado implica tener que picar una pared para ponerlo en su debido lugar.
Entrevistado 7	Falta de información en los planos.
Entrevistado 8	Medidas diferentes en las vistas de los planos de un mismo elemento.
Entrevistado 9	Errores en acotación más que todo, cortes sin información necesaria.
Entrevistado 10	Los que dependen de la decisión del ingeniero y que se debe esperar respuesta para continuar.

Fuente: Entrevistas realizadas.

CUADRO 8. RESPUESTAS A PREGUNTA NÚMERO 5 DE LA ENTREVISTA

¿Ha tenido que realizar o solicitar modificaciones a los planos constructivos durante la etapa de ejecución de una obra?	
Entrevistado 1	Sí, usualmente esto se presenta, ya sea, por el cliente, condiciones o directrices de alguna institución reguladora (ingeniería de bomberos, regencia ambiental, inspector municipal, ministerio de salud, inspección CFIA, liquidez o temas financieros, entre otros...).
Entrevistado 2	Es usual, debido a falta de información constructiva.
Entrevistado 3	Si.
Entrevistado 4	Sí, es algo que he tenido que realizar en todos mis proyectos. Las razones son variadas, podría mencionar la presencia de errores, la falta de disponibilidad de materiales, solicitud de cambio de elementos por el cliente, la presencia de imprevistos, etc.
Entrevistado 5	Se ha tenido que solicitar modificaciones al ingeniero de los planos.
Entrevistado 6	Si, he tenido que realizar modificaciones.
Entrevistado 7	Se hace la solicitud al ingeniero.
Entrevistado 8	Si, se solicita al ingeniero que indique cuales son las medidas reales a usar.
Entrevistado 9	Si.
Entrevistado 10	Si, se realiza la solicitud al ingeniero para corregir los errores.

Fuente: Entrevistas realizadas.

CUADRO 9. RESPUESTAS A PREGUNTA NÚMERO 6 DE LA ENTREVISTA

¿Cuál es el procedimiento por seguir al encontrar diferencias en los planos constructivos durante la ejecución del proceso constructivo?

Entrevistado 1	<p>Identificar la raíz de la diferencia.</p> <p>Tener claro la afectación de las dependencias y precedencias de los procedimientos, según la variante del plano constructivo.</p> <p>Realizar los cálculos pertinentes para adecuar dichas diferencias a lo que se debe ejecutar que obedezca los códigos y regulaciones constructivas.</p> <p>Valorar los costos.</p> <p>Comunicar a los dueños del proyecto.</p> <p>Tener alternativas para proponer y poder continuar con el proceso.</p> <p>Dejar todo registrado en bitácora.</p> <p>Involucrar a las personas responsables, según el área donde se identifiquen las diferencias.</p> <p>Valorar a partir de este punto, si realmente las propuestas presentadas van acorde a estados límite de ocupación, función y estética.</p> <p>Incluir minutas en los registros de todo lo acordado, valorado y aprobado para evitar malos entendidos con todas las partes involucradas.</p>
Entrevistado 2	<p>Informar al director técnico sobre la discrepancia.</p> <p>Solicitar al diseñador atender los cambios o aclararlos según corresponda. En caso atañea a su responsabilidad profesional, sugerir los cambios tan pronto como sea posible, de manera que se disminuya o anule el atraso al sano proceso constructivo.</p>
Entrevistado 3	<p>Usualmente se identifican las diferencias durante la inspección se comunica al equipo para encontrar una solución o modificar conforme al cambio en sitio.</p>
Entrevistado 4	<p>Si lo tuviera que definir en etapas, serían las siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Confirmar que realmente estemos ante la presencia de un error, entender si es un error en planos, o bien entender si es un error derivado de otro aspecto. 2. Comunicar de manera oportuna a los responsables del diseño y la ejecución sobre el error. 3. Rectificar el error en planos. 4. Estimar los costos y los tiempos que ha afectado la discrepancia con el fin de determinar la responsabilidad. 5. Notificar a todos involucrados en el proceso constructivo para que sean consciente de la discrepancia y la solución.
Entrevistado 5	<p>Informar al ingeniero.</p>

Entrevistado 6	El procedimiento a seguir cuándo hay errores en planos constructivos es hacer una inspección de coordinación en el cual se puedan identificar con los consultores y el contratista cuales son las diferencias, si el proyecto urge y no hay tiempo para poder actualizar planos, dejarlos identificados en los "redline" y en un documento de seguimiento de procesos o informe en el que se den los detalles y las recomendaciones para poder hacer los ajustes correspondientes.
Entrevistado 7	Se informa al ingeniero encargado y si es en la actividad que se está realizando, se paran los trabajos hasta tener la información correcta.
Entrevistado 8	Informar al ingeniero.
Entrevistado 9	Consultar al diseñador, consultar a los profesionales que se involucren en la etapa donde se encontró el error (estructural, eléctrico...), por último, se llega una decisión que no comprometa la responsabilidad del Director de Obra.
Entrevistado 10	Informar al ingeniero para que tome la decisión de cómo se deben hacer las cosas.

Fuente: Entrevistas realizadas.

CUADRO 10. RESPUESTAS A PREGUNTA NÚMERO 7 DE LA ENTREVISTA

¿Alguna vez se ha visto en la necesidad de parar labores de una etapa del proceso constructivo o de una obra en general por alguna discrepancia o error en los planos constructivos?	
Entrevistado 1	Sí, por ejemplo, en mi función como director técnico, siendo el responsable general de obra, al no tener claridad en áreas específicas como mecánicas o eléctricas y al haber solicitado a los profesionales claridad, memorias de cálculo, informes, garantía de los procesos según su área, sería contraproducente seguir adelante si no se aporta lo mínimo necesario que avale la continuidad del proceso.
Entrevistado 2	Si.
Entrevistado 3	No del todo, pero es usual que el proceso disminuya en cuanto al avance hasta que se ejecute la inspección del proyecto y la aprobación del cambio por parte del cliente.
Entrevistado 4	Sí, hace unos años atrás me vi en la necesidad de pausar por dos semanas completas la construcción de una vivienda de más de 200m ² por la existencia de una discrepancia en las cimentaciones de una vivienda. Sé que esta decisión afectó directamente el cronograma, sin embargo, disminuyó las consecuencias económicas de continuar sin haber presentado el error.
Entrevistado 5	Si.
Entrevistado 6	Si, no se ha parado la obra, pero si labores, lo que se hace es un análisis de actividades y de esta manera como hay diferentes frentes de trabajo en el cual si hay que parar una de las actividades por algún error que se siga avanzando en otras para que la obra no se detenga.
Entrevistado 7	Si.
Entrevistado 8	Si, se han tenido que parar labores hasta que el ingeniero indique como trabajar.
Entrevistado 9	Sí claro, o cambiar de actividad hasta que se resuelva el error.
Entrevistado 10	Si.

Fuente: Entrevistas realizadas.

CUADRO 11. RESPUESTAS A PREGUNTA NÚMERO 8 DE LA ENTREVISTA

¿Cómo influyen los errores en planos en el costo total del proyecto de construcción?	
Entrevistado 1	Influyen enormemente, ya que el cliente tiene proyecciones falsas de los estados financieros que obedecen a la tabla dinámica del control de costos del proyecto, por lo que dichos errores de planos podrían ocasionar el fracaso del desarrollo o construcción y que no se haga realidad el proyecto en cuestión. Confusiones a la hora de delegar las directrices. Problemas en la comunicación y objetividad.
Entrevistado 2	Aumenta los costos debido a afecciones en el tiempo de la obra.
Entrevistado 3	Se han dado casos en donde los imprevistos no pueden cubrir el costo del error o modificación por lo que se deben modificar otros rubros del presupuesto.
Entrevistado 4	De muchas maneras, según el error puede no tener ningún tipo de costo y ningún tipo de atraso, pero hay errores que pueden llegar a tener un costo significativo. Algunas veces el costo está asociado a la necesidad adquirir nuevos materiales o bien diferentes a los que se tenían planificados, y otras veces está asociado a todos los retrasos que un error puede producir.
Entrevistado 5	Influyen en mucho más tiempo y es más caro.
Entrevistado 6	Los planos influyen en un 100% en el costo total de la obra porque es sobre lo hace el presupuesto de la obra.
Entrevistado 7	Se atrasan los trabajos y los costos se aumentan.
Entrevistado 8	Aumentan los costos en mano de obra principalmente.
Entrevistado 9	Principalmente en costos de mano de obra por atrasos, depende del error se puede estimar mal los materiales.
Entrevistado 10	Los errores aumentan el costo del proyecto.

Fuente: Entrevistas realizadas.

CUADRO 12. RESPUESTAS A PREGUNTA NÚMERO 9 DE LA ENTREVISTA

¿Cómo se asegura que cada uno de los cambios realizados en los planos sean comunicados correctamente al equipo que se encuentra ejecutando la obra?

Entrevistado 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizando reuniones con los integrantes de rangos que delegan y ejecutan. 2. Proveyendo planos taller y comunicar con claridad las diferencias y los cambios que ahora serán el patrón a respetar. 3. Solicitar a los encargados de la ejecución que le presenten y expliquen lo que se va a realizar, para realmente identificar si todo lo tienen claro. 4. Dándole seguimiento constante a dichos cambios para asegurarse que todo está siendo ejecutado según lo establecido previamente comunicado. 5. Revisando las tareas día a día.
Entrevistado 2	La mejor manera es utilizando el sistema BIM. Transmitiendo en tiempo real los cambios a todo el equipo de trabajo que se vea involucrado en el proyecto.
Entrevistado 3	En el momento en que surge una duda se trata de resolver y comunicar a la brevedad posible al equipo de construcción, ya sea mediante visita en sitio o vía llamada o mensaje, dependiendo de la complejidad de la duda, no obstante, el proceso no siempre es tan rápido debido a que depende de aprobación.
Entrevistado 4	Mediante reuniones periódicas que permitan a todo el equipo de trabajo estar al pendiente de cualquier cambio, y la frecuente actualización de planos compartidas a los involucrados. Nunca está demás mantener una bitácora abierta para los responsables donde se anotan los cambios.
Entrevistado 5	Comunicación detallada del cambio al equipo de trabajo.
Entrevistado 6	Mediante informes o aprovechando diferentes herramientas tecnológicas como el correo electrónico, con algún sistema de control de obra como el procore o un programa en el cual se pueda llevar un registro del día a día de los cambios o modificaciones que se ejecuta.
Entrevistado 7	Mediante la comunicación entre ingenieros y trabajadores.
Entrevistado 8	Reuniones con el ingeniero semanales para aclarar dudas.
Entrevistado 9	Es más que todo responsabilidad del DT, se utilizan medios de comunicación como WhatsApp o email, para tener registro escrito del cambio.
Entrevistado 10	Se informa al ingeniero apenas se encuentra en error para que se soluciones lo más pronto posible y evitar atrasos.

Fuente: Entrevistas realizadas.

CUADRO 13. RESPUESTAS A PREGUNTA NÚMERO 10 DE LA ENTREVISTA

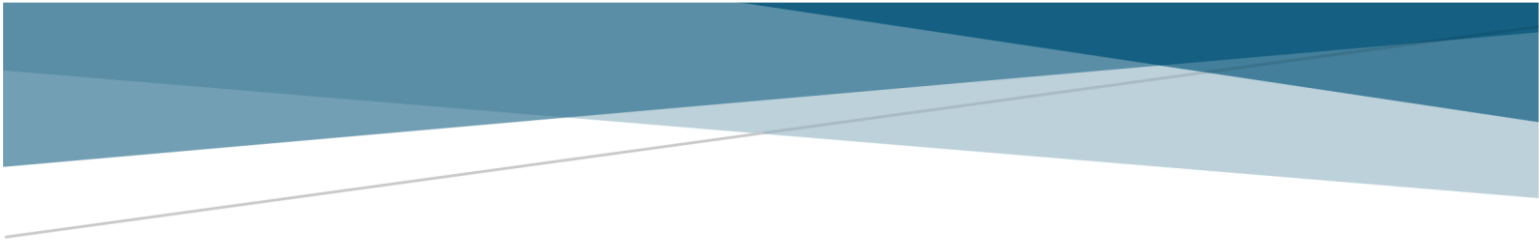
¿Cree que una herramienta como SketchUp de modelado en 3 dimensiones pueda ayudar a disminuir posibles errores en planos antes del inicio de la etapa constructiva de una obra?

Entrevistado 1	Por supuesto, utilizar una herramienta de modelado en 3 dimensiones, es capaz de generar una concepción mental realmente clara de cómo y qué es lo que se va a ejecutar, así tanto el cliente como el constructor, prevén divergencias de conceptos, procedimientos, costos, tiempos, estética y funcionalidad, es decir, ésta herramienta nos genera una gama poderosa de información y consideraciones, que a la hora de ejecutar disminuye enormemente el sesgo en el paso a paso que obedece al proceso constructivo.
Entrevistado 2	Si, existen muchas herramientas que funcionan correctamente para el sistema de trabajo colaborativo BIM, sin embargo, lo más importante es que se desarrolle el proyecto pensando de manera ajustado a la realidad y que dicha información se transmita correctamente en los planos.
Entrevistado 3	Es posible solucionar las dudas de una manera más rápida, sin embargo, para disminuir errores se debe recurrir a una revisión más detallada del plano y proyecto. De igual forma es recomendable la adopción de metodología BIM para evitar errores al momento de la construcción.
Entrevistado 4	sí, una herramienta como SketchUp puede ayudar a disminuir posibles errores en los planos, principalmente porque el modelado en 3D permite visualizar de una manera más rápida la congruencia entre diferentes sistemas.
Entrevistado 5	Si porque muestra cómo va a quedar la construcción terminada y se puede comparar con los planos.
Entrevistado 6	Es una herramienta para exploración de conceptos meramente para visualización, no es una herramienta apta para gestión constructiva, entonces en la obra puede ayudar puede ayudar meramente en entender un tema de forma, pero no es un software donde se pueda llevar un proceso de gestión técnica de un proyecto.
Entrevistado 7	Si, ya que se pueden visualizar los detalles de la construcción.
Entrevistado 8	Ayuda a mostrar si existe alguna diferencia entre lo que dicen los planos y lo que el cliente quiere.
Entrevistado 9	Sí claro, al envolver 1 diseño global del que se sacan todas las vistas y secciones se disminuye la probabilidad de encontrar algún error. Como por ejemplo CAD, que hay que dibujar cada parte del plano por separado.
Entrevistado 10	Si, las imágenes que se tienen con estos programas ayudan a entender cómo va a quedar la construcción.

Fuente: Entrevistas realizadas.

Apéndice 3

Guía de uso del software de modelado en tres dimensiones SketchUp como herramienta para la disminución de errores de interpretación en planos constructivos: Uso en proyectos unifamiliares en Costa Rica.



GUÍA DE USO DEL SOFTWARE DE MODELADO EN TRES DIMENSIONES SKETCHUP COMO HERRAMIENTA PARA LA DISMINUCIÓN DE ERRORES DE INTERPRETACIÓN DE PLANOS

Uso en proyectos de vivienda unifamiliares en Costa Rica.

Marco Vinicio Rojas Diaz
Diciembre 2024

Tabla de contenido

Introducción.....	3
Objetivo del manual	5
¿Qué es SketchUp?.....	5
Ventajas de SketchUp para una mejor interpretación de planos constructivos.....	6
Fundamentos de SketchUp.....	8
Elementos básicos de SketchUp.	8
Ventana de Inicio.....	8
Interfaz de usuario	9
Menús presentes en SketchUp.....	10
Barra de herramientas de SketchUp.....	20
Bandeja predeterminada	33
Etapas del proceso constructivo de una vivienda unifamiliar	35
Preliminares.	35
Cimentaciones.	35
Paredes	36
Contrapiso.....	36
Cubierta.....	36
Instalaciones eléctricas	37
Instalaciones mecánicas	37
Acabados	38
Modelado de las etapas constructivas con la información de los planos para viviendas unifamiliares	39
Modelado de las etapas constructivas	40
Sitio de Construcción	40
Trazado de ejes.....	42
Cimentaciones	44
Excavaciones	45
Cimentaciones.....	46
Paredes	47

Columnas	48
Bloques	50
Viga solera	51
Techo.....	55
Estructura de Techo	55
Cubierta.....	58
Instalaciones mecánicas	62
Tuberías	62
Tanque séptico y drenaje	64
Contrapiso	68
Elementos livianos	69
Instalaciones eléctricas	71
Tablero de distribución	73
Acabados	74
Repello	74
Pintura	75
Cielos	76
Enchapes	77
Ventanas	79
Puertas	81
Referencias	84

Introducción

Existe una elevada tendencia hacia la adopción de herramientas BIM en el sector de la construcción en todo el globo, tal y como mencionan Toan et al. (2023); El programa computacional SketchUp es uno de los más conocidos y utilizados ya que es muy fácil de utilizar y es muy accesible para el público (Hassan, 2016). Además, como señalan Ayarde y Hernani (2022), SketchUp se destaca por ser el modelador tridimensional más sencillo disponible, con una ventana intuitiva que prioriza el espacio para dibujar en lugar de menús desplegados complicados, por lo que se convierte en una herramienta muy útil para profesionales que buscan eficiencia y simplicidad en el modelado.

La presente se desarrolla en el ámbito de la construcción de viviendas individuales dentro del contexto costarricense, pues la optimización de los procesos constructivos mediante la implementación del modelado tridimensional utilizando el programa SketchUp, por las características ya mencionadas, se muestra como una oportunidad por abordar. En la construcción en general, se ven involucrados muchos profesionales en cada una de sus etapas, incluyendo desde la fase de diseño arquitectónico, diseño estructural, diseño de sistemas electromecánicos hasta la ejecución de la obra.

En la etapa de ejecución, fase del proyecto en el que se centra este trabajo, las actividades son realizadas por personas que muchas veces cuentan con poco conocimiento técnico y de visualización de un proyecto desde una perspectiva técnica, pero con mucha experiencia en la ejecución, por lo que se genera una brecha que puede transformarse en errores por mala interpretación de planos, afectando la eficiencia, los costos y la calidad del proyecto. Con la implementación de una herramienta como SketchUp, se permite visualizar en 3D los detalles constructivos de manera intuitiva, facilitando esa la comprensión de los planos y reduciendo los errores durante la ejecución.

El problema que se quiere abordar radica en la dificultad de prever y corregir problemas constructivos en etapas tempranas, lo que genera aumentos en los costos y en el tiempo de ejecución de los proyectos. La implementación de la herramienta computacional de modelado tridimensional SketchUp se propone como una solución que permita la visualización de cada una de las etapas constructivas partiendo de los planos realizados por un profesional. De esta manera, se busca identificar dentro del modelado integral, esos problemas constructivos que puedan ser abordados con antelación.

La situación actual en muchos proyectos de construcción es la falta de una herramienta accesible y comprensible para todos los involucrados que permita una visualización clara y precisa del proyecto. Esto lleva a errores de interpretación y ejecución que pueden resultar costosos. El cambio propuesto es la utilización de SketchUp para crear modelos tridimensionales de los proyectos, facilitando la comprensión y anticipación de posibles problemas constructivos.

Entre los beneficios y el impacto esperado de la implementación de SketchUp se encuentran el fomento del uso de herramientas digitales avanzadas en la construcción, dando paso a técnicas innovadoras, una mejor comunicación de las ideas entre los diferentes involucrados gracias a la visualización tridimensional, el ahorro en costo y tiempo relacionado a la mejora de los procesos, lo que a su vez se traduce en un menor consumo de materiales y energía en la construcción, disminuyendo el impacto ambiental.

Estudios previos en otras regiones o países han demostrado que la implementación de herramientas de modelado tridimensional mejora significativamente la precisión y eficiencia en los procesos constructivos. Por ejemplo, Lin (2014), Hassan (2016) y Cámara Costarricense de la Construcción (2018) concuerdan con que el uso de SketchUp y herramientas similares ha reducido los tiempos de ejecución y los costos en proyectos de construcción. Asimismo, Li & Bai (2020) y Peng et al. (2023) destacan la importancia de la visualización tridimensional para mejorar la comprensión y coordinación en proyectos complejos. También, Tal (2016) afirma que SketchUp es una herramienta que puede ser utilizada tanto como principiantes como por personas con conocimientos avanzados al respecto.

Por tanto, la propuesta de implementar SketchUp en la construcción de viviendas individuales responde a la necesidad de mejorar la precisión, eficiencia y coordinación en los proyectos constructivos, con impactos positivos en lo científico, tecnológico, social, económico y ambiental. La inclusión de una guía paso a paso facilitará la adopción de esta herramienta, asegurando su utilidad tanto para profesionales con experiencia como para aquellos sin conocimientos técnicos en modelado computacional tridimensional.

Objetivo del manual

Proporcionar un marco estructurado para la implementación de SketchUp en proyectos de pequeña y mediana envergadura.

¿Qué es SketchUp?

SketchUp es un programa computacional de diseño tridimensional desarrollado inicialmente por @Last Software, posteriormente relanzado por Google tras su adquisición y actualmente desarrollado por Trimble. Destaca por su simplicidad y velocidad en comparación con otros programas de modelado 3D establecidos en el mercado, siendo menos exigente en cuanto a los requerimientos de computación y, por lo tanto, más accesible para todo tipo de usuarios (Li & Bai, 2020).

Figura 1. Logo de la herramienta de modelado en tres dimensiones SketchUp.



Fuente: SketchUp.

Una de las principales ventajas de SketchUp es su interfaz visual simple e intuitiva, que elimina la necesidad de aprender instrucciones complejas, reduciendo la inversión en capacitación y simplificando el proceso del modelado en 3D. Esto lo hace ser utilizado en distintas disciplinas como la arquitectura, el diseño de interiores, el paisajismo y la planificación urbana (Peng et al., 2023). Como explican Li & Bai (2020), SketchUp permite a los diseñadores ahorrar tiempo en tareas tediosas, mejorando la eficiencia en la creación de bocetos y modelos, por lo que algunos le validan el apodo de lápiz electrónico de los arquitectos.

SketchUp ofrece una solución accesible sin comprometer la funcionalidad, puesto que por medio de herramientas simples como la creación de líneas y formas, junto con la manipulación de superficies mediante las funciones "empujar y tirar", el programa genera de manera rápida y eficiente modelos tridimensionales; así entonces, esta capacidad de visualización no solo agiliza el proceso de diseño, sino que también optimiza la comunicación entre los profesionales involucrados y los clientes, dando versatilidad y ahorro en costos de la presentación de proyectos (Hassan, 2015).

Entre sus características llamativas está el que no requiere una configuración del equipo avanzada, permitiendo un rendimiento ágil y fluido que brinda la opción a los usuarios de visualizar sus diseños desde

cualquier ángulo sin dificultades mayores. Además, es compatible con una gran variedad de plataformas y permite convertir datos en tiempo real, y gracias a su arquitectura abierta, tiene una inmensa biblioteca de elementos 3D y soporta complementos específicos para distintas necesidades que al final facilitan la generación de modelos paramétricos que pueden estar conectados en tiempo real con otros programas (Peng et al., 2023).

Finalmente, en el contexto de la construcción, SketchUp también se posiciona como una herramienta valiosa dentro del enfoque BIM (Building Information Modeling) que está alineado con los avances de la ahora llamada Industria 4.0 y que vino a mejorar la productividad laboral, la eficiencia en términos de calidad, el tiempo requerido para la obra y su costo; donde se puede además hacer especial énfasis en una parte de los anteriores dichos que tiene que ver con la reducción de los desperdicios (Toan et al., 2023), brindando un matiz ecológico y sostenible a los beneficios y posicionando a SketchUp como una herramienta de gran valor para la gestión y ejecución de proyectos constructivos.

Ventajas de SketchUp para una mejor interpretación de planos constructivos.

La utilización de SketchUp como herramienta de modelado tridimensional ofrece ventajas significativas para mejorar la interpretación de planos constructivos en proyectos de construcción de viviendas individuales, como puede ser su interfaz intuitiva y su estilo enfocado en la facilidad de uso ayudan a que profesionales con amplia experiencia y personas con conocimientos técnicos limitados utilizarlo y que puedan visualizar los detalles constructivos con mayor precisión. A diferencia de los planos bidimensionales, que pueden ser difíciles de interpretar debido a la abstracción de algunos de los elementos, SketchUp brinda una representación tridimensional que facilita la comprensión del proyecto en su totalidad y reduce la probabilidad de errores durante la ejecución, ya que se debieron haber integrado las láminas del juego de planos en un único modelo donde observan las incongruencias que pudiera haber. Esta capacidad de visualización en 3D entonces ayuda a anticipar y corregir posibles problemas antes de que se materialicen, lo que resulta en una gestión más eficiente del tiempo y los recursos.

Una de las principales razones para elegir SketchUp sobre otras herramientas de modelado es su accesibilidad y su bajo costo en comparación con otros programas más complejos y especializados; SketchUp brinda una plataforma flexible que no requiere de una curva de aprendizaje muy inclinada para su uso. Además, tiene también la capacidad para integrar vistas, secciones y detalles constructivos en un solo modelo, facilitando la comunicación entre los diferentes actores involucrados en el proyecto, desde arquitectos e ingenieros hasta contratistas y maestros de obras. Esta comunicación sin obstáculos es de gran valor para evitar malentendidos que podrían retrasar la obra y/o aumentar los costos.

Otro aspecto positivo para SketchUp es su capacidad para adaptarse a las distintas necesidades específicas de cada etapa del proceso constructivo. La herramienta permite realizar modificaciones rápidas en el diseño, lo que resulta de mucha importancia para proyectos muy dinámicos donde los cambios son constantes y necesarios. Además, al ser una herramienta muy utilizada, SketchUp cuenta con una amplia y activa comunidad, dotándolo de una vasta cantidad de recursos y complementos que pueden ser integrados para ampliar sus funcionalidades, lo que ofrece una ventaja competitiva frente a otros programas de modelado.

Fundamentos de SketchUp

A continuación, se presentan elementos básicos de SketchUp, fundamentales para entender su funcionamiento y aprovechar al máximo sus herramientas en el modelado tridimensional.

Elementos básicos de SketchUp.

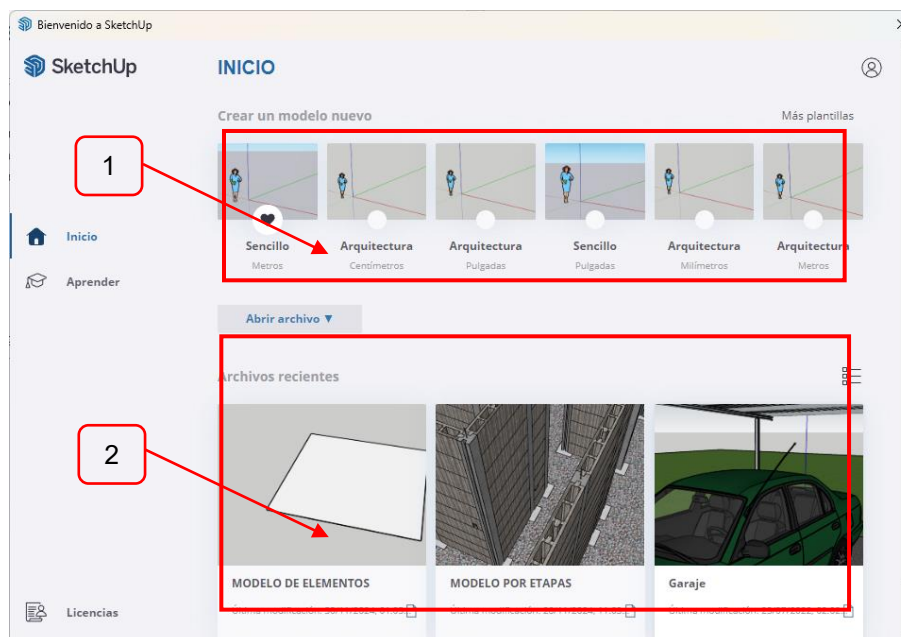
Se van a mostrar las características presentes en el programa de modelado en tres dimensiones requeridas para poder hacer el modelado de una vivienda unifamiliar.

Cada una de las imágenes se van a acompañar por una breve descripción para que la persona que vaya a realizar un modelo empleando esta herramienta pueda tener la noción de cuales de las funcionalidades básicas del programa lo pueden ayudar a representar cada uno de los elementos presentes en una construcción.

Ventana de Inicio

Es lo que observamos al ejecutar el programa en nuestra computadora, nos muestra una interfaz en la que tenemos la posibilidad de seleccionar entre un nuevo modelo y poder continuar en los modelos que ya hemos trabajado anteriormente.

Figura 2. Ventana de inicio SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

En la ventana de inicio podemos encontrar lo siguiente:

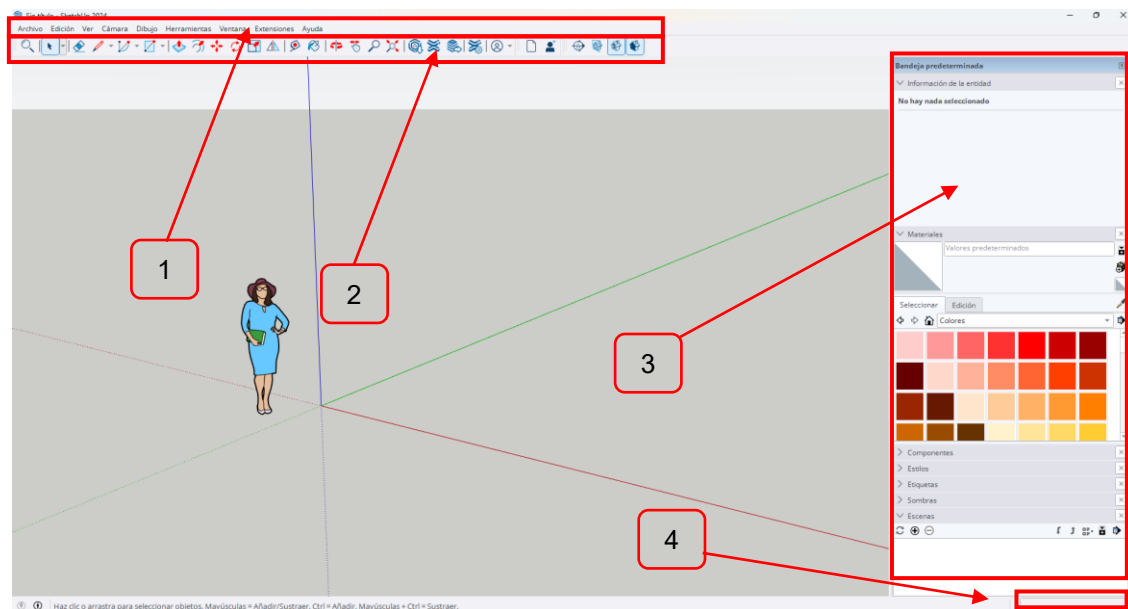
1. Las opciones de interfaces con diferentes características y medidas del modelo que se vaya a realizar.
2. Los modelos que se han trabajado anteriormente, aquí se pueden observar los modelos guardados y aquellos donde no se hayan guardado las últimas modificaciones donde por algún problema no se hayan guardado y se haya cerrado el programa.

Interfaz de usuario

Al iniciar un nuevo modelo según lo observado en la sección anterior del documento podemos observar la siguiente interfaz donde se puede dar inicio al modelado, previo a esto se debe estar familiarizado con lo que tenemos en pantalla.

Se muestra inicialmente una vista general de lo que podemos encontrar en la pantalla para identificar que herramientas o características del programa nos van a ser útiles durante nuestro proceso de modelado.

Figura 3. Interfaz de modelado del programa SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

De la imagen anterior podemos describirlo de la siguiente manera:

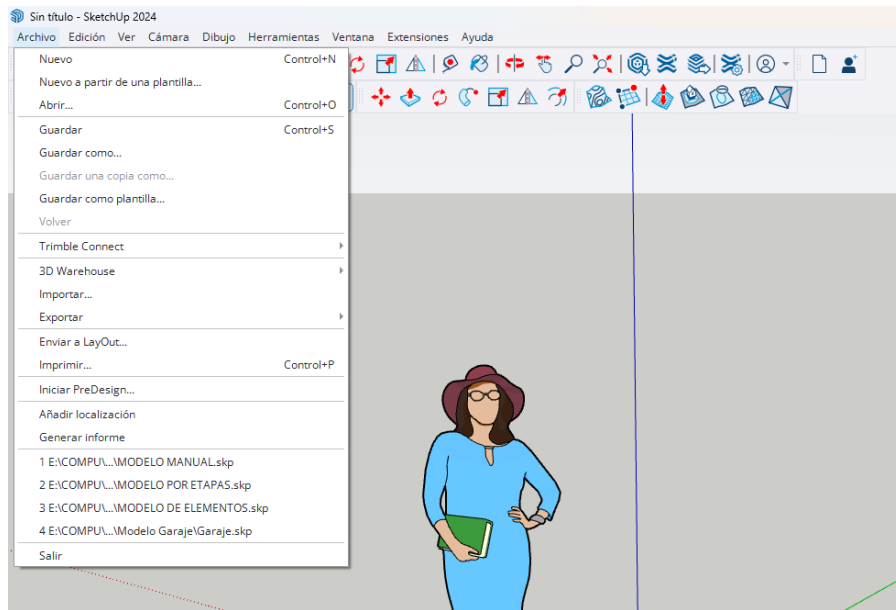
1. Menú: Aquí se muestran diferentes funciones que nos ayudan en el proceso de modelado.
2. Barra de comandos: funciones adicionales que de manera intuitiva nos muestran los principales comandos para realizar los modelos adecuadamente.
3. Bandeja predeterminada: Aquí podemos encontrar diferentes características como

4. Medidas: en esta parte se pueden observar las medidas de lo que nos encontramos editando o dibujando con las medidas que se han definido en la sección de información del modelo.

Menús presentes en SketchUp

Los menús de SketchUp agrupan herramientas y funciones esenciales para el diseño y la edición de modelos 3D, permitiendo a los usuarios realizar tareas como archivo, edición, ver, cámara, dibujar, modificar, organizar y personalizar sus proyectos de manera eficiente. En la Figura 4, por ejemplo, se muestra el menú Archivo.

Figura 4. Menú archivo SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

En el menú archivo podemos encontrar las siguientes funciones que nos van a servir durante el proceso de modelado de una vivienda unifamiliar.

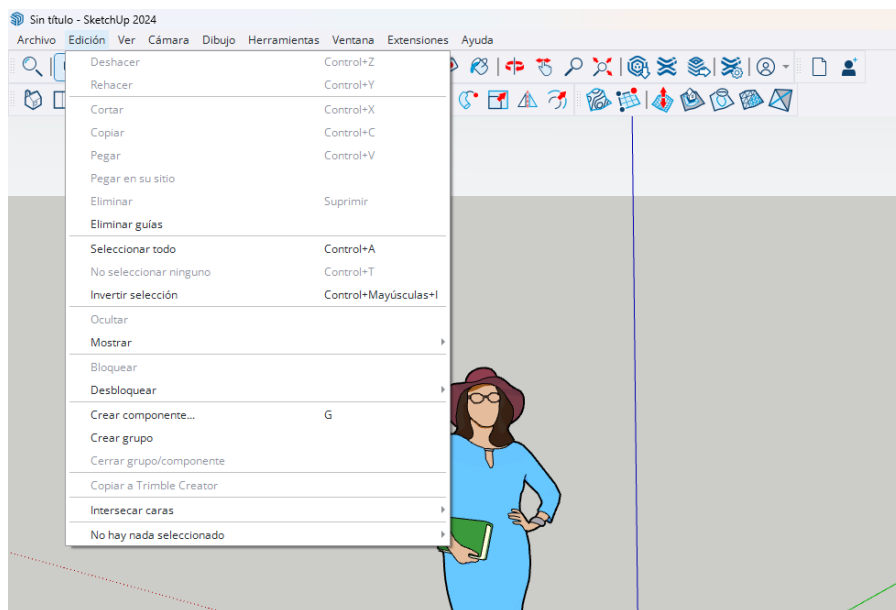
Cuadro 1. Funciones presentes en el menú archivo	
Función	Descripción
Nuevo	Esta función se emplea para crear un proyecto nuevo, en blanco desde cero, se debe tener en cuenta que en caso de que no se haya guardado un proyecto anterior este se perderá al comenzar un proyecto nuevo.
Nuevo a partir de una plantilla	Con esta función se puede crear un proyecto nuevo con una diferencia de que comenzamos desde una plantilla específica, estas plantillas son las mismas que encontramos al abrir por el programa desde el ejecutable presente en el escritorio o en la barra de herramientas de la computadora.

Abrir	Mediante esta función podemos abrir uno de los proyectos que se guardaron anteriormente en la computadora o algún modelo con el formato adecuado que se haya hecho en otro equipo.
Guardar	Esta función permite guardar el proyecto en el que estamos trabajando, se debe seleccionar un nombre y ubicación la primera vez que guardamos el proyecto, si el proyecto en el que estamos trabajando ya posee nombre y ubicación lo que hace es sobre escribir el proyecto.
Guardar como	Con esta función se logra guardar el proyecto con otro nombre, otra ubicación u otro formato.
Importar	Permite ingresar elementos a nuestro proyecto, entre estos podemos mencionar imágenes o archivos provenientes de AutoCAD.
Exportar	Guarda el proyecto que hemos trabajado en formatos compatibles con otros programas o imágenes de las vistas que tenemos del modelo.
Imprimir	Permite imprimir imágenes del proyecto que hemos trabajado.
Generar informe	Permite generar un informe detallado de las características o cantidades de los elementos que se encuentran modelados dentro del proyecto.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Por su parte, el siguiente menú de SketchUp, de Edición, agrupa herramientas para modificar elementos del modelo, como copiar, pegar, deshacer, rehacer, cortar, duplicar, agrupar, desagrupar, ocultar, borrar y trabajar con componentes o geometrías seleccionadas, como se puede observar en la Figura 5.

Figura 5. Menú edición



Fuente: Modelo de SketchUp.

Las funciones que se despliegan del menú Edición se explican brevemente a continuación en el siguiente cuadro.

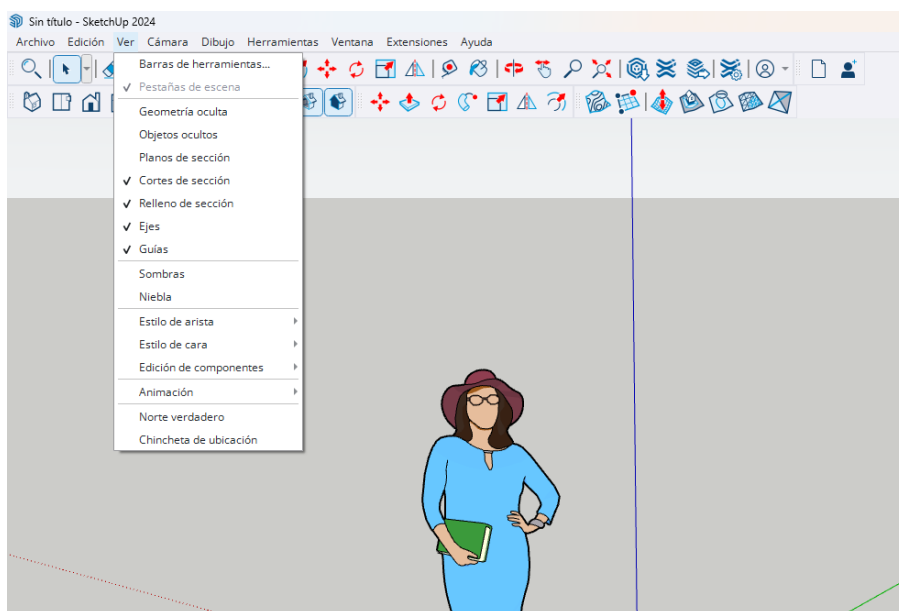
Cuadro 2. Funciones presentes en el menú edición	
Deshacer	Permite revertir o deshacer la última acción que se haya realizado en el proyecto.
Rehacer	Revierte la acción que se haya deshecho con la función anterior.
Cortar	Elimina aquellos elementos que se hayan seleccionado, pero almacenándolos temporalmente en el portapapeles de manera que podamos volver a incluirlos en el proyecto.
Copiar	Se crea una copia del elemento o los elementos seleccionados, los elementos copiados se almacenan temporalmente en el portapapeles.
Pegar	Inserta los elementos que se encuentren en el portapapeles en el proyecto que estemos trabajando, estos elementos pueden provenir de nuestro proyecto o de otra que tengamos abierto mientras trabajamos en la modelación; los elementos a pegar provienen de lo que se haya copiado o cortado o copiado y almacenado en el portapapeles.
Eliminar	Permite borrar los elementos del proyecto que se hayan seleccionado.
Seleccionar todo	Selecciona todos los elementos presentes en el proyecto.
No seleccionar ninguno	Quita la selección de todos los elementos que se hayan seleccionado.
Invertir selección	Cambia la selección actual por los elementos no seleccionados en el modelo, deseleccionando los que estaban previamente seleccionados.
Ocultar	Permite ocultar los elementos seleccionados temporalmente para facilitar el trabajo en otras partes del modelo.
Mostrar	Restaura los elementos ocultos previamente para que vuelvan a ser visibles en el modelo.
Bloquear	Restringe los elementos seleccionados para evitar modificaciones durante el modelado.
Desbloquear	Libera los elementos previamente bloqueados, permitiendo editarlos nuevamente.
Crear componente	Convierte los elementos seleccionados en un componente reutilizable, que puede ser insertado nuevamente en el modelo sin duplicar la geometría.
Crear grupo	Agrupar los elementos seleccionados, separándolos del resto de la geometría para evitar interacciones indeseables.

Intersecar caras	Crea líneas de intersección entre los elementos seleccionados y otras geometrías del modelo, permitiendo dividir superficies y generar nuevos detalles.
------------------	---

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Por su parte, el siguiente menú; Ver, es el que se representa en la Figura 6. Contiene opciones para controlar la visualización del modelo, como mostrar u ocultar geometrías, estilos, sombras, capas, etiquetas, ejes, guías y secciones, además de ajustar el aspecto y la perspectiva de la escena.

Figura 6. Menú ver.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Las diferentes funciones que ofrece este menú se verán brevemente explicadas en el cuadro mostrado a continuación.

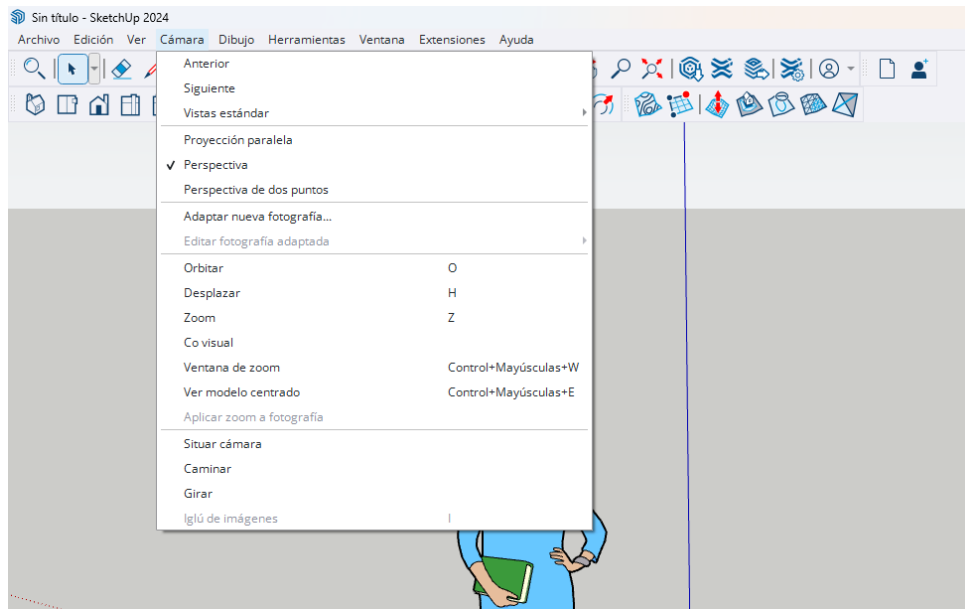
Cuadro 3. Funciones presentes en el menú ver.	
Barra de herramientas	Permite personalizar y mostrar las barras de herramientas disponibles en la interfaz de SketchUp.
Geometría oculta	Muestra o esconde las líneas y caras ocultas en el modelo para facilitar su edición.
Objetos ocultos	Permite visualizar o volver a ocultar los objetos previamente ocultos en el modelo.
Planos de sección	Activa o desactiva la visualización de los planos de corte creados con herramientas de sección.

Cortes de sección	Muestra u oculta las áreas donde los planos de sección han cortado la geometría del modelo.
Relleno de sección	Activa o desactiva el relleno sólido en las áreas cortadas por los planos de sección para mayor claridad visual.
Ejes	Controla la visibilidad de los ejes de referencia (rojo, verde y azul) que ayudan a orientar el modelado en el espacio tridimensional.
Guías	Muestra u oculta las guías temporales creadas para alinear o medir elementos en el modelo.
Sombras	Activa o desactiva las sombras proyectadas en el modelo, lo que permite evaluar la iluminación en diferentes horas del día.
Niebla	Añade un efecto de niebla para dar profundidad visual al modelo, útil para vistas panorámicas o paisajísticas.
Estilo de aristas	Permite ajustar la visualización de las líneas en el modelo, como bordes gruesos, suaves u ocultos.
Estilo de cara	Cambia la visualización de las superficies del modelo, como en modo sólido, con texturas o en línea de alambre.
Edición de componentes	Controla cómo se muestran los demás elementos mientras se está editando un componente, para facilitar el trabajo.
Animación	Activa la reproducción de animaciones creadas en el modelo, como transiciones entre escenas.
Norte verdadero	Permite establecer y visualizar la orientación real del norte geográfico, útil para estudios solares.
Chincheta de ubicación	Muestra la ubicación geográfica definida en el modelo, anclada al plano de trabajo.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Por otra parte, se tiene también el menú Cámara, mostrado en la **Figura 7** El menú Cámara de SketchUp incluye herramientas para ajustar la vista del modelo, como cambiar entre perspectiva y proyección paralela, seleccionar vistas estándar, orbitar, hacer zoom, desplazar, caminar, y configurar posiciones de cámara personalizadas.

Figura 7. Menú cámara



Fuente: Modelo de SketchUp.

Las funciones que contempla este menú Cámara se ven explicadas a continuación en el siguiente cuadro.

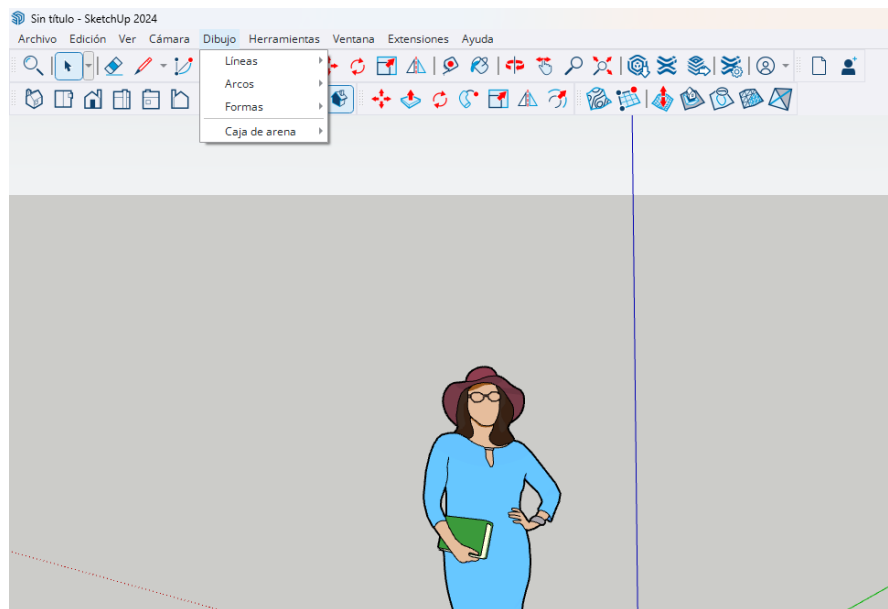
Cuadro 4. Funciones presentes dentro del menú cámara.	
Anterior	Permite regresar a la vista utilizada previamente en el modelo.
Siguiente	Avanza a la siguiente vista en la secuencia de vistas activadas.
Vista estándar	Ofrece opciones predefinidas como planta, alzado y perspectivas isométricas.
Proyección paralela	Muestra líneas paralelas en lugar de convergentes, útil para planos técnicos.
Perspectiva	Activa una vista tridimensional realista con líneas que convergen hacia puntos de fuga.
Perspectiva de dos puntos	Ajusta la perspectiva para que las líneas verticales permanezcan rectas.
Adaptar nueva fotografía	Superpone un modelo 3D sobre una fotografía y ajusta su perspectiva.
Editar fotografía adaptada	Modifica los ajustes de una fotografía previamente adaptada al modelo.
Orbitar	Gira la vista alrededor del modelo para explorar diferentes ángulos.
Desplazar	Mueve la vista en paralelo sin cambiar su orientación.
Zoom	Acerca o aleja la vista para observar detalles o tener una vista general del modelo.
Co visual	Ajusta la posición para coincidir con la vista de un objeto seleccionado.

Ventana de zoom	Amplía un área específica del modelo seleccionado mediante un marco.
Ver modelo centrado	Centra automáticamente el modelo en la vista actual.
Sumar cámara	Agrega una nueva posición de cámara al modelo.
Caminar	Simula el desplazamiento a pie, ideal para explorar interiores.
Girar	Ajusta la orientación como si estuviera sobre un trípode, sin moverse del lugar.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Ahora, por su parte, el menú Dibujo de SketchUp, mostrado en la Figura 8 agrupa herramientas muy importantes para la creación y edición de geometrías básicas, permitiendo trazar líneas, rectángulos, círculos, arcos, polígonos y formas a mano alzada con precisión y flexibilidad, facilitando el desarrollo de modelos en dos y tres dimensiones.

Figura 8. Menú dibujo.



Fuente: Modelo de SketchUp.

A continuación, se presenta un cuadro que describe cada una de las herramientas disponibles en el menú Dibujo de SketchUp, junto con una breve definición de su función principal.

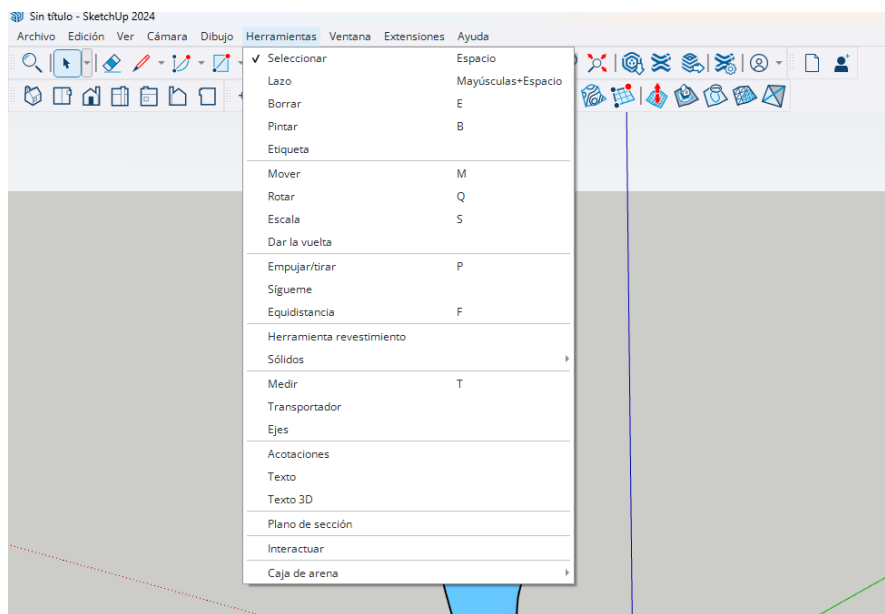
Cuadro 5. Funciones presentes dentro del menú dibujo	
Líneas	Crea líneas rectas entre dos puntos seleccionados.
Arcos	Dibuja arcos con diferentes métodos como arco de dos puntos o arco de tres puntos.

Formas	Permite crear formas geométricas básicas como rectángulos, círculos y polígonos.
Caja de arena	Ofrece herramientas específicas para modelar terrenos y superficies complejas.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

El menú Herramientas de SketchUp contiene opciones para manipular y transformar geometrías en el espacio de trabajo, como mover, escalar, rotar, empujar/tirar superficies y dividir o suavizar líneas, facilitando la modificación y ajuste preciso de los modelos 3D; tal como se puede observar en la Figura 9.

Figura 9. Menú herramientas.



Fuente: Modelo de SketchUp.

A continuación, se detalla un cuadro con las funciones del menú Herramientas, acompañadas de una breve descripción.

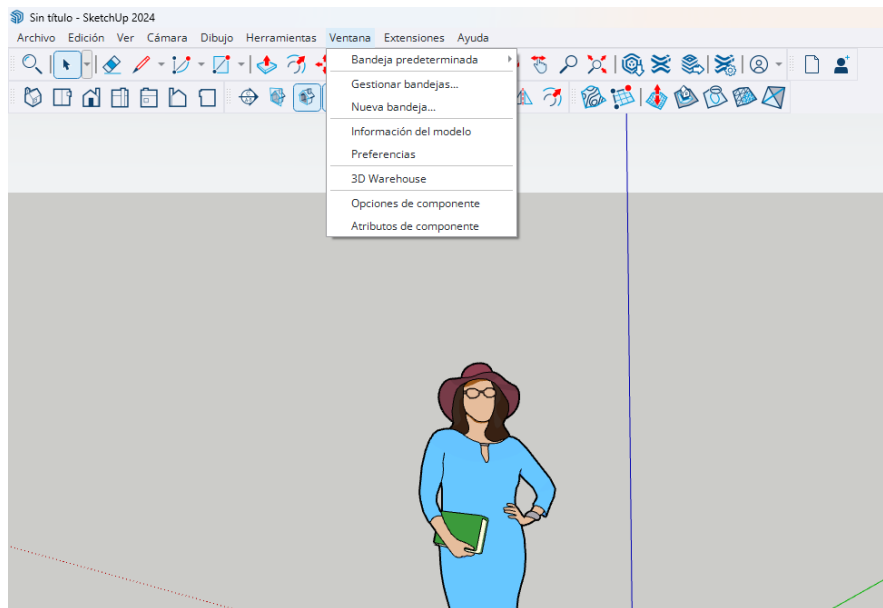
Cuadro 6. Funciones presentes en el menú herramientas	
Seleccionar	Permite elegir elementos en el modelo para editarlos o modificarlos.
Lazo	Dibuja una selección libre alrededor de elementos para seleccionarlos.
Borrar	Elimina elementos del modelo.
Pintar	Aplica materiales o colores a las superficies y objetos seleccionados.
Etiqueta	Crea etiquetas o anotaciones vinculadas a los objetos en el modelo.
Mover	Desplaza elementos seleccionados a una nueva posición o los copia.
Transportador	Mide ángulos entre elementos seleccionados.

Ejes	Ajusta, crea o elimina los ejes del modelo.
Acotaciones	Añade medidas o dimensiones visibles a los elementos del modelo.
Texto	Permite insertar texto plano como anotaciones en el modelo.
Texto 3d	Genera texto tridimensional que puede colocarse directamente en el modelo.
Plano de sección	Crea un plano que corta el modelo para observar el interior.
Interactuar	Permite activar funciones o animaciones específicas de objetos interactivos.
Caja de arena	Incluye herramientas especializadas para la creación y edición de terrenos y superficies.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

El menú Ventana (Figura 10) de SketchUp brinda acceso a paneles y configuraciones que permiten gestionar aspectos importantes del modelado como las propiedades de los componentes, estilos, materiales, capas, sombras y escenas, además de herramientas para la personalización del espacio de trabajo y la visualización de información del modelo.

Figura 10. Menú ventana.



Fuente: Modelo de SketchUp.

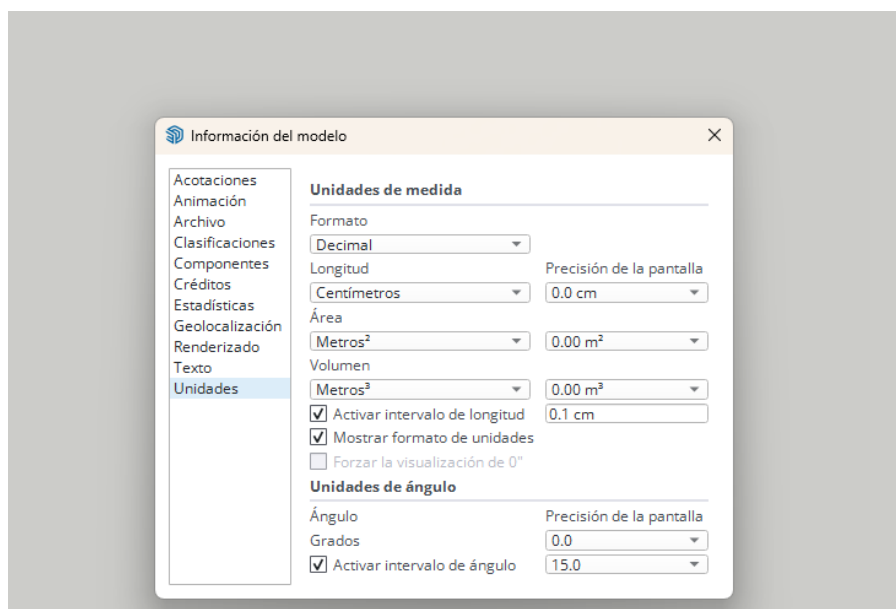
A continuación, se presenta un cuadro con las funciones disponibles en el menú Ventana de SketchUp, acompañado de una breve explicación de cada.

Cuadro 7. Funciones presentes en el menú ventana	
Bandeja predeterminada	Muestra un conjunto predeterminado de paneles para gestionar el modelo.
Gestionar bandejas	Permite organizar, modificar o eliminar bandejas existentes.
Nueva bandeja	Crea una nueva bandeja personalizada para agrupar herramientas o paneles.
Información del modelo	Proporciona información general y configuración específica del modelo actual.
Preferencias	Permite ajustar las preferencias generales del programa.
Opciones de componente	Muestra opciones específicas relacionadas con componentes seleccionados.
Atributos de componente	Permite gestionar y editar los atributos personalizados de un componente.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

En cuanto a la información referente a las medidas que se utilizarán durante el modelado, es posible manipularla en la función del menú Ventana mostrada en la Figura 11.

Figura 11. Información del modelo.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Un aspecto importante a tomar en cuenta antes de iniciar el proceso de modelado es definir la unidad de medida para los elementos que vayamos a dibujar en el programa, estas unidades no permaneces fijas durante todo el modelo sino que podemos modificarlas cada vez que sea necesario de manera que las medidas respondas a las necesidades de aquellos elementos grandes o de medidas pequeñas donde la precisión de las

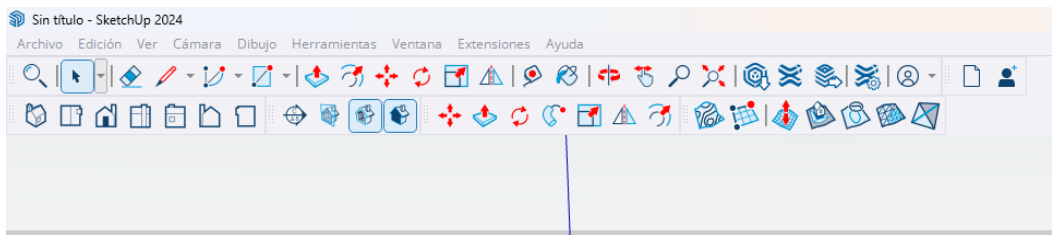
unidades sean mayores podamos generar las líneas o cualquier otro comando basado en las medidas que requerimos en ese momento o elemento.

El cambio de unidades no solo ayuda en el momento de modelado sino al momento de mover también podemos ayudarnos para lograr un resultado más preciso durante nuestro trabajo.

Barra de herramientas de SketchUp

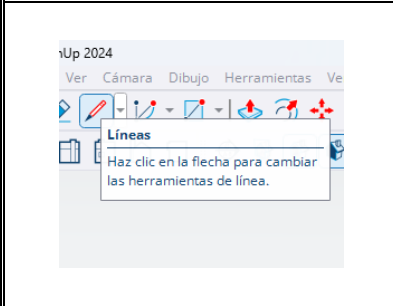
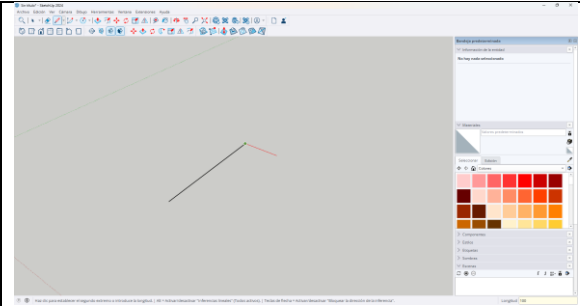
Para familiarizarse con la herramienta de modelado en tres dimensiones SketchUp primero se debe conocer Cada uno de los botones o comandos presentes en la barra de herramientas que nos sirven durante el proceso de modelado, cada uno de estos cumple una función específica que si logramos emplearla correctamente vamos a tener un proceso de modelado más eficiente.

Figura 12. Herramientas básicas de dibujo SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

En los siguientes cuadros se presenta una definición de cómo se utilizan los comandos en el proceso de modelado dentro del programa, detallando su funcionalidad y aplicación para facilitar el desarrollo de proyectos en SketchUp.

Cuadro 8. Comando líneas		
		<p>Con este comando se debe dar "Clic" al mouse para seleccionar un punto de origen de la línea, luego se da un segundo "Clic" o se anota el valor y luego "Enter" como segundo punto para generar la línea en la dirección que requerida.</p>

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Cuadro 9. Comando arcos

		<p>Arco: Después de seleccionar el comando se define el punto de centro con un "Clic" sobre el que va a girar el arco, luego con un segundo "Clic" podemos indicar el radio del arco, finalmente con un tercer "Clic" podemos seleccionar el ángulo del arco deseada también, podemos ingresar con números y dando "Enter" cuando anotemos la medida requerida tanto para el radio como para el ángulo del arco.</p>
		<p>Arco de 2 puntos: Se seleccionan dos puntos dando "Clic" al ratón marcando el punto de inicio y final de nuestro arco, a partir de ahí se coloca un tercer punto que nos va a definir la curvatura del arco también, podemos seleccionar la curvatura anotando la distancia y dando "Enter".</p>
		<p>Arco de 3 puntos: Se selecciona un punto de inicio dando "Clic" y un punto donde va a pasar nuestro arco dando nuevamente "Clic" con el mouse, luego se selecciona un tercer punto dando "Clic", este va a ser el final; también se puede hacer de la siguiente manera; después del primer "Clic" se anota la longitud del arco también se puede seleccionar la separación del segundo punto indicando la distancia y luego el ángulo que define la longitud del arco.</p>
		<p>Circular: Dibuja un segmento de un círculo dando "Clic" para seleccionar el origen y luego se selecciona el radio y la longitud del ángulo que define el segmento también, se puede definir el radio y el ángulo escribiendo el valor y dando "Enter" para cada valor.</p>

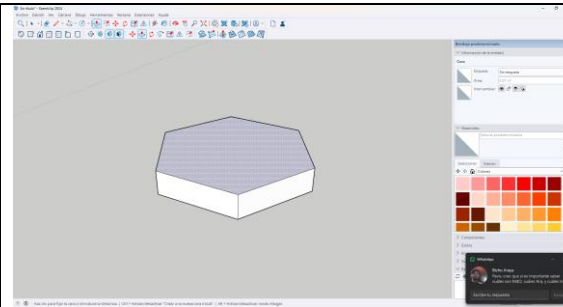
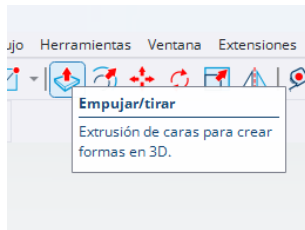
Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Cuadro 10. Comando formas

		<p>Rectángulo: Se da "Clic" para seleccionar el punto de origen, luego se da "Clic" en otro punto para tener el rectángulo completo, también se pueden anotar las medidas de ancho y largo del rectángulo separándolos por una coma y dando "Enter" después del primer "Clic".</p>
		<p>Rectángulo rotado: Se da "Clic" al punto de origen luego se da "Clic" para seleccionar la longitud 1 y el ángulo, luego podemos dar "Clic" para seleccionar la distancia y el ángulo, pero este será rotando sobre la primer línea generada que funciona como eje para crear el rectángulo.</p>
		<p>Círculo: Con este comando se puede dar "Clic" en el punto de origen para generar el círculo y luego para definir el tamaño se puede dar "Clic" o definiendo el radio con números y dando "Enter"</p>
		<p>Polígono: Al emplear este comando lo primero que se debe definir es el número de lados que va a poseer el polígono ingresando el valor y dando "Enter" luego con ratón se da "Clic" sobre el punto de origen, después con el botón "Control" se define si la figura va ser inscrita o circunscrita, ya con estos datos se define el radio ya sea dando "Clic" o definiendo valor y dando "Enter"</p>

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

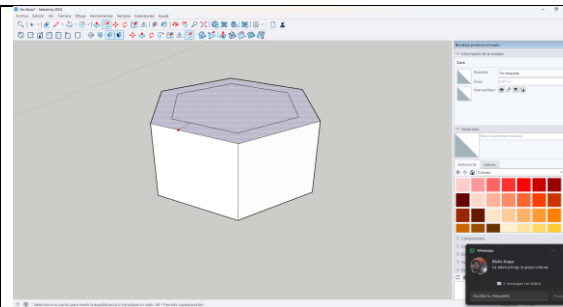
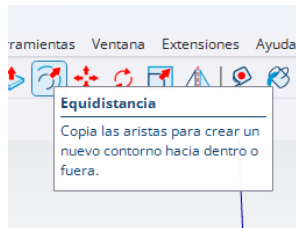
Cuadro 11. Comando empujar/tirar



Al tener un plano se puede generar un sólido al seleccionar este comando y dando "Clic" sobre el plano a la distancia deseada dando nuevamente "Clic" con el mouse o definiendo la distancia y dando "Enter"; también se puede hacer este mismo proceso para una cara de una figura para aumentar su elevación o longitud.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

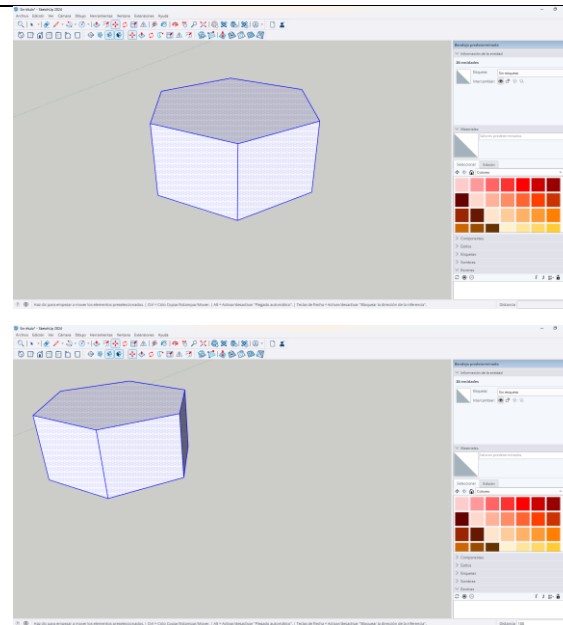
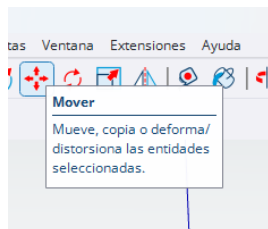
Cuadro 12. Comando equidistancia



Con este comando se puede replicar la figura que posee una cara pero a una escala mayor o menor que la seleccionada, esto se puede con el movimiento del ratón o definiendo la medida que se requiere y dando "Enter".

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

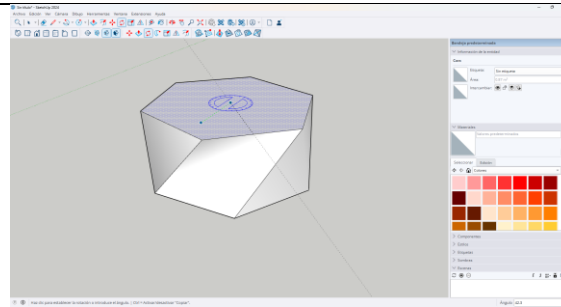
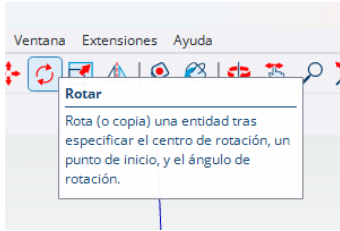
Cuadro 13. Comando mover



Al emplear este comando seleccionando un elemento o una cara del elemento y dando "Clic" con el ratón se puede mover el elemento o la cara en la dirección que se necesite, la distancia del movimiento se puede definir dando otra vez "Clic" o ingresando la distancia que se requiere que se mueva y dando "Enter". Si al mover el elemento sin soltar el botón del ratón se pulsa el botón "Control" del teclado se genera una copia del elemento que se está moviendo.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

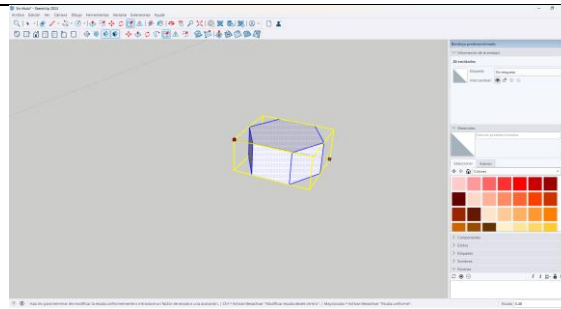
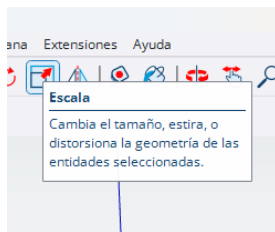
Cuadro 14. Comando rotar



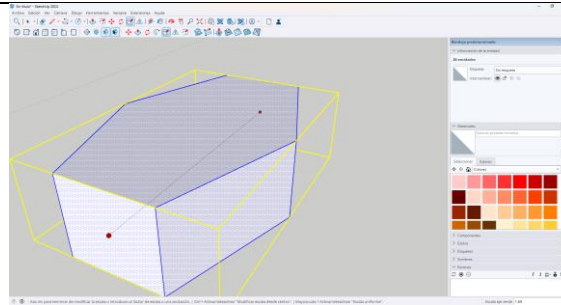
Con este comando seleccionando una cara del elemento o todo el elemento mediante un "Clic" con el mouse para seleccionar el eje se puede rotar la figura o la cara de la misma, la rotación se puede definir dando otro "Clic" o anotando la medida del ángulo de rotación y dando "Enter".

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Cuadro 15. Comando escala



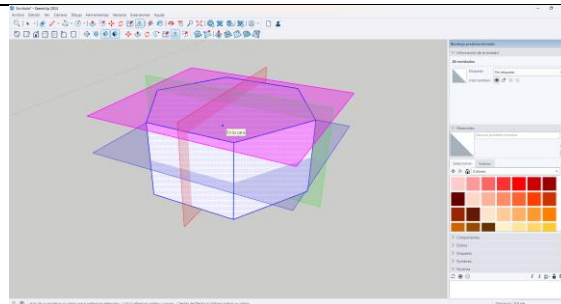
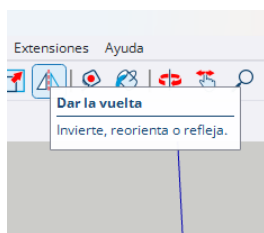
Al seleccionar el comando sobre la figura nos van a aparecer varios puntos, unos en los vértices, otros en los centros de las caras.



Si se da "Clic" sobre uno de los vértices se puede modificar la escala del objeto pero si se da "Clic" sobre uno de los puntos en las caras del objeto se modifica solamente sobre ese eje.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

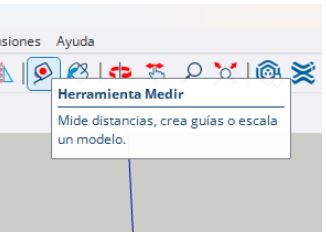
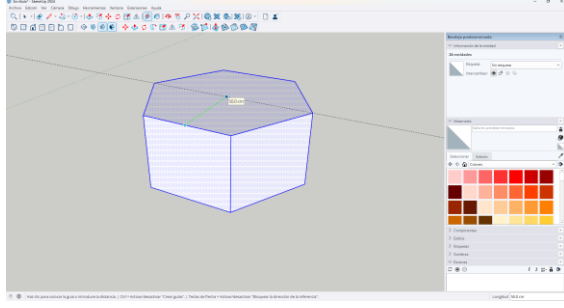
Cuadro 16. Comando dar la vuelta



Con este comando es posible rotar o dar vuelta a un objeto definiendo un punto de referencia en cualquiera de los ejes; x, y o z; se da "Clic" al plano que se va a emplear como eje y la figura va a darse la vuelta a partir del punto seleccionado

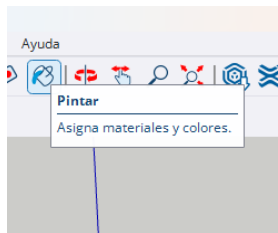
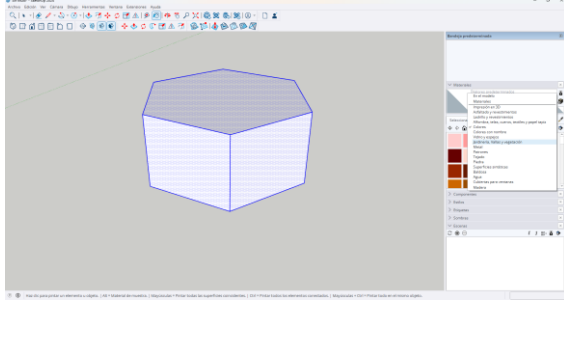
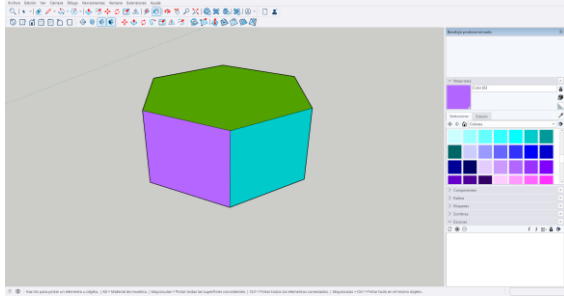
Fuente: Modelo de SketchUp.

Cuadro 17. Comando medir

		<p>Seleccionando este comando se da "Clic" a un punto que se toma como el inicio de la medición y conforme se vaya moviendo el ratón en el momento que se detenga en pantalla se observa la medida que se tiene.</p>
---	--	--

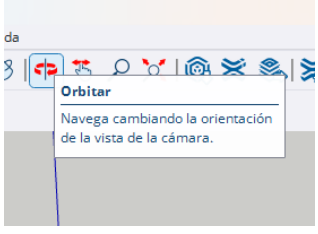
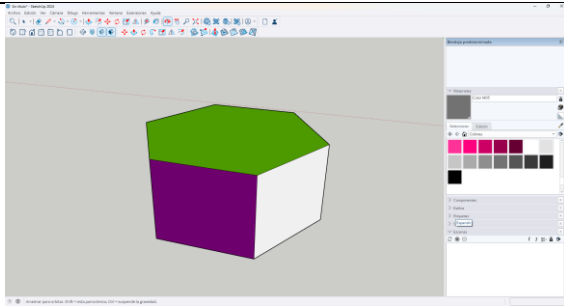
Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Cuadro 18. Comando pintar

		<p>Seleccionando este comando podemos pintar cada una de los planos que posee un elemento, si se selecciona con el ratón todas los planos del elemento antes de seleccionar el comando, es posible pintar todas las caras como un conjunto.</p>
		<p>De esta manera se observa un elemento con planos pintados de diferente color.</p>

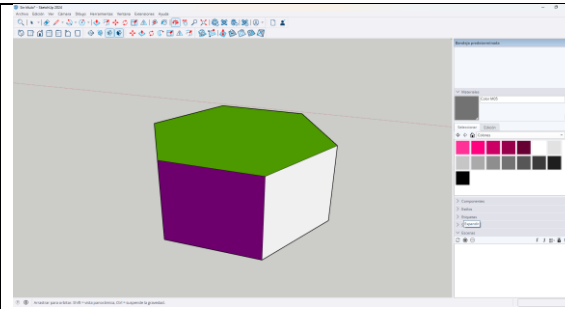
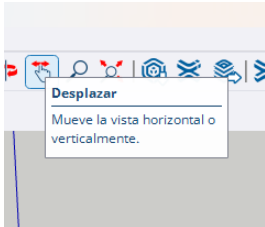
Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Cuadro 19. Comando orbitar

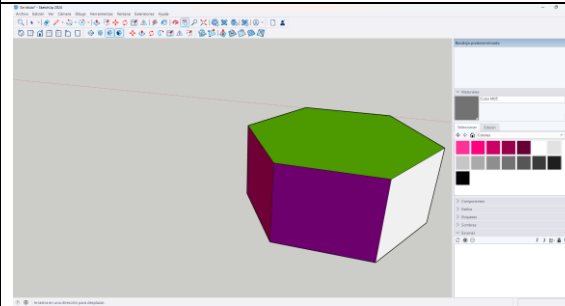
		<p>Seleccionando en el comando y luego dar otro "Clic" en la pantalla y manteniendo presionado se puede rotar el modelo según el movimiento del ratón con el punto de referencia para la rotación el lugar seleccionado.</p>
---	--	--

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Cuadro 20. Comando Desplazar



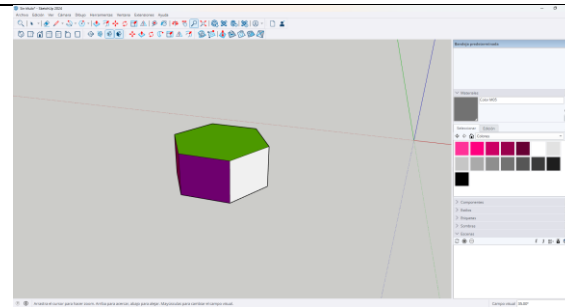
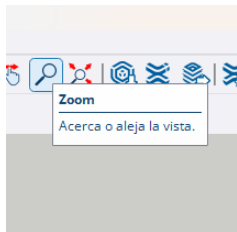
Al emplear el comando podemos seleccionar en la pantalla un punto dando un "Clic" sobre el modelo.



Al mover el ratón sin soltar el "Clic" podemos tener un movimiento de la cámara ya sea movimiento horizontal vertical o diagonal sin hacer acercamiento o alejamientos en el modelo.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

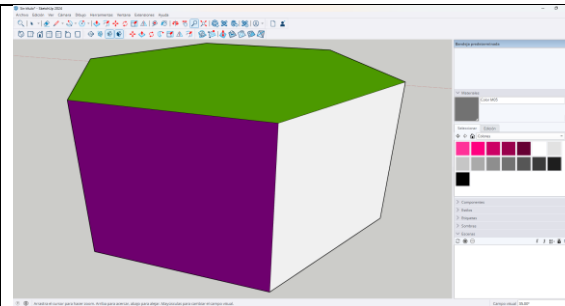
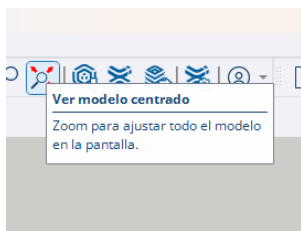
Cuadro 21. Comando zoom



Al seleccionar el comando podemos manejar acercamiento o alejamiento de la cámara sobre el modelo al mover el ratón.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

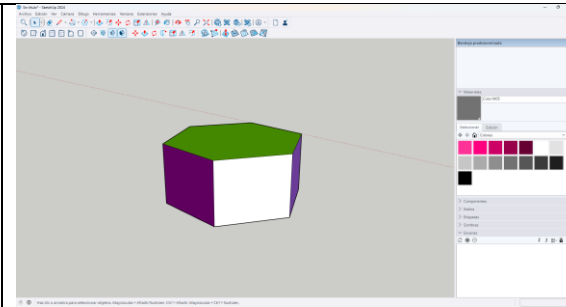
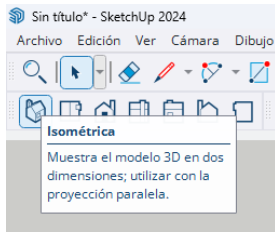
Cuadro 22. Comando ver modelo centrado



Al seleccionar el comando se va a centrar y ajustar al tamaño de la pantalla.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

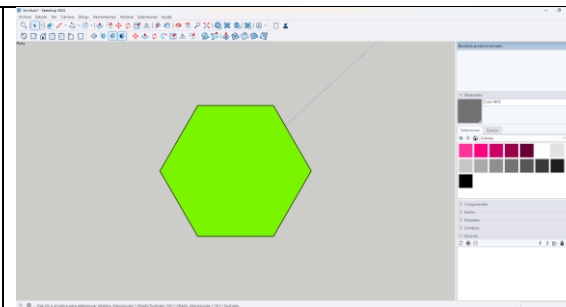
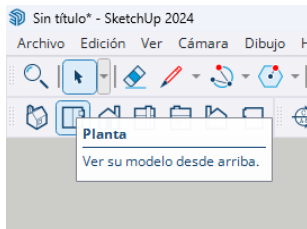
Cuadro 23. Comando vista isométrica



Muestra una vista isométrica del modelo al seleccionar el comando.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

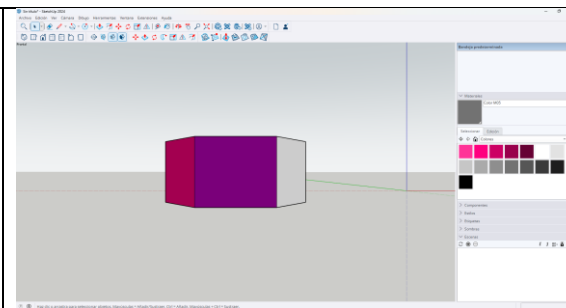
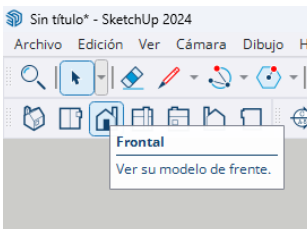
Cuadro 24. Comando vista en planta



Muestra las vistas en planta del modelo al seleccionar el comando.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

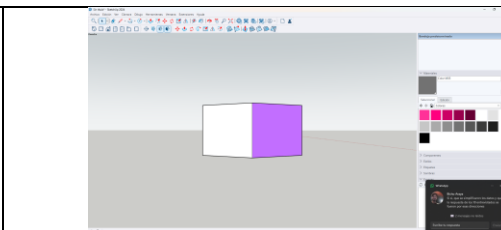
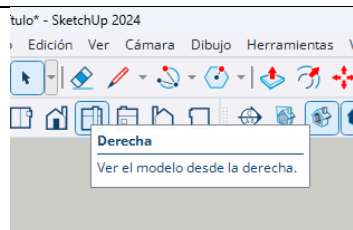
Cuadro 25. Comando vista frontal



Muestra la vista frontal del modelo al seleccionar el comando.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

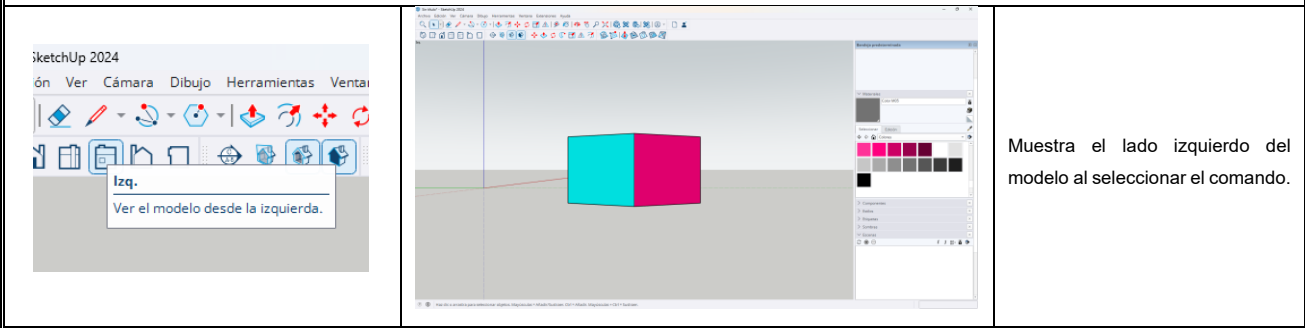
Cuadro 26. Comando vista derecha.



Muestra la parte derecha del modelo al seleccionar el comando.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

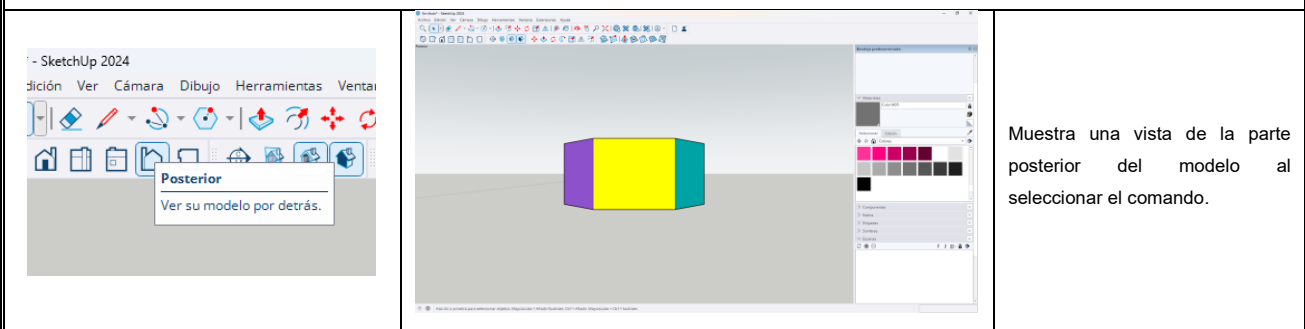
Cuadro 27. Comando vista izquierda.



Muestra el lado izquierdo del modelo al seleccionar el comando.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

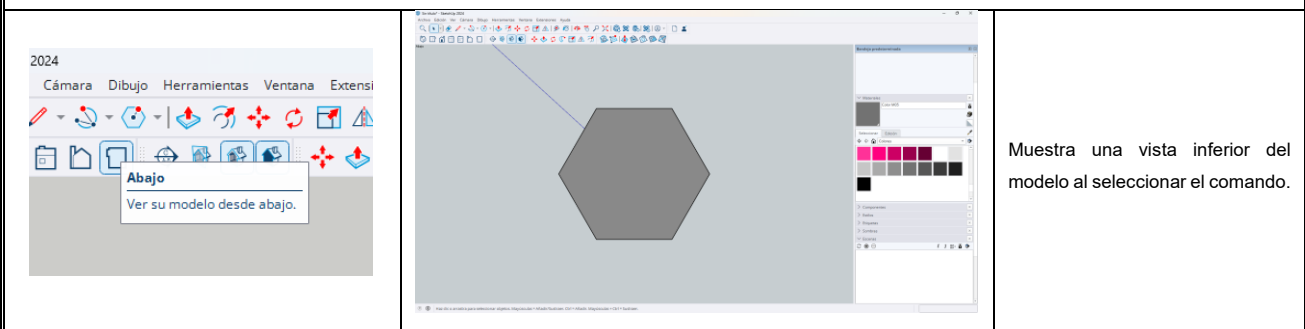
Cuadro 28. Comando vista posterior.



Muestra una vista de la parte posterior del modelo al seleccionar el comando.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

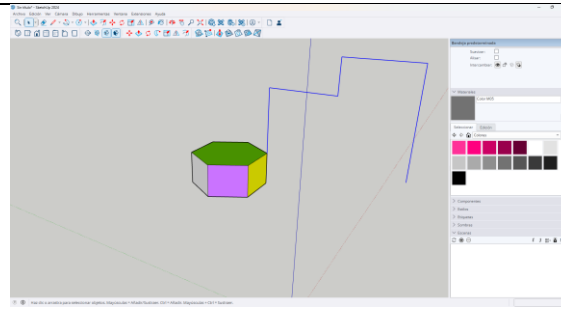
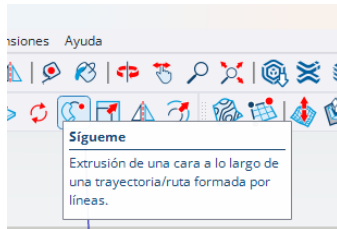
Cuadro 29. Comando vista abajo.



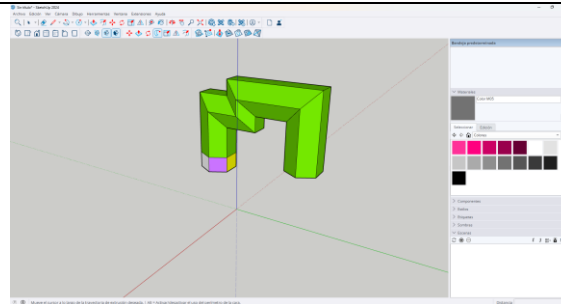
Muestra una vista inferior del modelo al seleccionar el comando.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Cuadro 30. Comando sígueme.



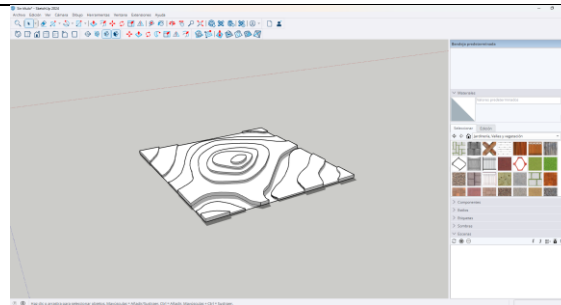
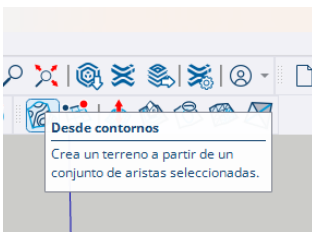
Si se requiere tener un elemento con una misma forma a lo largo de un segmento se selecciona el segmento con el ratón siempre teniendo la forma del elemento en contacto con el segmento



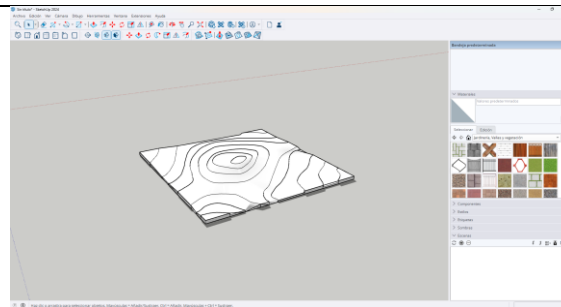
Luego de seleccionar el segmento y seleccionar el comando sígueme, se da "Clic" a la forma y esta va a generar un sólido siguiendo el segmento seleccionado.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

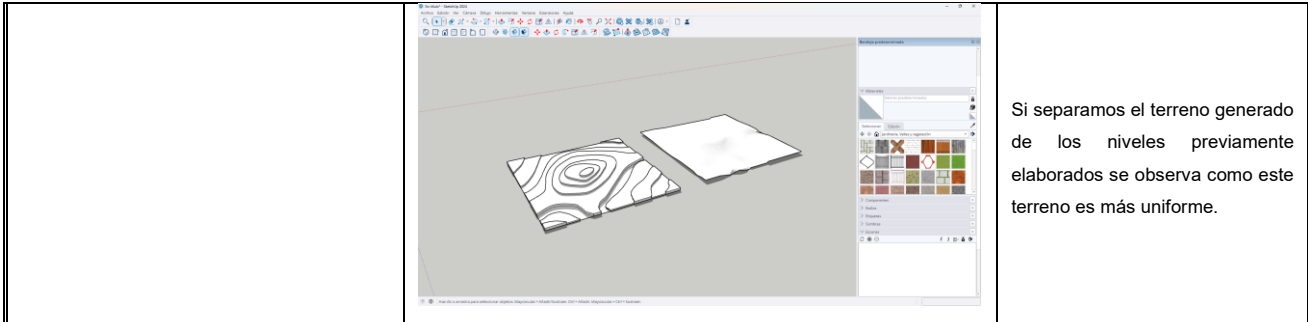
Cuadro 31. Comando desde contornos.



Al tener unas curvas de nivel, estas se pueden dibujar en el modelo y definir las elevaciones del terreno en función de las curvas de nivel.

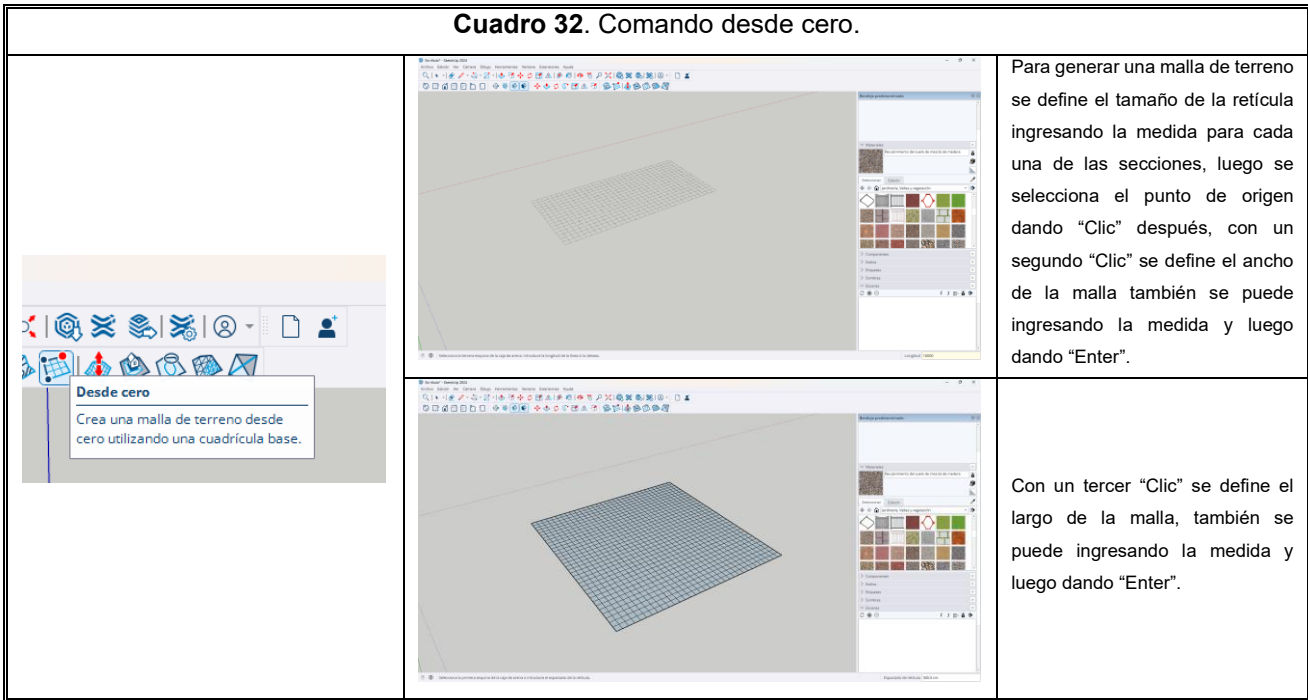


Al seleccionar con el ratón todas las curvas de nivel y seleccionar el comando se genera un terreno a partir de las aristas que existan en el objeto seleccionado



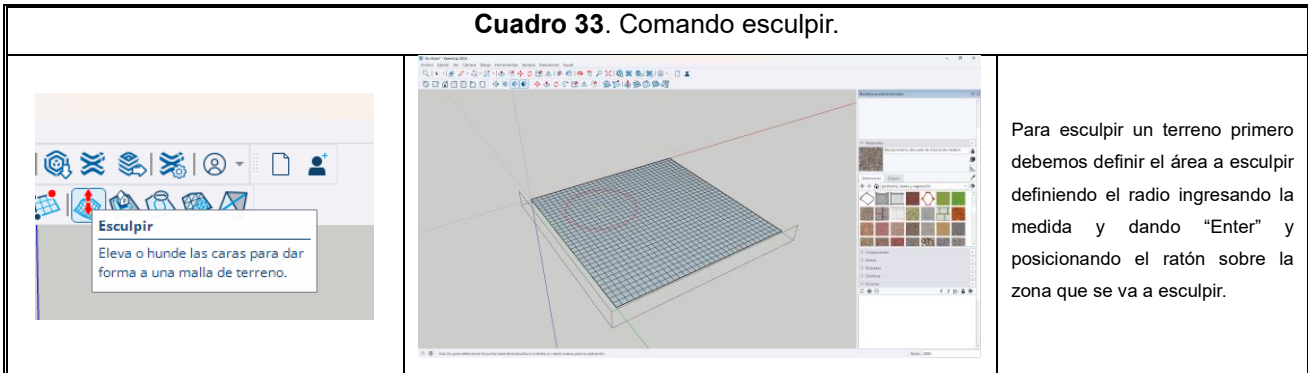
Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

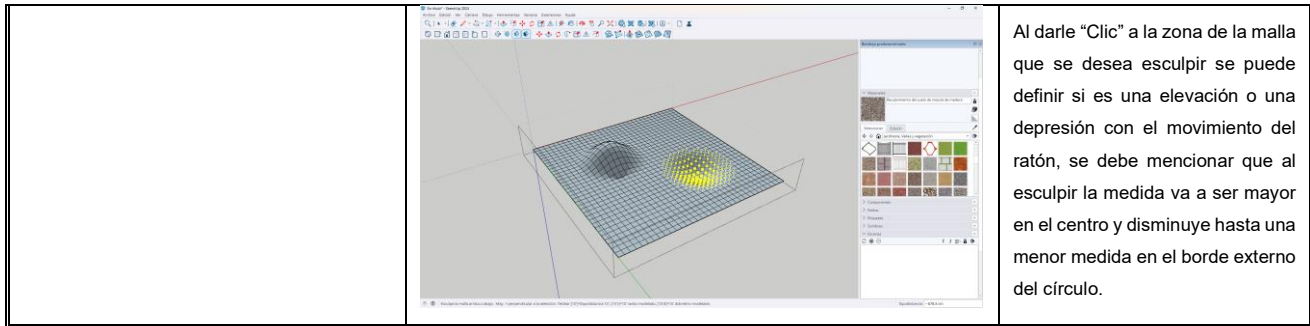
Cuadro 32. Comando desde cero.



Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

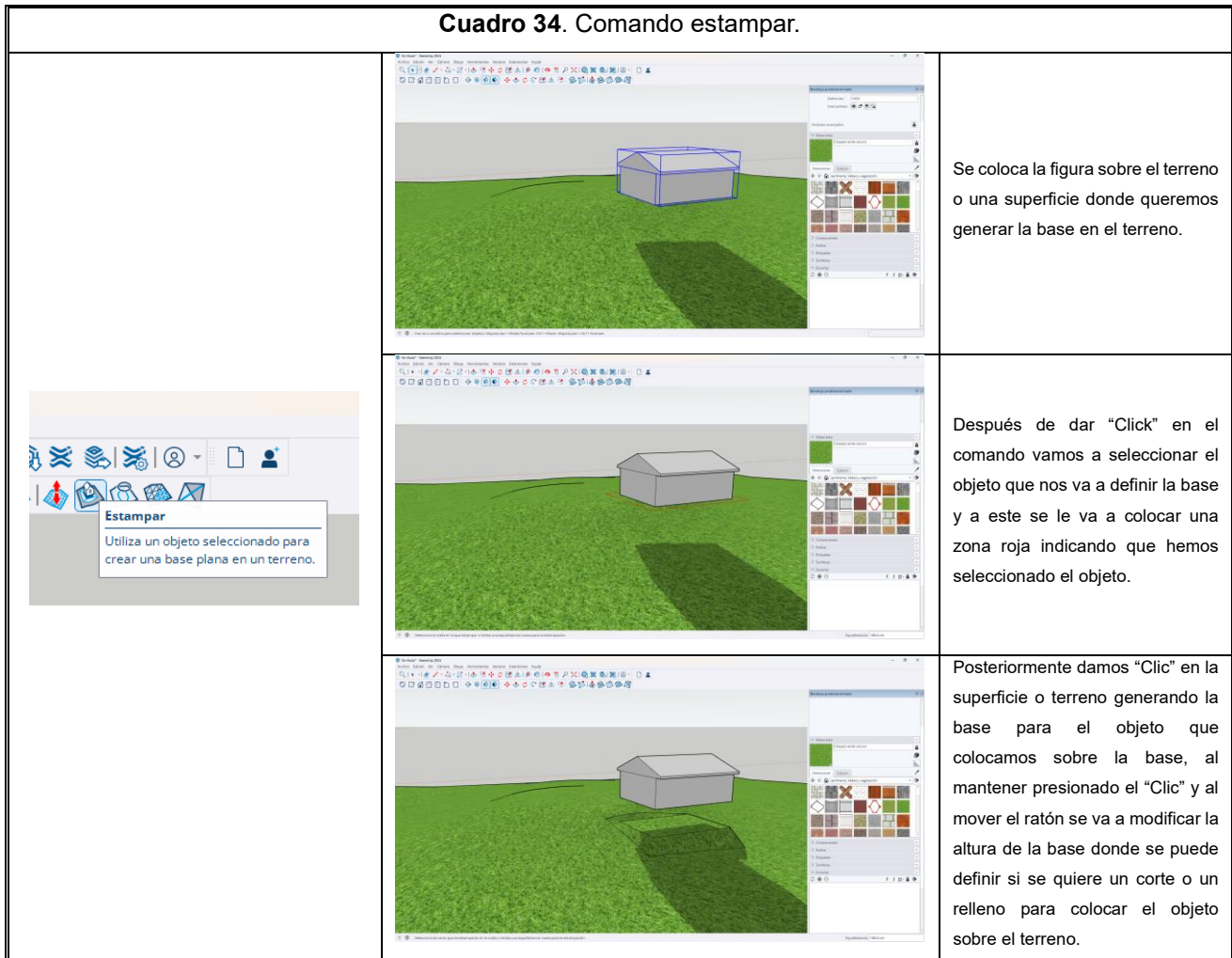
Cuadro 33. Comando esculpir.





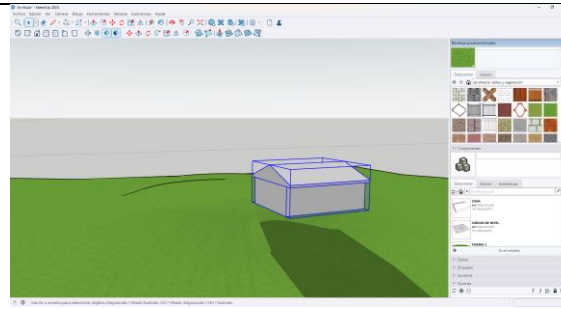
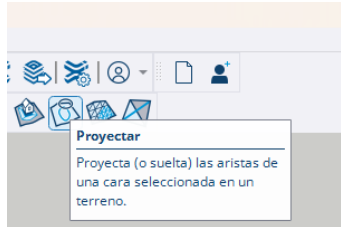
Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Cuadro 34. Comando estampar.

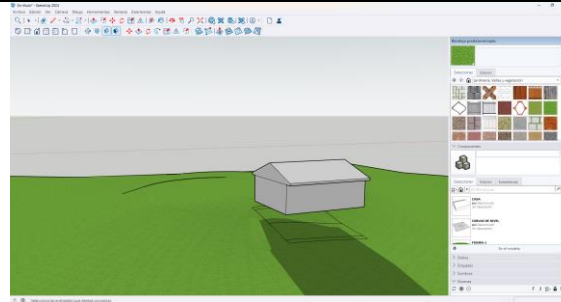


Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Cuadro 35. Comando proyectar.



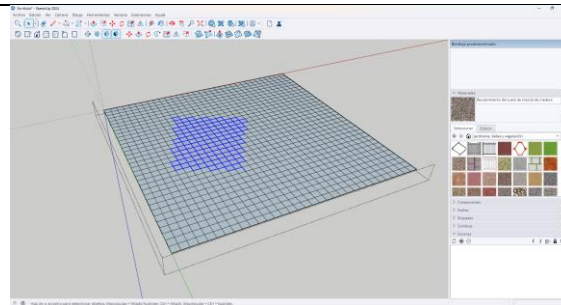
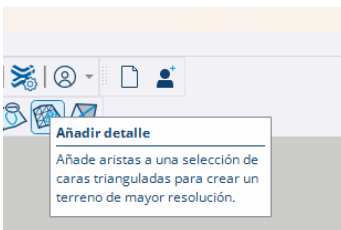
Se coloca la figura sobre el terreno o una superficie donde queremos generar la base en el terreno.



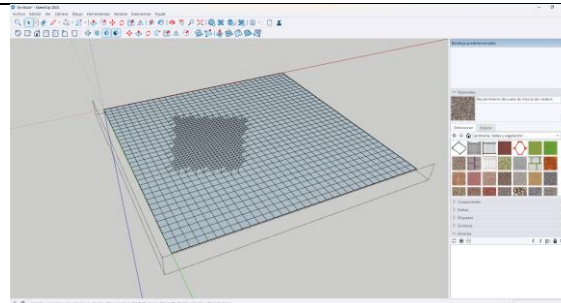
Al darle "Clic" al objeto sobre la superficie se genera la proyección sobre el terreno del objeto.

Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Cuadro 36. Comando añadir detalle.



Se selecciona el área de la malla de terreno donde se requiere más detalle



Al darle "Clic" al comando el área pasa a tener polígonos más pequeños lo que aumenta la cantidad de detalle que se le puede dar a la malla.

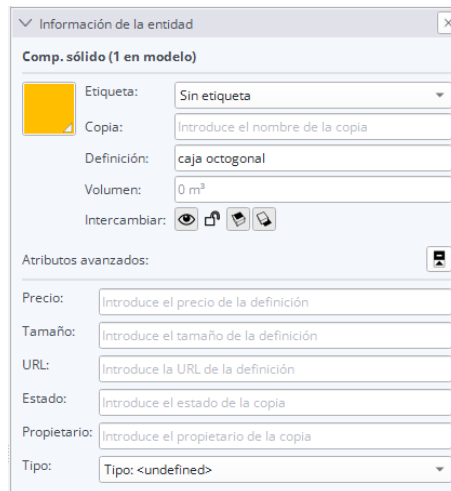
Fuente: Elaboración propia con información de SketchUp.

Bandeja predeterminada

La bandeja predeterminada de SketchUp engloba paneles que organizan herramientas y opciones para gestionar y personalizar el modelo. Ahí se reúne información sobre las entidades, materiales, componentes y otros aspectos del diseño, permitiendo un control más eficiente durante el proceso de modelado.

En la Figura 13 se muestra el panel de información de la entidad, que facilita detalles sobre las propiedades de cada elemento seleccionado.

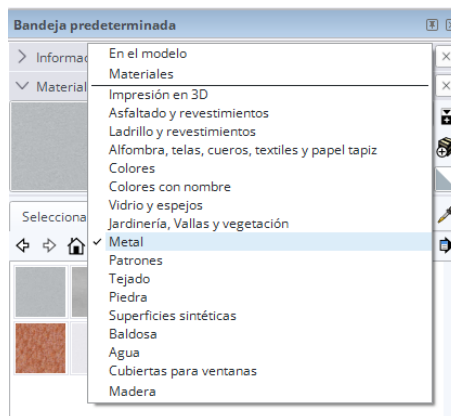
Figura 13. Información de la entidad



Fuente: Modelo de SketchUp.

La Figura 14 muestra el panel de materiales, que permite aplicar, editar y manejar texturas y colores en el modelo, ofreciendo opciones para personalizar el aspecto de las superficies.

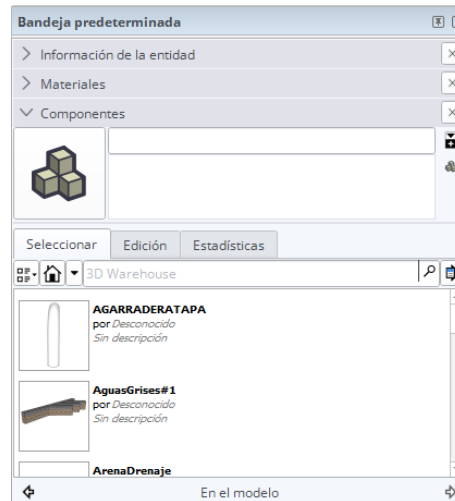
Figura 14. Materiales



Fuente: Modelo de SketchUp.

La Figura 15 muestra el panel de componentes, donde se encuentran los elementos reutilizables del modelo, permitiendo insertar, organizar y editar componentes de manera sencilla en el proyecto.

Figura 15. Componentes



Fuente: Modelo de SketchUp.

Etapas del proceso constructivo de una vivienda unifamiliar

El modelado por etapas que se propone sigue una estructura organizada que se basa en las principales fases del proceso constructivo de la vivienda unifamiliar en Costa Rica. Así, con este enfoque es posible desglosar el proyecto en segmentos más manejables, ayudando con la identificación y resolución de errores en cada fase antes de avanzar a la siguiente. A continuación, se definen las diferentes etapas propuestas del proceso constructivo, junto con las actividades que contemplan, para mejorar la comprensión y ejecución del proyecto mediante el uso de SketchUp.

Preliminares.

- Ubicación de la vivienda: Se selecciona el lugar en el que se va a colocar la vivienda dentro del lote respetando los linderos que estipula la ley.
- Limpieza del terreno: Se realiza limpieza de maleza, remoción de la capa orgánica del terreno previo a la construcción.
- Movimientos de Tierra: En algunos terrenos es necesario por su topografía realizar cortes o rellenos, los cortes los realizamos en los terrenos en donde requerimos quitar parte del suelo para lograr un terreno con las condiciones requeridas según planos para la construcción de la vivienda o por el contrario requerimos agregar más material para lograr el nivel del terreno adecuado para poder construir.
- Trazado: Se realiza el trazado de cada uno de los ejes que se encuentran descritos en los planos constructivos de manera que se dé una primera ubicación espacial de la vivienda con cada una de sus dimensiones.

Cimentaciones.

- Placas aisladas: Sistema de elementos de concreto que presentan la función de transmitir las cargas de la estructura al terreno por medio de putos de apoyo individuales con dimensiones variables que dependen del diseño estructural y las condiciones del terreno.
- Placas corridas: Sistema de elementos de concreto que de igual manera transmiten las cargas de la estructura, pero de una manera distribuida uniforme bajo una línea de acción sobre el terreno.

- Losas de cimentación: Consiste en una losa de concreto que sobre toda el área de construcción sobre la que se van a ubicar la vivienda, esta losa cumple la función de transmitir la carga de la estructura de una manera uniforme en toda el área cubierta.

Paredes

- Mampostería: Sistema de vivienda elaborada completamente por bloques de concreto con columnas y vigas en sistema modular empleando también bloques como paredes.
- Mampostería confinada: Sistema con marcos de concreto como estructura portante y con paredes en bloques de mampostería en las paredes como elementos no portantes.
- Prefabricado: Sistema de una estructura de columnas que son las que transmiten las cargas y con paredes de bloques o de baldosas con viga corona de concreto o viga solera metálica en la parte superior.
- Sistema Liviano: Comprende por una estructura de marcos de hierro que transmiten las cargas con paredes elaboradas con elementos de postes y canales metálicos con paneles de gypsum en ambas caras de la pared y un sistema interno de paneles aislantes de ruido y calor.

Contrapiso

- Relleno: Normalmente se emplea una capa de lastre compactado para mejorar la capacidad del suelo de soportar las cargas y las deformaciones del terreno por la acción de la humedad y la temperatura.
- Contrapiso de concreto: Losa de concreto con refuerzo de acero que va a soportar las cargas de uso de la vivienda.

Cubierta

- Estructura de Techo: La estructura de techo más usada en nuestro país es la elaborada con elementos de metal ya sea con tubos de hierro o perfiles C, según lo haya definido el diseño arquitectónico y estructural.
- Cubierta: La cubierta más empleada es la cubierta metálica ya sea con una cubierta rectangular u ondulada, con cumbrera en los cambios de dirección y con botaguas en los costados de la cubierta para evitar el ingreso de agua a la vivienda.
- Sistema recolección agua pluvial: Se emplean canoas como medio de recolección de las aguas llovidas

Instalaciones eléctricas

- Acometida eléctrica: Corresponde a la parte de la instalación eléctrica comprendida desde la red de electricidad que suministra la electricidad incluyendo el medidor hasta la conexión con el tablero de distribución
- Tablero de distribución: Caja de paso donde se realiza la distribución de la corriente eléctrica a cada uno de los circuitos incluidos en la vivienda, este posee regularmente dos fases de carga, una barra de neutro y también una barra de puesta a tierra.
- Sistema de iluminación: comprende todos los circuitos que son empleados para la iluminación de la vivienda y los interruptores que encienden y apagan dichas luces.
- Sistema de tomacorrientes: Corresponde a los circuitos que suministran la electricidad a los aparatos o electrodomésticos que se conecten a la red eléctrica mediante un enchufe.
- Sistemas especiales: Sistemas colocados para una función específica basados en el diseño eléctricos donde se conectan equipos fijos como aires acondicionados o duchas

Instalaciones mecánicas

- Sistema alimentador: Comprende desde la red de distribución o desde la fuente de agua que va a alimentar o suministrar el agua potable hasta la vivienda.
- Sistema de agua potable: Corresponde a las tuberías de distribución del agua potable a cada una de las salidas que van a existir en la vivienda.
- Sistema de aguas jabonosas: Sistema de va a recolectar y transportar las aguas jabonosas de fregaderos, pilas y baños de la vivienda hacia el drenaje, tanque séptico o red de distribución municipal.
- Sistema de aguas negras: Sistema de recolección de las aguas provenientes de los inodoros de la vivienda transportando este residuo al tanque séptico para su tratamiento o a la red municipal.
- Sistema de aguas pluviales: Sistema de disposición de las aguas pluviales, esta puede ser en desagüe, a una red de alcantarillado o un drenaje, según la regulación en la zona.
- Tanque séptico: Sistema de tratamiento de los desechos provenientes de las aguas negras y del las aguas grises mediante decantación previo a distribuir el agua tratada en el terreno.
- Drenaje: Basado en el diseño según la capacidad de infiltración del terreno para la correcta distribución del agua en el terreno proveniente del tanque séptico, aguas grises o de las aguas pluviales.

Acabados

- Repello: Capa de recubrimiento de las paredes para aumentar la impermeabilidad y el aislamiento; además de brindarle un mejor acabado y más uniforme a las paredes de la vivienda.
- Pintura: Capa que mejora también la impermeabilidad y el control de temperatura con el tono además de brindarle un acabado visualmente estético a las paredes.
- Enchapes de paredes: Se emplean principalmente en zonas húmedas porque brindan una capa de impermeabilidad, evitando daños por humedad además de un acabado estético, son utilizados principalmente en baños, cocinas y en fachadas.
- Enchapes de pisos: Se utiliza para brindar un acabado más estético y uniforme a los pisos.
- Cielos: Existen varios tipos y su función es de aislante contra humedad, insonorización de los aposentos, aislamiento de plagas y mejorar el acabado estético de la vivienda.
- Puertas: Además de su función de seguridad y privacidad de la vivienda y sus aposentos, el material con el que se encuentren elaboradas mejora visualmente la vivienda.
- Ventanas: Elaboradas principalmente en marcos de aluminio o de madera, se clasifican en tres tipos; ventanas fijas, ventanas corredizas y celosías
- Muebles: Estos pueden estar elaborados en madera, mdf, melamina o de concreto o una combinación de estos dependiendo del diseño y del presupuesto de la construcción.

Modelado de las etapas constructivas con la información de los planos para viviendas unifamiliares

A través de un ejemplo práctico empleando un plano constructivo se va a explicar la manera cómo se puede emplear el modelado de una vivienda unifamiliar como una herramienta para identificar errores presentes en los diferentes sistemas que se encuentran presentes.

El modelo debe realizarse como una etapa previa a la etapa de ejecución de la obra de manera que cualquier error presente se pueda corregir evitando cualquier atraso en los tiempos de ejecución y que no represente un aumento en el costo de la obra.

Parte de la funcionalidad que nos puede representar el programa de modelado en tres dimensiones es la capacidad de poder ver en tiempo real la manera como se van integrando cada uno de los sistemas como un conjunto teniendo la finalidad de que los elementos cumplan su función de una manera correcta.

Modelado de las etapas constructivas

Mediante el modelo de los elementos presentes apoyados en fichas técnicas de elementos

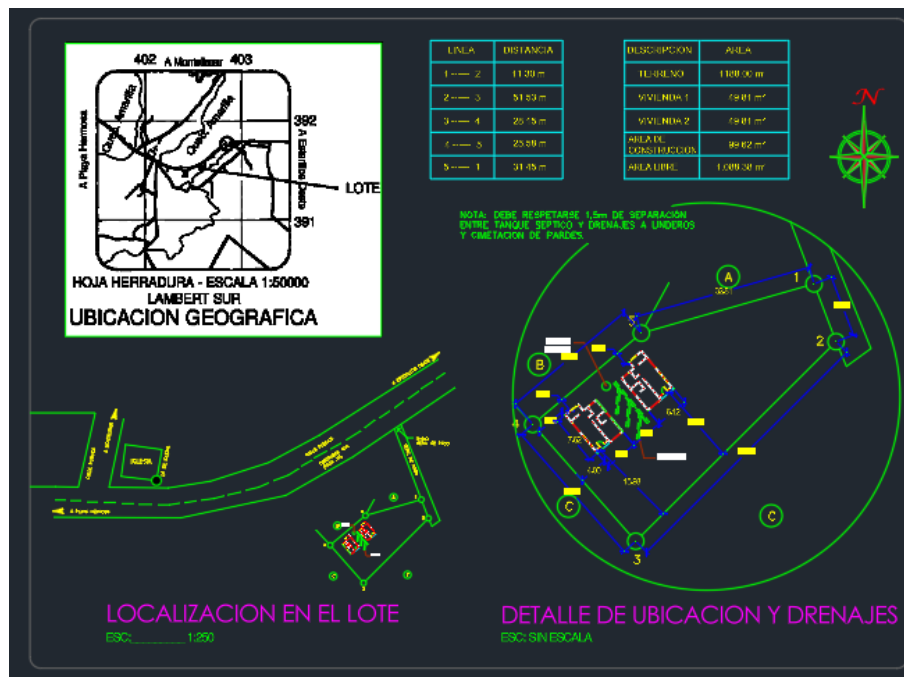
Sitio de Construcción

Se emplea como referencia el detalle de ubicación que se presentan en los planos constructivos de la obra que se vaya a realizar para representar el sitio de construcción.

Siempre es importante también apoyarse de la visita al sitio de construcción para corroborar medidas y la posible ubicación de la vivienda a construir.

Además del detalle de ubicación se encuentra una tabla con las medidas de los linderos de la propiedad que vienen del plano Catastro.

Figura 16. Ubicación de la construcción en sitio según planos.



Fuente: Plano AutoCAD.

Tomamos como referencia la

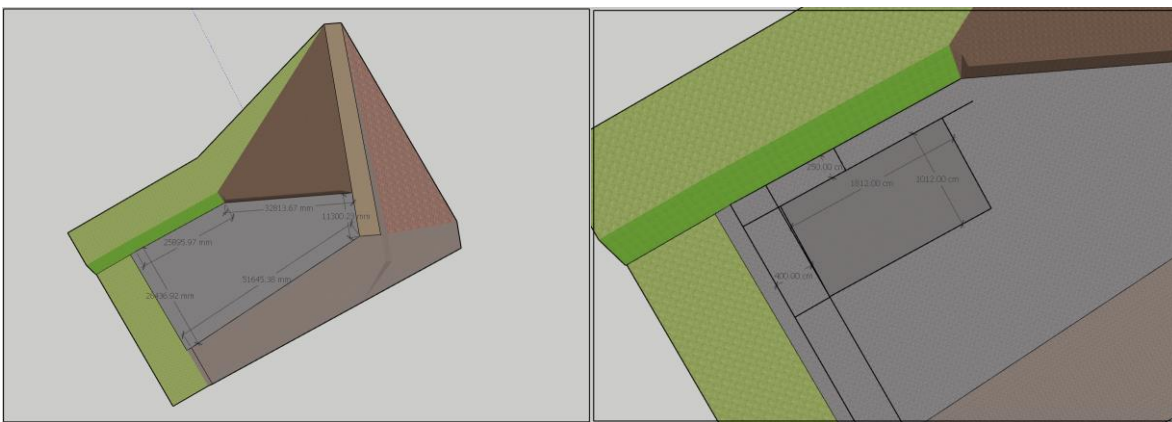
Figura 16 tomada del plano constructivo para poder iniciar nuestro modelado del proyecto.

En esta sección del plano encontramos la información necesaria para poder realizar la modelación mediante el comando línea (Cuadro 8), mediante líneas en el sitio podemos dibujar corroborando que las medidas ingresadas correspondan con el comando medir (Cuadro 17).

Es posible asignar materiales a nuestro terreno una vez creado de manera que podamos visualizar de una mejor manera el terreno en el que se va a construir.

Un buen modelado del terreno nos va a ayudar a lograr colocar correctamente la construcción en el lugar deseado respetando los linderos.

Figura 17. Ubicación de la construcción en el sitio en el modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Con el terreno modelado se procede a crear el área de construcción, para este ejemplo nuestra área se puede representar con un rectángulo.

Empleando el comando rectángulo (Cuadro 10) podemos definir el área apoyados de la información presente en los planos constructivos (

Figura 16), tomamos este cuadro y lo posicionamos con el comando mover (Cuadro 13) en el terreno previamente modelado.

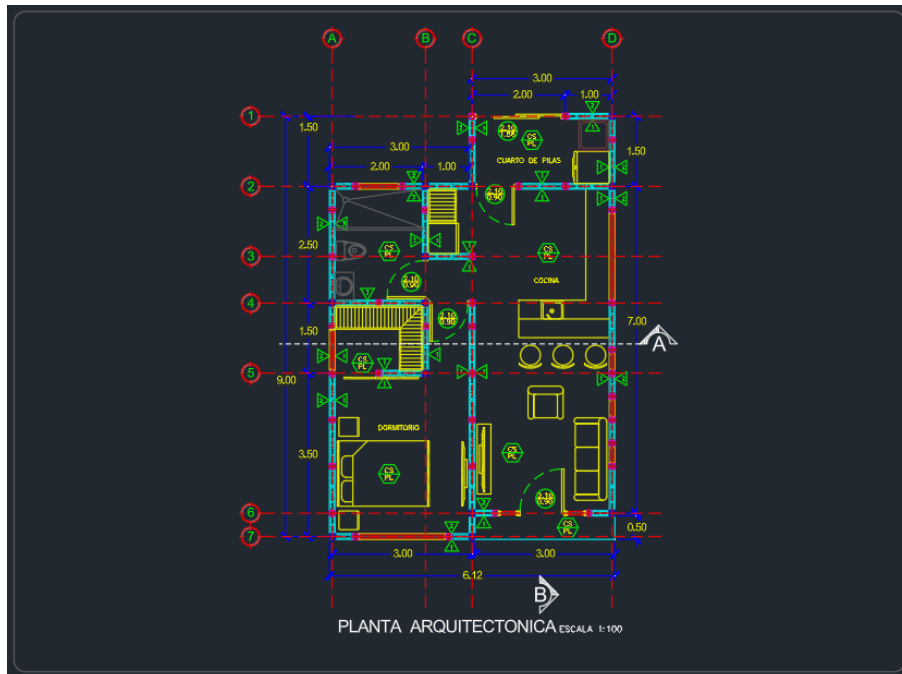
Con el comando medir (Cuadro 17) podemos verificar que nuestro modelo respete las medidas de los linderos descritos en nuestro plano constructivo.

Además, se puede colocar las cotas fijas en el modelo empleando el comando de acotaciones (Cuadro 6).

Trazado de ejes

Esta es una de las etapas más importantes del proceso constructivo de una vivienda, debido a que errores cometidos en esta etapa suelen acarrear problemas más grandes en etapas posteriores.

Figura 18. Ubicación de ejes según planos



Fuente: Plano AutoCAD.

En la planta arquitectónica presentes en la

Figura 18 se identifican los ejes presentes en el eje x y en el eje y, estos se pasan al SketchUp mediante el comando línea (Cuadro 8) y creando un círculo (Cuadro 10) verificando la separación de cada uno de los ejes dibujados con el comando medir (Cuadro 17)

Una vez representados los ejes se pasa a modelar las niveletas como parte de los elementos del trazado, definiendo elementos de madera con dimensiones por ejemplo de 1" x 3" podemos crear los elementos verticales y los elementos horizontales de cada niveleta visualizando que todo lo que se encuentre descrito en los planos constructivos se encuentren dentro del modelo.

Las niveletas podemos crearlas con líneas (Cuadro 8) la forma de cada regla de la niveleta asignando también un material con el comando pintar (Cuadro 18) y agrupando cada elemento como un componente (Cuadro 2), se puede seguir este mismo proceso para las diferentes reglas de las niveletas, otra manera de

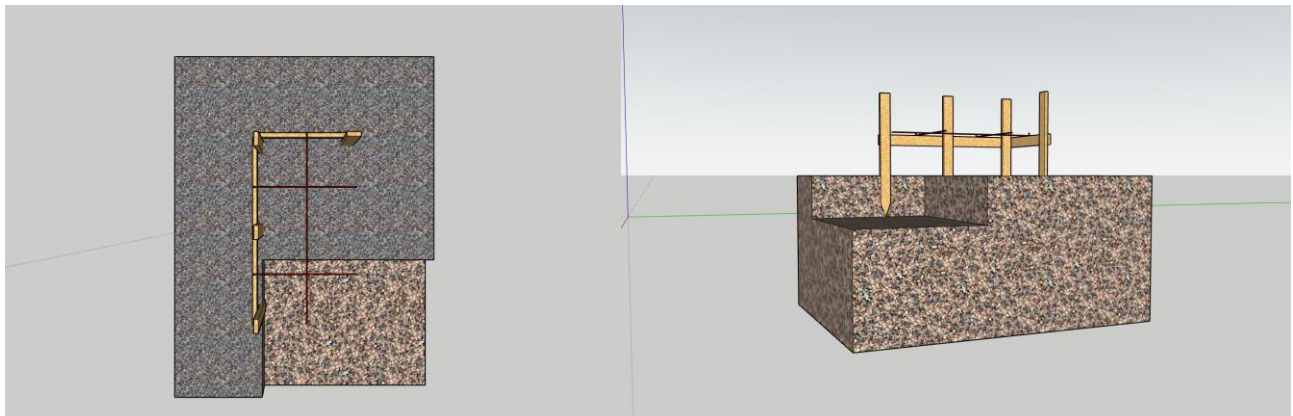
obtener las demás reglas es creando una copia con el comando mover (Cuadro 13) y al presionar el clic derecho del ratón seleccionamos "Convertir en único" lo que nos permite editar solamente el componente que se requiere, este se puede modificar con líneas (Cuadro 8) si necesitamos cambiar algún aspecto del elemento y empujar (Cuadro 11) si se requiere modificar el tamaño de alguna de las caras del elemento.

Además, se crean las cuerdas que se colocan en los ejes que va a llevar la obra, estos van en las direcciones de las paredes o aquellas líneas importantes que se van a requerir en el sitio de construcción, corroborando que los ejes se encuentren en los puntos necesarios con la separación bien acotada para que estas nos sirvan de guías en las siguientes etapas.

Las cuerdas pueden ser modeladas creando un círculo (Cuadro 10) y a partir de este empujar la figura hasta la medida deseada (Cuadro 11), se asigna un material (Cuadro 18) para identificarlas dentro del modelo.

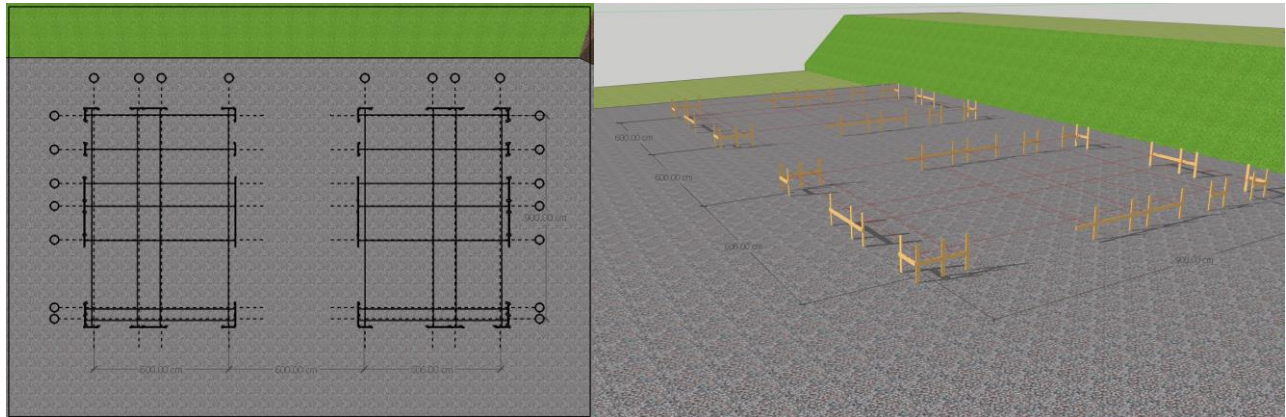
En la Figura 19 se muestra el ejemplo de niveleta elaborado en el modelo y en la Figura 20 se observan las niveletas colocadas en el sitio para cada uno de los ejes requeridos en este ejemplo de construcción de dos viviendas unifamiliares.

Figura 19. Modelado de niveletas.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Figura 20. Ubicación de ejes en el sitio según modelo de SketchUp.

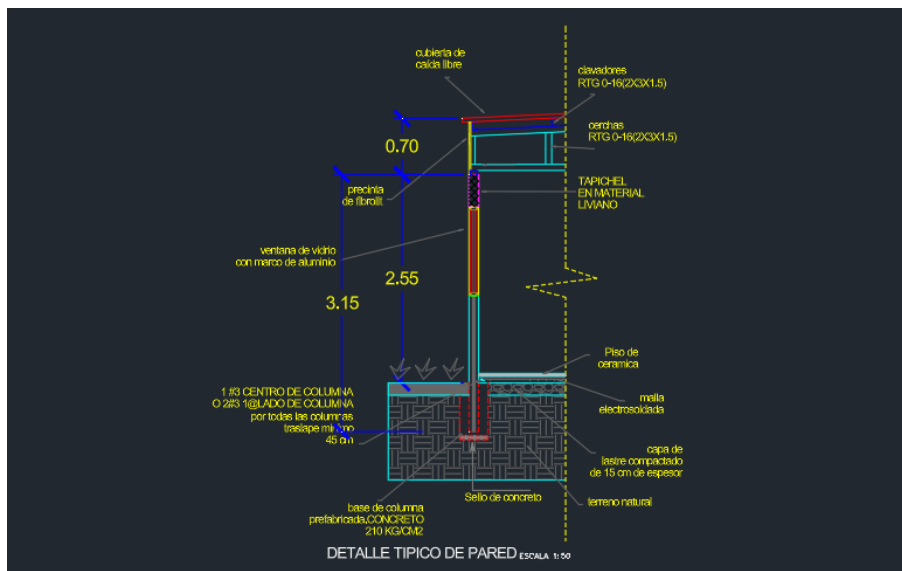


Fuente: Modelo de SketchUp.

Cimentaciones

Para las cimentaciones tomamos la referencia de los planos estructurales, en el caso del ejemplo tenemos una estructura diseñada bajo el sistema *Prefablock* de columnas y bloques modulares de pared lisa, el plano nos da un detalle del tipo de cimentación requerida para este tipo de construcciones.

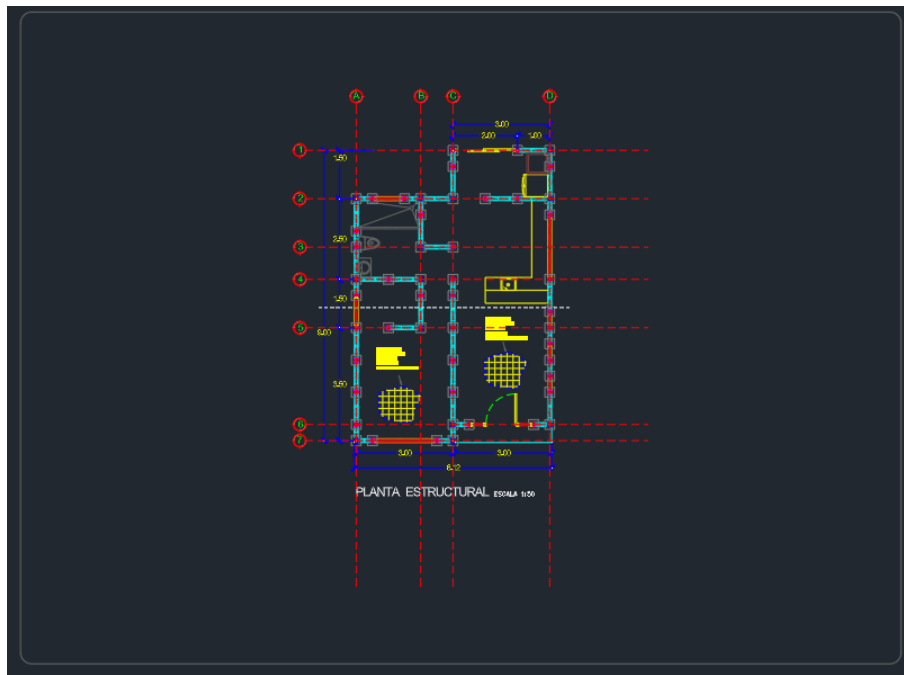
Figura 21. Detalle típico de pared.



Fuente: Plano AutoCAD.

Como parte importante al completar todas las excavaciones donde se van a colocar las cimentaciones podemos identificar visualmente si todas corresponden a lo que se indica en la planta estructural (Figura 22) y se compara con las demás plantas y sistemas si cada una de las excavaciones se encuentra debidamente dibujada ya que más adelante debemos verificar si alguna de estas cimentaciones va a interferir con algún otro sistema., en la Figura 22 se observa la planta estructural descrita en los planos constructivos.

Figura 22. Planta estructural



Fuente: Plano AutoCAD.

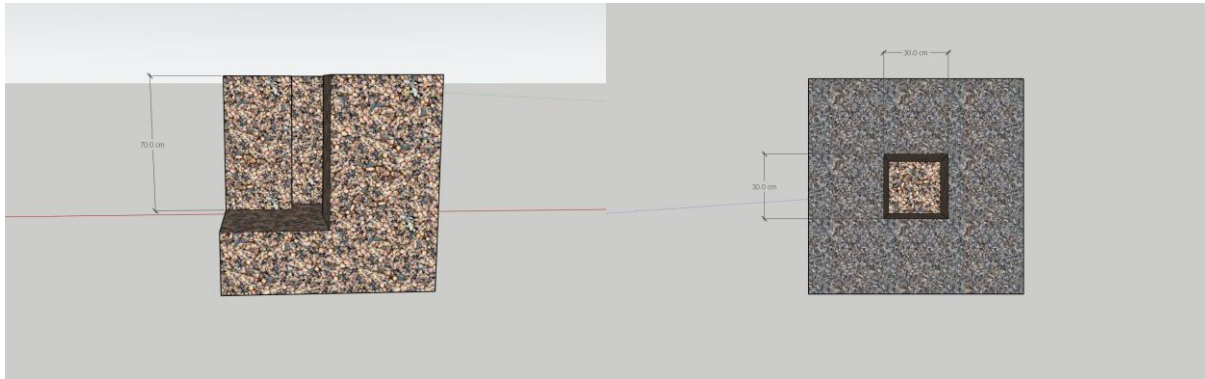
Excavaciones

Mediante el comando línea (Cuadro 8) o el comando rectángulo (Cuadro 10) podemos generar en la vista en planta (Cuadro 24) la excavación requerida para cada cimentación y con el comando empujar (Cuadro 11) podemos definir la profundidad de la cimentación, a partir de este punto seleccionando las paredes de la excavación generada y con el comando mover (Cuadro 13) podemos copiar a la distancia que vamos a requerir cada una de las excavaciones de nuestra vivienda, siguiendo la línea de los ejes y la separación presente en los planos para cada uno de los bloques modulares, esto se logra observando lo indicado en la planta estructural.

Si en nuestro plano existen placas corridas podemos crear mediante el comando línea (Cuadro 8) en una vista en planta (Cuadro 24) líneas alrededor de los ejes con la separación adecuada (Cuadro 17) de todas

la longitud que corresponde la placa corrida y con el comando empujar (Cuadro 11) definir la profundidad de las excavaciones según lo que nos indique el plano.

Figura 23. Modelado de excavación para cimentaciones.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Cimentaciones

Empleando el comando línea (Cuadro 8) o el comando rectángulo (Cuadro 10), dibujamos el sello de concreto y la cimentación como un elemento independiente cada uno de manera que corresponde a cada una de las placas aisladas presentes en el plano constructivo, y con el comando empujar (Cuadro 11), definimos su profundidad que debe ser igual a la indicada en la Figura 21.

En la **Figura 24** se observa cómo queda modelada la cimentación con las medidas que nos indica el detalle típico de pared.

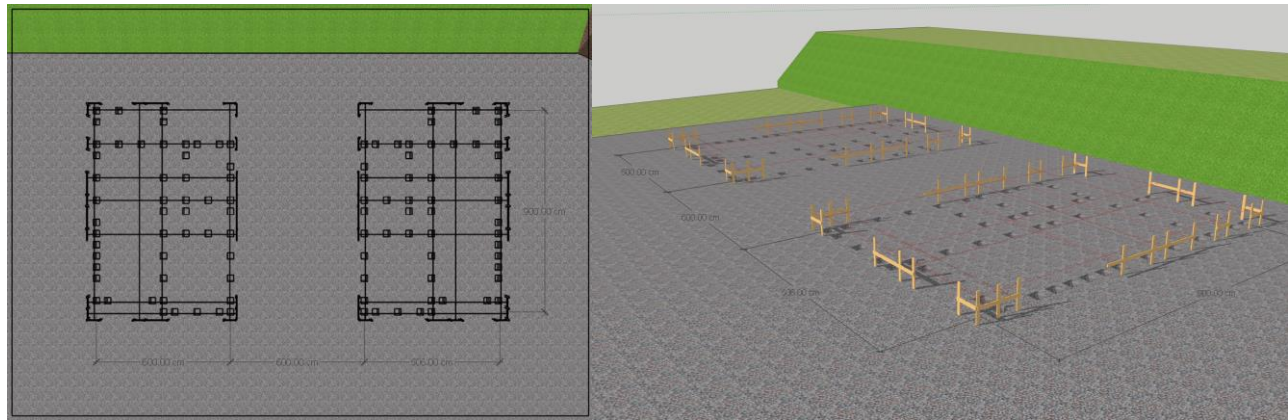
Figura 24. Modelado de cimentación para columnas prefabricadas.



Fuente: Modelo de SketchUp.

También se observa cómo se van integrando las etapas iniciales en el modelo como un sistema para el análisis de las personas involucradas de manera que se pueda identificar cualquier aspecto importante a tener en consideración, además de que permite verificar medidas y realizar conteo de los elementos colocado para poder comparar en todo momento con planos constructivos para tener pendiente si se llega a identificar algún error.

Figura 25. Ubicación de excavaciones en el sitio según modelo de SketchUp.

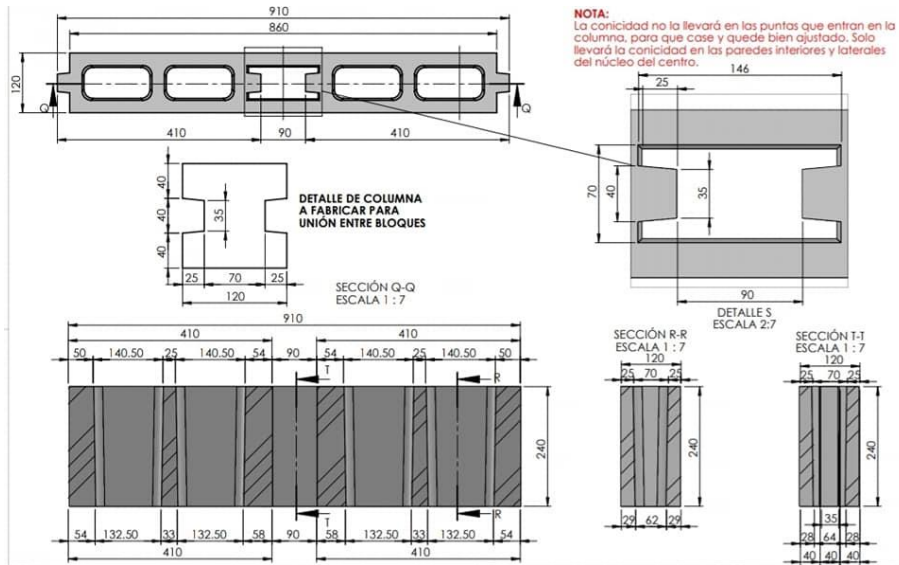


Fuente: Modelo de SketchUp.

Paredes

Las paredes como se mencionó anteriormente son empleando el sistema de prefabricado pared lisa *Prefablock*, por lo que podemos emplear como una primera revisión de elementos que estos correspondan a lo que se encuentra presente en los planos constructivos comparando con la información del fabricante (Figura 26), con esta misma información podemos generar el modelo de las columnas, se debe tener en cuenta que existen diferentes tipos de columnas de acuerdo a la función que cumplen en su ubicación en la construcción, por lo que se deben modelar los diferentes tipos de columnas, lo mismo ocurre con los bloques de concreto, como guía se encuentra las medidas, corroboramos con lo que tenemos en los planos y modelamos cada tipo de elemento que nos va a servir para completar las paredes de la vivienda.

Figura 26. Detalle de block de concreto y columnas a emplear de acuerdo con la información de planos.



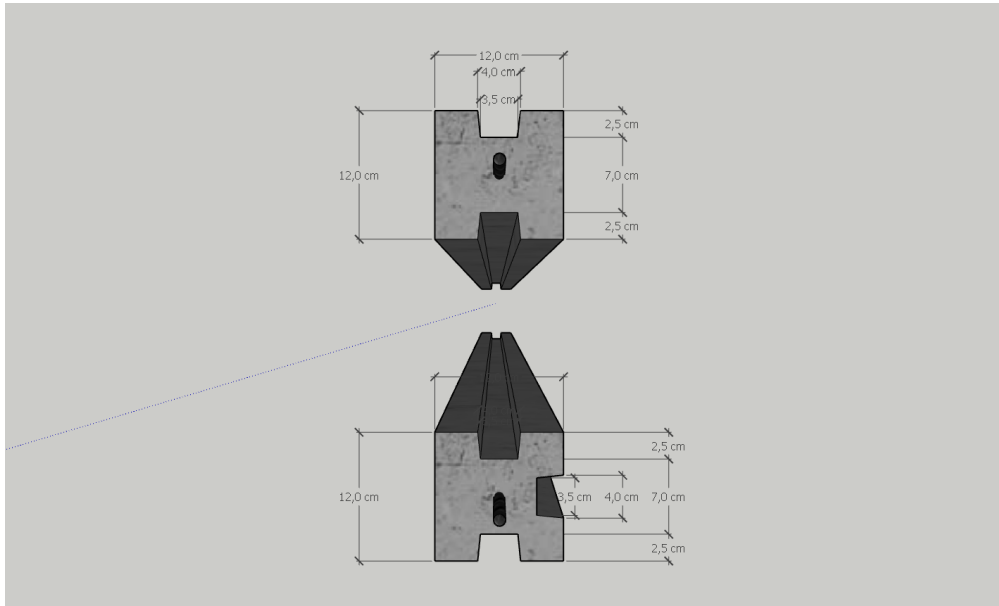
Fuente: Concretos modernos.

Columnas

El modelado de las columnas se realiza empleando rectángulos (Cuadro 10) o de ser necesario líneas (Cuadro 8) de manera que se pueda generar la forma en planta (Cuadro 24), aunque se va a depender de los tipos de columnas y las dimensiones que posean estas según la información de los planos estructurales, ya con el perfil en planta dibujado se puede proceder a darle la altura a la columna con el comando empujar (Cuadro 11) hasta tener la altura de la columna indicada (Figura 21) también se le asigna un material (Cuadro 18) para que en el momento que se inserta en el modelo del sitio se pueda observar con características similares a columnas reales.

Para el ejemplo que estamos utilizando en este manual se realiza un rectángulo de 12cm x 12cm como base y luego con líneas realizamos los cortes o los canales por los que se ensamblan los bloques con las medidas que tenemos de las columnas según la información del proveedor del prefabricado tipo *Prefablock*, se da la altura

Figura 27. Vista en planta detalle de columnas.

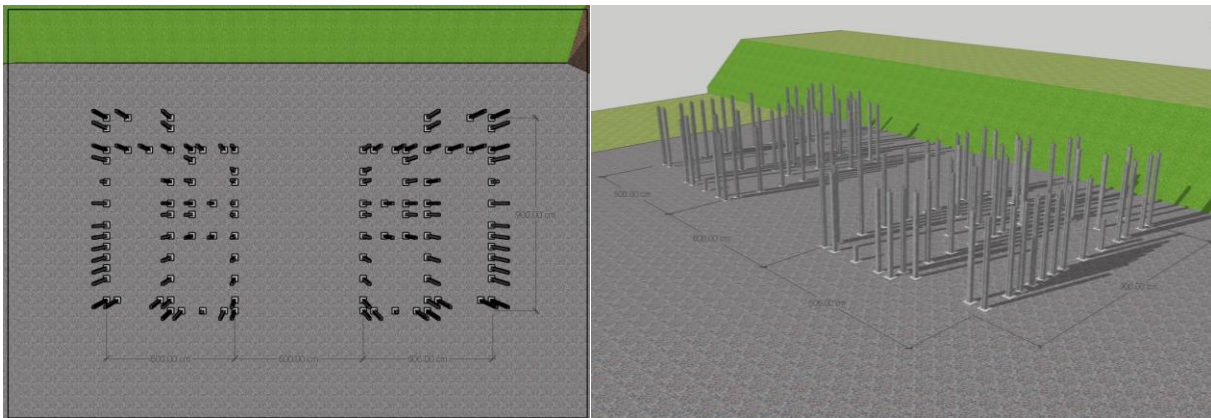


Fuente: Modelo de SketchUp.

Una vez se hayan modelado los tipos de columnas que se tienen en la información que se indique en planos se procede a ubicar cada columna en su respectiva posición (Figura 22) con el comando mover para ubicarlas y copiarlas (Cuadro 13) respectivamente cada vez que se repita el tipo de columna, de ser necesario se debe rotar (Cuadro 14) las columnas para ubicarlas correctamente.

Al colocar las columnas podemos verificar que todas las medidas correspondan a las descritas en planos en cada lámina y planta, el tipo de columna, así como las medidas (Cuadro 17) que debe tener cada columna.

Figura 28. Ubicación de columnas en el sitio según modelo de SketchUp.



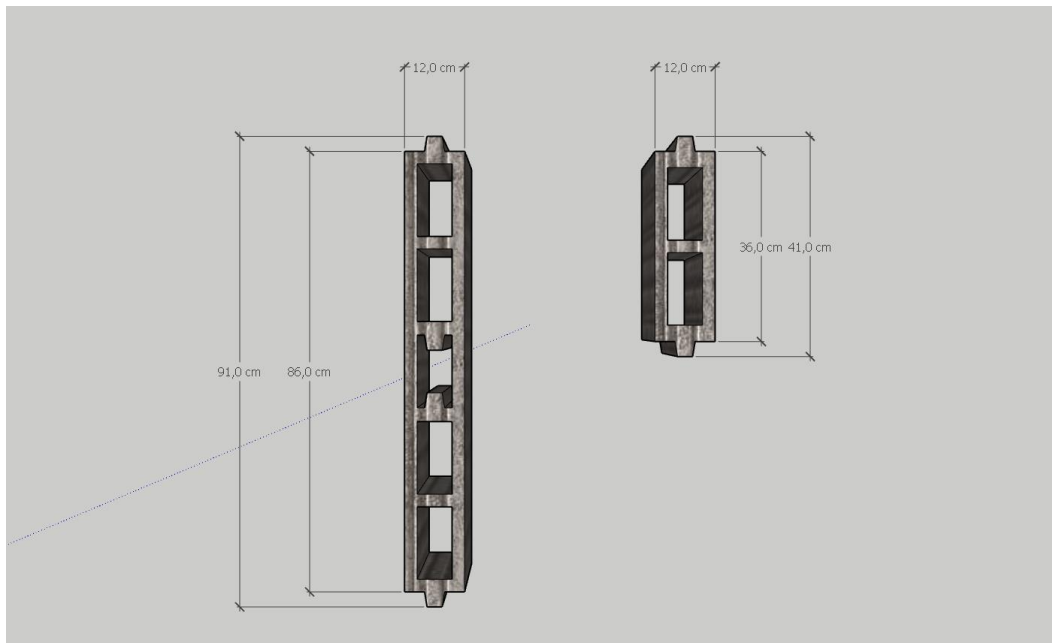
Fuente: Modelo de SketchUp.

Bloques

En paredes de bloques se debe identificar el tipo de bloque en la lámina de detalles o con la información del proveedor del material, el modelado se realiza de la misma manera que se modelan las columnas, se genera en planta (Cuadro 24) el perfil de los tipos de bloques a usar empleando rectángulos (Cuadro 10) y líneas asegurando que las medidas (Cuadro 17) correspondan a las reales, además se le asigna un material (Cuadro 18) al bloque para tener una mejor referencia visual.

En el sistema *Prefablock* se tienen dos tipos de bloques en esta construcción según lo que se encuentra indicado en los planos constructivos, por lo que se procede a realizar la modelación siguiendo los pasos descritos anteriormente, dando como resultado lo que se observa en la Figura 29

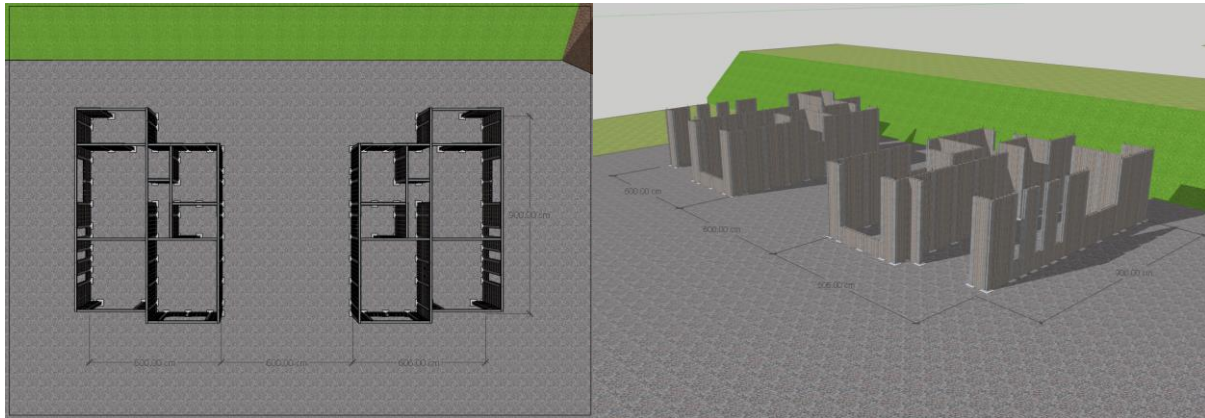
Figura 29. Vista en planta detalle de bloque



Fuente: Modelo de SketchUp.

Una vez que se hayan modelado los tipos de bloques podemos colocarlos y copiarlos (Cuadro 13) según estén asignados en su posición en las paredes, respetando toda aquella información de los planos constructivos, al final según las características del plano debe quedar de la siguiente manera.

Figura 30. Ubicación de paredes de bloques en el sitio según modelo de SketchUp.

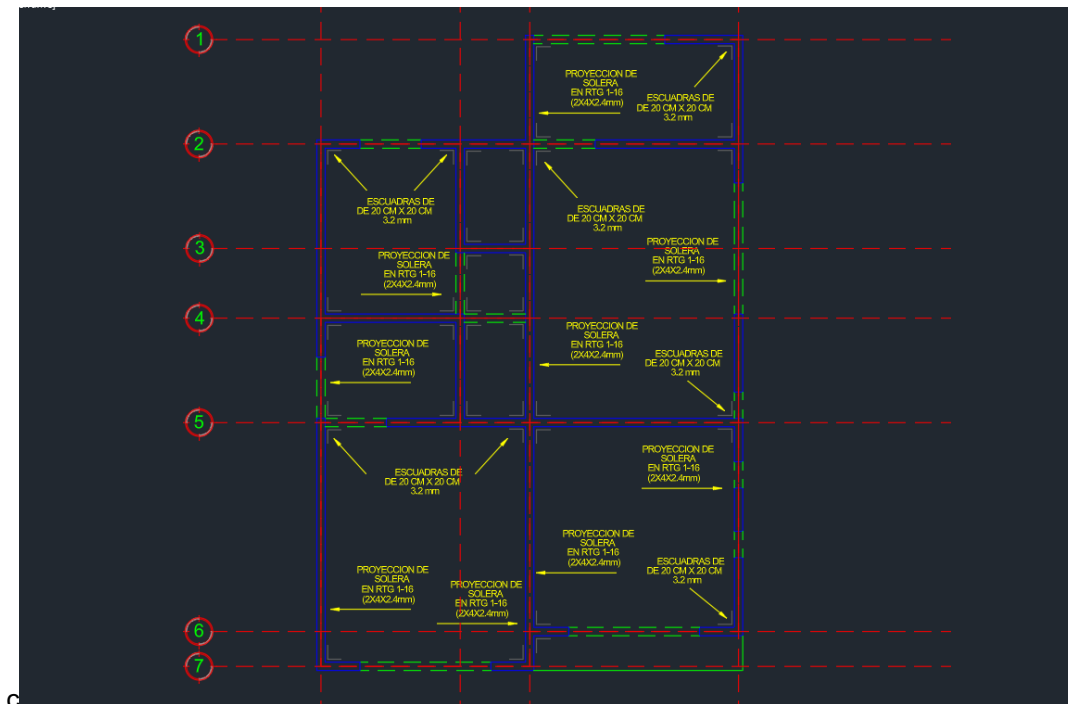


Fuente: Modelo de SketchUp.

Viga solera

Como se muestra en los planos constructivos la vivienda posee una viga solera sobre todas las paredes con la configuración mostrada en la Figura 31, podemos identificar que como parte de los elementos de la solera existe el perfil 100x50x2,38mm además en las intersecciones de los elementos de viga solera se emplea una escuadra de 20cm x 20cm x 3,20mm.

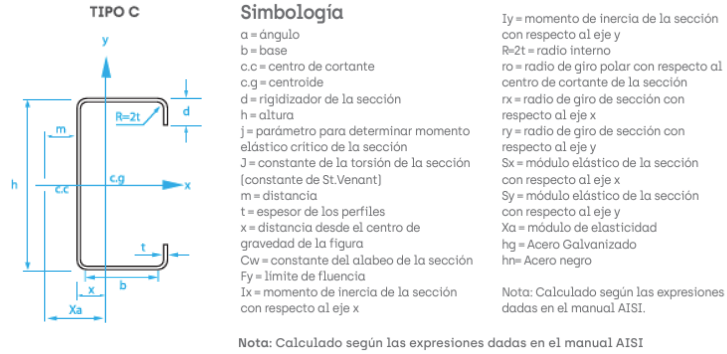
Figura 31. Planta de distribución de la solera de planos estructurales.



Fuente: Plano AutoCAD.

A continuación, en la Figura 32, se muestra también el detalle del perfil tipo C comercial que se implementa en el modelo.

Figura 32. Detalle de perfiles C comerciales.



Fuente: Metalco.

Para modelar correctamente los elementos que pertenecen a la viga solera verificamos que la medida del elemento indicado se encuentre dentro de medidas comerciales como lo muestra la siguiente Figura 33

Figura 33 tabla de medidas por tipo de perfil c de metalco.

PERFIL ESTRUCTURAL TIPO C ACERO NEGRO																	
PROPIEDADES GEOMÉTRICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS																	
Perfil	Altura	Espesor	Peso	Área	Eje x			Eje y			x cm	m cm	St Venant	Alabeo	j cm	Radio de Giro	Xa
					Momento de Inercia	Módulo de Sección	Radio de Giro	Momento de Inercia	Módulo de Sección	Radio de Giro							
mm	h mm	t mm	kg/ud	A cm²	Ix cm⁴	Sx cm³	rx cm	Iy cm⁴	min Sy cm³	ry cm			J cm⁴	Cw cm⁴	ro cm		
C 70x38x12	70	0.95	7.50	1.60	13.37	3.76	2.88	3.63	1.47	1.50	1.429	1.993	0.0048	43.82	4.53	4.69	3.38
		1.00	7.80	1.66	13.68	3.85	2.86	3.39	1.49	1.49	1.421	1.993	0.0055	44.48	4.54	4.67	3.37
		1.20	8.87	1.92	14.62	4.18	2.83	4.05	1.71	1.45	1.315	1.994	0.0092	47.46	5.19	4.59	3.31
		1.30	9.61	2.08	16.53	4.72	2.82	4.29	1.72	1.44	1.309	1.995	0.0120	50.70	5.20	4.57	3.30
		1.40	10.35	2.22	16.84	4.81	2.77	4.63	1.96	1.44	1.303	1.995	0.0145	53.83	5.20	4.56	3.29
C 70x50x12	70	1.50	11.92	2.38	17.92	5.12	2.75	4.92	2.08	1.44	1.296	1.995	0.0178	56.87	5.21	4.55	3.28
		0.95	8.50	1.81	15.84	4.46	2.96	6.66	2.11	1.92	1.890	2.970	0.0054	79.48	5.49	5.71	4.49
		1.00	8.93	1.90	16.62	4.68	2.95	6.98	2.21	1.92	1.901	2.960	0.0063	83.30	5.50	5.72	4.50
		1.20	9.95	2.22	18.20	5.20	2.82	7.88	2.55	1.89	1.912	2.893	0.0106	110.60	6.46	5.90	4.81
		1.40	11.61	2.58	21.00	6.00	2.83	9.08	2.93	1.88	1.922	2.879	0.0168	126.30	6.49	5.88	4.78
C 75x50x15	75	1.50	12.43	2.74	22.10	6.33	2.84	9.52	3.14	1.87	1.968	2.646	0.0205	137.50	5.58	5.67	4.54
		0.95	8.67	1.85	18.46	4.86	3.16	6.83	2.13	1.92	1.919	2.709	0.0056	90.48	5.57	5.88	4.61
		1.00	8.71	1.98	18.93	5.05	3.12	7.32	2.35	1.92	1.892	2.711	0.0066	108.25	6.29	5.87	4.60
		1.20	10.46	2.35	22.39	5.97	3.08	8.61	2.76	1.91	1.881	2.712	0.0113	126.99	6.29	5.85	4.59
		1.30	11.33	2.54	24.08	6.42	3.08	9.24	2.96	1.91	1.874	2.712	0.0143	136.11	6.29	5.84	4.59
C 100x50x15	100	1.40	12.20	2.72	25.74	6.86	3.07	9.85	3.15	1.90	1.868	2.712	0.0178	144.81	6.30	5.83	4.58
		1.50	13.07	2.91	27.37	7.30	3.07	10.45	3.33	1.90	1.862	2.713	0.0218	153.39	6.31	5.83	4.58
		2.37	20.76	4.34	39.05	10.41	3.00	14.47	4.69	1.83	1.915	2.715	0.0812	194.78	5.37	5.57	4.32
		0.95	10.11	2.15	35.93	7.12	4.09	8.17	2.36	1.95	1.681	2.453	0.0065	189.18	6.14	6.23	4.33
		1.00	10.22	2.22	36.26	7.27	4.05	8.19	2.40	1.90	1.665	2.534	0.0074	182.67	7.02	6.18	4.32
C 150x50x15	150	1.20	11.87	2.59	41.80	8.26	4.04	9.02	2.69	1.87	1.654	2.657	0.0124	214.30	7.38	6.17	4.30
		1.30	12.86	2.85	46.34	9.27	4.03	10.14	3.02	1.86	1.648	2.255	0.0161	230.28	7.36	6.15	4.29
		1.40	13.85	3.06	47.80	9.96	3.99	10.38	3.09	1.86	1.635	2.643	0.0196	245.40	7.35	6.14	4.28
		1.50	14.84	3.19	50.50	10.60	3.98	10.91	3.31	1.85	1.637	2.450	0.0239	268.60	6.32	5.99	4.08
		1.80	17.63	3.90	62.36	12.47	3.98	13.54	4.13	1.84	1.619	2.409	0.0421	295.48	6.29	5.98	4.05
C 200x50x15	200	2.37	23.22	4.93	76.50	15.30	3.94	16.13	4.89	1.81	1.586	2.393	0.0924	390.80	6.28	5.88	3.97
		3.17	30.76	6.50	98.60	19.72	3.90	20.31	6.15	1.77	1.540	2.340	0.2189	485.10	6.24	5.78	3.88
		1.00	12.25	2.73	93.22	12.43	5.85	9.26	2.55	1.84	1.371	2.534	0.0091	429.37	7.35	7.13	3.64
		1.20	14.70	3.24	109.99	14.67	5.82	10.83	3.02	1.83	1.360	2.262	0.0155	488.96	9.40	7.11	3.62
		1.30	15.92	3.51	119.29	15.91	5.81	11.71	3.12	1.81	1.354	2.260	0.0198	543.08	9.42	7.10	3.61
C 250x50x15	250	1.40	17.04	3.77	127.79	17.04	5.80	12.50	3.42	1.80	1.348	2.259	0.0247	579.51	9.44	7.08	3.60
		1.50	18.37	3.94	130.60	17.42	5.76	12.51	3.47	1.78	1.343	2.188	0.0295	623.80	9.65	6.97	3.50
		1.80	22.04	4.77	159.22	21.23	5.75	15.25	4.26	1.77	1.325	2.155	0.0515	678.92	9.67	6.96	3.46
		2.37	28.91	6.12	199.60	26.61	5.71	18.51	5.13	1.74	1.292	2.134	0.1146	917.00	9.69	6.87	3.41
		3.17	38.37	8.06	258.80	34.50	5.67	23.36	6.34	1.70	1.246	1.885	0.2700	994.34	9.93	6.76	3.28
C 300x90x15	300	1.20	17.52	3.84	217.93	21.79	7.53	11.70	3.03	1.75	1.146	2.045	0.0184	939.08	13.02	8.36	3.20
		1.30	18.98	4.16	236.01	23.60	7.53	12.72	3.30	1.75	1.143	2.044	0.0235	1,020.48	13.03	8.36	3.19
		1.40	20.44	4.47	253.00	25.30	7.52	13.57	3.51	1.74	1.137	2.042	0.0292	1,089.72	13.07	8.35	3.18
		1.50	21.90	4.78	269.82	26.98	7.51	14.41	3.72	1.74	1.132	2.040	0.0359	1,157.70	13.12	8.30	3.17
		1.80	26.28	5.70	319.30	31.93	7.49	16.81	4.33	1.72	1.116	2.034	0.0615	1,354.15	13.27	8.20	3.15
C 350x90x15	350	2.37	34.49	7.30	399.20	39.92	7.39	20.13	5.28	1.66	1.106	2.022	0.1368	1,730.90	13.46	8.15	3.10
		3.17	45.99	9.71	526.62	52.66	7.36	25.85	6.53	1.63	1.040	2.010	0.3254	2,116.04	14.03	8.13	3.05
		1.00	11.61	2.46	60.64	9.70	4.96	8.69	2.46	1.87	1.504	2.391	0.0082	287.72	8.04	6.57	3.88
		1.20	16.65	2.94	72.34	11.57	4.95	10.30	2.96	1.87	1.500	2.391	0.0142	343.79	8.05	6.57	3.88
		1.30	19.50	3.19	77.92	12.47	4.94	11.06	3.15	1.86	1.492	2.391	0.0180	368.85	8.07	6.55	3.87
C 125x50x15 (1)(8)	125	1.40	22.50	3.41	83.09	13.29	4.94	11.66	3.31	1.85	1.479	2.380	0.0223	387.69	8.10	6.53	3.87
		1.50	25.86	3.66	88.87	14.22	4.93	12.52	3.56	1.85	1.474	2.380	0.0274	417.39	8.10	6.53	3.86
		1.80	36.90	4.35	104.79	16.77	4.91	14.60	4.13	1.83	1.461	2.380	0.0470	486.34	8.14	6.50	3.85
		2.37	62.82	5.63	133.37	21.34	4.87	18.19	5.09	1.80	1.434	2.380	0.1053	605.11	8.23	6.35	3.81
		3.17	109.50	7.34	169.83	27.17	4.81	22.43	6.20	1.75	1.384	2.380	0.2457	746.31	8.38	6.18	3.76
C 175x50x15 (1)(8)	175	1.20	16.05	3.55	159.22	18.20	6.69	11.42	3.04	1.79	1.245	2.148	0.0171	707.31	11.04	7.72	3.39
		1.30	17.39	3.83	170.93	19.53	6.68	12.11	3.21	1.78	1.228	2.146	0.0216	760.38	11.10	7.70	3.38
		1.40	18.73	4.12	183.94	21.02	6.68	13.08	3.47	1.78	1.234	2.144	0.0269	810.84	11.11	7.69	3.38
		1.50	20.07	4.41	196.11	22.41	6.67	13.88	3.68	1.77	1.228	2.142	0.0331	861.14	11.14	7.68	3.37
		2.37	31.80	6.79	295.58	33.78	6.60	20.00	5.22	1.72	1.170	2.120	0.1272	1,245.17	11.49	7.67	3.29
C 250x75x15 (2)(3)(4)	250	3.17	41.75	8.92	380.63	43.50	6.53	24.91	6.45	1.67	1.140	2.110	0.2988	1,565.09	11.81	7.48	3.25
		1.50	4.90	6.28	579.05	48.32	9.60	41.56	7.22	2.57	1.740	2.990	0.0471	4,985.36	15.15	11.01	4.74
		2.37	7.59	9.77	887.49	71.00	9.53	51.82	10.65	2.52	1.694	2.978	0.1830	7,460.65	15.48	10.91	4.67
		3.17	10.05	12.88	1,153.61	92.29	9.46	78.07	13.34	2.46	1.650	2.960	0.4315	9,484.95	15.81	10.81	4.61
		1.50	5.84	7.48	993.20	66.21	11.32	68.90	9.38	3.05	2.030	3.480	0.0581	11,709.17	17.95	13.13	5.81
C 300x90x15 (2)(3)(4)	300	2.37	9.10	11.67	1,529.70	101.98	11.45	103.36	14.72	2.98	1.980	3.460	0.2185	17,660.26	18.30	13.02	5.44
		3.17	12.03	15.42	1,997.68	133.18	11.38	131.60	18.62	2.92	1.930	3.450	0.5165	22,643.77	18.65	5.88	5.38
		1.50	6.42	8.23	1,431.46	81.80	13.19	71.70	10.02	2.95	1.850	3.290	0.0517	16,674.04	21.76	5.84	5.14
		2.37	10.03	12.85	2,208.83	126.22	13.11	107.57	14.93	2.89	1.800	3.270	0.2407	25,209.17	22.25	14.35	5.07
		3.17	13.25	16.98	2,884.40	164.82	13.03	136.17	18.77	2.83	1.740	3.250	0.5689	32,166.73	22.78	14.24	4.99

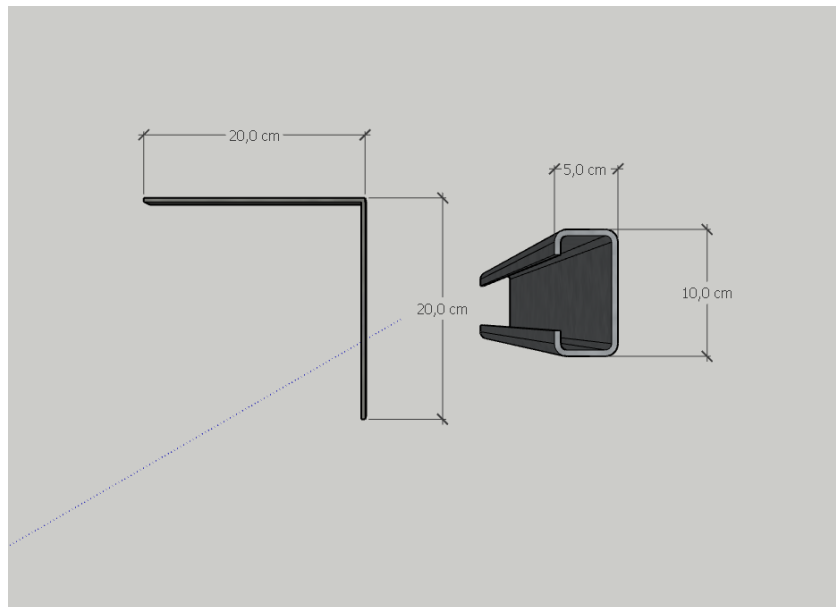
Fuente: Metalco.

Ya con la información verificada procedemos a hacer el modelo del perfil c, para este podemos emplear rectángulos (Cuadro 10) o líneas para dar la forma del rectángulo que forma el perfil, el espesor del elemento se puede asignar con el comando equidistancia y luego para las esquinas se puede usar un arco (Cuadro 9) o círculos (Cuadro 10) para que el modelo posea las medidas de un perfil real, luego eliminamos toda aquella línea que no nos va a funcionar y procedemos a darle profundidad al elemento (Cuadro 11), después le asignamos un material (Cuadro 18) para visualizar mejor el material con características similares a un perfil c verdadero.

Con respecto a las escuadras, estas están elaboradas de platinas de hierro negro, las medidas vienen indicada en los planos estructurales, por lo que se procede con líneas (Cuadro 8) a darle la forma en planta (Cuadro 24) de manera que se forme un plano, luego de se asigna una profundidad del ancho de la platina que se está empleando, una vez modelada se le asigna un material (Cuadro 18) para visualizar mejor el elementos.

En la Figura 34 se muestra cómo se ven en planta (Cuadro 24) el perfil c de la solera y el angular elaborado de platina.

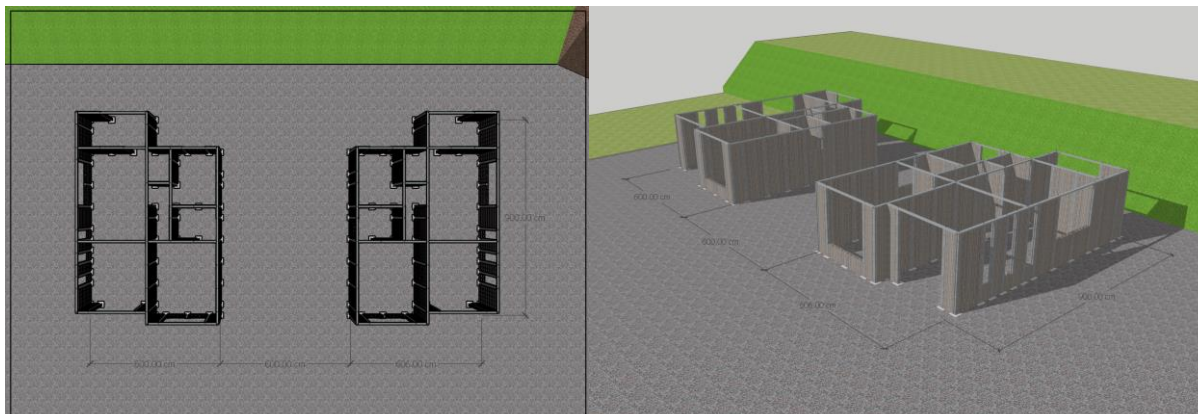
Figura 34. Vista en planta de la solera y escuadras



Fuente: Modelo de SketchUp.

Integramos los elementos siguiendo lo que tenemos en los planos, en la planta de solera (Figura 31) quedando representado en el modelo con los demás sistemas que se van integrando (Figura 35), siempre se debe de hacer una revisión de las medidas (Cuadro 17) de todos los elementos y estos deben de coincidir con los sistemas ya modelados.

Figura 35. Ubicación de viga solera en el sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Techo

La etapa que comprende la colocación del techo de una vivienda se puede dividir en dos etapas.

Estructura de Techo

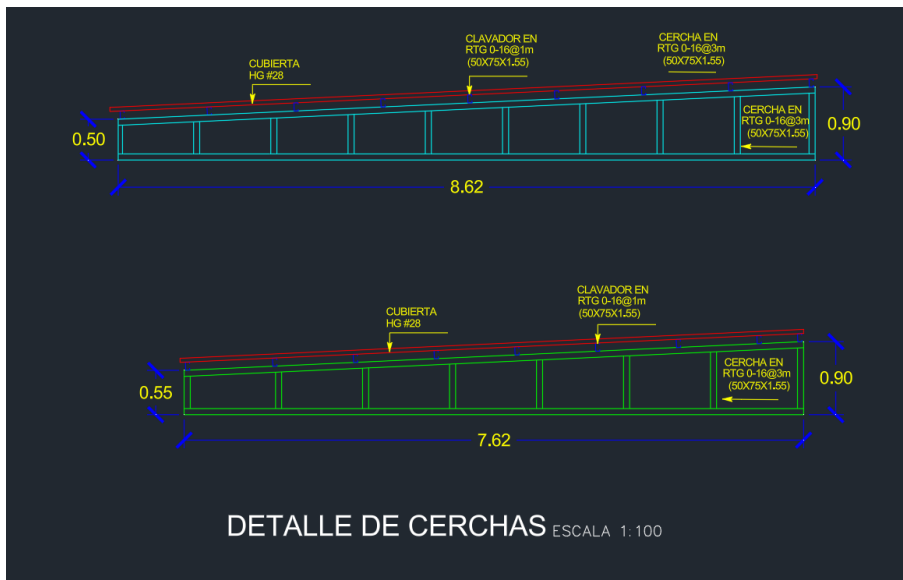
La estructura de techo está contemplada por las cerchas y los clavadores, que van a depender del diseño que se haya realizado por el profesional a cargo y por la solicitud de los clientes sobre aspectos estéticos de la vivienda en la que van a vivir.

Se toma como referencia la información presente en los detalles de las cerchas y clavadores como medidas, tipo y calibre de los elementos; la forma como se modela cada perfil c que es un elemento típico en la estructura de techos unifamiliares y que corroboramos que en nuestro ejemplo la estructura está diseñada con estos elementos.

El diseño se realiza de la misma manera que la viga solera, mediante el dibujo en planta (Cuadro 24) de un rectángulo (Cuadro 10) o empleando líneas (Cuadro 8) para crear una forma base para el diseño, luego se da el espesor (Cuadro 12) deseado al elemento, después a partir de este dibujo se realizan los bordes mediante arcos (Cuadro 9), con la figura en planta ya dibujada se genera el elemento en tres dimensiones al empujar (Cuadro 11) el plano para formar el sólido, finalmente se le asigna un material (Cuadro 18) y con esto tenemos el perfil creado.

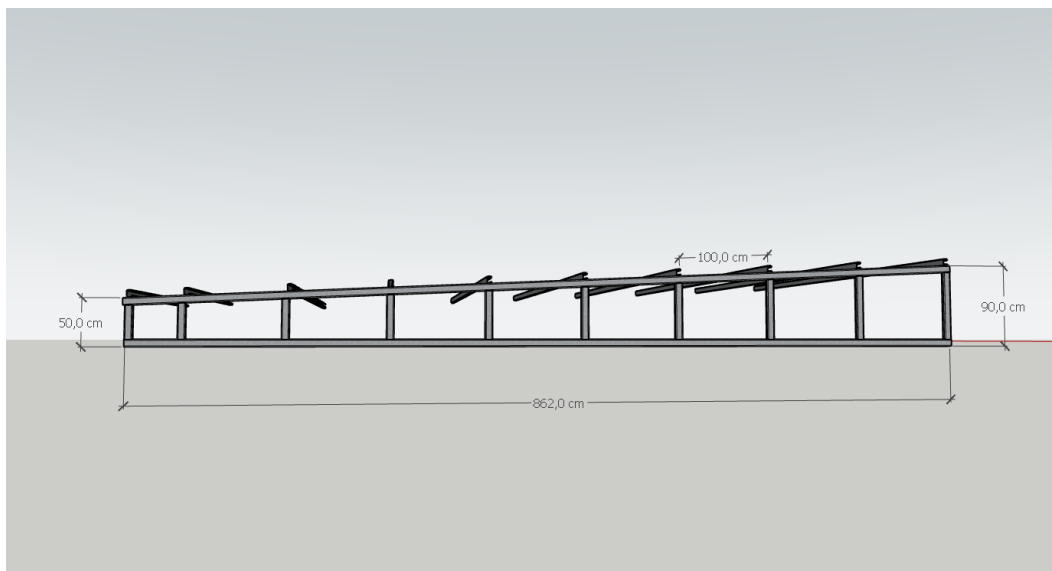
Luego debemos organizar los elementos y colocarlos de manera que formemos las cerchas y los clavadores moviendo (Cuadro 13) los elementos y rotándolos (Cuadro 14) para que nuestra cercha modelada (Figura 37) tenga las mismas dimensiones que las cerchas presentes en los planos (Figura 36).

Figura 36. Ubicación de viga solera en el sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Plano AutoCAD

Figura 37. Modelado de cercha y clavadores



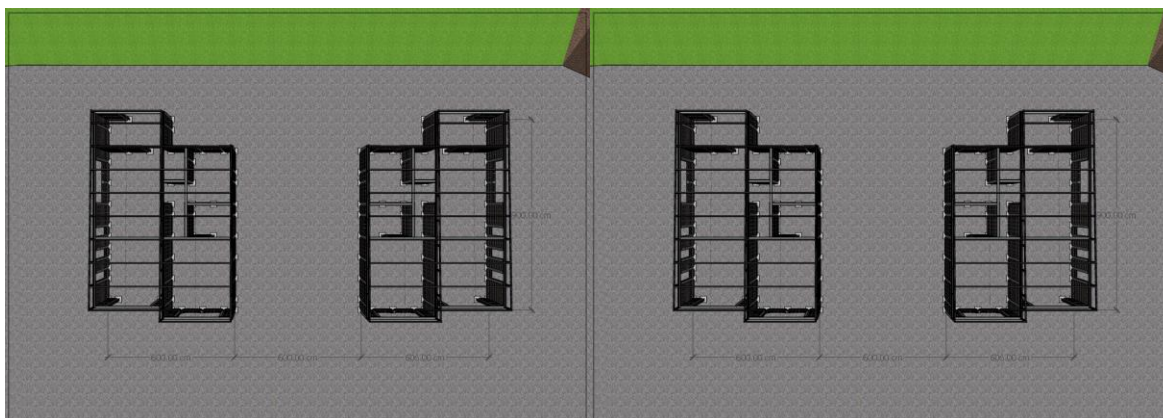
Fuente: Modelo de SketchUp.

Una vez que se tengan todas las cerchas modeladas individualmente se integran en el modelo general de todas las etapas estas deben integrarse correctamente, si existe alguna discrepancia en la longitud o la separación de cerchas se debe identificar en cuál de las plantas se encuentra el error para poder corregirlo

porque si se pasa a la etapa constructiva sin la corrección al igual que en el modelo se pueden fabricar las cerchas y de acuerdo a los planos constructivos pero hasta que se llega a la etapa de colocación se observa el error que no fue identificado previamente.

En la Figura 38 observamos como las cerchas y los clavadores se integran correctamente a nuestro modelo con las medidas que se encuentran presentes en los planos constructivos.

Figura 38. Ubicación de la estructura de techo en el sitio según modelo de SketchUp.

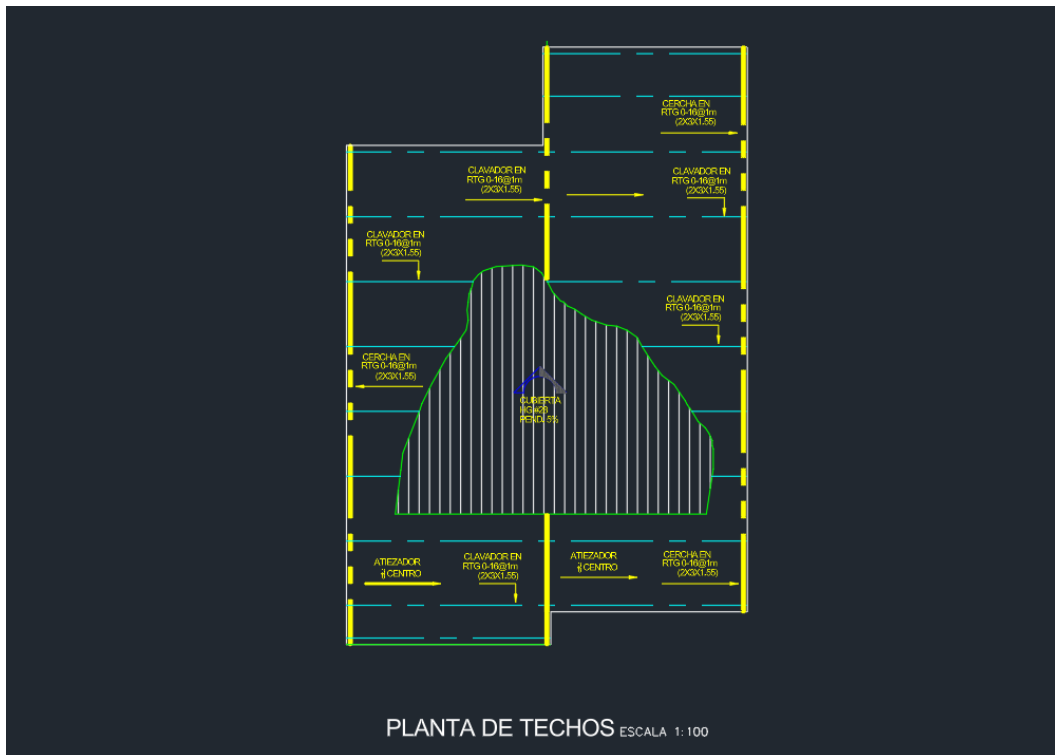


Fuente: Modelo de SketchUp.

Cubierta

El tipo de cubierta a emplear se va a encontrar descrita en la planta de techos (Figura 39), el tipo y el calibre siempre deben venir anotados, esta descripción debe coincidir con cualquier otra vista o planta que describa el tipo y calibre de la cubierta que se debe emplear.

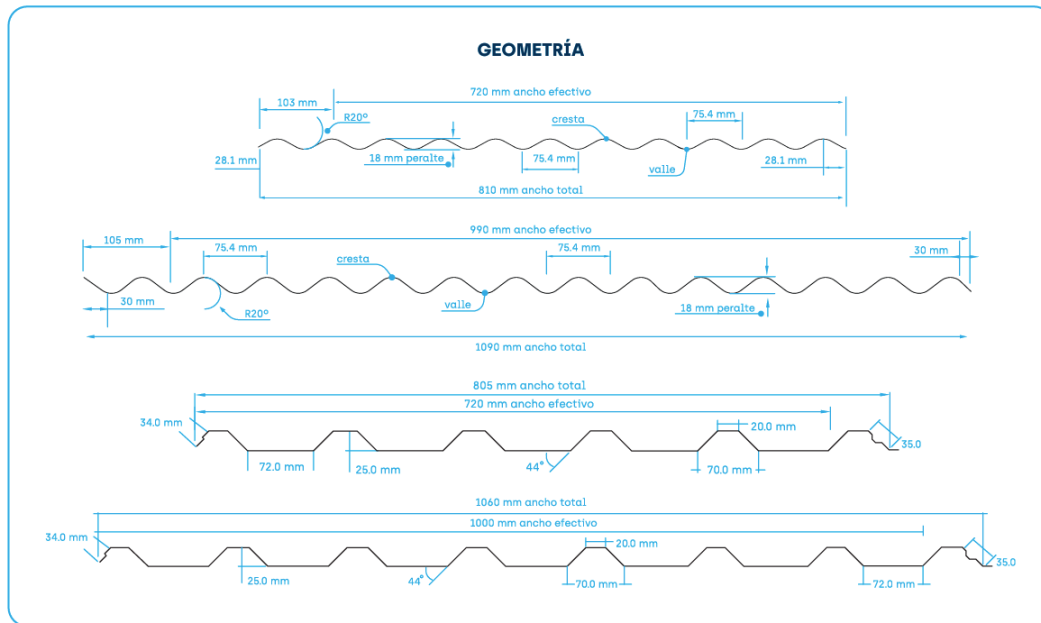
Figura 39. Planta de techos



Fuente: Plano AutoCAD

La cubierta se puede modelar por elementos empleando la información que podamos encontrar en fichas técnicas (Figura 40), mediante la creación con líneas (Cuadro 8) de una cuadrícula con las medidas de las separaciones entre valles y empleando arcos de dos puntos (Cuadro 9) podemos replicar la forma que posee una lámina de techo.

Figura 40. Geometría de láminas que se emplean típicamente en las cubiertas según ficha técnica.

















Fuente: Metalco.

Una vez se tenga la forma se debe dar el espesor de acuerdo con la información de la ficha técnica (Figura 41), además del grosor de la lámina se debe asignar el largo (Cuadro 11) para obtener un modelo en tres dimensiones de una lámina de zinc con características similares a una lámina real, además asignando un material (Cuadro 18) se puede mejorar la visualización a la hora de integrarlo en nuestro modelo, copiando (Cuadro 13) las láminas para colocar todas las que requiere el modelo de acuerdo a la configuración que posea el techo.

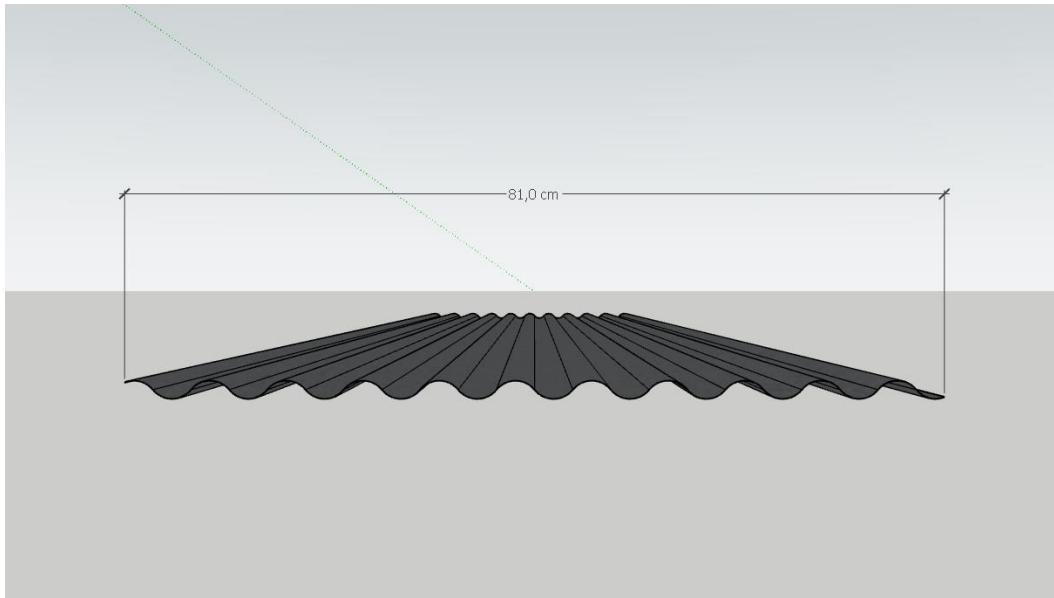
Una vez completada la modelación de la lámina individual que nos servirá para colocar sobre la estructura para identificar las características o consideraciones necesarias en el momento de la construcción se encuentra en la Figura 42

Figura 41. Propiedades de las láminas de techo según ficha técnica.

CUBIERTA ONDULADA Y RECTANGULAR METALUM											
PROPIEDADES GEOMÉTRICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS											
Calibre	Recubrimiento	Ancho Total	Longitud	Peso	Distancia entre Clavadores	Cubrimiento	Módulo Elástico	▲ ▲	▲ ▲ ▲ ▲	Espesor Base	
								Capacidad de Carga	Capacidad de Carga		Espesor Final
	g/m ²	m		kg/ud	m	m ²	cm ³	kg/m ²		mm	
26	AZM150 (150g/m ²)	1.09 	1.00	4.31	1.00	0.98	0.92	139	173	0.43 0.47	
			1.83	7.88	0.84	1.65		165	205		
		1.06 	2.44	10.51	1.14	2.26		122	151		
			3.05	13.14	0.96	2.86		144	179		
			3.66	15.77	1.17	3.46		118	147		
		AZM150 (150g/m ²)	0.81 	1.00	3.28	1.00		0.71	0.92		139
	1.83			6.00	0.84	1.19	167	207			
	0.81 		2.44	8.01	1.14	1.62	123	153			
			3.05	10.01	0.96	2.05	146	182			
			3.66	12.01	1.17	2.48	120	149			
	26*		AZM150 (150g/m ²)	1.07 	1.83	6.36	0.84	1.65		0.86	150
		2.13			7.41	1.01	1.93	126	149		
1.06 		2.44		8.48	1.14	2.26	111	131			
		2.74		9.53	0.86	2.51	144	170			
		3.05		10.61	0.96	2.86	131	155			
		3.66		12.73	1.17	3.46	102	121			
		12.19	42.39	1.10	11.86	118	140				
28		AZM150 (150g/m ²)	1.09 	1.00	3.23	1.00	0.98	0.71	113	140	0.32 0.36
				1.83	5.92	0.84	1.65		135	168	
			1.06 	2.44	7.89	1.14	2.26		99	124	
				3.05	9.86	0.96	2.86		118	147	
				3.66	11.84	0.87	3.46		130	162	
			12.19	39.42	1.01	11.86	113		140		
	AZM150 (150g/m ²)	0.81 	1.00	2.65	1.00	0.71	0.71	115	142	0.32 0.36	
			1.83	4.85	0.84	1.19		137	170		
		0.81 	2.44	6.46	1.14	1.62		100	125		
			3.05	8.08	0.96	2.05		120	148		
			3.66	9.69	0.87	2.48		131	163		
			1.00	1.77	1.00	0.71		111	138		
28*	AZM100 (100g/m ²)	0.81 	1.83	3.23	0.84	1.19	0.69	132	164	0.30 0.33	
			2.44	5.92	1.14	1.62		97	121		
		0.81 	2.74	7.89	0.86	1.83		129	160		
			3.05	9.86	0.96	2.05		116	144		
			3.66	11.84	0.87	2.48		128	159		
		AZM150 (150g/m ²)	1.09 	1.83	5.33	0.84		1.65	0.62		130
	2.13			6.20	1.01	1.93	108	136			
	1.06 		2.44	7.11	1.14	2.26	95	120			
			2.74	7.98	0.86	2.51	126	158			
			3.05	8.88	0.96	2.86	112	140			
			3.66	10.66	0.87	3.46	124	158			
		12.19	35.50	1.01	11.86	110	137				
			1.83	3.62	0.84	1.19	98	122			

Fuente: Metalco.

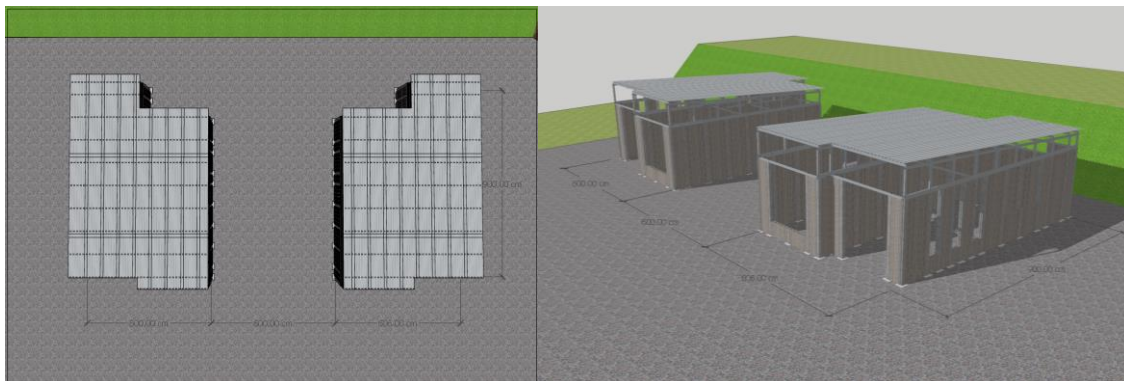
Figura 42 Modelado de lámina de zinc para cubierta



Fuente: Modelo de SketchUp.

En la Figura 43 se observa cómo se integra las láminas de techo en la cubierta, cada lámina (Figura 42) se coloca individualmente para observar cómo se deben colocar las láminas en el sitio de construcción.

Figura 43. Ubicación de la cubierta en el sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

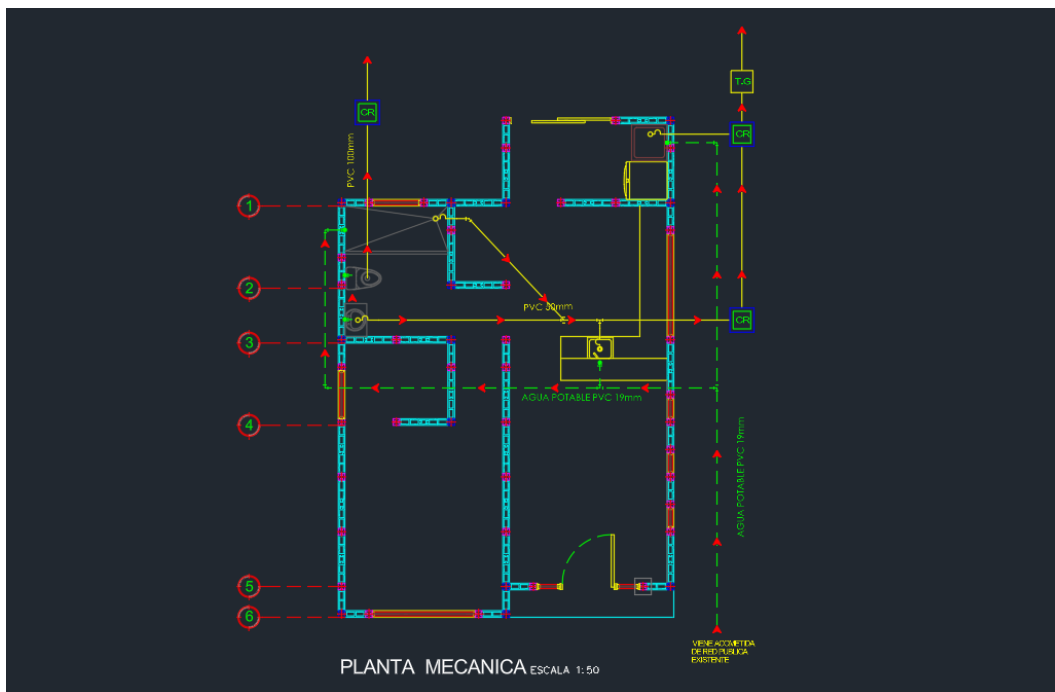
Instalaciones mecánicas

Las instalaciones mecánicas comprenden varios tipos de sistemas.

Tuberías

Para las tuberías de agua potable se debe primero identificar cual es el diámetro que se encuentra presente en los planos estructurales (Figura 44), de esta manera podemos proceder a realizar el dimensionamiento de las figuras necesarias para un correcto modelado y colocación de las tuberías en el modelo realizado y poder identificar si es necesario realizar alguna modificación porque los sistemas pueden llegar a sobreponerse en algún punto y esto no puede ser identificado en una imagen de dos dimensiones como los planos constructivos.

Figura 44. Planta Mecánica presente en planos constructivos.



Fuente: Plano AutoCAD

Una vez se encuentra identificado el diámetro procedemos a crear nuestros accesorios y tuberías de agua potable.

Para la tubería dibujamos un círculo (Cuadro 10) y lo empujamos (Cuadro 11) para crear un sólido, de esta manera ya tenemos la representación de una tubería.

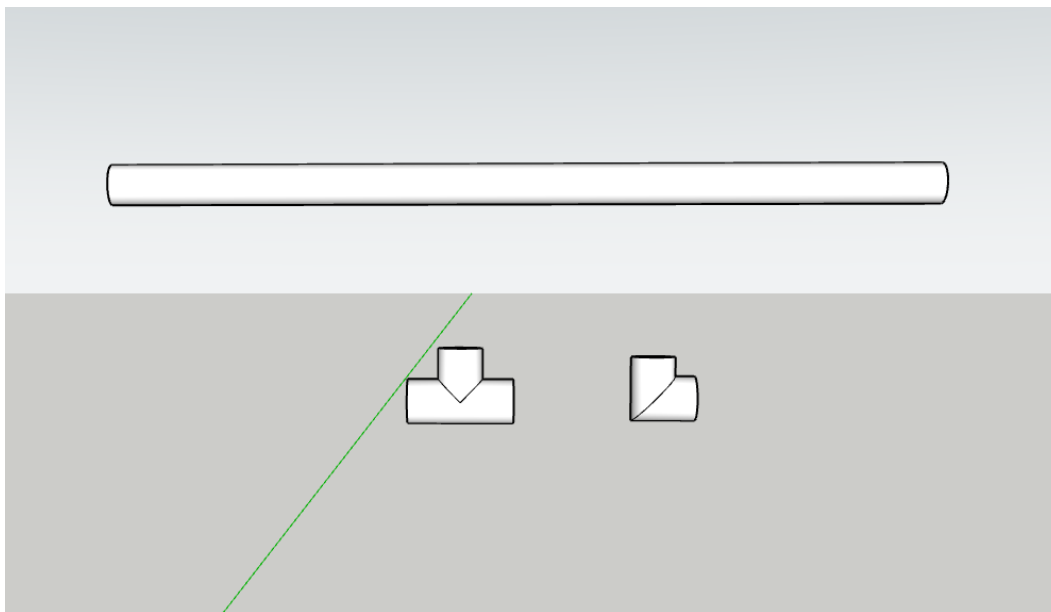
Para codos de 90° se dibujan dos líneas (Cuadro 8) en forma de “L” formando un ángulo de 90° luego se dibuja un círculo (Cuadro 10) pegado a la línea para usar el comando sígueme (Cuadro 30) para que se forme el codo, para un codo de 45° seguimos el mismo procedimiento, pero al dibujar las dos líneas formamos el ángulo que requerimos.

Para el dibujo de una se “Tee” realizan dos pequeños cilindros con círculos (Cuadro 10) y empujando para darles el volumen (Cuadro 11), uno de estos se rota (Cuadro 14) 90° y se mueve (Cuadro 13) hasta que se encuentre a la mitad del centro del otro cilindro de manera que se forme la “Tee”.

Además de los elementos elaborados se les asigna un color blanco (Cuadro 18) ya que este es el color habitual para tuberías de agua potable.

En la Figura 45 se observan la tubería de agua potable y accesorios empleados en este modelo, los accesorios a emplear van a variar en función con la complejidad del plano constructivo.

Figura 45. Tuberías de agua potable.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Para tuberías de aguas grises y negras seguimos un procedimiento similar pero como se muestra en la Figura 46 existen ligeras variaciones.

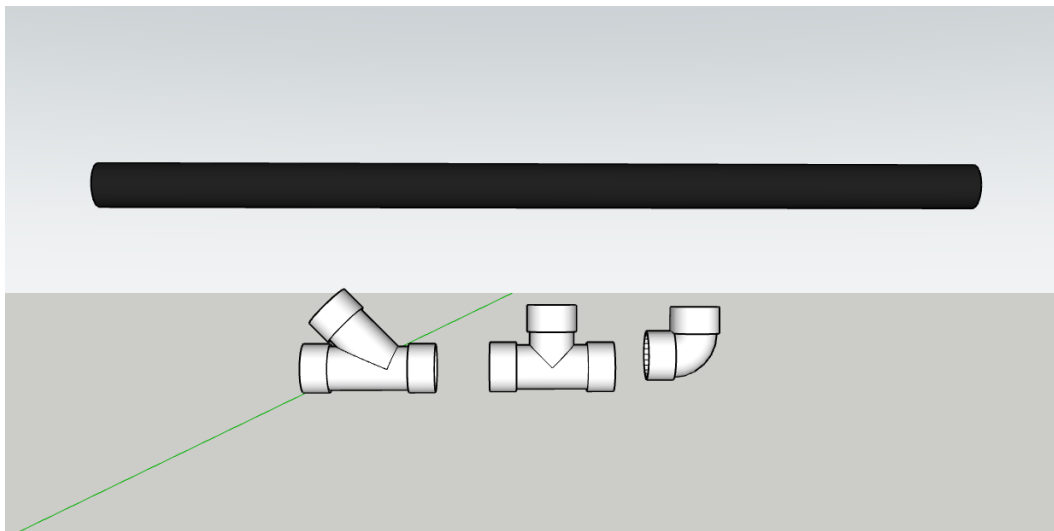
Para la tubería el diámetro va a ser mayor, pero se realiza igualmente con un círculo (Cuadro 10) y el comando empujar (Cuadro 11) pero el color que se le asigna (Cuadro 18) varía ya que comercialmente las tuberías de aguas residuales son en un color gris oscuro o negro.

Para el modelado de los codos varía ya que al formar la “L” en la esquina colocamos un arco (Cuadro 9) de manera que la esquina no es recta sino curveada, además se debe agregar (Cuadro 12) una especie de anillo en cada uno de los puntos donde se van a unir las tuberías., el color asignado puede ser blanco o de color oscuro (Cuadro 18).

Para el caso de la “Tee” se sigue un proceso similar creando dos cilindros y rotando 90° (Cuadro 14) uno de estos e incrustando (Cuadro 13) hasta la mitad uno de sus lados, al igual que el caso del codo se deben crear los anillos en los puntos donde se une a la tubería, para una “Yee” el proceso es muy similar a la “Tee” solamente que rotamos uno de los cilindros 45° y luego se incrusta en el otro cilindro (Cuadro 13) para dar la forma de la “Yee”.

En la Figura 46 se observa el ejemplo de tuberías y figuras para aguas residuales y negras.

Figura 46. Tuberías aguas residuales y aguas negras.



Fuente: Modelo de SketchUp.

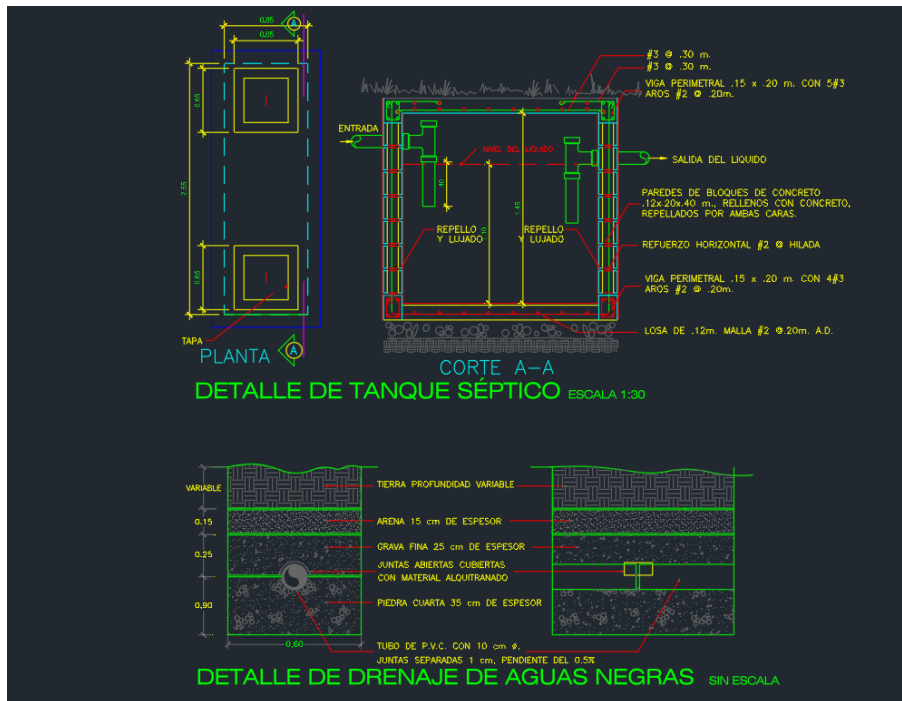
Tanque séptico y drenaje

El tanque séptico viene a detalle en el plano constructivo por lo que el modelo a realizar se va a apoyar en estas medidas y en el tipo de tanque ya que varían entre plásticos, concreto reforzado y mampostería.

En este ejemplo se encuentra un tanque séptico de mampostería con una losa de concreto como lo muestra la Figura 47.

También se observa el perfil del drenaje que se va a tener que realizar, la longitud ya depende del diseño y de las condiciones de sitio, pero para nuestro caso nos interesa que la longitud se pueda colocar en el terreno que tengamos respetando las pendientes correspondientes.

Figura 47. Detalle tanque séptico y drenaje de aguas negras.



Fuente: Plano AutoCAD

Basados en el detalle presente en los planos constructivos se modela el tan que séptico, este se encuentra compuesto por bloques de concreto, losas de concreto y tubería.

Se puede comenzar el modelo con la losa de fondo siendo este un rectángulo (Cuadro 10) y colocando la elevación (Cuadro 11) según los planos para formar el sólido, además con líneas (Cuadro 8) marcamos en contorno y aumentamos la elevación (Cuadro 11) ya que en esta zona se encuentra una viga (Figura 47)

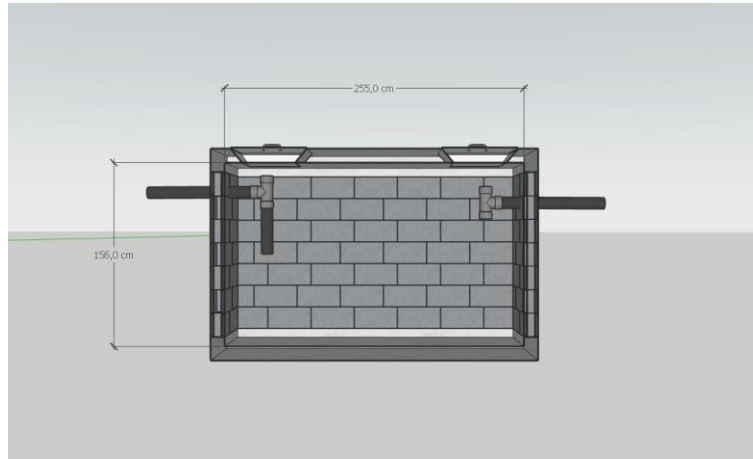
Los bloques de concreto se modelan realizando en la vista en planta (Cuadro 24) el plano del bloque con rectángulos (Cuadro 10) para el contorno y líneas (Cuadro 8) para crear las divisiones internas, siempre verificando que las medidas (Cuadro 17) estén correctas, luego se le da la altura (Cuadro 11) para posteriormente colocar los bloques (Cuadro 13) en las paredes del tanque séptico.

La tapa es otra losa de concreto, pero a diferencia de la losa inferior esta posee dos tapas que son los registros que deben tener para limpiezas y mantenimiento, la losa al igual que las tapas se crean mediante rectángulos (Cuadro 10) o líneas y luego pasan a crear la elevación (Cuadro 11) para formar los sólidos y posteriormente colocarlos () en la parte superior del tanque séptico para terminar su modelación.

Las tuberías que se emplean son las mismas de las modeladas para aguas residuales por lo que solamente se copian (Cuadro 13) y se colocan en esta parte del modelo.

Para todos los elementos modelados se debe asignar un material (Cuadro 18) para poder tener una mejor visualización del modelo (Figura 48)

Figura 48. Detalle tanque séptico

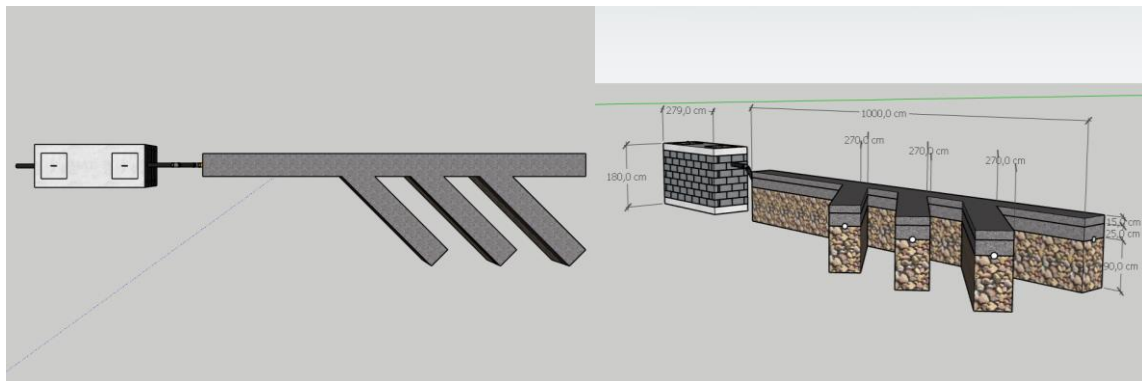


Fuente: Modelo de SketchUp.

En el caso del drenaje se realiza mediante líneas (Cuadro 8) la distribución del drenaje, luego se dividen en diferentes secciones (Cuadro 13) donde se les asigna un espesor diferente (Cuadro 11) y un material diferente (Cuadro 18) correspondiente a la información encontrada en los planos constructivos (Figura 47).

En la Figura 48 observamos como el tanque séptico y el drenaje se encuentran distribuidos en la construcción, las líneas corresponden al diseño del profesional y se verifica que en sitio se pueda colocar sin ningún problema cuándo se pase a la etapa constructiva.

Figura 49. Modelado de tanque séptico y drenaje



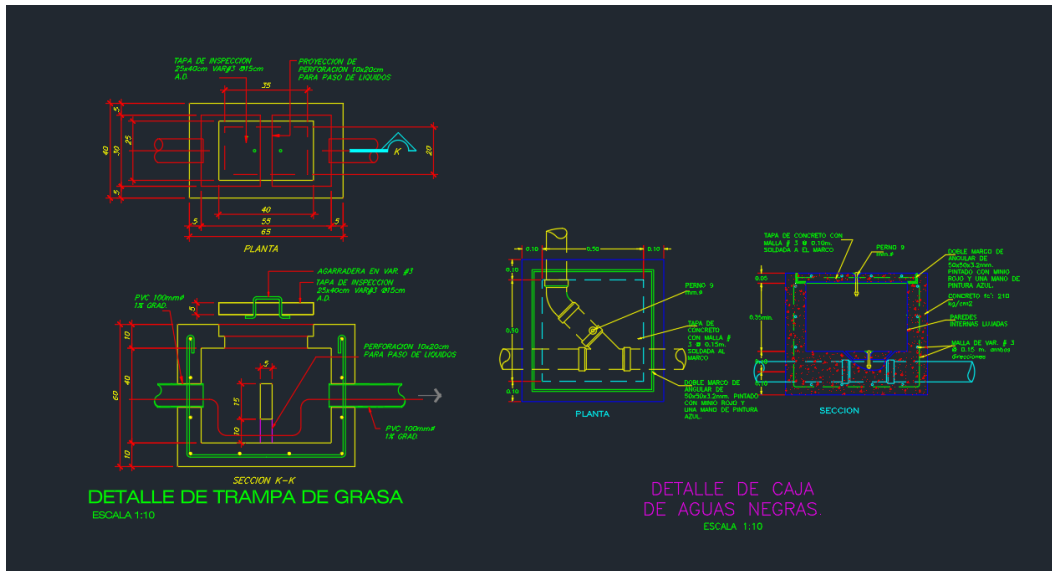
Fuente: Modelo de SketchUp.

Las cajas de registro y las trampas de grasa son elementos con una forma similar, aunque con características diferentes, pero se van a dibujar en el modelo de la misma manera.

Mediante rectángulos (Cuadro 10) o líneas (Cuadro 8) se dibujan en la vista en planta (Cuadro 24) luego se procede a asignarles la elevación correspondiente (Cuadro 11) además las tapas también se dibujan de una manera similar con rectángulos (Cuadro 10) o líneas (Cuadro 8) ya que son elementos con la misma forma, una vez dibujados se les puede asignar un material (Cuadro 18) para mejorar el entendimiento visual del modelo.

En la Figura 50 observamos como se detallan en los planos constructivos la trampa de grasa y las cajas de registro sanitarias.

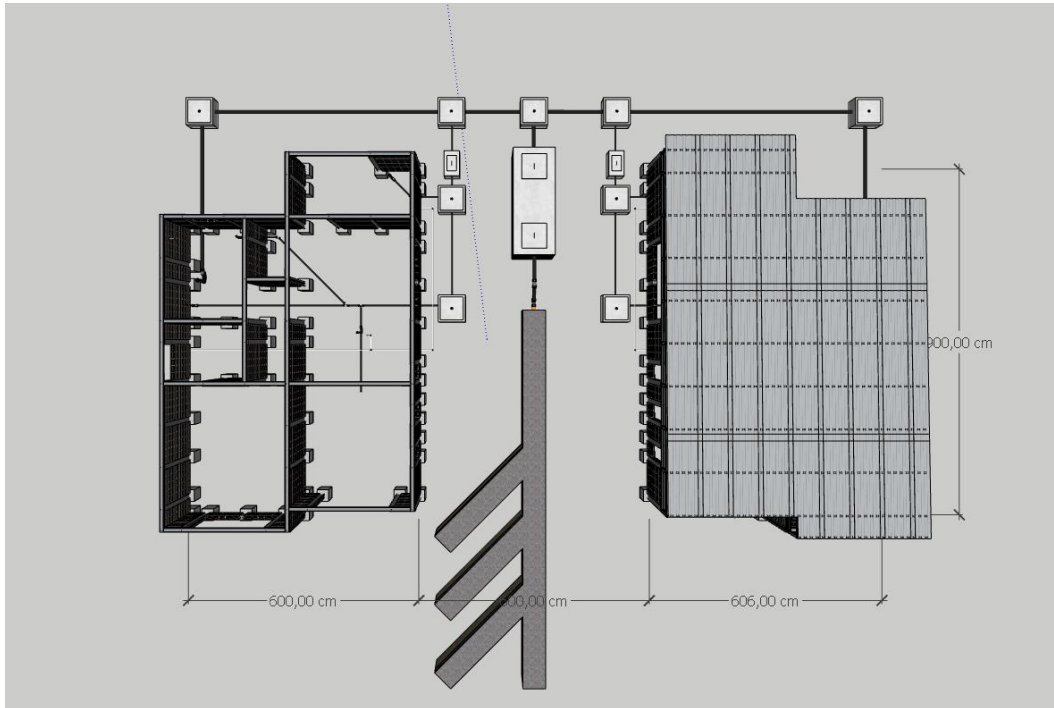
Figura 50. Caja de registro y trampa de grasa presentes en planos.



Fuente: Plano AutoCAD

Con todos los elementos dibujados se procede a integrarlos dentro del modelo general (Figura 51) de manera que se muestre como interactúan las tuberías para el traslado de las aguas de ingreso a la vivienda como lo son las tuberías de agua potable y también las tuberías de salida de aguas que son las residuales y aguas negras que van para el tanque séptico y luego al drenaje, se debe prestar mucha atención porque ninguna tubería debe interferir el paso de la otra ni se deben superar las pendientes de diseño, por eso el modelado nos ayuda, nos muestra un panorama con condiciones muy similares a las reales donde se pueden tomar decisiones tomando en cuenta en terreno.

Figura 51. Modelo de los sistemas mecánicos de la construcción



Fuente: Modelo de SketchUp.

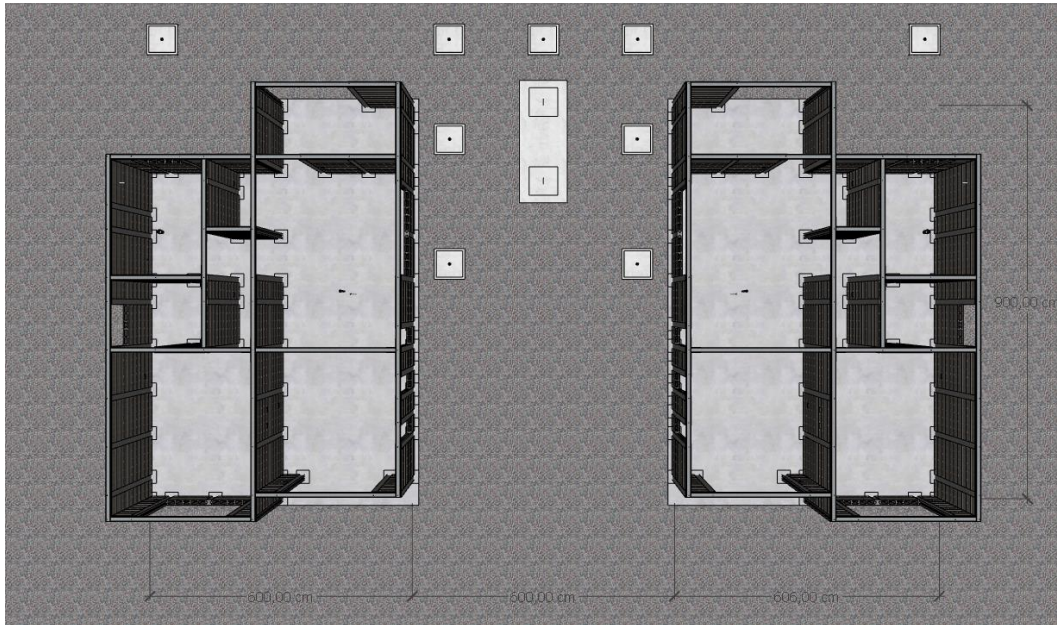
En la **Figura 51** se muestra ya en el terreno como se van a ver los sistemas mecánicos una vez que estén instalados y previo a cubrirlos, si realizamos las medidas (Cuadro 17) y no tenemos incongruencias con las diferentes láminas de los planos podemos tomar este modelo como la guía para que los constructores realicen la instalación de cada uno de los componentes que nos van a ayudar a llevar correctamente las aguas llegando a tener un sistema que funcione correctamente.

Contrapiso

En el detalle típico de pared (Figura 21), se nos muestra el relleno y el espesor de la losa de concreto, por lo que se procede a realizar el modelado de dichos elementos.

Para definir el área de trabajo dibujamos con líneas (Cuadro 8) por el lado interno de las paredes todo el perímetro donde se va a encontrar el contrapiso, una vez teniendo el área la separamos en dos elementos (Cuadro 13) de manera que se puedan crear dos sólidos (Cuadro 11) de dos diferentes espesores, a cada uno se le asigna un material (Cuadro 18) correspondiente a su función (relleno de lastre y losa de concreto) y se colocan nuevamente en el modelo general cómo se observa en la Figura 52

Figura 52. Modelo de contrapiso.

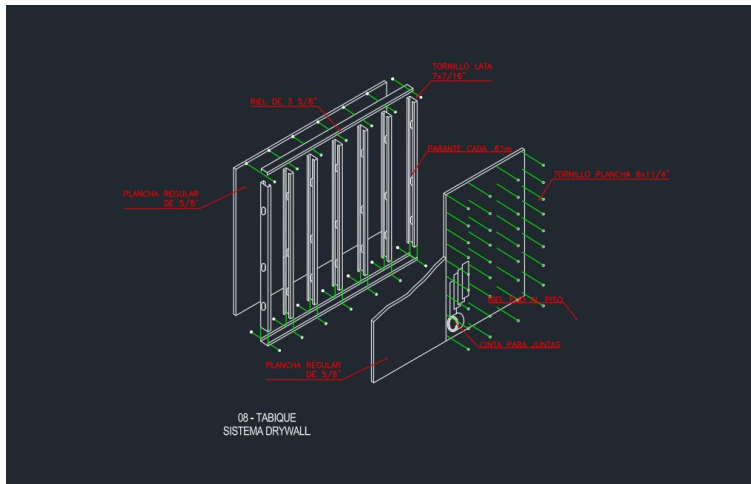


Fuente: Modelo de SketchUp.

Elementos livianos

Basados en el detalle típico de pared liviana que se encuentra detallado en los planos **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y con la información del detalle típico de pared (Figura 21) que nos indica que los cargadores vas a ser construidos como elementos livianos.

Figura 53. Detalle típico de pared liviana presente en plano

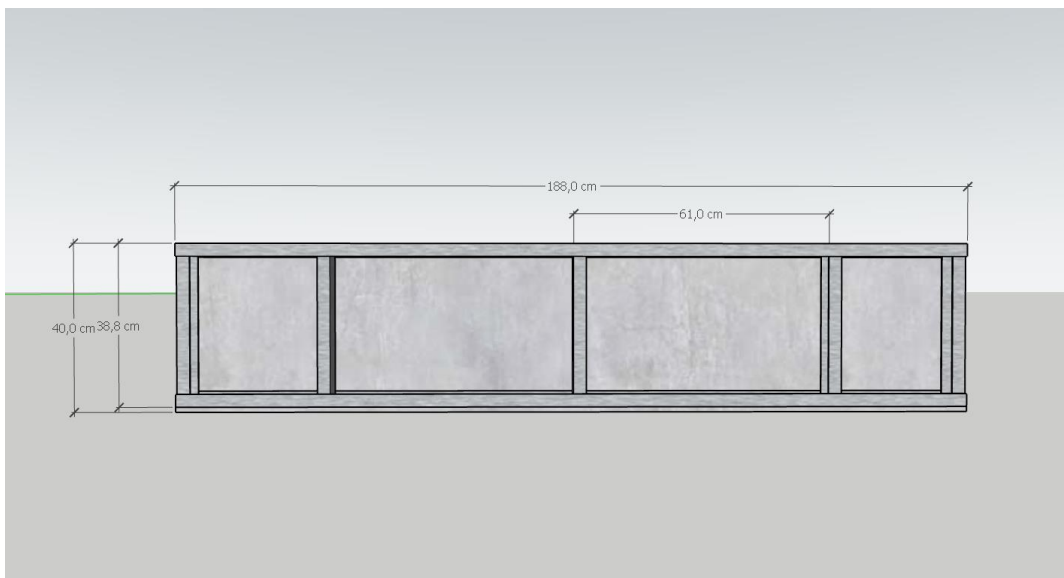


Fuente: Plano AutoCAD

Tomando en cuenta las medidas indicadas en la Figura 53; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** procedemos a modelar los canales y los postes, estos tienen forma de “U” por lo que procedemos a dibujarlos con líneas (Cuadro 8) y una vez tengamos la forma en planta (Cuadro 24) podemos generarles la elevación (Cuadro 24), ya con los elementos debidamente modelados y asignado un material (Cuadro 18) donde se identifiquen en el modelo los vamos a colocar con la separación que nos indique el plano, esta manera de colocarlos se encuentra en la .

La lámina de material liviano que se coloque en los cargadores se va a modelar con un rectángulo (Cuadro 10) y dando el espesor (Cuadro 11) y asignando un material (Cuadro 18) elemento, esta lámina se puede copiar (Cuadro 13) y seguir usando en otros cargadores modificando el tamaño (Cuadro 11).

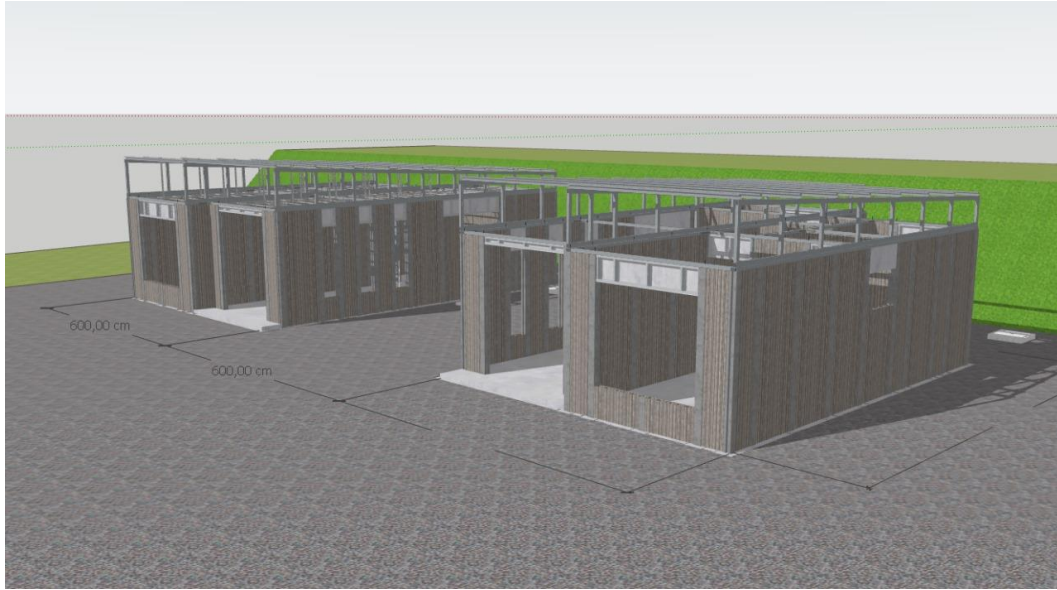
Figura 54. Modelado de estructura de pared liviana



Fuente: Modelo de SketchUp.

Una vez tenemos todos los elementos livianos modelados, procedemos a colocarlos (Cuadro 13) dentro del modelo donde se integran todos los elementos (Figura 55), podemos verificar si los elementos se encuentran correctos verificando las medidas (Cuadro 17) en el modelo y comparando con el plano constructivo

Figura 55. Ubicación de los elementos livianos en el sitio según modelo de SketchUp.



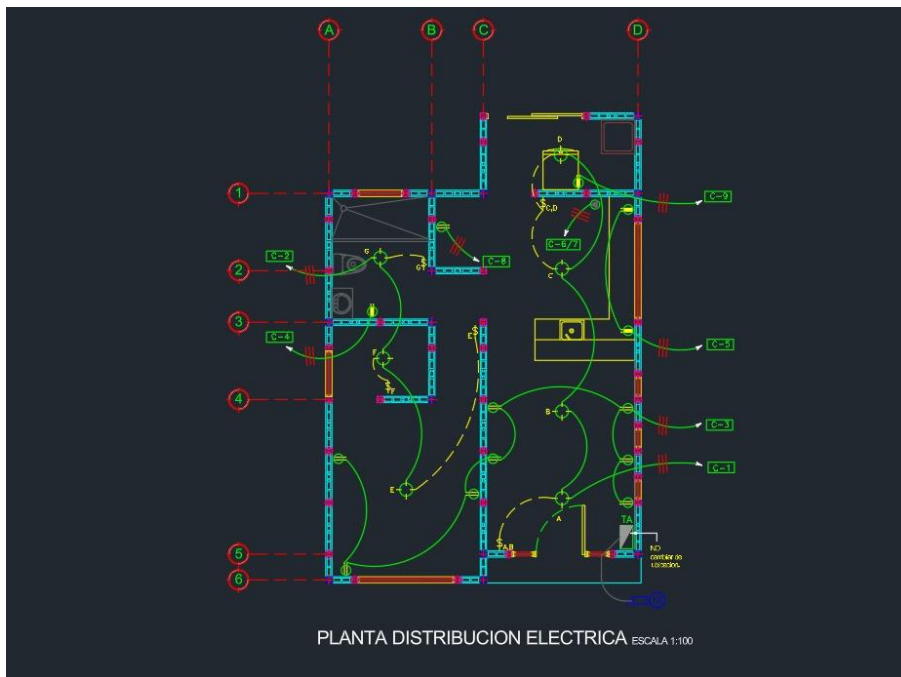
Fuente: Modelo de SketchUp.

Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas de una vivienda unifamiliar suelen llevar los circuitos empleando tubería y accesorios PVC, por este motivo se presenta la forma de modelar los elementos principales para la identificación de los circuitos en la construcción y si estos se pueden colocar sin afectar ningún otro sistema que vaya a estar presente en la vivienda que no se haya identificado directamente en los planos constructivos.

En la Figura 56 se observa la distribución eléctrica presente en los planos constructivos desde una vista en planta.

Figura 56. Planta de distribución eléctrica presente en planos constructivos.



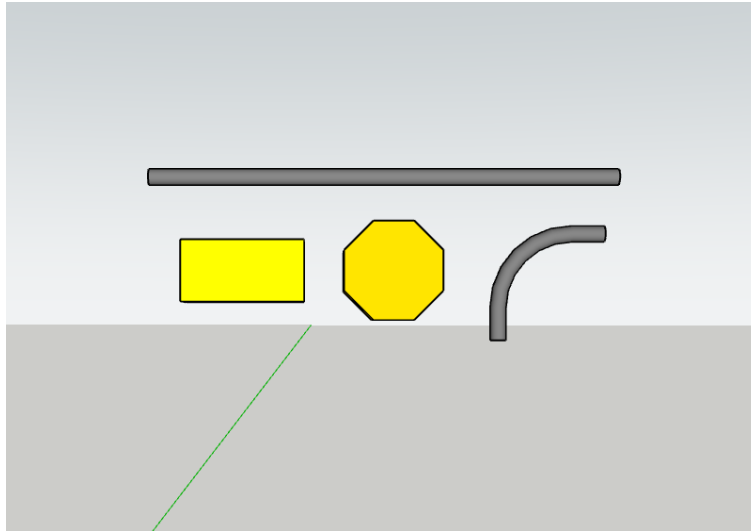
Fuente: Plano AutoCAD

Para modelar la tubería se dibuja un círculo (Cuadro 10) del diámetro que se requiere y luego se le da la altura al cilindro (Cuadro 11) y asignando un material (Cuadro 18) acorde a la tubería Conduit.

Para las cajas rectangulares creamos un rectángulo (Cuadro 10) y le damos profundidad (Cuadro 11), este se puede emplear para tomacorrientes y apagadores, simplemente girando (Cuadro 14) en la posición que se requiere.

Para las cajas octogonales que se requieren se dibuja un polígono circunscrito de 8 lados (Cuadro 10) con esto tenemos una caja octogonal para las situaciones donde se requiere, estas se pueden colocar de un color (Cuadro 18) similar al real o llamativo para identificar fácilmente donde deben ir las cajas como se muestra en la Figura 57.

Figura 57. Modelado de accesorios eléctricos.

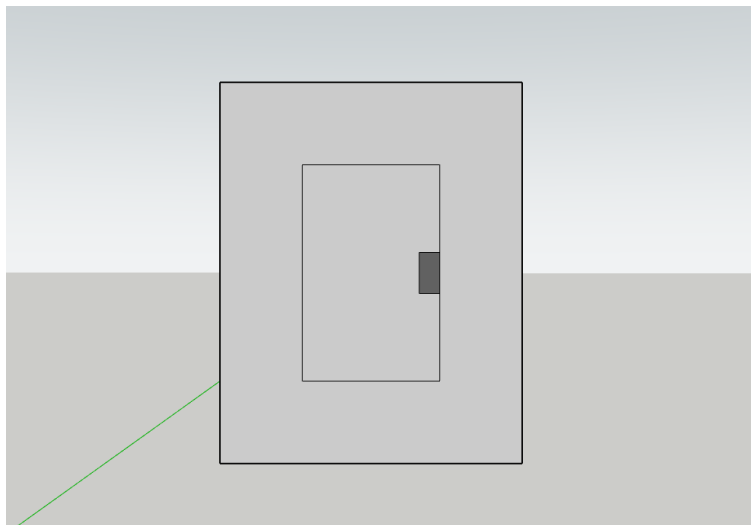


Fuente: Modelo de SketchUp.

Tablero de distribución

El tablero de distribución se modela cómo un rectángulo (Cuadro 10) y se le asigna profundidad, se le pueden hacer líneas (Cuadro 8) para que se identifique más fácilmente como un tablero eléctrico como se muestra en la Figura 58, este se va a mover (Cuadro 13) hasta la posición indicada en los planos constructivos.

Figura 58. Modelado del tablero eléctrico.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Después de modelado cada uno de los elementos se colocan siguiendo las indicaciones presentes en los planos constructivos identificando correctamente cada uno de los circuitos presentes, de manera que el

sistema eléctrico no interrumpa algún otro sistema, detalles que no se observan en un plano en dos dimensiones también, que los diferentes circuitos puedan colocarse sin interferirse entre sí, podemos identificar que para sostener correctamente las tuberías y las cajas octogonales del sistema es importante contar con la estructura del cielo modelada como se observa en la Figura 59.

Figura 59. Ubicación del sistema eléctrico en el sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Acabados

Dentro de los acabados se encuentran los siguientes.

Repello

Para poder representar el repello en una pared podemos crear líneas (Cuadro 8) alrededor de toda la vivienda, ventanas y buques y generando un sólido (Cuadro 11) de un espesor pequeño, de manera que se represente visualmente las paredes con una capa como se muestra en la Figura 60.

Figura 60. Repello en sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Pintura

Al igual que en el repello es posible crear otra capa con las mismas características que la anterior, esto para poder darle un color (Cuadro 18) y saber que esta etapa es un aspecto importante de la construcción de la vivienda, esta representación se observa en la Figura 61.

Figura 61. Pintura de paredes en sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Cielos

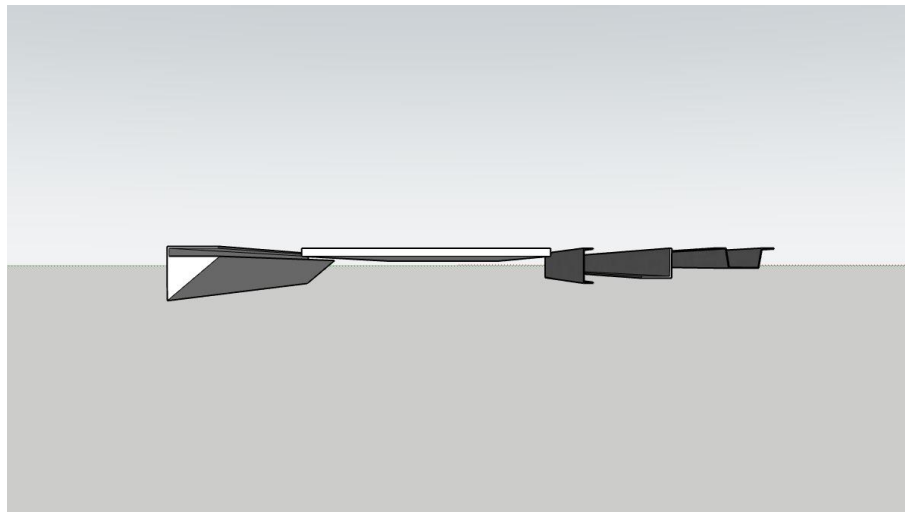
Para el modelado del cielo debemos tener en cuenta que tipo de cielo se va a colocar y a partir de esta información que tipo de estructura de soporte se requiere.

En el caso de nuestro ejemplo nos encontramos con un cielo de tablilla “PVC” por lo que la estructura se va a encontrar una estructura de soporte compuesta de angulares metálicos, perfiles “furring” metálicos y canales metálicos, además de las tablillas de “PVC” y la cornisa que son los elementos ornamentales que se observan al ingresar a una vivienda.

Para modelar los elementos creamos mediante líneas (Cuadro 8) o con rectángulos (Cuadro 10) los perfiles de los elementos que requerimos para colocar tanto la estructura de soporte como la tablilla y la cornisa además con el comando empujar (Cuadro 11) les damos profundidad, también se le asigna un material (Cuadro 18) para observar de mejor manera cada uno de los elementos como se observa en la Figura 62.

Para crear los elementos en tres dimensiones y a partir de ahí podemos copiar y crear cuántos elementos se requieran de cada uno para poder modelar correctamente la estructura y el cielo que va a poseer la vivienda.

Figura 62. Diferentes elementos necesarios para el cielo de tablilla “PVC”.



Fuente: Modelo de SketchUp.

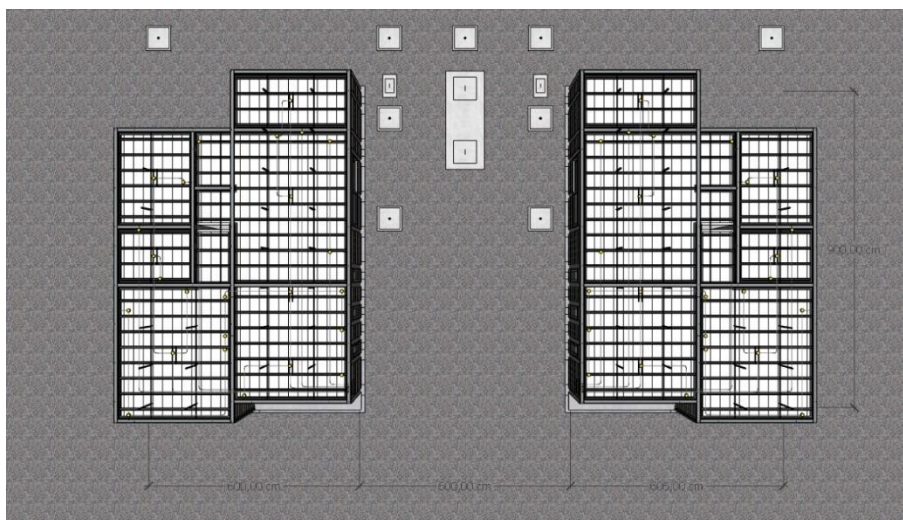
Una vez modelado la estructura de soporte (Figura 63) se procede a colocar las cornisas y las tablillas para conocer la distribución que va a tener a la hora de colocarla y saber si va a requerir alguna modificación a la hora de realizar esta actividad en el sitio (Figura 64).

Figura 63. Ubicación de la estructura del cielo en el sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Figura 64. Distribución del cielo "PVC" en el sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Enchapes

Los enchapes en los planos suelos estar identificados solamente como un área donde se va colocar, pero una manera para identificar cuántas piezas se requieren o si el formato es el adecuado para esa pared, para evitar desperdicios o simplemente para mejorar el resultado visual al conseguir un enchape que no necesite cortes se plantea la modelación por elementos, también de esta manera se le puede mostrar al cliente si el formato seleccionado es del agrado o prefiere un formato más grande o más pequeño.

Un problema que suele estar asociado a los enchapes es la disponibilidad si existe un faltante a la hora de colocarlo, ya que no se compró el suficiente y ya no se puede conseguir el que se quiere, por lo que este método ayuda a ser más preciso y poder estimar mejor y evitar tener que hacer cambios por falta de poseen en inventarios.

El modelado se realiza mediante líneas (Cuadro 8) o rectángulos (Cuadro 10) de manera que se le un espesor (Cuadro 11) y se pueda copiar (Cuadro 13) e identificar cuantas unidades se requieren o que forma de colocarlo disminuye el desperdicio, en la Figura 65 se muestra un enchape de formato común como referencia del resultado que debemos tener en el momento del modelado.

Figura 65. Modelo de enchape para paredes



Fuente: Modelo de SketchUp.

Al modelar las diferentes piezas que se van a utilizar en la construcción se colocan en el modelo para ver la distribución que va a tener en sitio para revisar con el equipo de diseño y con los clientes para anticipar cualquier detalle que no se haya contemplado, el modelo se muestra en la Figura 66.

Figura 67. Distribución de los enchapes en sitio según modelo de SketchUp.

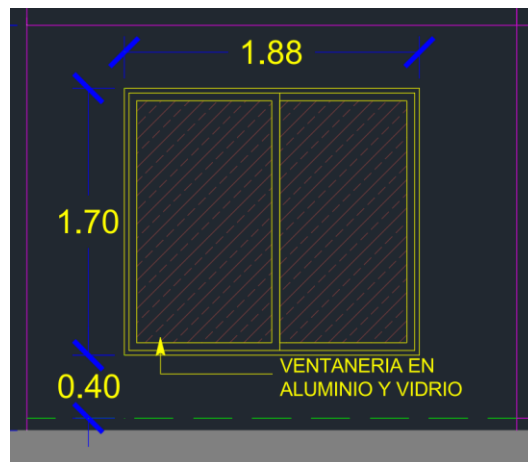


Fuente: Modelo de SketchUp.

Ventanas

A pesar de que las viviendas unifamiliares presentan diferentes medidas de las ventanas, la forma como están elaboradas son iguales, como se muestra en la Figura 68 estas están compuestas de marcos de aluminio con vidrios internos con un segundo marco de aluminio más pequeño y estos internos pueden ser vidrios fijos o corredizos.

Figura 68. Ventanería en Aluminio y Vidrio



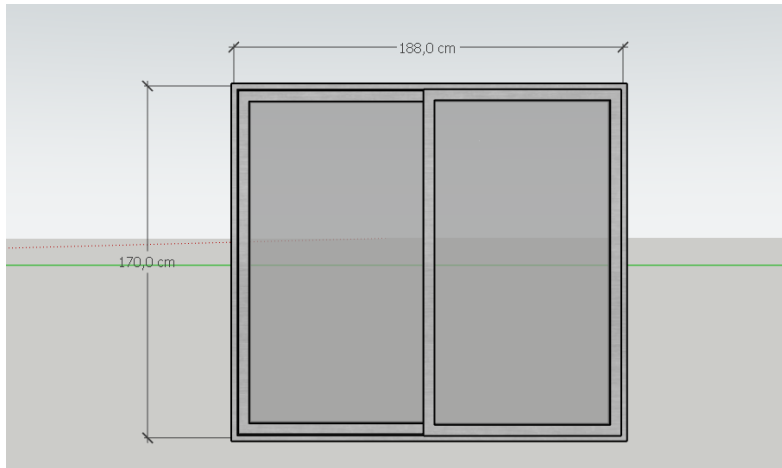
Fuente: Plano AutoCAD

Para nuestro ejemplo nos basamos en una de las ventanas que posee la vivienda, para generar el modelo realizamos los perfiles del marco externo de forma rectangular (Cuadro 10), y de los dos marcos internos siguiendo las características que observamos en los planos constructivos, luego generamos una línea (Cuadro

8) en el borde del buque y con el comando sígueme (Cuadro 30) generamos el marco externo de la ventana, para el marco interno hacemos lo mismo pero la línea (Cuadro 8) se hace sobre el borde del marco externo hasta la mitad más medio ancho de ventana, podemos corroborar estas medidas (Cuadro 17) para asegurarnos que ambas ventanas internas sean iguales, además para los marcos internos y externos asignamos como material (Cuadro 18) uno metálico que nos sirva como referencia visual durante el proceso.

Para el vidrio de la ventana generamos un rectángulo en el centro de la ventana y le asignamos un material (**Cuadro 18**) ventana y de esta manera queda una ventana como la que se encuentra en la Figura 69.

Figura 69. Modelo de ventana



Fuente: Modelo de SketchUp.

En la Figura 70 se pueden observar las ventanas modeladas colocadas de manera que mediante medición de los elementos (Cuadro 17) y revisión se puede corroborar con cada lámina del plano que las ventanas y los buques sean correctas en todos los casos.

Figura 70. Ubicación de las ventanas en el sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Puertas

Las puertas se pueden modelar de una manera simple, debido a que lo que se requiere es una representación visual que nos ayude a identificar el espesor de marcos y buques presentes en las diferentes láminas y para darle un mejor acabado a nuestro modelo.

El modelado del marco de la puerta es lo primero que debemos realizar debido a que a partir de la medida interna del marco es donde vamos a poder tener la medida de la puerta que vamos a requerir.

Para modelar el marco solamente debemos generar un rectángulo (Cuadro 10) con las dimensiones del elemento que se vaya a emplear como marco y mediante una línea (Cuadro 8) que recorra el buque podemos emplear la herramienta sígueme (Cuadro 30) para tener el buque que necesitamos.

Con la medida interna lista procedemos a modelar la puerta, como las puertas varían en diseño y material, pero no en la forma que depende del buque y del marco realizamos un rectángulo y damos profundidad, además de asignar el material (Cuadro 18) para mejorar la visualización del marco y de la puerta.

En la Figura 71 se muestra el modelado de una puerta de 2,10m de altura y 0,88m de ancho que son las dimensiones que nos permite el sistema constructivo *Prefablock*.

Figura 71. Modelo de puerta



Fuente: Modelo de SketchUp.

Después de corroborar que las puertas cumplen con las medidas necesarias indicadas en planos, se colocan en el modelo de manera que estas se ubiquen correctamente en cada buque tanto su marco como la puerta cómo lo observamos en la Figura 72.

Figura 72. Ubicación de las puertas en el sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Una vez completada la colocación de las puertas se da por terminada la modelación de la vivienda por etapas constructivas, cómo se ha mencionado a lo largo de esta guía es importante realizar una corroboración de medidas entre el modelo y los planos constructivos, pero además de esta corroboración el modelo nos ayuda a tener un apoyo en tres dimensiones de cómo se integran cada uno de los sistemas que muchas veces en un plano constructivo no es posible identificar y hasta llegar a la etapa de ejecución los errores se observan.

Siempre es importante apoyarse en todo el equipo de trabajo, los diseñadores y ejecutores de los proyectos antes de pasar a la etapa de ejecución para tener una sinergia sobre cada una de las etapas del proyecto.

En aquellos proyectos donde existe un presupuesto limitado o los profesionales no tengan mucho conocimiento en modelado en tres dimensiones pueden apoyarse en esta guía para poder identificar previo a la ejecución errores y dudas donde se busquen las soluciones que no afecten al proyecto y a la finalidad de la obra.

Se adjuntan unas imágenes finales en la Figura 73 y Figura 74 como apoyo del resultado que se espera tener al finalizar la obra.

Figura 73. Resultado final del modelo sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Figura 74. Resultado final del modelo sitio según modelo de SketchUp.



Fuente: Modelo de SketchUp.

Referencias

- Ayarde, M., & Hernani, A. (2022). Los Programas Gráficos como una Opción para la Expresión y Creación en Diseño Arquitectónico. *Revista Científica "Ciencia Sur"*, 7(9), 7-22. Obtenido de <https://dicyt.uajms.edu.bo/revistas/index.php/ciencia-sur/article/view/1435/1431>
- Cámara Costarricense de la Construcción. (2018). *Guía de Implementación BIM para las Empresas* (1 ed.). Obtenido de <https://construccion.co.cr/wp-content/uploads/2024/02/Guia-de-implementacion-BIM.pdf>
- Hassan, A. (Marzo de 2016). Effectiveness of 3D Modeling in Construction Industry Using SketchUp in Reducing Time and Cost of Project. *Comsats Institute of Information Technology*. ResearchGate. doi:10.13140/RG.2.1.1596.8404
- Li, W., & Bai, C. (26 de Septiembre de 2020). Professional Application and Performance of SketchUp Software Under the Background of Innovation and Entrepreneurship. *Innovative Computing*, 1247-1253. SpringerLink. doi:10.1007/978-981-15-5959-4_153
- Lin, Y. (2014). Construction 3D BIM-based knowledge management system: a case study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(2), 186-200. doi:10.3846/13923730.2013.801887
- Metalco. (s.f.). *Metalco*. Obtenido de Metalco: <https://metalco.net/>
- Modernos, C. (s.f.). *Concretos Modernos*. Obtenido de Concretos Modernos: <http://www.prefablock.com/>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/#>
- Peng, X., Ma, Z., Wang, P., Huang, Y., & Qi, M. (02 de Abril de 2023). Exploring the Application of SketchUp and Twinmotion in Building Design Planning. *Artificial Intelligence in China*, 18-24. SpringerLink. doi:10.1007/978-981-99-1256-8_3
- Tal, D. (2016). *SketchUp for Site Design*. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Toan, Q., Anh, X., & Tam, V. (2023). Trends in BIM Tools Adoption in Construction Project Implementation: A Case Study in Vietnam. *Proceedings of FORM 2022*, 9-19. doi:10.1007/978-3-031-10853-2_2
- (Modernos, s.f.) (Metalco, s.f.) (Metalco, s.f.)