



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Beneficios de realizar un  
modelado 3D con REVIT y su  
implementación en  
metodologías de vanguardia.**

**TESINA**

Que para obtener el título de  
**Especialista en Construcción**

**P R E S E N T A**

Ing. Uriel Isaí López Cayetano

**DIRECTOR(A) DE TESINA**

Ing. Gregorio Lucio Poncelis Gasca



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., septiembre 2024

## Agradecimientos

Mediante estas líneas quiero expresar toda mi gratitud a todos aquellos que fueron parte de este proceso para poder concluir esta etapa de mi vida, mi trabajo para obtener el grado de especialista en construcción.

A mi familia, quienes siempre me han dado su apoyo incondicional. A mis padres por el sacrificio que han hecho por verme llegar a ser un profesional, por transmitirme su sabiduría y por darme todo el amor que un hijo puede merecer. A mis hermanos por ser mi ejemplo a seguir, por los consejos y conocimientos transmitidos y por su cariño que recibo.

A mi novia Jimena, por su todo su apoyo y amor que me han ayudado a seguir adelante en los momentos de incertidumbre.

A la Facultad de Ingeniería que mediante el Programa Único de Especializaciones de Ingeniería me brindó todas las herramientas necesarias para formarme con excelencia académica.

Al Departamento de Construcción por recibirme como un colega y permitirme ser parte de las actividades que desarrollan.

Así mismo quiero agradecer al Ing. Gregorio Lucio Poncelis director de mi trabajo y al Ing. Alejandro Ponce Serrano Académico del Departamento de Construcción por su experiencia transmitida y seguimiento brindado en todo este recorrido.

Finalmente agradezco al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por el apoyo recibido durante mis estudios.

Este trabajo no habría sido posible sin su apoyo.

¡Muchas gracias!

Ing. Uriel Isaí López Cayetano

## Índice

<b>Agradecimientos</b> .....	2
<b>Objetivo</b> .....	6
<b>1 Introducción</b> .....	7
<b>2 Contexto de la industria de la construcción</b> .....	8
<b>2.1 Características del sector</b> .....	8
<b>3 Metodologías de vanguardia</b> .....	13
<b>3.1 BIM</b> .....	13
<b>3.1.1 Definición</b> .....	13
<b>3.1.2 Funcionamiento</b> .....	13
<b>3.1.3 Niveles BIM</b> .....	15
<b>3.1.4 Niveles LOD</b> .....	18
<b>3.2 Constructabilidad</b> .....	21
<b>3.2.1 Definición</b> .....	21
<b>3.2.2 Filosofía</b> .....	22
<b>3.2.3 Principios de Constructabilidad</b> .....	22
<b>3.2.4 Constructabilidad en las diferentes etapas</b> .....	24
<b>3.3 Lean Construction</b> .....	26
<b>3.3.1 Antecedentes</b> .....	26
<b>3.3.2 Concepto de desperdicio</b> .....	27
<b>3.3.3 Principios Lean</b> .....	28
<b>3.3.4 Lean en las diferentes etapas:</b> .....	29
<b>4 Beneficios de un modelo 3D con REVIT</b> .....	31
<b>5 Caso de estudio</b> .....	36

<b>5.1</b>	<b>Diseño arquitectónico</b> .....	<b>37</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Planos y cuantificaciones</b> .....	<b>37</b>
<b>5.2</b>	<b>Diseño estructural</b> .....	<b>42</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Planos y cuantificaciones</b> .....	<b>42</b>
<b>5.3</b>	<b>Instalación hidráulica, sanitaria, gas</b> .....	<b>46</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Planos y cuantificaciones</b> .....	<b>46</b>
<b>5.4</b>	<b>Instalación eléctrica</b> .....	<b>51</b>
<b>5.4.1</b>	<b>Planos y cuantificaciones</b> .....	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>52</b>
	<b>Bibliografía</b> .....	<b>53</b>

## Índice de imágenes

<b>Imagen 1: La industria de la construcción entre las menos digitalizadas. ....</b>	<b>8</b>
<b>Imagen 2: Relación del tiempo con la pérdida de información. ....</b>	<b>9</b>
<b>Imagen 3: Productividad de la construcción vs sector de la manufactura. ....</b>	<b>10</b>
<b>Imagen 4: Sobrecostos y retrasos en proyectos en México. ....</b>	<b>10</b>
<b>Imagen 5: Áreas de mejora para aumentar productividad. ....</b>	<b>12</b>
<b>Imagen 6: Comunicación ineficiente y comunicación BIM. ....</b>	<b>14</b>
<b>Imagen 7: Simulación de avance físico. ....</b>	<b>16</b>
<b>Imagen 8: Simulación de avance físico y financiero. ....</b>	<b>17</b>
<b>Imagen 9: dimensiones BIM. ....</b>	<b>18</b>
<b>Imagen 10: Nivel de desarrollo (LOD). ....</b>	<b>18</b>
<b>Imagen 11: Comparación de LOD. ....</b>	<b>21</b>
<b>Imagen 12: Ámbito de la Constructabilidad. ....</b>	<b>22</b>
<b>Imagen 13: Disponibilidad de influir en el costo de un proyecto. ....</b>	<b>24</b>
<b>Imagen 14: Elementos característicos del sistema Lean. ....</b>	<b>27</b>
<b>Imagen 15: Representación de un departamento. ....</b>	<b>32</b>
<b>Imagen 16: Ejemplificación de la colaboración. ....</b>	<b>32</b>
<b>Imagen 17: Detección de interferencias. ....</b>	<b>33</b>
<b>Imagen 18: Estimación de materiales. ....</b>	<b>34</b>
<b>Imagen 19: Diferentes vistas del proyecto. ....</b>	<b>35</b>
<b>Imagen 20: Vista 3D del caso de estudio. ....</b>	<b>36</b>

## Objetivo

Mostar los beneficios que tiene realizar un modelado estructural, arquitectónico y de instalaciones desde etapas tempranas de un proyecto. Además, explicar la implementación de este software con metodologías de vanguardia para hacer más eficientes los procesos que se llevan a cabo en las etapas de la construcción, desde el diseño hasta la operación y mantenimiento.

Por otra parte, se busca explicar que el uso de un modelo 3D puede ser aplicado en casos que van desde proyectos de una vivienda (caso de estudio), hasta proyectos de mayor magnitud como lo podría ser algún edificio habitacional, comercial, industrial o de algún otro tipo.

## 1 Introducción

La industria de la construcción en nuestro país es un sector relevante para la economía. La construcción siempre ha estado vinculada con nuestro desarrollo y es una palanca fundamental para lograrlo. Podemos encontrar infraestructura como obras viales, obras de transmisión de energía, obras de edificación, obras de equipamiento urbano, entre muchas otras por mencionar. Entre más obras son ejecutadas, se genera más riqueza además de una gran generación de empleos. (Poo, 2003).

La necesidad de modernizar la industria de la construcción, de adecuarlo a las exigencias de sostenibilidad actuales y de poner en valor su papel económico y social, hacen necesario su salto cualitativo a un entorno digital global, que abarque todo el ciclo de vida de un proyecto (desde su inicio hasta su demolición o cambio de uso), y que permita la integración y la colaboración de todos los agentes implicados en el proceso.

A lo largo del tiempo en el desarrollo de proyectos de ingeniería civil se han presentado problemáticas como incumplimiento en los plazos, sobrecostos, baja calidad y poca productividad, esto debido a una mala gestión durante todas las etapas del proyecto, por lo cual se hace necesario investigar e implementar nuevas tendencias y tecnologías que contribuyan a la mejora de nuestro sector.

Hoy en día es posible hacer uso de tecnología como lo son los softwares. Hablando específicamente de softwares de modelado, estos nos permiten tener un mejor panorama de la idea que se tiene del proyecto, ya que dentro de estos modelos es posible ingresar la información necesaria para que cualquier integrante que forma parte del proyecto sea capaz de interpretar lo que se está desarrollando y así se pueda tener una mejor colaboración. Entre las tendencias que hay en la actualidad, se encuentran la metodología BIM, el termino de constructabilidad, Lean Construction, entre otros. Estas metodologías serán mencionadas más adelante en donde se detallará el uso que tiene un modelo 3D en cada una de ellas.

## 2 Contexto de la industria de la construcción

### 2.1 Características del sector

La industria de la construcción con el paso del tiempo se ha vuelto más compleja, esto debido a que las necesidades de las personas son cada vez más exigentes, además de que se dispone de nuevos recursos y tecnologías con lo cual se busca innovar. Por otra parte, también se puede identificar como variable, esto debido a que cada proyecto es único por lo cual no puede compararse en su totalidad con otros que aparenten ser similares.

En cuanto a innovación tecnológica se refiere, en el sector de la construcción se puede observar un gran déficit en comparación con otros sectores (Imagen 1), pues es fácil observar (principalmente en proyectos pequeños) como al día de hoy se siguen usando softwares y procedimientos constructivos de décadas pasadas, lo cual nos da un indicio de que existe una falta de innovación tecnológica.

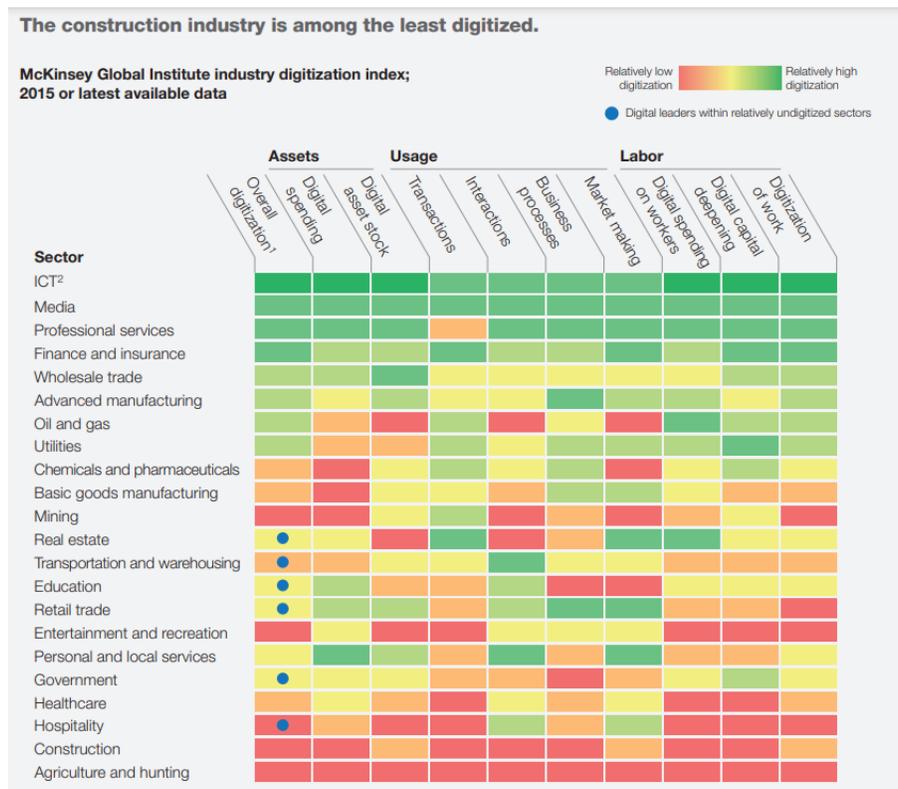


Imagen 1: La industria de la construcción entre las menos digitalizadas.

Otro de los aspectos que más afectan al sector es la poca comunicación entre todos los involucrados en el proyecto, lo cual trae como consecuencia una gran pérdida de información (Entendamos a los involucrados aquellos que van desde el o los dueños del proyecto, así como las áreas de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento).

Esto se debe a que generalmente cada área es trabajada por empresas diferentes, por lo cual cada una busca sus objetivos particulares sin buscar el objetivo general que es la realización del proyecto completo. Derivado de esto, entre cada etapa se tiene una pérdida de información y además una duración del proyecto mayor (Imagen 2).

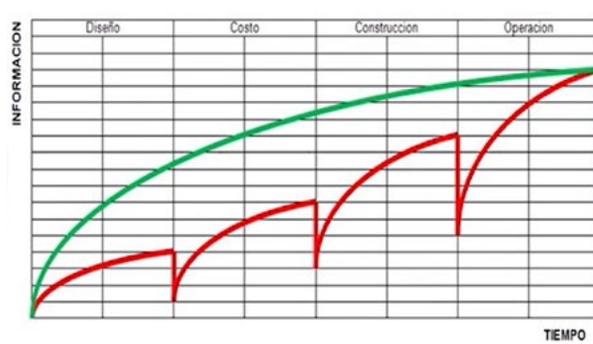


Imagen 2: Relación del tiempo con la pérdida de información.

A nivel mundial, el incremento de la productividad en el sector de la construcción se encuentra rezagado si se compara con otros sectores (Imagen 3). De acuerdo con un estudio realizado por McKinsey Global Institute (MGI), en los últimos 20 años se ha creado una brecha entre el crecimiento de la productividad en la construcción y la productividad con el sector de la manufactura, ya que mientras el primero crece a un ritmo del 1%, el segundo crece a un ritmo del 3.6%. Estos indicadores ofrecen una perspectiva en la que sugieren que la actual industria de la construcción no atiende a las necesidades globales y se queda atrás por factores tales como la carencia de activos de calidad, falta de innovación, entrega tardía del proyecto y con altos costos. (Imagen 4)

Son varias razones identificadas para la baja productividad, entre ellas la deficiente colaboración en la gestión tradicional de proyectos. Se percibe que la construcción necesita de una disrupción en la forma que gestiona sus proyectos. Es esencial centrar el enfoque hacia el diseño, la construcción, la operación y mantenimiento de las obras, para que se dirijan hacia una gestión más colaborativa y digital, que tenga la capacidad de innovar y establecer la implementación de nuevas prácticas, todo esto con el fin de adaptarse a profundidad en el mercado actual, alcanzar altos niveles de productividad y logrando así que su crecimiento sea mayor. (Del Savio, 2022).

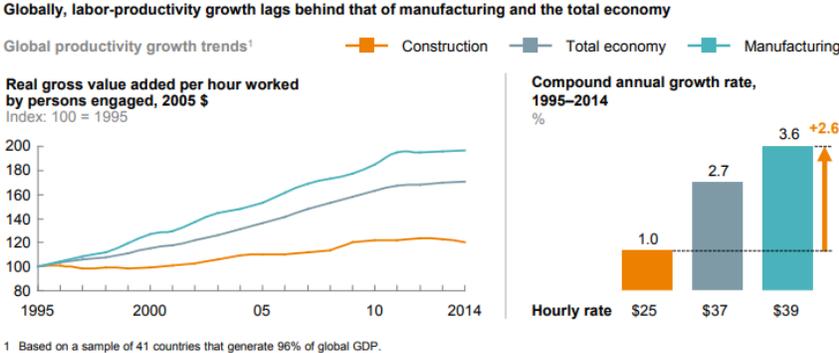


Imagen 3: Productividad de la construcción vs sector de la manufactura.



Imagen 4: Sobrecostos y retrasos en proyectos en México.

Otro estudio realizado por MGI (Imagen 5), muestra cómo se puede mejorar la productividad tomando medidas en diferentes áreas que se mencionan a continuación:

- Regulación: Se refiere a simplificar los procesos de permisos y aprobaciones, además de reducir la indomabilidad y fomentar la transparencia en materia de costos y desempeño.
- Colaboración: Se debe buscar un sistema centrado en la colaboración y que todas las áreas busquen el mismo objetivo, la realización del proyecto.
- Diseño e ingeniería: Se deben plantear procesos de diseño e ingeniería en donde se le dé un mayor enfoque a la constructabilidad y promover elementos de diseño que puedan ser aplicables de forma repetitiva (salvo en los proyectos que requieren soluciones personalizadas). De este modo se impulsa la productividad. El mayor impacto de la productividad vendría de pensar la construcción como un sistema de producción, en donde se fomente la fabricación fuera del sitio de manera que se minimice la construcción en el sitio mediante el uso de tecnología y solo terminar detalles en el sitio.
- Gestiones: Una mejor planificación acompañada de tecnología y digitalización pueden permitir un flujo de trabajo con una logística más sofisticada que entregas en el tiempo justo.
- Ejecución en el sitio: Se debe tener una planificación rigurosa para garantizar que las actividades se realicen en tiempo y dentro del presupuesto. La enorme complejidad y variabilidad de los megaproyectos actuales requieren un enfoque operativo de proyecto que integre sistemas técnicos y de gestión y aproveche plenamente las capacidades de los trabajadores, por lo cual se necesita de mano de obra calificada que pueda ejecutar los trabajos.
- Tecnología: Introducir nueva tecnología digital, nuevos materiales y automatización avanzada son clave para lograr una mayor productividad. Pueden ponerse a la vanguardia utilizando plataformas como 5D BIM para establecer transparencia en el diseño, los costos y la visualización del progreso; análisis avanzados habilitados por Internet de las cosas para mejorar el monitoreo in situ de la productividad de materiales, mano de obra y equipos; y herramientas digitales de colaboración y movilidad (como

aplicaciones de gestión de construcción cargadas en dispositivos móviles) para realizar un mejor seguimiento del progreso y colaborar en tiempo real.

- De este análisis se puede concluir que el área con mayor margen para mejorar la productividad es la innovación de tecnología

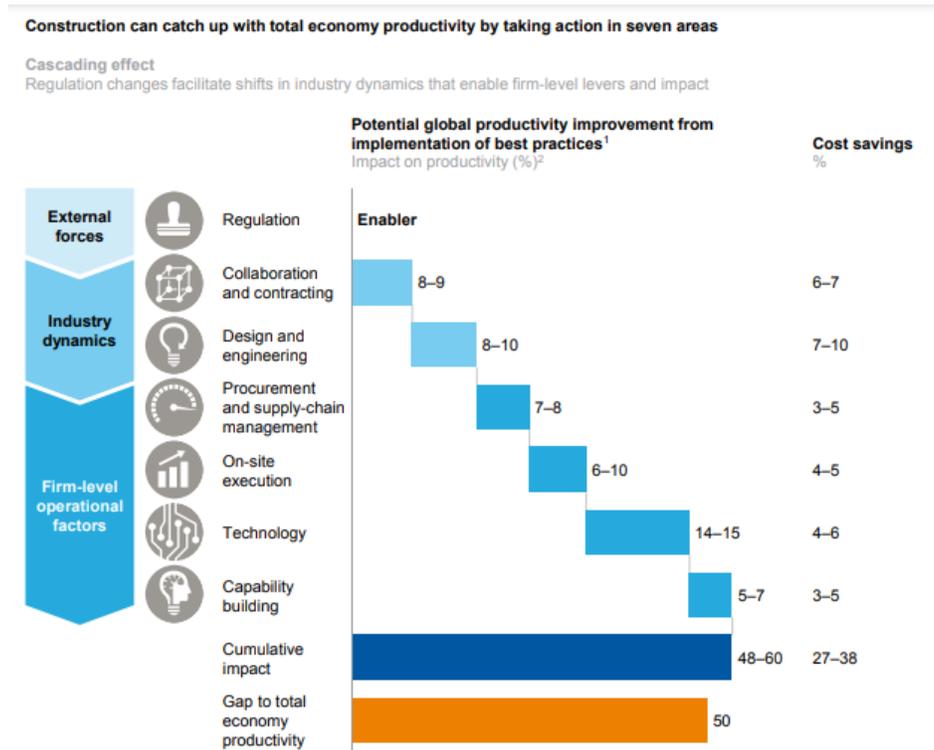


Imagen 5: Áreas de mejora para aumentar productividad.

## 3 Metodologías de vanguardia

### 3.1 BIM

#### 3.1.1 Definición

De acuerdo con la ISO 19650, BIM (Building Information Modeling) es el uso de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación para formar una base confiable en la toma de decisiones.

O bien, visto de otra forma, es un método de trabajo que permite integrar todos los procesos y el flujo de información de manera que todo sea colaborativo e integrado para poder gestionar proyectos (arquitectura, ingeniería o construcción). También es un proceso que comprende la generación y gestión de la información física y funcional de un proyecto. (Manosalva, 2020).

El resultado de este proceso es un modelo de información que en última instancia es un archivo digital que describe todo el proceso que ha seguido el proyecto y que servirá en la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida de este para garantizar la correcta planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Se confunde el término de BIM con un software de modelado 3D, pero hay que aclarar que la metodología abarca más que el modelado. La metodología se refiere al proceso de todas las partes que están involucradas en el ciclo de vida del activo construido. La esencia está en la **información**, ya que toda la información que se recopila no solo es guardada, sino que es procesable. Esta información es de vital importancia ya que entre más datos o información se tenga, mejores serán las tomas de decisiones.

#### 3.1.2 Funcionamiento

La información del proyecto se comparte a través de un espacio virtual que es accesible para las personas que forman parte del proyecto. Este es comúnmente conocido como Common Data Environment (CDE), y los datos que se recopilan son los llamados modelos de información.

Estos modelos pueden ser utilizados en todas las etapas, desde el inicio hasta su funcionamiento, e inclusive para renovaciones, reacondicionamientos o el término de su vida.

Para poder implementar la metodología es de vital importancia que se gestione la información, intercambio de datos y documentos de una manera estructurada, por lo que resulta fundamental contar con el CDE para trabajar en un entorno seguro, ágil y estructurado.

Los beneficios de trabajar en un CDE es que:

- La información solo se genera una vez.
- Los cambios se realicen sobre las últimas versiones.
- Que la información se vaya enriqueciendo de forma ordenada a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
- Que exista un orden jerárquico en las personas que pueden modificar la información.

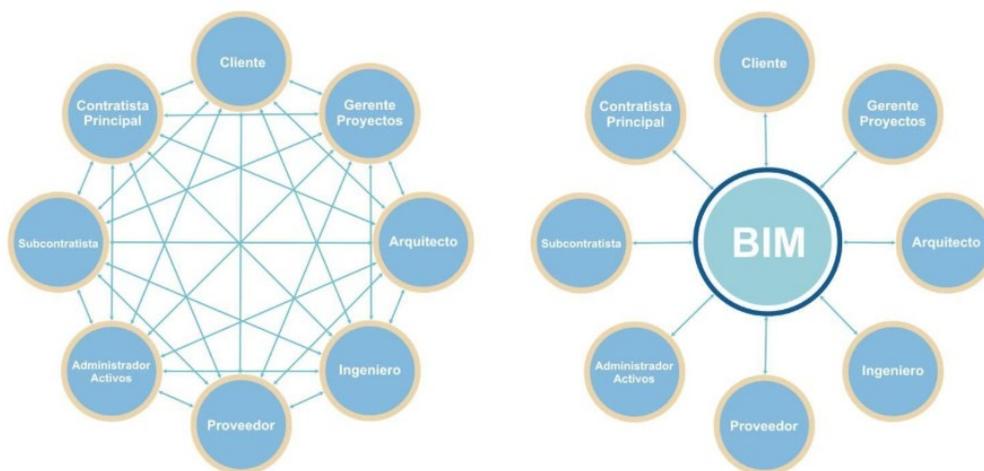


Imagen 6: Comunicación ineficiente y comunicación BIM.

### 3.1.3 Niveles BIM

Lo adecuado para un proyecto sería trabajar con un modelo donde se abarquen 7 dimensiones BIM.

1D La idea:

La primera dimensión y por tanto la más básica es la idea de la cual nace un proyecto, donde se piensa como llevarla a cabo con todos los estudios preliminares necesarios.

2D El Boceto:

Comienza donde se realizan los estudios proyectados, pre-estimaciones y pre-dimensionamientos, y se tiene en un plano la idea, además de que se establece el flujo de trabajo.

3D Modelado:

Esta dimensión representa las tres dimensiones (x, y, z) de un elemento. Esta representación nos ayuda a visualizar el proyecto como si estuviera ya construido. BIM 3D se desarrolla en la fase de diseño para visualizar los elementos constructivos e instalaciones de un nuevo activo o un activo ya existente. Entre sus beneficios están:

- Visualización. El cliente tiene una idea real y clara del cómo será el proyecto.
- Coordinación: Comunicación entre las distintas disciplinas para poder detectar errores en el diseño de una manera más rápida.
- Documentación final: Áreas y volúmenes precisos.

4D Planificación:

Hace referencia a la dimensión temporal con el objetivo de establecer los plazos de ejecución y lograr que se cumplan. A menudo tiene en cuenta la logística de obra, planificando qué y cuándo se necesitan los medios auxiliares, definiendo el tiempo, duración y la fase determinada de utilización. La utilidad del 4D es su dinamismo y

la capacitación de anticiparse a los posibles conflictos que puedan surgir en obra, para ser subsanados en la fase de diseño, donde el costo es notablemente inferior que en la fase de ejecución. Entre sus beneficios están:

- Optimiza la planificación y programación en la construcción.
- Coordinación precisa.
- Mejor preparación para las siguientes etapas en la fase de construcción.
- Se evitan retrasos.



Imagen 7: Simulación de avance físico.

### 5D Costo:

La estimación y control de costes afecta sobre la rentabilidad del proyecto. En la quinta dimensión BIM, se generan presupuestos, se realizan los estudios de viabilidad económica, se gestionan las ofertas y contrataciones, así como lo relacionado con el retorno de la inversión y beneficios en general. Entre sus beneficios están:

- Se tiene un presupuesto en tiempo real con cada modificación
- Se puede analizar un presupuesto a largo plazo.



Imagen 8: Simulación de avance físico y financiero.

#### 6D Sostenibilidad energética:

Se presenta un tema muy importante y valor agregado a las construcciones que es el tema de sustentabilidad, simulando así el posible comportamiento energético, permitiendo un análisis para la toma de decisiones técnicas y tecnológicas para optimizar el consumo de energía y reducir así los daños al medio ambiente. También se puede llamar Green BIM (BIM VERDE). Entre sus beneficios están:

- Se reduce el consumo energético a largo plazo.
- Instalación de componentes específicos de manera correcta (orientación de ventanas, luminaria, etc.)

#### 7D Mantenimiento:

Define la guía para alargar y mantener la calidad del proyecto una vez construido, incluye lo referente a las inspecciones, reparaciones, etc. Para los propietarios es una de las dimensiones BIM más importante, ya que repercute en su utilidad y la gestión de los costes de conservación. Debe documentar todo lo necesario para la gestión del espacio y su mantenimiento. Aquí el objetivo es saber qué, cuándo y cuánto. Entre sus beneficios están:

- Se mejora la calidad de prestación del servicio durante el ciclo de vida.

- Gestión óptima de todos los archivos e instalaciones desde el inicio al fin de ciclo de vida.
- Proceso de mantenimiento fácil y eficaz.

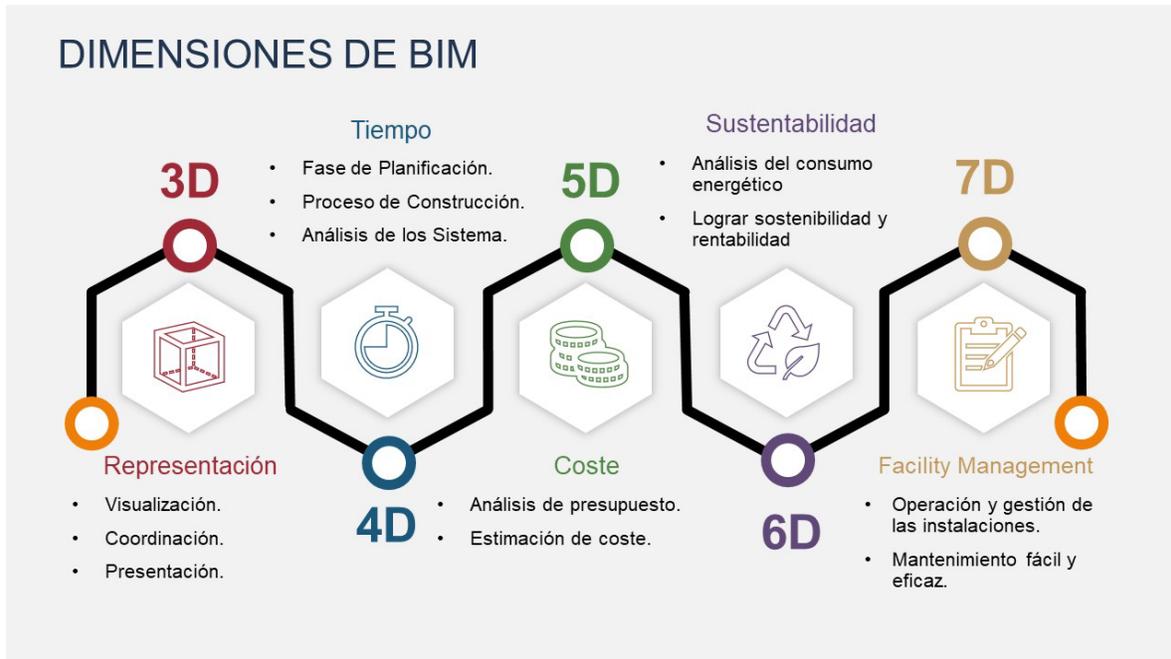


Imagen 9: dimensiones BIM.

### 3.1.4 Niveles LOD

Level Of Development (LOD) es una escala que estandariza el desarrollo de un elemento, tanto en su detalle gráfico como a la información que contiene. Es importante resaltar el apartado que solo se refiere a un elemento del modelo, no al modelo en su totalidad.

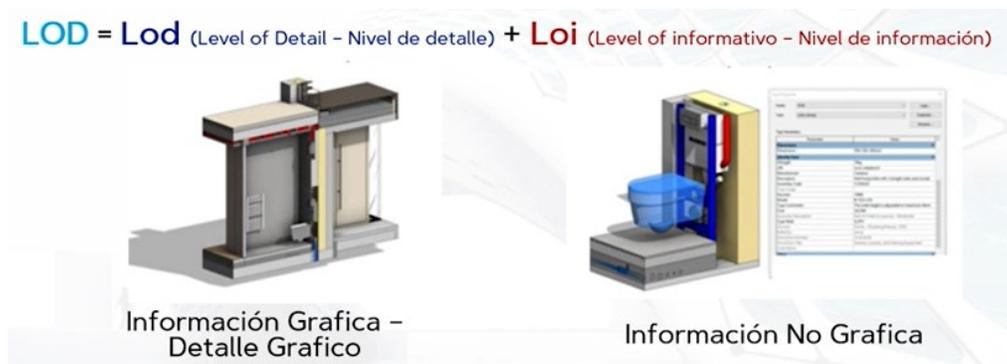


Imagen 10: Nivel de desarrollo (LOD).

El alcance de cada nivel LOD depende de cada autor, aunque hay instancias internacionales como lo es BIM Forum que se ha encargado de regular estos alcances. Estos niveles son los siguientes:

#### LOD 100:

Este nivel básico implica la enumeración de los elementos conceptuales de un proyecto, los cuales se definen de la siguiente manera:

El elemento objeto puede ser representado mediante un símbolo o una representación genérica. No es imprescindible definirlo geoméricamente, aunque esta definición podría depender de otros objetos que estén definidos tanto gráfica como geoméricamente. En fases muy avanzadas del proyecto, muchos elementos pueden mantenerse en este nivel de desarrollo.

#### LOD 200:

Este nivel se centra en la definición gráfica del elemento, detallando aproximadamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación con respecto al conjunto del proyecto. Además, puede contener información no gráfica.

El elemento objeto se define por su posición y cuenta con una definición geométrica preliminar. Incluye datos aproximados de dimensiones, forma, ubicación y orientación. Su uso está relacionado con elementos genéricos o cuya definición detallada proviene de fuentes externas al proyecto.

#### LOD 300:

Este nivel se centra en la definición gráfica detallada del elemento, especificando con precisión cantidades, tamaño, forma y/o ubicación en relación al proyecto completo. Además, puede contener información no gráfica pertinente.

El elemento objeto está completamente definido geoméricamente, incluyendo su posición dentro de un sistema constructivo específico, su uso y los detalles de

montaje como cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. También se considera la posibilidad de integrar información no gráfica asociada al elemento.

#### LOD 350:

Es similar al nivel LOD 300, solo que, además, incluye la detección de interferencias entre diversos elementos. Este nivel es típico en proyectos complejos que son desarrollados de manera independiente por disciplinas específicas o desagregaciones particulares del proyecto.

El nivel LOD 350 afecta significativamente al análisis, programación y coordinación del proyecto. Ocasionalmente, puede influir en el costo tanto a nivel de elementos individuales como en el conjunto del proyecto.

Este nivel suele modificar integralmente el proyecto en comparación con el LOD 300, siguiendo criterios definidos donde se prioriza el respeto a la estructura sobre las instalaciones, y estas a su vez sobre la arquitectura. Requiere una coordinación perfecta entre todos los agentes y disciplinas involucradas, asegurando una ejecución adecuada en obra y reduciendo drásticamente los errores y modificaciones posteriores.

#### LOD 400:

El elemento objeto está meticulosamente definido en su geometría, incluyendo su ubicación precisa, su pertenencia a un sistema constructivo específico, su función y los detalles completos de montaje. Se especifican detalladamente las cantidades, dimensiones, forma y orientación. Además, se proporciona información específica para la fabricación adaptada al proyecto, así como instrucciones detalladas para su instalación y puesta en obra.

#### LOD 500:

El elemento objeto está detalladamente definido en términos geométricos, incluyendo su posición precisa, su integración en un sistema constructivo específico, su función y los detalles completos de montaje. Se especifican con exactitud las

cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. Además, se considera la opción de incluir información no gráfica pertinente al elemento.

La información de este nivel se valida con respecto al estado final del proceso constructivo ("as built"), aunque no se aplica a todos los elementos del proyecto por igual.

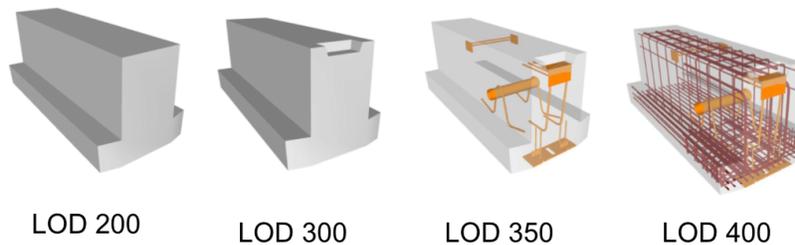


Imagen 11: Comparación de LOD.

## 3.2 Constructabilidad

### 3.2.1 Definición

Se puede definir el término de Constructabilidad como la integración de la experiencia y el conocimiento en la construcción. Se busca un equilibrio entre las metas del proyecto y las limitaciones de recursos (Espinosa, 2009).

Otra definición que menciona el Instituto de la Industria de la Construcción (CII) es la siguiente: Es el uso óptimo del conocimiento y la experiencia de construcción en la planeación, ingeniería, procuración y operaciones de campo para lograr los objetivos globales del proyecto.

Este mismo instituto incluye ciertas actividades las cuales considera básicas, entre las cuales se mencionan las siguientes:

- Asignar personal de construcción al departamento de ingeniería para que ambos colaboren durante la fase de diseño.
- Permitir que el personal de construcción revise periódicamente los documentos que se elaboran en la etapa de diseño.

- Establecer programas de preensamble y/o modularización.

### 3.2.2 Filosofía

La filosofía que sigue esta metodología se basa en tener conocimiento y experiencia en la construcción para asegurar que las consideraciones de construcción son incorporadas en todas las etapas del proyecto, en donde están incluidos los estudios de factibilidad, planeación conceptual, diseño, procuración, así como en la construcción.

También se busca dar certeza al constructor sobre la integración y definición completa del proyecto del que está encargado de ejecutar. Además de promover el trabajo en equipo durante el ciclo de vida.

Entonces el objetivo principal es fusionar las “culturas” de ingeniería y construcción, ya que así el proyecto será más constructivo. El diseñador debe tener la disposición de entender, prever los problemas que el constructor por su experiencia tiene y por otra parte que el constructor entienda lo que está proponiendo el diseñador para llegar a un acuerdo.

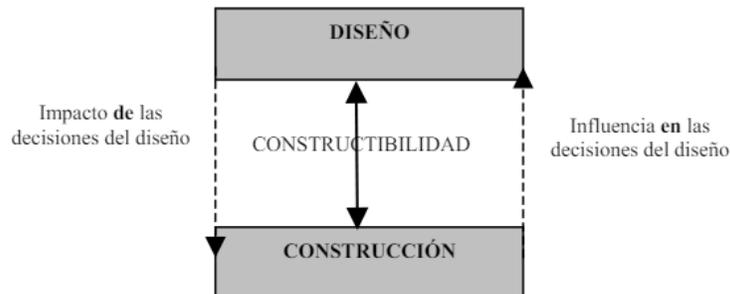


Imagen 12: Ámbito de la Constructibilidad.

### 3.2.3 Principios de Constructibilidad

El CII en su Manual de Constructibilidad identifica 12 principios que se deben aplicar en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto, las cuales son las siguientes:

1. Integración: La Constructibilidad debe de ser una parte integral del plan de ejecución.

2. Conocimiento constructivo: El plan integral debe de contar con conocimiento y experiencia constructiva
3. Equipo experto: El equipo debe ser experto y de una apropiada composición.
4. Objetivos comunes: La Constructabilidad aumenta cuando el equipo consigue comprender lo que el cliente requiere.
5. Recursos disponibles: La solución debe de ser acorde a los recursos disponibles.
6. Factores externos: Se deben considerar los factores externos ya que estos pueden alterar el costo y/o el programa de obra.
7. Programa: El programa debe ser realista, es decir adecuado para que el constructor pueda ejecutarlo.
8. Métodos constructivos: El diseño debe considerar los procesos constructivos que se van a adoptar.
9. Asequible: La Constructabilidad es mayor si se toma en cuenta una construcción asequible.
10. Especificaciones: Se incrementa la Constructabilidad cuando se considera los niveles de eficiencia que se pueden tener.
11. Innovaciones constructivas: Si se logra, se tiene una mayor Constructabilidad.
12. Retroalimentación: Se debe de realizar un análisis posterior a la construcción para obtener conclusiones y mejorar en próximos proyectos.

Conceptualmente la beneficio de la Constructabilidad puede medirse por la disponibilidad para influir en el costo total del proyecto, de modo que como se ve en la imagen 13, a etapas tempranas del proyecto, el beneficio es mayor.

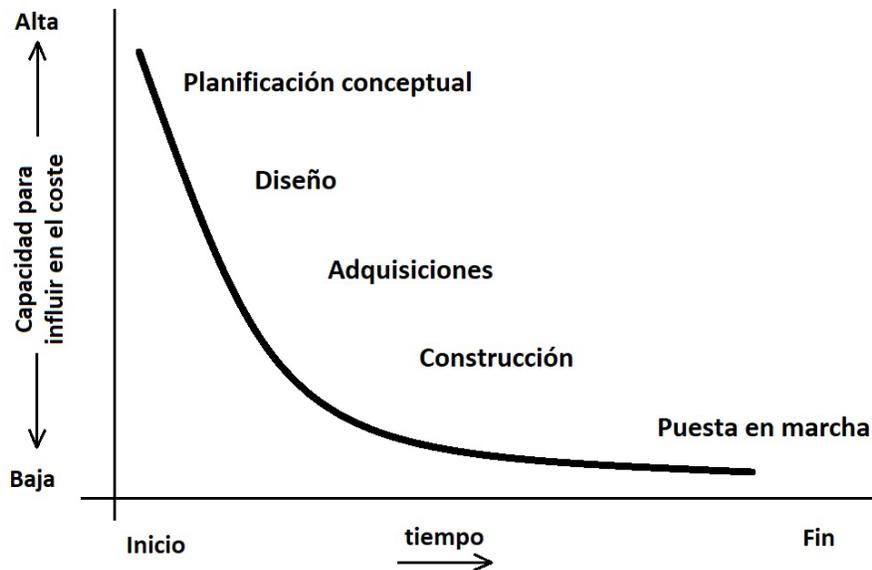


Imagen 13: Disponibilidad de influir en el costo de un proyecto.

La metodología busca cumplir los siguientes objetivos:

- Que los proyectos tengan cero accidentes, incidentes y lesiones.
- Que el trabajo tenga la mayor calidad posible y que satisfaga las necesidades del proyecto.
- Implementar técnicas que maximicen el rendimiento.
- Realizar un esfuerzo coordinado entre ingeniería, procuración y construcción que produzca un plan de trabajo para poder cumplir las metas.
- Mejorar continuamente la eficacia del costo del proyecto.

Es importante mencionar que la Constructabilidad no finaliza con el término de la construcción, sino que además hay que incluir las actividades de mantenimiento como pueden ser las instalaciones, reposición de materiales, acabados, etc.

### 3.2.4 Constructabilidad en las diferentes etapas

Constructabilidad durante el diseño:

Esta etapa se enfoca en obtener diseños que permitan que la construcción sea eficiente sin afectar otros aspectos como la calidad, operatividad, durabilidad y apariencia, además de

- Optimizar el diseño haciendo modulaciones para facilitar la construcción.
- Realizar especificaciones de construcciones coherentes y eficientes para el constructor.
- Reducir costos de materiales creando situaciones donde se minimice el desperdicio.
- Reducir las horas de trabajo creando diseños que implementen menos mano de obra especializada.
- Reducir el tiempo total de construcción, optimizando la ejecución.
- Reducir los costos de los equipos y herramientas creando planes que hagan más eficiente su uso.

Constructabilidad durante la procura:

Esta etapa se enfoca en asegurar que los equipos y materiales estén disponibles en el lugar y momento que sean requeridos para evitar situaciones de contratiempos.

Se orienta a:

- Revisar dimensiones y pesos de los equipos o materiales para crear un plan de procura.
- Asegurar que las piezas lleguen en paquetes con dimensiones que permitan su traslado en el lugar de trabajo.
- Proporcionar asesoramiento al equipo del proyecto en cuestión de materiales alternativos que logren el mismo propósito que los materiales primeramente considerados, pero más fácilmente disponible o de menor costo.
- Las entregas de material a granel deben de ser congruentes con las necesidades de construcción en campo.

Constructabilidad durante la construcción:

Esta etapa se centra en ahorrar tiempo y costo sin comprometer otros objetivos.

Se orienta a:

- Reducir el tiempo de construcción optimizando las condiciones de ejecución y minimizando retrabajos.
- Reducir horas de trabajo creando condiciones que mejoren la productividad o creando diseños que requieran menor mano de obra.
- Reducir los costos del equipo y herramientas creando condiciones que hagan más eficiente su uso.
- Reducir costo de materiales a través de diseños más eficiente y minimizando el desperdicio.
- Crear lugares de trabajo más seguros, tanto como sea posible.

### **3.3 Lean Construction**

#### **3.3.1 Antecedentes**

El Lean Lexicon define Lean Production como un sistema de negocio para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con los clientes.

Se requiere de menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos y que se tengan los menores defectos comparados con el sistema de producción en masa. Este sistema fue implementado en la década de los 50's por Toyota y obedece al hecho de que este utiliza menos de "todo" comparado con la producción en masa, dando lugar a menos defectos y produce una mayor variedad de productos.

Se busca lograr esto mediante la eliminación de desperdicio (improductividad o actividades que no añaden valor). Por lo cual como primer paso hay que determinar qué es el valor en términos del cliente.

Lean es más que un conjunto de herramientas y prácticas, estas emanan de una serie de principios que deben de integrarse en la cultura de organización antes que cualquier cosa.

Una forma visual de representar en un mismo diagrama los elementos característicos del sistema Lean es "La casa".

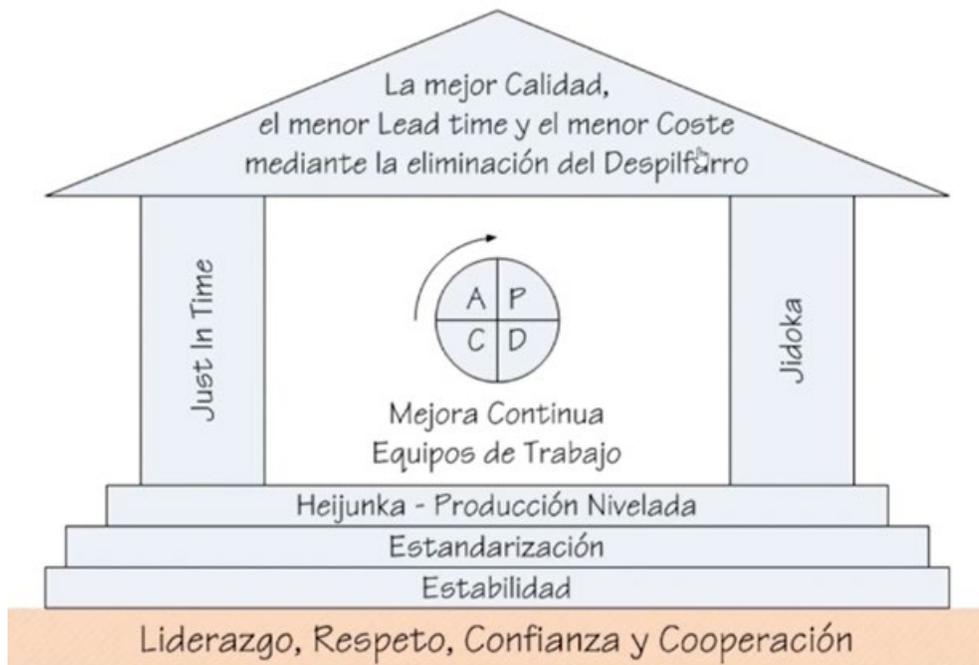


Imagen 14: Elementos característicos del sistema Lean.

Lo más importante a resaltar de la imagen 14 es la forma en que se complementen entre sí todos los conceptos.

- El techo, representa los objetivos que se buscan, como pueden ser mejorar la calidad y disminuir los costos.
- Los pilares sobre los que se apoya son “Just-in-Time” (quiere decir producir lo que se necesita y cuando se necesita) y el otro pilar “Jidoka” (quiere decir calidad inherente al proceso de producción).
- El centro es la mejora continua para reducir el desperdicio gracias a la participación de todo el equipo de trabajo.
- La base sobre la que se sostiene todo el sistema es la filosofía, acompañado de conceptos como la gestión visual, la estandarización y el nivelado de la producción.

### 3.3.2 Concepto de desperdicio

Según la filosofía Lean, todo lo que no es valor para el cliente es muda o desperdicio, por lo cual puede ser eliminado o minimizado. Para los japoneses el termino de muda

es toda aquella actividad que absorbe recursos, pero no crea valor, fallos que precisan rectificación, producción de artículos que nadie desea y el consiguiente amontonamiento de existencias y productos sobrantes.

Se pueden clasificar los desperdicios de la siguiente manera:

- **Sobreproducción:** Producción de cantidades mayores a las requeridas o más pronto de lo necesario.
- **Esperas o tiempo de inactividad:** Esperas o interrupciones del trabajo debido a la falta de datos, información, especificaciones u órdenes, etc.
- **Transporte innecesario:** Se refiere al traslado que no es necesario en la obra. Por lo general está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información. Sus principales consecuencias son pérdida de energía, pérdida de horas de trabajo, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas durante el transporte.
- **Sobreprocesamiento:** Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de material prima, equipos, energía, etc.
- **Exceso de inventario:** Se refiere al inventario innecesario o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (por deterioro, por ejemplo).
- **Defectos de calidad:** Se refiere a los errores en el diseño, mediciones, métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco calificada, etc. Esto trae como consecuencia la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.

### **3.3.3 Principios Lean**

El pensamiento Lean tiene siete principios básicos que fueron definidos por Womack y Jones en 1996 y son los siguientes:

1. **Valor:** Lean es crear valor para el cliente. Esto implica entender que es lo que busca el cliente.
2. **Value Stream (cadena de valor):** El siguiente paso es identificar la cadena de valor, la cual puede entenderse como todas las actividades que son

necesarias para la transformación de materiales e información en un producto o servicio terminado y que es entregado al cliente que va desde la concepción del diseño hasta su entrega.

3. Flujo: Una vez que se identifica el valor para el cliente, se tiene la cadena de valor y se han eliminado las operaciones que causan desperdicio, se debe hacer que fluyan las operaciones creadoras de valor
4. Sistema Pull: Es un componente fundamental del Just-in-Time y se esfuerza por eliminar el exceso de inventario y la sobreproducción.
5. Perfección: Lean Lexicon define perfección como un proceso que proporciona puro valor el cual ha sido definido por el cliente, sin ningún desperdicio. Para lograr esto son fundamentales 3 herramientas, el Kaizen (mejora continua), la estandarización de procesos y un plan de acción.
6. Transparencia: Al tener acceso a más información resulta más fácil descubrir mejores métodos para la creación de valor.
7. Capacitación: Lean exige a todo el equipo de la cadena de flujo de valor que se tenga una continua atención para que se mantenga el flujo y eliminar el desperdicio.

Por lo tanto, Lean Construction es la aplicación de todos los principios y herramientas Lean al proceso completo de un proyecto, desde su concepción hasta su ejecución y puesta en marcha.

Se debe entender Lean como una filosofía de trabajo que busca la excelencia de una empresa, por lo tanto, sus principios pueden aplicarse en todas las fases de un proyecto.

#### **3.3.4 Lean en las diferentes etapas:**

Lean durante el diseño:

En la fase de diseño el equipo debe crear múltiples alternativas, basadas en los requisitos de diseño, las limitaciones y el presupuesto. El objetivo es encontrar

aquella alternativa que cumpla mejor con los propósitos del propietario y entregar el máximo valor al cliente.

Así mismo durante esta etapa, se deben examinar todos los diseños, los modelos virtuales de modo que se alinee el uso real con el diseño, lo que permite seguir los requisitos funcionales.

Lean durante el suministro:

El suministro Lean consiste en la ingeniería de detalle, fabricación y entrega, lo cual requiere como requisito previo el diseño del producto y del proceso para que el sistema conozca con detalle lo que se debe de producir y cuando deben de ser entregados esos componentes. Los planes de suministro están diseñados para facilitar la entrega Just-in-Time de materiales a la obra.

Lean durante la ejecución:

Se inicia con la entrega de información, materiales, mano de obra, herramientas o componentes necesarios para ejecución de la obra o instalación termina con la finalización de las instalaciones y puesta en marcha del edificio o infraestructura.

Aquí se debe controlar la producción y mantener el flujo continuo de materiales e información a lo largo de toda la obra a medida que esta avanza según un sistema Pull.

Fase de uso y mantenimiento:

Concluye cuando el cliente tiene un uso beneficioso de la instalación o edificio, que por obvias razones se produce después de la entrega y puesta en marcha del edificio, instalación o infraestructura.

Por último, finaliza con el cierre de la obra, los retoques definitivos, la explotación y mantenimiento del edificio.

## 4 Beneficios de un modelo 3D con REVIT

Los programas de modelado se han convertido en una herramienta indispensable en todos los sectores relacionados con la industria de la construcción. Este tipo de tecnologías aportan considerables beneficios para la consecución de proyectos de ingeniería.

Un modelo 3D es un proceso que permite elaborar una representación digital de un elemento mediante el uso de un software de dibujo. Este modelado tiene multitud de usos, ya que nos permite representar productos o elementos físicos de manera precisa de modo que se tiene una visión más global de cómo se está visualizando el proyecto.

Ahora bien, hablando del software REVIT, el modelo que se genera no solo describe la geometría de los elementos del modelo, sino que también captura el propósito del diseño y las relaciones lógicas entre los elementos que conforman el modelo, además que es posible guardar información en cada elemento de modo que se tiene toda la información que se pueda requerir para las diferentes áreas que intervienen en el proyecto.

A continuación, se mencionan cuáles son los beneficios que tiene realizar un modelo 3D con REVIT:

- Representar de manera precisa un proyecto: El uso de un modelo 3D permite desde la primera etapa del proyecto, la visualización previa de los objetos, tanto en dimensiones como en detalle, sin necesidad de realizar algún gasto en cuanto a recursos para la construcción. Esto ayuda a que se conozcan las necesidades del cliente y que, en caso de ser necesarios ajustes, sean más visibles los cambios, ya que una representación en 3D es más fácil de asimilar para cualquier persona que no esté relacionada con el campo de la ingeniería.

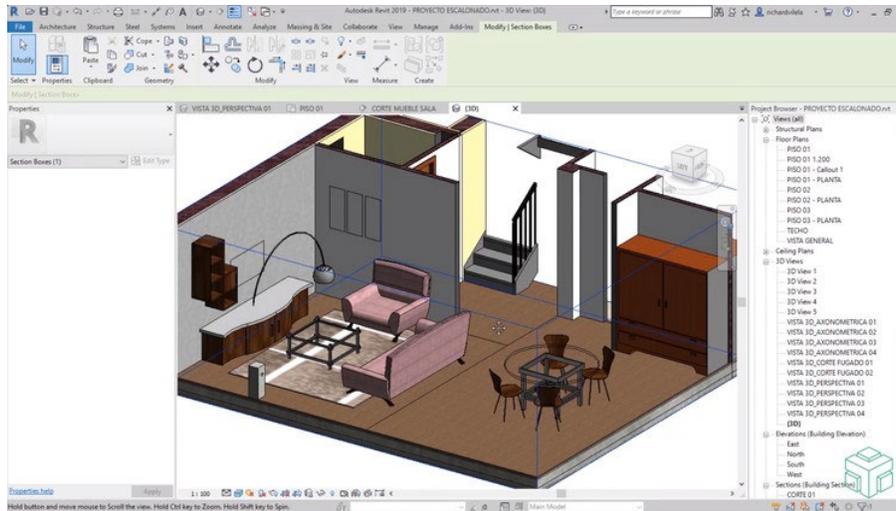


Imagen 15: Representación de un departamento.

- Mayor colaboración y comunicación: Al tener un modelo digital que busca integrar toda la información de los involucrados, se genera una mayor colaboración. Esto debido a que para lograr el que el modelo 3D esté terminado en su totalidad, todas las especialidades deben de conocer el trabajo de los demás, de modo que la comunicación entre todos es fundamental, aspecto que hasta hoy en día es difícil de ver en proyectos pequeños.

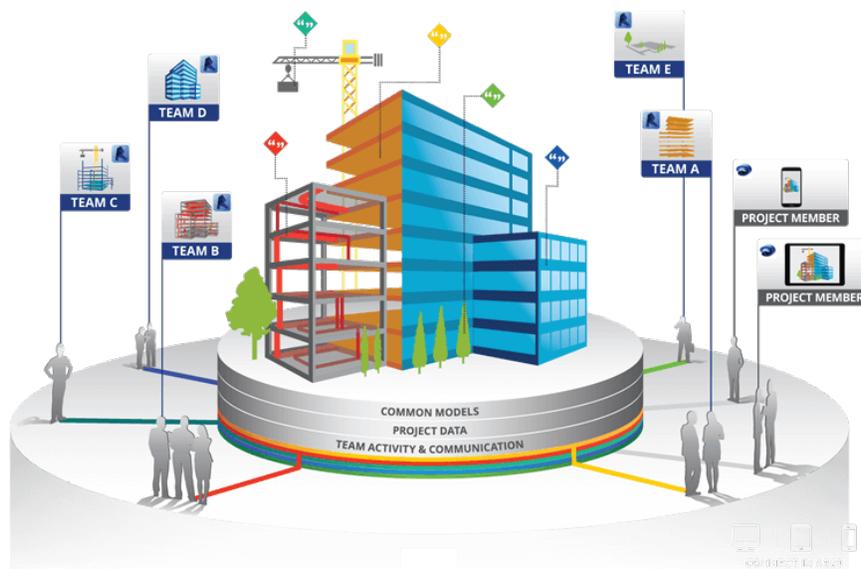


Imagen 16: Ejemplificación de la colaboración.

- **Automatización:** Toda la información que se utiliza para crear un modelo de Revit se aloja en una única base de datos. Esto significa que cada vez que realiza un cambio en el modelo, la base de datos se actualiza. Los cambios se llevan a cabo a lo largo de todo el modelo, lo que permite la automatización y hace que el proceso de diseño del edificio sea más eficiente.
- **Proyectos mejor compatibilizados:** El modelo 3D permite evaluar que todas las áreas tengan un correcto desenvolvimiento y no se perjudiquen las unas a las otras. En 2D generalmente solo se usan líneas para representar tuberías y en caso de que estas pasen por un ducto muchas veces no conocemos las dimensiones reales para evaluar si es que es posible pasarlas a través de este ducto. Con el modelo 3D, al momento de ir colocando las instalaciones o cualquier otro elemento como muros o elementos estructurales, si llega a haber una interferencia el software es capaz de detectar estos errores y avisar para su corrección.

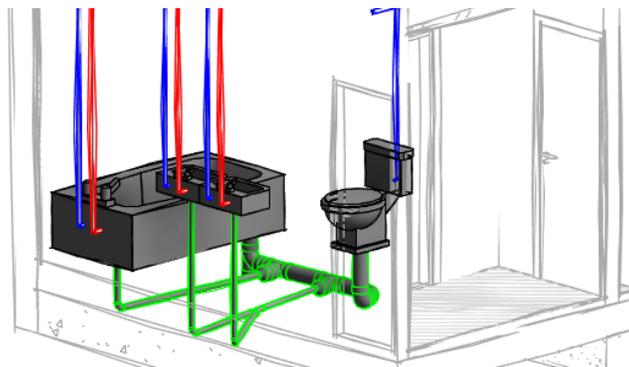


Imagen 17: Detección de interferencias.

- **Estimación de recursos y costos basados en los modelos:** El software tiene la capacidad de almacenar información de todos los elementos que conforman el modelo. Esto permite que conforme se va avanzando en el modelo, al mismo tiempo se tienen los volúmenes necesarios de cada elemento. De modo que al conocer el volumen y su precio unitario se tiene el presupuesto. Anteriormente con los softwares CAD, esta cuantificación de materiales tenía

que hacerse por una persona que tuviera que apoyarse en los planos para poder obtener volúmenes.

Derivado de lo anterior, puede deducirse que al usar el software se tiene un gran ahorro de tiempo.

<HORMIGÓN>			
A	B	C	D
Material: Name	Family	Mark	Material: Volume
Hormigón, Moldeado in situ, gris	M_Zapata-Rectangular	Z2	0.06 m³
Hormigón, Moldeado in situ, gris	M_Zapata-Rectangular	Z1	0.06 m³
Hormigón, Moldeado in situ, gris	M_Zapata-Rectangular	Z1	0.06 m³
Hormigón, Moldeado in situ, gris	M_Hormigón-Rectangular-Pilar	P1	0.06 m³
Hormigón, Moldeado in situ, gris	M_Hormigón-Rectangular-Pilar	P1	0.06 m³
Hormigón, Moldeado in situ, gris	M_Hormigón-Rectangular-Pilar	P1	0.06 m³
Hormigón, Moldeado in situ, gris	M_Hormigón-Viga rectangular	001	0.11 m³
Hormigón, Moldeado in situ, gris	M_Hormigón-Viga rectangular	051	0.12 m³
Hormigón, Moldeado in situ, gris	Floor		0.78 m³
Hormigón, Moldeado in situ, gris	M_Hormigón-Viga rectangular	101	0.11 m³
Hormigón, Moldeado in situ, gris	M_Hormigón-Viga rectangular	152	0.12 m³
Hormigón, Moldeado in situ, gris	M_Hormigón-Viga rectangular	102	0.06 m³
Hormigón, Moldeado in situ, gris	M_Hormigón-Viga rectangular	151	0.06 m³
			1.75 m³

Imagen 18: Estimación de materiales.

- Cambios más rápidos: Con el CAD, si se le hacía un cambio a una planta, se tenía que realizar el cambio de los cortes, además de volver a cuantificar estos cambios. Con el uso de REVIT, cualquier cambio que se decida hacer en el modelo, de manera inmediata se actualizan todas las vistas, lo cual visto de otro modo también es un ahorro de tiempo.  
Otro cambio que se facilita es el de poder poner restricciones a los elementos, de manera que cuando se altera un elemento, los elementos con los cuales queda restringido también se cambian para mantener el propósito del diseño del modelo. Por ejemplo, si se fija la parte superior de un muro al techo, al elevar o bajar la cubierta, los muros responden a la restricción y permanecen conectados con el techo.
- Obtención de vistas: Muestra el modelo desde un punto de vista específico, por ejemplo, un plano de planta o una sección del modelo. Todas las vistas son actuales; los cambios realizados en un objeto de una vista se propagan a otras vistas del modelo, de forma que todas las vistas se mantienen sincronizadas. Las vistas también establecen las ubicaciones donde se sitúan

los elementos del modelo en el momento de colocarlos. Por ejemplo, una vista de plano de cubierta establece el plano de trabajo utilizado para colocar la cubierta, de forma que esta se sitúe a la altura correcta.

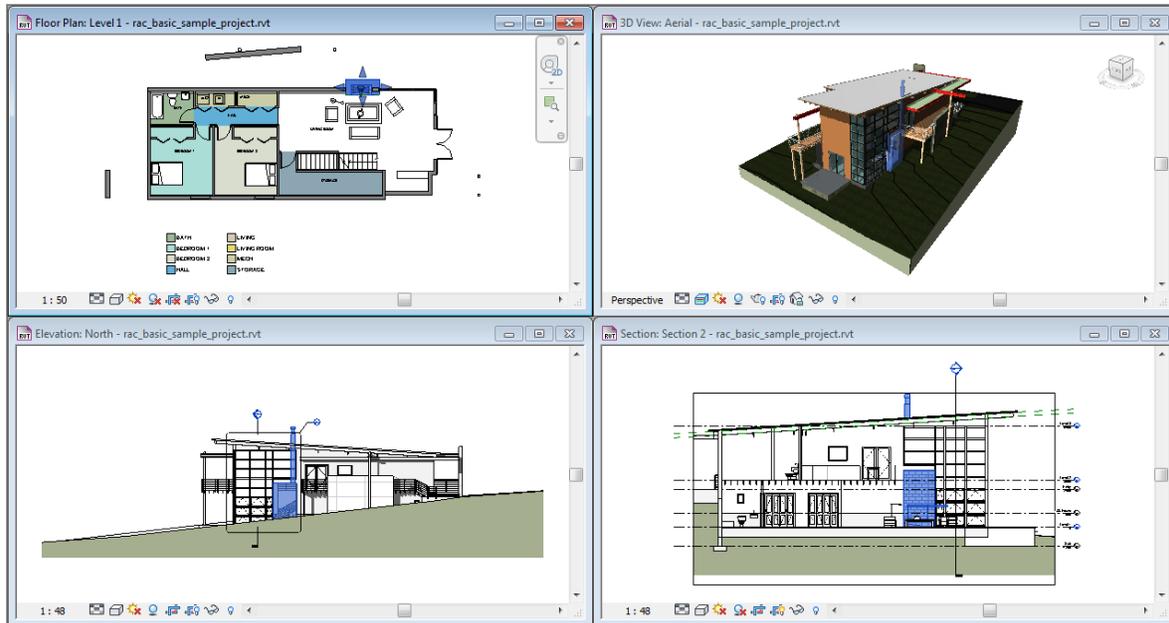


Imagen 19: Diferentes vistas del proyecto.

## 5 Caso de estudio

El caso de estudio (imagen 20) consta de una vivienda residencial alojada en un terreno de aproximadamente 36.00 x 15.00 m (540 m<sup>2</sup>).

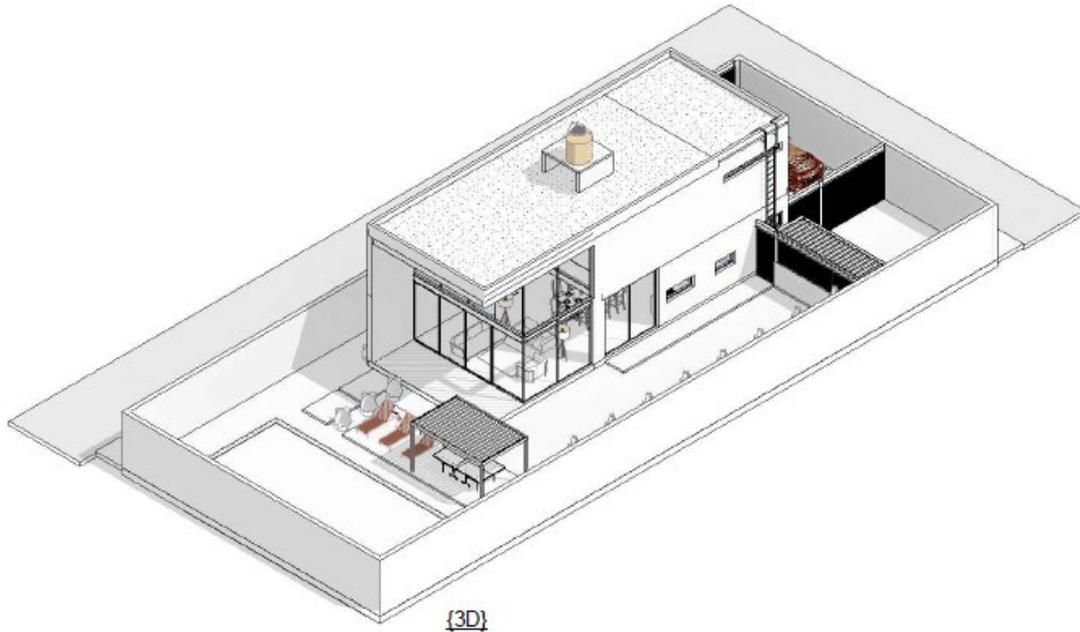


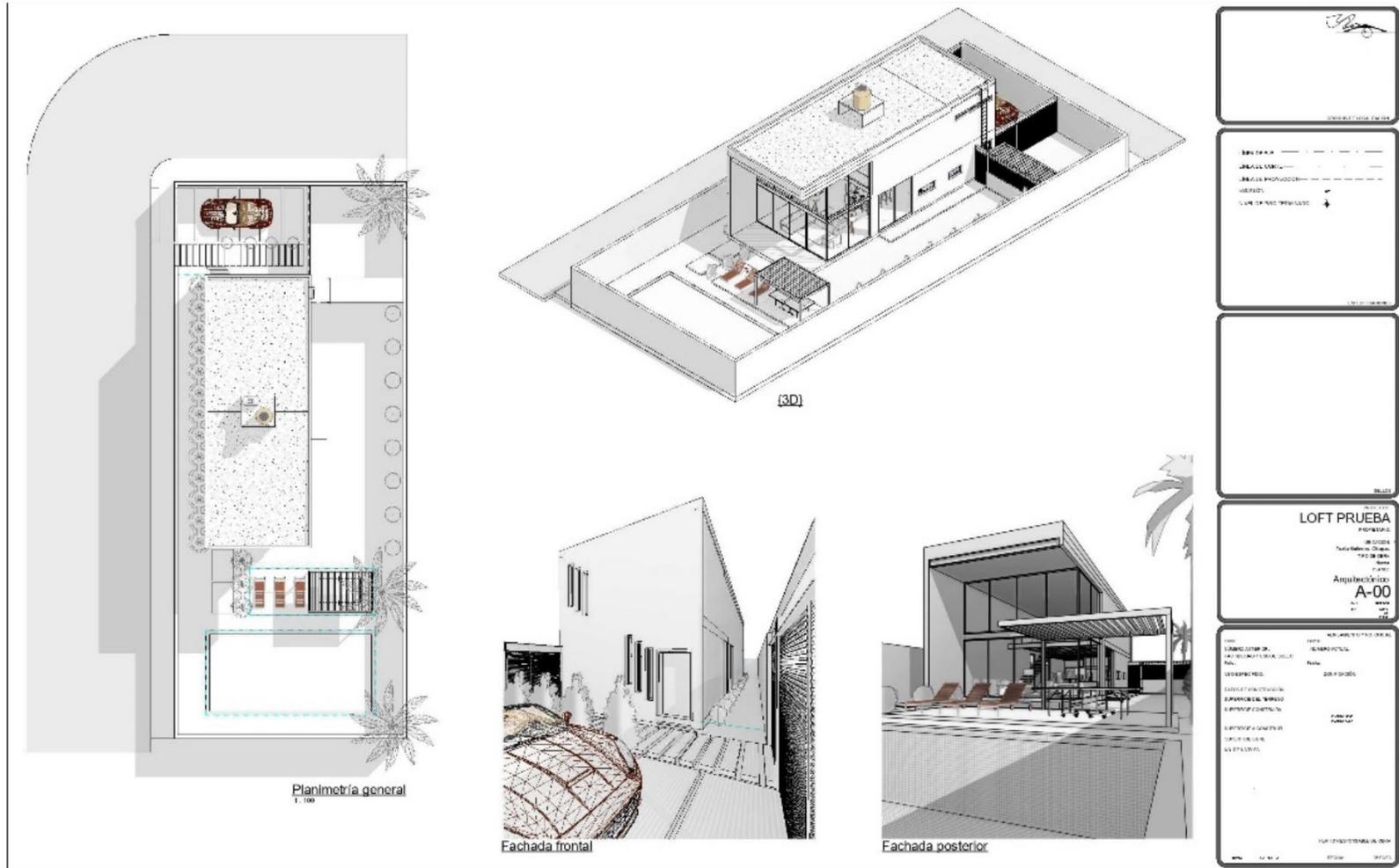
Imagen 20: Vista 3D del caso de estudio.

Para esta vivienda se realizó el modelado arquitectónico, estructural, instalación hidrosanitaria, instalación eléctrica e instalación de gas. Cabe destacar que en cuanto a diseño (cálculos), estos fueron obtenidos previamente para poder realizar el modelado y no se presentan en este trabajo; esto debido a que el fin de éste va enfocado a modelado 3D.

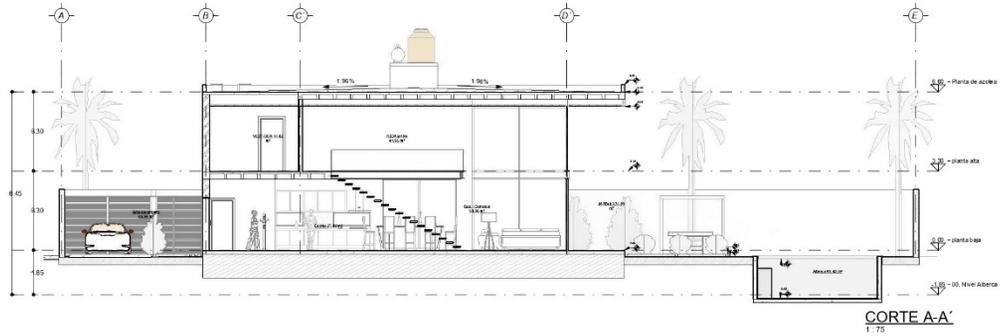
Por lo cual a continuación se muestran los planos y cuantificaciones que fueron obtenidos:

## 5.1 Diseño arquitectónico

### 5.1.1 Planos y cuantificaciones







PROYECTO DE LOCALIZACIÓN

LÍNEA DE E.L.E. \_\_\_\_\_

LÍNEA DE CORTE \_\_\_\_\_

LÍNEA DE PROYECCIÓN \_\_\_\_\_

ESCALA: 1:75

NIVEL DE PISO TERMINADO \_\_\_\_\_

ESPECIFICACIONES

PROYECTO A

LOFT PRUEBA

PROYECTO A

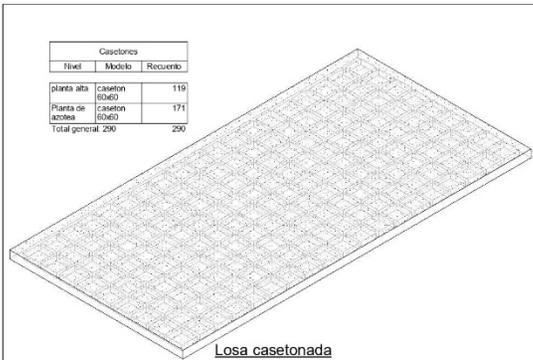
UBICACIÓN: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

TIPO DE OBRA: Reforma

Arquitectónico

A-02

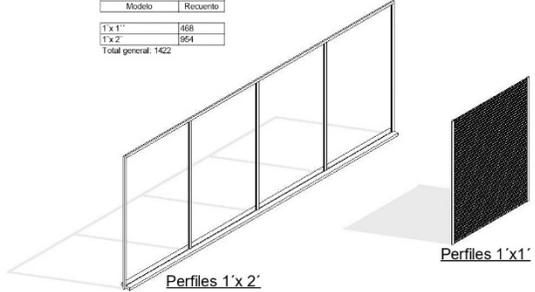
OBL: NÚMERO ANTERIOR: _____ FACTIBILIDAD Y USO DE SUELO: _____ USO ESPECÍFICO: _____	NÚMERO ACTUAL: _____ Fecha: _____ ZONIFICACIÓN: _____
DATOS DE CONSTRUCCIÓN: SUPERFICIE DEL TERRENO: _____ SUPERFICIE CONSTRUIDA: _____ SUPERFICIE A CONSTRUIR: _____ SUPERFICIE LIBRE: _____ NO. DE UNIDADES: _____	
PERITO RESPONSABLE DE OBRA: FECHA: _____	



Casiones		
Nivel	Modelo	Recuento
planta alta	caseton 60x60	119
Planta de azotea	caseton 60x60	171
Total general:		290

Losa casetonada

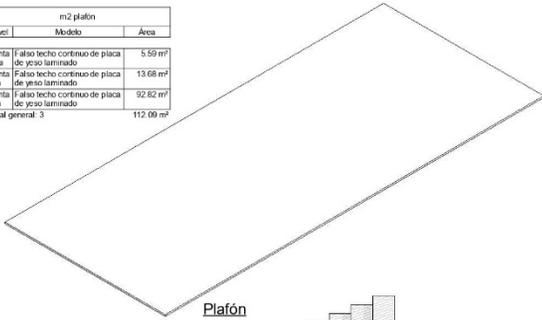
Perfiles	
Modelo	Recuento
1 x 1"	468
1 x 2"	964
Total general: 1432	



Perfiles 1'x2'

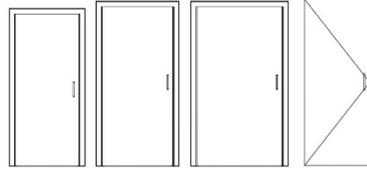
Perfiles 1'x1'

m2 plafón		
Nivel	Modelo	Área
planta baja	l aliso techo continuo de placa de yeso laminado	5.59 m²
planta alta	l aliso techo continuo de placa de yeso laminado	13.68 m²
planta alta	l aliso techo continuo de placa de yeso laminado	92.82 m²
Total general:		112.09 m²

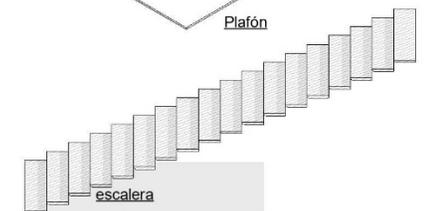


Plafón

Recuento puertas		
Nivel	Modelo	Recuento
planta baja	90 x 210 cm	1
planta baja	120 x 210 cm	1
planta alta	PUERTAS 1.0	1
planta alta	Puerta de cristal abatible en muro cofina	1
Total general:		4



Puertas



escalera

Recuento escaleras					
Modelo	Nivel base	Nivel superior	Profundidad de huella real	Número de contrahuellas real	Recuento
Escalera principal	planta baja	planta alta	0.30 m	19	1
Total general:			0.30 m	19	1

Materiales muro			
Material/Modelo	Materiales/Área	Materiales/Volumen	
Acabado veneciano	58.58 m²	0.83 m³	
Aplazado acabado repelido sobre muros, con mezcla cemento arena proporción 1:4, incluye suministro de materiales, acarreo, mano de obra, andamios, limpieza, herramienta y equipo.	537.10 m²	8.04 m³	
Aplazado liso sobre muros, con mezcla cemento arena proporción 1:5, incluye suministro de materiales, acarreo, andamios, mano de obra, equipo y herramienta.	548.56 m²	5.91 m³	
concreto crest	58.54 m²	0.83 m³	
Concreto para muros de alberca	35.58 m²	6.34 m³	
Marmol negro para muro de baño	49.53 m²	0.73 m³	
Muro de 12cm, de block de concreto de 20x20x40cm, asentado con mezcla de cemento arena 1:5, acabado común, con rebasos horizontales a base de escalera a cada 2 hiladas, incluye materiales, acarreo, mano de obra, equipo y herramienta.	73.91 m²	8.49 m³	
Muro de 20cm, de block de concreto de 20x20x40cm, asentado con mezcla de cemento arena 1:5, acabado común, con rebasos horizontales a base de escalera a cada 2 hiladas, incluye materiales, acarreo, mano de obra, equipo y herramienta.	268.10 m²	53.62 m³	
Muro doble de 14cm (28) de espesor, de labio rojo recocido, aplazado con mezcla cemento arena 1:5 acabado común, incluye: incluye materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	211.71 m²	53.05 m³	
separacion en baño	2.87 m²	0.01 m³	
Total general:		1861.48 m²	139.86 m³

Materiales suelos			
Material/Modelo	Materiales/Área	Materiales/Volumen	
Acabado veneciano	119.61 m²	1.78 m³	
Acabado	58.32 m²	0.87 m³	
Acuque	50.85 m²	0.64 m³	
Aplazado acabado repelido sobre muros, con mezcla cemento arena proporción 1:4, incluye suministro de materiales, acarreo, mano de obra, andamios, limpieza, herramienta y equipo.	60.79 m²	0.00 m³	
cemento crest	813.77 m²	121.37 m³	
Concreto de losa de azotea, hecho en obra de F'c=250kg/cm2	342.31 m²	21.71 m³	
Concreto de losa de cimentación, hecho en obra de F'c=250kg/cm2	118.59 m²	14.27 m³	
Concreto en firme de alberca	58.63 m²	8.78 m³	
CONCRETO EN LOSAS PARA MUEBLES FIJOS	4.27 m²	0.26 m³	
LOSA NERVADA F'c=250KG/CM2 ARM CON VAR #3 A CADA 15CM	152.08 m²	25.41 m³	
madera de acceso	17.69 m²	0.09 m³	
Metal - Chapado	561.08 m²	0.00 m³	
pavlo alfombra con riego durante 15 días,	312.97 m²	18.54 m³	
Piedra	106.31 m²	1.04 m³	
Piso de baño madera	15.76 m²	0.00 m³	
Piso de loseta interceramic, travertino royal, asentada con cemento crest,	65.08 m²	0.79 m³	
relleno con material de banco, compactado con rodillo vibratorio al 90% proleto	119.23 m²	119.25 m³	
Tablones de madera	18.15 m²	0.00 m³	
Tierra vegetal preparada para jardineria, incluye suministro, acarreo, edificación, mano de obra, equipo y herramienta	360.36 m²	108.11 m³	
Total general:		3364.74 m²	441.01 m³

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

---

ESPECIFICACIONES

---

SECCIONES

---

PROYECTO: **LOFT PRUEBA**

PROFESIONAL:

UBICACIÓN: **Tulla, Distrito de Chayma, EPICOR GENERAL**

Planos:

**Arquitectónico**

**A-03**

NO. DE PLANOS: 11

---

NO. DE PLANOS ANTERIORES: \_\_\_\_\_ NO. DE ALINEAMIENTO Y NO. OFICIAL: \_\_\_\_\_

NO. DE PLANOS ACTUALES: \_\_\_\_\_ NO. DE NÚMERO ACTUAL: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

USO ESPECÍFICO: \_\_\_\_\_ ZONIFICACIÓN: \_\_\_\_\_

DATOS DE CONSTRUCCIÓN: \_\_\_\_\_

SUPERFICIE DEL TERRENO: \_\_\_\_\_

SUPERFICIE CONTRUIDA: \_\_\_\_\_

SUPERFICIE A CONSTRUIR: \_\_\_\_\_

SUPERFICIE LIBRE: \_\_\_\_\_

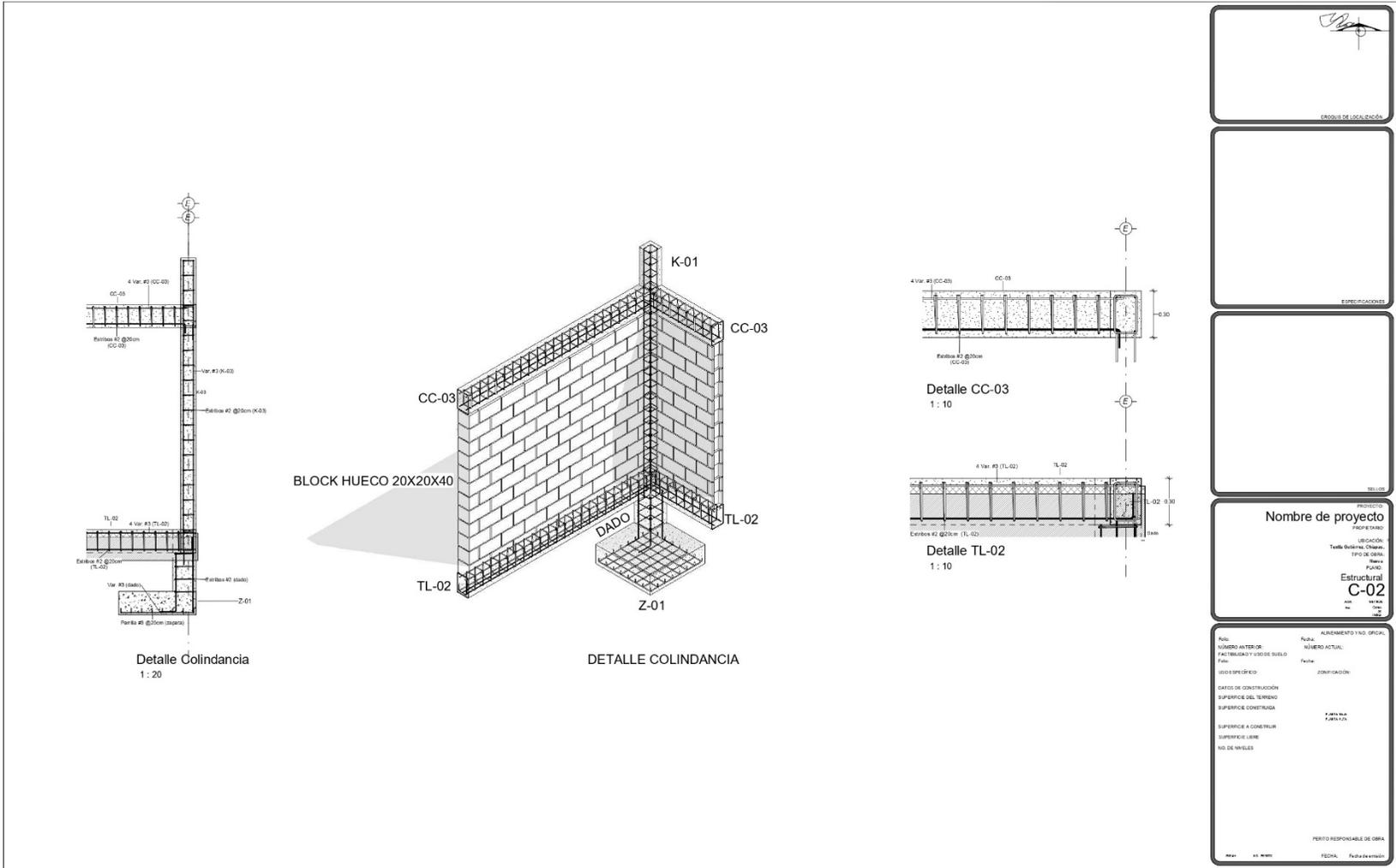
NO. DE VEHÍCULOS: \_\_\_\_\_

PERTO RESPONSABLE DE OBRA:

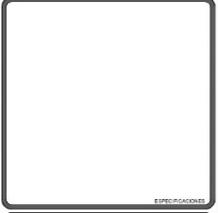
FECHA: 05/03/23



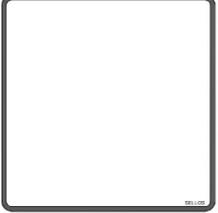




CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

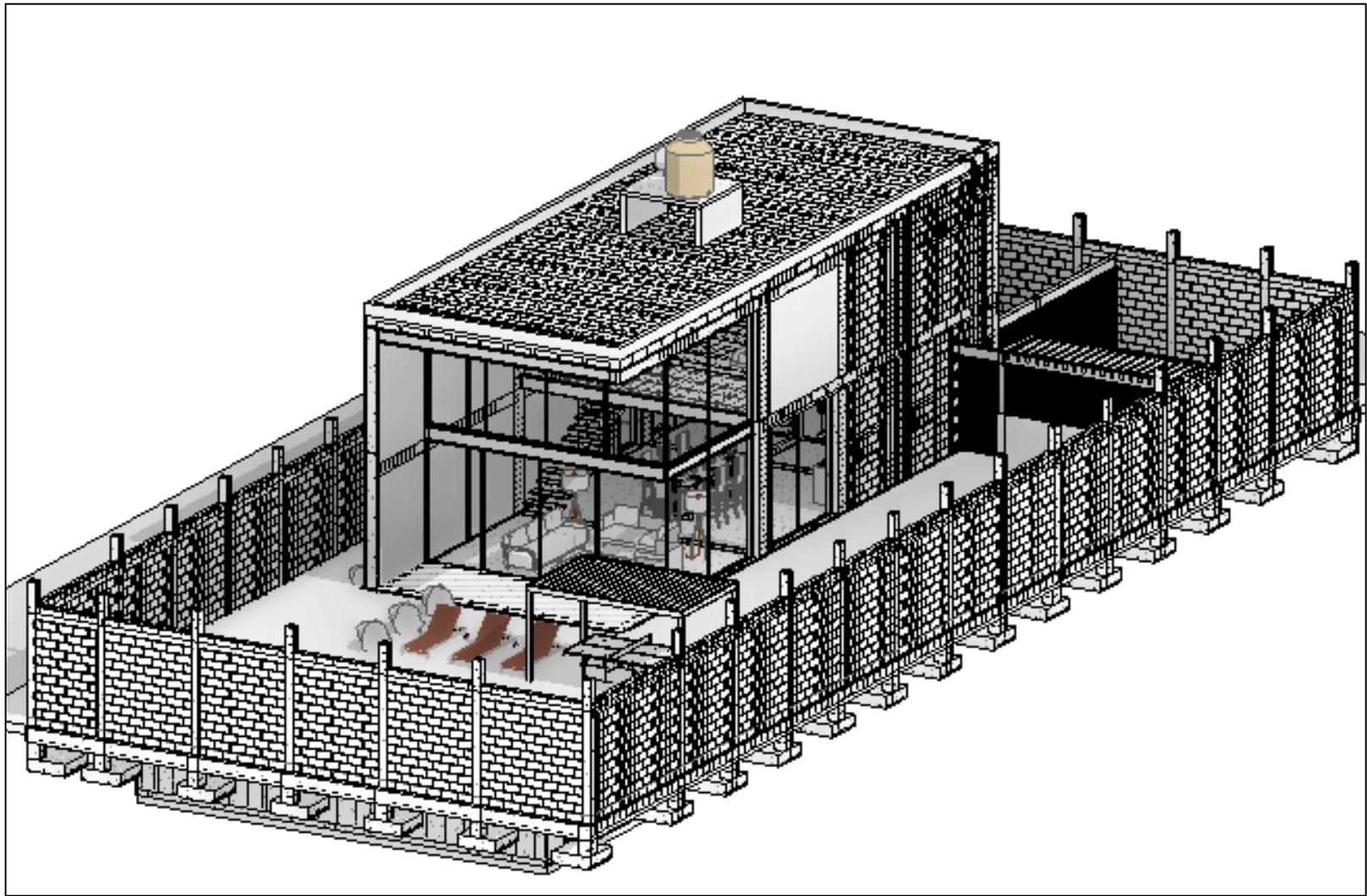


ESPECIFICACIONES



PROYECTO

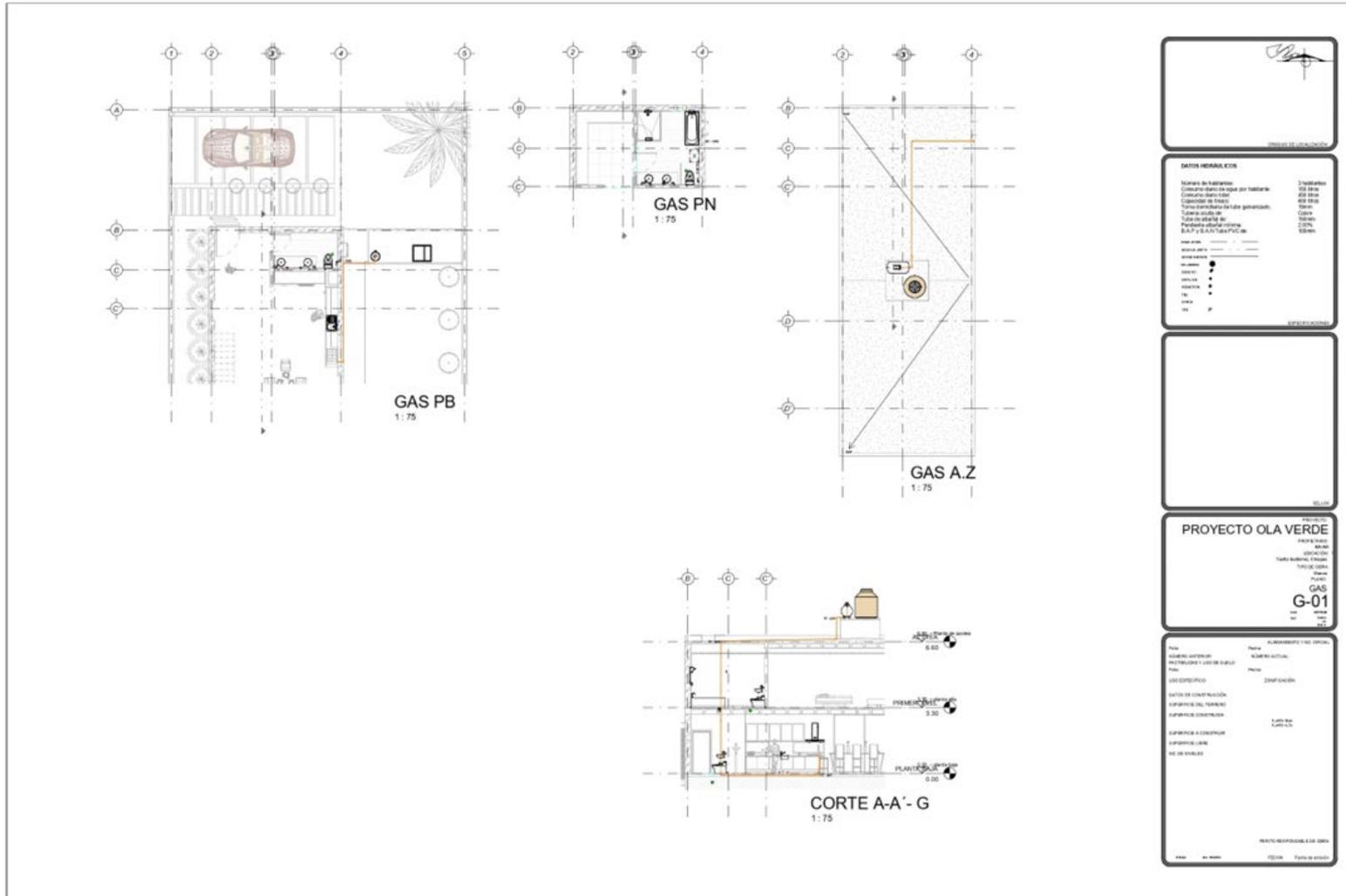
Nombre de proyecto

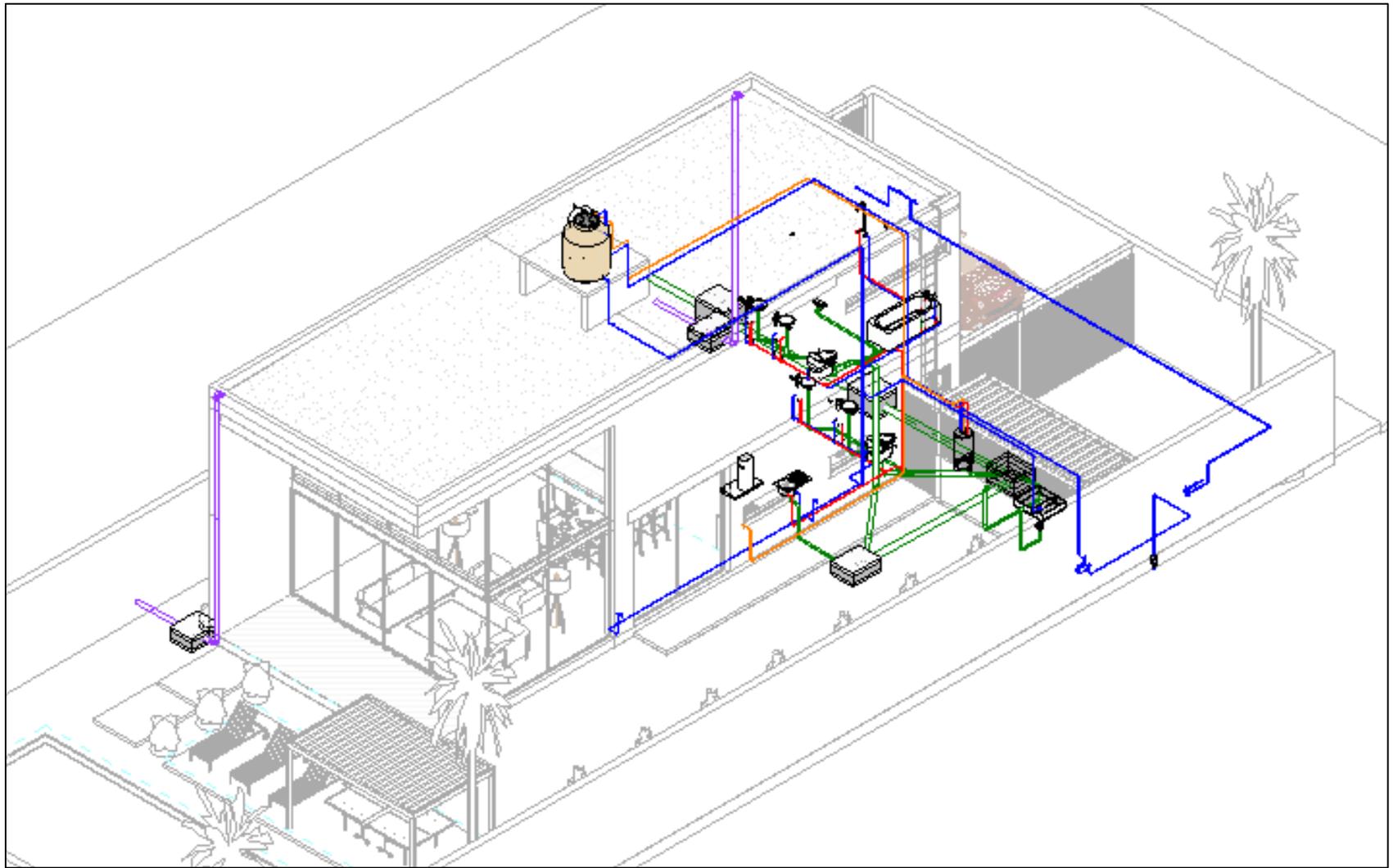












Recuento Tubería de 13mm					
Tipo de sistema	Familia y tipo	Modelo	Longitud	Recuento	Tiempos
Agua caliente	Tipo de tubería Cobre - helado 13mm	Cobre - helado 13mm	4.74	13	0.790302
Agua fría	Tipo de tubería Cobre - helado 13mm	Cobre - helado 13mm	5.18	17	0.862793
Total general:			9.92	30	1.653095

Recuento Tubería de 18mm					
Tipo de sistema	Modelo	Longitud	Recuento	Tiempos	
Agua caliente	Cobre - helado 18mm	20.51	20	3.41913	
Agua fría	Cobre - helado 18mm	79.26	81	12.544027	
Total general:			99.77	101	15.963157

Recuento Tubería de 50mm					
Tipo de sistema	Familia y tipo	Modelo	Longitud	Recuento	Tiempos
Sanitario	Tipo de tubería PVC - Sanitario 50mm	PVC - Sanitario 50mm	20.60	33	4
Total general:			20.60	33	4

Recuento Tubería de 90mm					
Tipo de sistema	Familia y tipo	Modelo	Longitud	Recuento	Tiempos
Pluvial	Tipo de tubería PVC - Sanitario 90mm	PVC - Sanitario 90mm	18.11	8	4
Sanitario	Tipo de tubería PVC - Sanitario 90mm	PVC - Sanitario 90mm	9.03	10	2
Total general:			27.14	18	4

Recuento Tubería de 150mm					
Tipo de sistema	Familia y tipo	Modelo	Longitud	Recuento	Tiempos
Sanitario	Tipo de tubería PVC - Sanitario 150mm	PVC - Sanitario 150mm	14.78	4	3
Total general:			14.78	4	3

Recuento Tubería de 25mm					
Tipo de sistema	Familia y tipo	Modelo	Longitud	Recuento	Tiempos
Agua fría	Tipo de tubería Cobre - helado 25mm	Cobre - helado 25mm	86.77	10	3
Total general:			86.77	10	3

Recuento muebles sanitarios	
Modelo	Recuento
Sanitara	1
Sanitara	1
Sanitara	1
Coladera fiteria mod. 24	1
Redonda negra	1
Urnaria	1
HELVEK Capilino 14102	4
HELVEK coladera 14104 E	1
HELVEK coladera 14104	5
HELVEK portapapel 14104	2
Trucha	4
PLUJOS	2
Registropintado	2
Registo sanitario	4
ROTORLAS Finajo	1
Sanitario Caster Zinos blanco	2
TIPY 500	1
Tanque estacionario 300 lbs. Modelo 141156	1
Total general:	34

Recuento unidades de:

Modelo	Recuento
Codo 18mm	7
Codo 40° 18mm	2
Codo de 18mm	58
Codo de 18mm	60
Codo de 25mm	3
Codo de 40° de 18mm	7
Codo de 90° de 18mm	14
Codo de 90° de 18mm	14
Codo de 90° de 18mm	7
Codo de 90° de 18mm	7
Codo de 90° de 18mm	1
Reductor 18mm	23
Reductor 18mm	3
Tee de 18mm	58
TEE CEE 18mm	2
Tee de 18mm	1
Tee de 18mm	4
Tee de 18mm	3
Tee de 18mm	3
Total general:	170



PROYECTO OLA VERDE

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título: Proyecto OLA VERDE

Fecha: 14/07/2023

Escala: 1:50

Autores: [Nombres]

Revisores: [Nombres]

PROYECTO OLA VERDE

G-02

PROYECTO OLA VERDE

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título: Proyecto OLA VERDE

Fecha: 14/07/2023

Escala: 1:50

Autores: [Nombres]

Revisores: [Nombres]

PROYECTO OLA VERDE

G-02

PROYECTO OLA VERDE

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título: Proyecto OLA VERDE

Fecha: 14/07/2023

Escala: 1:50

Autores: [Nombres]

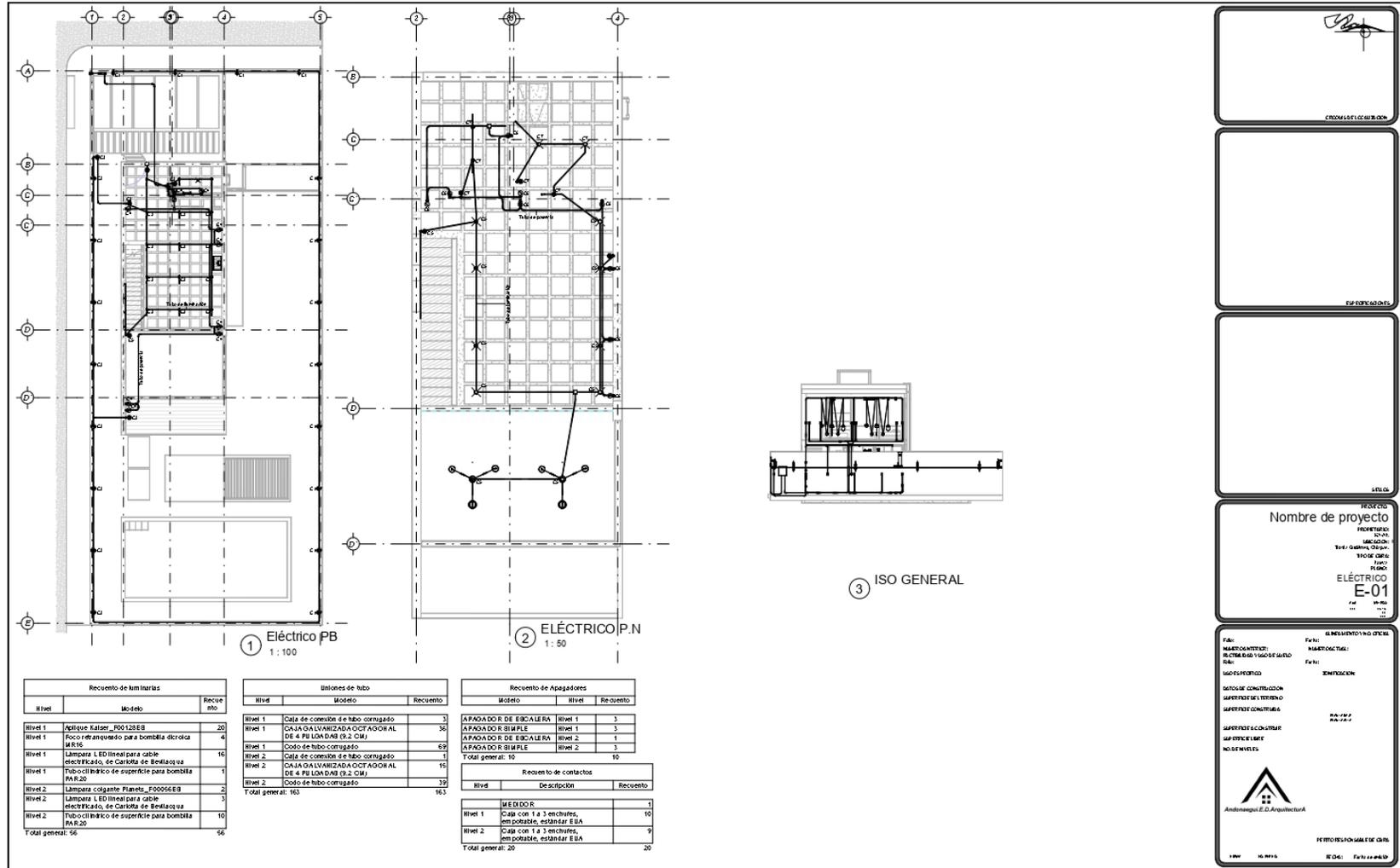
Revisores: [Nombres]

PROYECTO OLA VERDE

G-02

## 5.4 Instalación eléctrica

### 5.4.1 Planos y cuantificaciones



## 6 Conclusiones

Con el pasar del tiempo, los avances en tecnología nos permiten desenvolvernos en nuestras actividades de una manera más eficiente y práctica, por lo cual es necesario que seamos capaces de adaptarnos a estos cambios.

Este trabajo fue realizado con el fin de mostrar una herramienta que nos permite eficientar un proyecto de ingeniería civil, que abarque las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento, además de mostrar al lector que es posible involucrar diversas metodologías que contribuyen a un mejor trabajo como lo son BIM, Lean Construction y la Constructabilidad.

Cabe aclarar que el caso de estudio demuestra que a pesar de ser un proyecto “pequeño” en comparación a otros como lo pueden ser obras de edificación de mayor magnitud (Hospitales, escuelas, edificaciones habitacionales, etc), es posible adaptarse a estas metodologías.

Por último, se menciona que el autor de este trabajo no busca que se implementen las tres metodologías estrictamente en conjunto, más bien se busca que al conocer estas metodologías, se tome lo que consideren mejor de cada una de ellas para desarrollar su trabajo de la mejor manera posible, implementándolo en un modelo 3D.

## Bibliografía

- Almeida, A., Suesca, O., Isoré, F. (2022). *Productividad en la industria de la construcción*.  
[https://www.conexig.com/es/productividad\\_industria\\_construccion/](https://www.conexig.com/es/productividad_industria_construccion/)
- Barrabino, D. (2020). Qué es el modelado digital 3D de Revit.  
<https://www.deustoformacion.com/blog/disenio-arquitectonico/que-es-modelado-digital-3d-revit>
- BIM nD. (2023). Las 7 dimensiones BIM.  
<https://www.bimnd.es/7dimensionesbim/>
- BIM Forum Uruguay. (2019). Introducción al BIM.  
[http://www.bimforum.org.uy/wp-content/uploads/2019/11/Introducci%C3%B3n-al-BIM\\_versi%C3%B3n-1.0.pdf](http://www.bimforum.org.uy/wp-content/uploads/2019/11/Introducci%C3%B3n-al-BIM_versi%C3%B3n-1.0.pdf)
- CAD BIM 3D. (s.f.). ¿Qué es el modelado en Revit?  
<https://www.cadbim3d.com/2016/01/que-es-el-modelado-en-revit.html#:~:text=El%20modelo%20de%20Revit%20es,elementos%20que%20forman%20el%20modelo.>
- Constructivo. (2022). Conoce los beneficios de Revit en la construcción.  
<https://constructivo.com/noticia/conoce-los-beneficios-de-revit-en-la-construccion-1647234114>
- Espinosa, M. (2009). Constructabilidad en el diseño. [Archivo PDF].  
[https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/569301/DocsTec\\_7326.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/569301/DocsTec_7326.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Idea Ingeniería. (s.f.). Beneficios del modelado 3D en proyectos de ingeniería.  
<https://ideaingenieria.es/ingenieria/beneficios-del-modelado-3d-en-proyectos-de-ingenieria/>
- Ingeniería CA&CCA. (2019). Ventajas del modelado 3D en proyectos de ingeniería.  
<https://www.caycca.com/ventajas-del-modelado-3d-en-proyectos-de-ingenieria/>
- Loyola, M. (2010). Constructividad y arquitectura. [Archivo PDF].  
<https://fau.uchile.cl/dam/jcr:cd5a4887-5d32-4f63-bc9d-eea2cffe68ac/03-capitulo-1-el-concepto-de-constructividad.pdf>
- Manosalva, D. (2020). El método BIM. Efectividad y beneficios en los proyectos de edificación. <https://repositorio.usm.cl/server/api/core/bitstreams/cb3f48e7-d54d-42ff-babe-2fbda6a31600/content>

- McKinsey&Company. (2016). Imagining construction's digital future. [Archivo PDF].  
<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/imagining%20constructions%20digital%20future/imagining-constructions-digital-future.pdf>
- McKinsey&Company. (2017). Reinventing construction: A route to higher productivity. [Archivo PDF].  
<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity-full-report.pdf>
- Mundo BIM. (s.f.). Niveles de desarrollo (LOD) y su importancia en Revit.  
<https://mundobim.com/2017/03/level-of-development-lod-bim/>
- Pons, F. (2014). Introducción a Lean Construction. [Archivo PDF].  
<https://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction-1.pdf>
- Poo, A. (s.f.). El sector de la construcción en México. [Archivo PDF].  
[https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/2003/6\\_2003.pdf](https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/2003/6_2003.pdf)
- TSALOA Tecnología y Educación. (s.f.). Beneficios de usar Revit MEP.  
<https://tsaloe.com.mx/revit/beneficios-de-usar-revit-mep/>