



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING ) APLICADA EN DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES.**

Proyecto de propuesta tecnológica presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en electromecánica.

**AUTOR(ES):**

Intriago Cayo John Alexander

Rocha Toapanta Marcelo Jair

**TUTOR:**

Ing. MSc. Jefferson Alberto Porras Reyes

LATACUNGA – ECUADOR

AGOSTO 2024

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

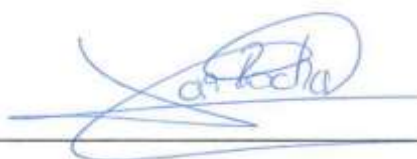
Nosotros Intriago Cayo John Alexander con cédula de ciudadanía 0550544381 y Rocha Toapanta Marcelo Jair con cédula de ciudadanía x declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING ) APLICADA EN DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES, siendo el Ing. MSc. Jefferson Alberto Porras Reyes tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



---

Intriago Cayo John Alexander  
C.I:0550544381



---


Rocha Toapanta Marcelo Jair  
C.I:0504509423

## **AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

En calidad de Tutor de la propuesta tecnológica sobre el título:

“METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) APLICADA EN DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES.”, de Intriago Cayo John Alexander, Rocha Toapanta Marcelo Jair de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2024



.....  
Ing. M.S.c. Porras Reyes Jefferson Alberto  
C.C: 070440044-9  
**TUTOR**

## AVAL APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el o los postulantes: Intriago Cayo John Alexander, Rocha Marcelo Jair con el título de Proyecto de titulación: “METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) APLICADA EN DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES.”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.


Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2024

Para constancia firman:

  
Lector 1 (Presidente)  
Ing. M.S.c. Freire Martínez Luigi Orlando  
C.I 050252958-9

  
Lector 2  
Ing. M.S.c. Cruz Panchi Luis Rolando  
C.I 050259517-6

  
Lector 3  
Ing. M.S.c. Alban Andrade Efrén Damián  
C.I: 050252951-4

## **AGRADECIMIENTO**

*El esfuerzo y la perseverancia son sinónimo del éxito en la vida.*

*Doy gracias a Dios por darme salud, vida y sabiduría para culminar con éxito una de mis metas propuestas. Agradezco también la ayuda de los ingenieros con quienes me he cruzado en este trayecto y que han compartido su conocimiento, así como también a mi tutor por su guía.*

*Mi agradecimiento total y principal a mis padres, hermano, esposa e hija pues sin el apoyo incondicional de mi valiosa familia nada de esto hubiese sido posible.*

**John Alexander Intriago Cayo**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a dios por a verme guiado a lo largo de mi vida, mi más sincero agradecimiento a mi Tutor de tesis Jefferson Porras, por su invaluable orientación.*

*Mi gratitud se extiende a mis compañeros, amigos, asociación, papus quienes han sido una fuente de apoyo y motivación.*

*También quiero reconocer a mi familia quienes han estado a mi lado durante este tiempo, su comprensión, amor han sido mi mayor fuerza para seguir adelante. Finalmente, quiero extender mi agradecimiento a todos aquellos que de una manera u otra contribuyeron a la realización de esta tesis.*

***Marcelo Jair Rocha Toapanta***

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Diana Toapanta, cuya inspiración, apoyo y amor incondicional ha sido fuente de mi fortaleza y determinación.*

*A mi abuelito que fue como mi padre Raúl, mano discúlpame por que nunca te pague esos favores, te prometo que jamás me olvidare de ti, y quiero decirte que gracias por estar conmigo y cuidarme, se que desde el cielo vas a estar feliz de todo esto y espero en momento estar juntos volver a verte, un abrazo al cielo manito.*

*No encuentro palabras para expresar a Sandy Pérez por ser un apoyo y amor incondicional dedicándome su tiempo, paciencia, tu presencia en mi vida es un regalo invaluable.*

**Marcelo Jair Rocha Toapanta**

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Diana Toapanta, cuya inspiración, apoyo y amor incondicional ha sido fuente de mi fortaleza y determinación.*

*A mi abuelito que fue como mi padre Raúl, mano discúlpame por que nunca te pague esos favores, te prometo que jamás me olvidare de ti, y quiero decirte que gracias por estar conmigo y cuidarme, se que desde el cielo vas a estar feliz de todo esto y espero en momento estar juntos volver a verte, un abrazo al cielo manito.*

*No encuentro palabras para expresar a Sandy Pérez por ser un apoyo y amor incondicional dedicándome su tiempo, paciencia, tu presencia en mi vida es un regalo invaluable.*

**Marcelo Jair Rocha Toapanta**

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TITULO:** “METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) APLICADA EN DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES”.

### **AUTORES:**

Intriago Cayo John Alexander

Rocha Toapanta Marcelo Jair

## **RESUMEN**

El presente estudio aborda el problema de la baja adopción de BIM en el diseño de instalaciones eléctricas residenciales, lo que genera interferencias, retrasos y sobrecostos significativos. El objetivo principal fue proponer el uso de la metodología BIM (Building Information Modeling) para desarrollado un conjunto de planos que permitan optimizar el proceso de diseño y viabilidad económica en relación con los métodos tradicionales en proyectos residenciales. La metodología utilizada incluyó un análisis comparativo entre el método tradicional y BIM, destacando las etapas clave de planificación, diseño y construcción, además de la recolección y análisis de datos del sitio, así como también el uso del software Revit. Los resultados mostraron que la adopción de BIM permitió diseñar varios planos y modelado en 3D de las instalaciones eléctricas siguiendo la normativa NEC, lo que resultó en una mejora en la calidad del diseño y una reducción en los errores de ejecución. Estos beneficios se deben a la detección temprana de conflictos y la optimización de recursos, lo cual, a pesar del incremento inicial del 67% en los costos, se justifica por los ahorros. En conclusión, la metodología BIM se destaca por su capacidad para integrar todos los aspectos del diseño y construcción en un solo modelo, facilitando una gestión más efectiva y asegurando el cumplimiento de las normas de seguridad y rigor, lo que eleva la calidad y fiabilidad de las instalaciones eléctricas en proyectos residenciales.

Palabras clave: BIM, instalaciones, beneficio, construcción.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

“BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) METHODOLOGY APPLIED TO THE DESIGN OF RESIDENTIAL ELECTRICAL INSTALLATIONS”

**AUTHORS:**

Intriago Cayo John Alexander

Rocha Toapanta Marcelo Jair

**ABSTRACT**

This study addresses the issue of lack of integration and coordination in electrical installation designs, which leads to significant interference, delays, and cost overruns. The primary objective was to propose the use of Building Information Modeling (BIM) methodology to develop a set of plans that optimize the design process and economic viability compared to traditional methods in residential projects. The methodology employed included a comparative analysis between traditional methods and BIM, emphasizing key stages of planning, design, and construction, as well as data collection and site analysis, and the use of Revit software. The results showed that adopting BIM allowed the design of several plans and 3D modeling of electrical installations following NEC standards, leading to an improvement in design quality and a reduction in execution errors. These benefits are attributed to the early detection of conflicts and resource optimization, which, despite an initial 67% increase in costs, is justified by long-term savings and improvements. In conclusion, the BIM methodology stands out for its ability to integrate all aspects of design and construction into a single model, facilitating more effective management and ensuring compliance with safety and efficiency standards, thus enhancing the quality and reliability of electrical installations in residential projects.

Key words: BIM, installations, benefit, construction.

## ÍNDICE

1.	INFORMACIÓN GENERAL .....	xiv
2.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.1	EL PROBLEMA .....	3
2.1.1	Situación problemática.....	3
2.1.2	Formulación del problema .....	4
2.1.3	Diagrama de Ishikawa.....	4
2.2	BENEFICIARIOS.....	4
2.2.1	Beneficiarios directos.....	4
2.2.2	Beneficiarios indirectos.....	4
2.3	JUSTIFICACIÓN .....	4
2.4	OBJETIVOS .....	6
2.4.1	General .....	6
2.4.2	Específicos .....	6
2.5	TAREA POR OBJETIVOS .....	6
3.	MARCO TEORICO.....	7
3.1	ANTECEDENTES.....	7
3.2	METODOLOGIA BIM.....	9
3.2.1	Metodología BIM frente a métodos tradicionales.....	9
3.3	MODELADO BIM .....	10
3.3.1	Niveles de madurez de BIM.....	11
3.3.2	Metodología BIM en instalaciones eléctricas .....	12
3.4	NORMATIVA NEC PARA INSTALACIONES ELECTRICAS.....	13
3.5	INTERFAZ DE USUARIO EN REVIT .....	16
3.6	MODELADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....	18
3.6.1	Configuración general y pasos previos .....	18
3.7	COMPONENTES ELECTRICOS EN UNA INSTALACION .....	18

4.	METODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	20
4.1	MEMORIA DE CALCULO .....	20
4.1.1	Diagrama de flujo.....	23
4.1.2	Pasos para la instalación eléctrica .....	24
4.1.3	Modelación de instalaciones eléctricas en Revit.....	34
4.1.4	Modelación del tendido eléctrico en Revit.....	39
5.	RESULTADOS OBTENIDOS .....	41
5.1	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	41
5.2	VINCULACIÓN DE ARCHIVOS ARQUITECTÓNICO .....	42
5.3	ANÁLISIS DE COSTOS METODO TRADICIONAL .....	45
5.4	ANÁLISIS DE COSTO METODOLOGÍA BIM.....	46
5.5	COMPARACIÓN DE COSTOS MÉTODO TRADICIONAL AL MÉTODO BIM. ....	47
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
6.1	CONCLUSIONES .....	48
6.2	RECOMENDACIONES .....	49
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	50
8.	ANEXOS .....	52
8.1	ANEXO A. Manual para el diseño en instalaciones eléctricas residenciales .....	52
8.2	ANEXO B. Terreno del propietario para su construcción. ....	59
8.2.1	ANEXO B.2. Propiedades del terreno .....	59
8.3	ANEXO C. Simbología.....	61
8.4	ANEXO D. Tablas de numero de metro de cable en tablas de planificación en Revit...	62
8.5	ANEXO F. Plano de laminas .....	63
8.6	ANEXO G. Diagrama unifilar .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Tareas por objetivos .....	6
Tabla 3.1. BIM frente a métodos tradicionales .....	9
Tabla 3.2. Niveles de madurez de la metodología BIM .....	11
Tabla 3.3. Requisitos National Electrical Code (NEC) aplicado a la metodología BIM .....	14
Tabla 3.4. Interfaz de Usuario en Revit .....	16
Tabla 3.5. Componentes eléctricos en una instalación .....	18
Tabla 4.1: Área de construcción de cada planta. ....	20
Tabla 4.2. Clasificación NEC según el área de construcción .....	22
Tabla 3.2: Dimensionamiento de calibre del conductor .....	23
Tabla 4.4: Dimensionamiento eléctrico .....	31
Tabla 4.5: Circuitos de iluminación en Revit .....	34
Tabla 4.6: Componentes de los tomacorrientes en Revit .....	37
Tabla 4.7: Componentes eléctricos en el dimensionamiento .....	40
Tabla 5.1: Presupuesto del arquitecto. ....	45
Tabla 5.2: Presupuesto mediante la metodología BIM. ....	46
Tabla 5.3. Detalle de costos .....	47
Tabla 8.1. Propiedades del terreno .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama de Ishikawa .....	4
Figura 3.1: Interfaz inicial de selección de plantilla .....	16
Figura 3.2: Vistas a elegir en el navegador de proyectos .....	16
Figura 3.3: Barra de acceso rápido .....	17
Figura 3.4: Cuadro de navegación de propiedades en Revit. ....	17
Figura 4.1: Diagrama de flujo. ....	24
Figura 4.2. Diseño a partir del Método tradicional .....	25
Figura 4.3: Interruptor. ....	31
Figura 4.4: Circuitos de subtableros .....	32
Figura 4.5: Circuito 13 y 14. ....	33
Figura 5.1: Diagrama Unifilar. ....	42
Figura 5.2. Primera planta. ....	43
Figura 5.3: Segunda Planta. ....	43
Figura 5.4: Tercera Planta. ....	44
Figura 5.5: Tercera Planta. ....	45
Figura 8.1: Ubicación Geográfica del Sector Rumipamba de Espinosas. ....	59
Figura 8.2: Ubicación del Terreno en Revit. ....	60

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** Metodología BIM (Building Information Modeling ) aplicada en diseño de Instalaciones Eléctricas Residenciales.

**Fecha de inicio:** Abril 2024

**Fecha de finalización:** Agosto 2024

**Lugar de ejecución:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado:** Uso eficiente de la energía en sistemas electrónicos en el sector industrial y comunitario del país.

### **Equipo de Trabajo:**

Ing. MSc. Porras Reyes Jefferson Alberto (Tutor)

Intriago Cayo John Alexander

Rocha Toapanta Marcelo Jair

**Área Conocimiento:** 52 Ingeniería y Profesiones Afines.

### **Línea de investigación:**

#### **Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

## 2. INTRODUCCIÓN

En la era actual, donde la tecnología y la globalización son factores determinantes para el progreso de una nación, resulta alarmante que el sector de la construcción de ciertos países latinoamericanos continúe lidiando con desafíos obsoletos, como la insatisfacción de los usuarios, la baja productividad y las pérdidas financieras significativas. Los expedientes técnicos a menudo exhiben incompatibilidades entre planos de distintas especialidades, lo que refleja procesos constructivos que no han evolucionado en más de medio siglo y mantienen a la industria en un ritmo lento e ineficiente [1].

Esta situación se agrava por la falta de integración y modernización en la gestión de proyectos, lo que ha impedido la obtención de resultados satisfactorios y competitivos en el mercado. En este contexto, la metodología BIM se presenta como una solución integral, enfocándose no solo en la identificación de interferencias, sino también en la gestión efectiva de los proyectos de construcción, sustentada en un seguimiento meticuloso de la información digital, métricas y mapeo de procesos, elementos clave para mejorar la eficiencia y, en última instancia, la satisfacción del cliente.

La introducción de la metodología Building Information Modeling (BIM) va marcado un cambio sustancial en la manera de crear y gestionar los datos de diseño. BIM no solo mejora la identificación de interferencias, sino que también impulsa una gestión integral de los proyectos, apoyándose en tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), big data, blockchain, inteligencia artificial, y realidad virtual o aumentada. Este enfoque permite un seguimiento preciso de la información digital, optimiza los procesos constructivos en 4D, y facilita la integración con los principios de sostenibilidad, aspectos que son fundamentales para alcanzar resultados de mayor calidad y eficiencia en la construcción [2].

Considerada por muchos como una de las tecnologías clave para la digitalización en la construcción, BIM no solo mejora la fidelidad y eficiencia del diseño, sino que también promueve la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del edificio. En varios países, la adopción de BIM ya es obligatoria. Perú por ejemplo a implementando normativas que exigen la incorporación progresiva de BIM en los proyectos de inversión pública. Esta tendencia global refuerza la relevancia de BIM como una herramienta indispensable para la evolución de la industria de la construcción hacia un futuro más sostenible y eficiente [3]. Esta metodología se presenta como un enfoque revolucionario en la industria de la construcción, orientado hacia la

digitalización y la colaboración entre los diferentes actores a lo largo de todo el ciclo de vida de un edificio.

Este modelo no solo optimiza la gestión de proyectos, sino que también ofrece significativos beneficios en términos de sostenibilidad y eficiencia. Es decir, permite un modelado integral que abarca distintos niveles de desarrollo (LOD), incorporando todas las fases del proyecto, desde la planificación inicial hasta el mantenimiento posterior [4]. La implementación de BIM ha demostrado ser efectiva en la reducción de costos de proyectos financiados con fondos públicos y en facilitar la participación en licitaciones internacionales [5].

Desde su establecimiento en 2015, la Comisión BIM en España ha desempeñado un papel fundamental en la promoción de esta metodología dentro del ámbito de la contratación pública. Su objetivo es impulsar una adopción gradual y segura de BIM, apoyándose en normativas como la Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo, que incentivan el uso de esta tecnología para mejorar el control de proyectos y la eficiencia en la gestión pública [6]. Datos recientes del Observatorio BIM durante el primer trimestre de 2023 revelaron que, de los 2,549 proyectos licitados en España, 1,138 han integrado BIM en la dirección y asistencia técnica del control de obras, logrando desviaciones en costos y plazos por debajo del 5%, lo que evidencia una mejora notable en la gestión de proyectos [7].

## 2.1 EL PROBLEMA

### 2.1.1 Situación problemática

El avance de BIM en los proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) ha sido notable, transformando la manera en que se gestionan y diseñan edificios y sus sistemas. Sin embargo, la industria eléctrica ha quedado rezagada en esta transición. Según el informe McGraw-Hill SmartMarket, publicado en 2008, la frecuencia de modelado de elementos eléctricos entre ingenieros es considerablemente baja, debido en parte a la falta de contenido nativo y bibliotecas específicas para instalaciones eléctricas en los softwares BIM. Esta carencia obliga a los ingenieros a crear sus propios bloques aproximados para representar componentes eléctricos, lo que limita la exactitud y eficiencia que BIM promete ofrecer [8].

Además, la encuesta de la Electrical Contractors Association (ACE) en 2008 reveló que solo un 21% de los contratistas eléctricos usaban BIM en sus proyectos, las principales razones para la baja adopción incluyen la falta de familiaridad con el software (64%), la ausencia de experiencia técnica (24%), la incompatibilidad con sistemas existentes (13%), el alto costo del software (11%) y la falta de demanda de clientes o equipos de diseño (8%) [8]. Este retraso en la adopción de BIM en el sector eléctrico no solo impide aprovechar plenamente las ventajas de esta metodología, como la detección temprana de conflictos y la optimización de recursos, sino que también crea una disparidad en la integración y coordinación de los sistemas eléctricos con otros componentes del edificio.

En términos de desarrollo dentro del entorno BIM, el cálculo energético ha mostrado un mayor avance en comparación con el cálculo de iluminación. Los ajustes en las necesidades energéticas se reflejan de inmediato en los esquemas de paneles y en las tablas de planificación, mientras que el diseño de la iluminación sigue dependiendo en gran medida del juicio personal del ingeniero, con menor apoyo automatizado [8].

Este problema es especialmente relevante en el contexto de las instalaciones eléctricas residenciales, donde la fidelidad, la eficiencia en el uso de recursos y la coordinación con otros sistemas son cruciales. La limitada adopción de BIM en el diseño eléctrico significa que se están perdiendo oportunidades para mejorar la calidad y reducir los costos de los proyectos residenciales. Esto subraya la necesidad de investigar y desarrollar mejores prácticas y estándares para la aplicación de BIM en el diseño de instalaciones eléctricas residenciales, con el fin de cerrar la brecha entre la industria eléctrica y otros sectores que ya han adoptado esta tecnología de manera más integral.

### 2.1.2 Formulación del problema

La baja adopción de BIM en el diseño de instalaciones eléctricas residenciales, debido a resistencia al cambio, costos iniciales elevados y falta de capacitación, impide aprovechar sus beneficios y genera errores, retrabajos y sobrecostos en los proyectos.

### 2.1.3 Diagrama de Ishikawa

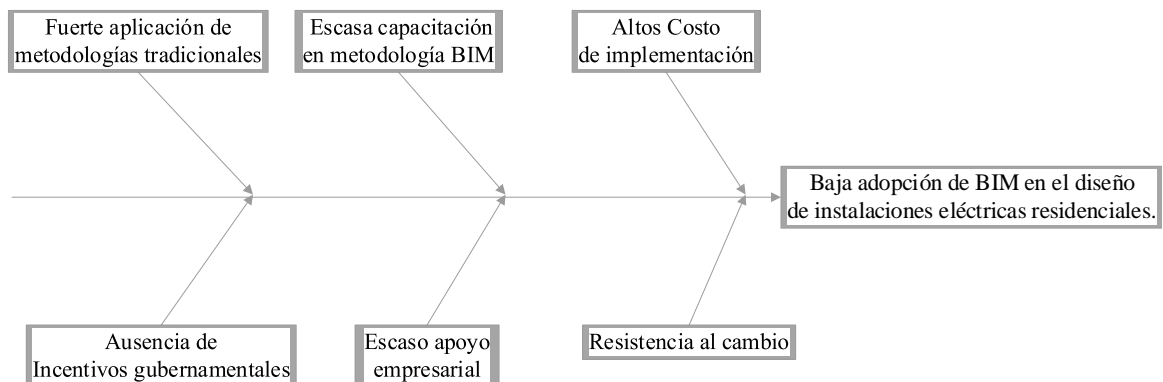


Figura 2.1. Diagrama de Ishikawa

## 2.2 BENEFICIARIOS

### 2.2.1 Beneficiarios directos

- Postulantes de la propuesta tecnológica.

### 2.2.2 Beneficiarios indirectos

- Comunidad BIM.
- Estudiantes y Modeladores en Formación.

## 2.3 JUSTIFICACIÓN

La creciente demanda de eficiencia, sostenibilidad y rigor en la construcción moderna ha impulsado la adopción de tecnologías avanzadas como la metodología BIM (Building Information Modeling).

Sin embargo, a pesar de su éxito en áreas como la arquitectura y la ingeniería estructural, el diseño de instalaciones eléctricas residenciales aún no ha experimentado una integración significativa de BIM a través de herramientas como Revit y MagiCAD, se logró no solo un

mayor rigor en el diseño, sino también una optimización significativa de los recursos y una detección temprana de incongruencias que habitualmente pasarían desapercibidas en los métodos tradicionales en 2D [8]. Esto representa una oportunidad clave para optimizar procesos y mejorar resultados en un sector donde la coordinación y la solidez son fundamentales para garantizar la seguridad, la funcionalidad y la eficiencia energética de las viviendas.

La justificación para investigar la aplicación de la metodología BIM en el diseño de instalaciones eléctricas residenciales radica en la necesidad de abordar los desafíos actuales en la planificación y ejecución de estos sistemas. La falta de adopción de BIM en este ámbito ha resultado en una dependencia de métodos tradicionales, que a menudo son propensos a errores, retrabajos y falta de coordinación con otros sistemas del edificio. Estos problemas no solo incrementan los costos y prolongan los tiempos de ejecución, sino que también pueden comprometer la calidad y la seguridad de las instalaciones.

Por otro lado, la implementación de BIM en instalaciones eléctricas residenciales tiene el potencial de transformar la manera en que se diseñan y gestionan estos sistemas. Los resultados obtenidos en algunos estudios incluyen una reducción en los costos relacionados con las instalaciones eléctricas y una disminución en los tiempos de ejecución [9], lo que destaca la capacidad de BIM para optimizar tanto los recursos como la eficiencia operativa y garantizar que los diseños cumplan con los estándares de eficiencia y sostenibilidad.

Este estudio se justifica no solo por los beneficios técnicos y económicos que BIM puede aportar al diseño de instalaciones eléctricas residenciales, sino también por su capacidad para elevar los estándares de la industria, promoviendo prácticas más sostenibles y eficientes. Al explorar y documentar las mejores prácticas y los desafíos asociados con la implementación de BIM en este contexto, se puede contribuir a cerrar la brecha tecnológica que aún persiste en el sector eléctrico residencial, abriendo camino a una construcción más inteligente y eficiente.

Además, la incorporación de la norma NEC en el proceso de modelado garantiza que los diseños cumplan con los estándares más recientes de seguridad y eficiencia eléctrica, elevando la calidad y fiabilidad de las instalaciones. Esto representa una oportunidad clave para optimizar procesos y mejorar resultados en un sector donde la coordinación y el rigor son fundamentales para garantizar la seguridad, la funcionalidad y la eficiencia energética de las viviendas.

## 2.4 OBJETIVOS

### 2.4.1 General

Desarrollar un conjunto de planos eléctricos residenciales mediante la aplicación de la metodología BIM, con el propósito de optimizar el proceso de diseño, y analizar la viabilidad económica de esta metodología en comparación con los enfoques tradicionales.

### 2.4.2 Específicos

- Diseñar un modelo detallado de las instalaciones eléctricas residenciales en Revit, garantizando el cumplimiento de los estándares de seguridad y eficiencia establecidos en la normativa NEC.
- Generar planos eléctricos detallados a partir del modelo BIM, asegurando que toda la información técnica esté correctamente documentada y validada según la normativa NEC.
- Realizar un análisis comparativo de costos y tiempo entre el diseño de instalaciones eléctricas utilizando la metodología BIM y los métodos tradicionales, sustentado por la calidad de los planos generados y el cumplimiento normativo.

## 2.5 TAREA POR OBJETIVOS

Tabla 2.1. Tareas por objetivos

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividad (Tareas)</b>	<b>Resultado de la Actividad</b>	<b>Descripción de la Actividad</b>
Diseñar un modelo detallado de las instalaciones eléctricas residenciales en Revit, garantizando el cumplimiento de los estándares de seguridad y eficiencia establecidos en la normativa NEC 2018.	- Creación de un modelo 3D de las instalaciones eléctricas residenciales en Revit. - Aplicación de las normas y estándares de seguridad y eficiencia en el modelado.	- Modelo 3D detallado que cumple con los estándares de seguridad y eficiencia.	- Desarrollo del modelo en Revit, incluyendo el trazado de circuitos, la ubicación de dispositivos eléctricos, y la configuración de cargas eléctricas según la normativa NEC 2018.

Generar planos eléctricos detallados a partir del modelo BIM, asegurando que toda la información técnica esté correctamente documentada y validada según la normativa NEC 2018.	- Extracción de planos eléctricos a partir del modelo BIM. - Validación de la documentación técnica según los estándares NEC 2018.	- Planos eléctricos completos y validados que reflejan fielmente el modelo BIM.	- Generación automática de planos eléctricos desde Revit, con revisión y ajuste de detalles técnicos para asegurar su rigor y conformidad con la normativa.
Realizar un análisis comparativo de costos y tiempo entre el diseño de instalaciones eléctricas utilizando la metodología BIM y los métodos tradicionales, sustentado por la calidad de los planos generados y el cumplimiento normativo.	- Estimación de costos y tiempos para el diseño de instalaciones eléctricas con y sin BIM. - Comparación de los resultados obtenidos en ambos métodos.	- Informe comparativo que destaca las ventajas económicas y temporales del uso de BIM frente a métodos tradicionales.	- Recopilación y análisis de datos sobre los costos y tiempos del proyecto utilizando BIM, en comparación con métodos tradicionales, seguido de la elaboración de un informe que incluya gráficos y tablas comparativas.

Fuente. Elaboración propia.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 ANTECEDENTES

El uso de la metodología BIM (Building Information Modeling) ha crecido rápidamente en los Estados Unidos en los últimos años, impulsado principalmente por políticas gubernamentales que requieren su adopción en contratos de infraestructura. Un ejemplo destacado de su aplicación temprana es el Stata Center, inaugurado en 2004, que no solo empleó BIM para el diseño eléctrico, sino que también estableció un precedente en la adopción generalizada de esta tecnología en la industria de la construcción en el país [10].

De manera similar, en América Latina, la metodología BIM ha comenzado a ganar relevancia. Un caso emblemático es el Edificio Moneda Bicentenario, ubicado en Santiago de Chile, inaugurado en 2016. Este proyecto es uno de los primeros en utilizar BIM de manera integral, desde la etapa de diseño hasta la construcción y la gestión, demostrando los beneficios de esta tecnología en la industria de la construcción chilena [10].

En Ecuador, aunque el estado no cuenta con una hoja de ruta definida para la implementación de BIM, el sector privado y académico ha estado investigando y explorando esta metodología. Ejemplos notables incluyen proyectos emblemáticos como el Metro de Quito, donde la adopción de BIM contribuyó a una reducción del 10% en el costo por kilómetro, subrayando los beneficios tangibles que BIM puede ofrecer en la eficiencia y la gestión de proyectos de gran escala.[11]

Entre algunos casos relevantes podemos destacar un estudio documentado llevado a cabo en Arequipa el cual se centró en la implementación de tecnología BIM-VDC para optimizar el diseño y la construcción de instalaciones MEP, con un enfoque particular en las instalaciones eléctricas en proyectos de Retail, específicamente en restaurantes de la cadena Ekeko. Uno de los problemas clave identificados fue la falta de compatibilidad y coordinación en los diseños de las instalaciones eléctricas, lo que generaba interferencias, retrasos y sobrecostos significativos [9].

Los resultados fueron claros: se logró una reducción del 25% en los costos relacionados con instalaciones eléctricas y una disminución del 30% en el tiempo de ejecución de estas tareas. Además, la implementación de estas tecnologías resultó en una coordinación más efectiva entre los distintos equipos de trabajo, lo que redujo significativamente las interferencias y problemas durante la construcción [9].

Del mismo modo, otro estudio titulado "Análisis de aplicación de la metodología BIM al modelado y cálculo de instalaciones eléctricas" abordó cómo la metodología BIM ha transformado la manera de diseñar y calcular instalaciones eléctricas en una nave industrial, enfatizando sus ventajas en la detección de incongruencias y la mejora en la calidad de los diseños. Utiliza software como Revit y MagiCAD para modelar y calcular la instalación eléctrica, incluyendo iluminación, conductores, protecciones, y canalizaciones.

El estudio reveló resultados significativos que pueden ser extrapolados al ámbito residencial. Utilizando herramientas como Revit y MagiCAD, se logró un modelado tridimensional que redujo en un 30% los errores de diseño comparado con los métodos tradicionales en 2D. Además, el cálculo preciso de materiales permitió una optimización de recursos que redujo los costos en un 20% y minimizó el desperdicio en un 15%. La detección temprana de incongruencias durante la fase de diseño, gracias a BIM, disminuyó los sobrecostos en un 25% y redujo los tiempos de ejecución en un 20% [8]. Estos resultados destacan la relevancia de

BIM para mejorar la eficiencia, precisión y coordinación en el diseño de instalaciones eléctricas, lo cual es fundamental para su aplicación en proyectos residenciales, alineándose directamente con los objetivos de tu investigación.

### 3.2 METODOLOGIA BIM

La metodología BIM es un enfoque innovador que transforma la documentación y el diseño de proyectos de infraestructura [12]. Surgió como una evolución del diseño CAD, que es el diseño clásico ampliamente conocido. El primer software CAM comercial apareció en 1957, desarrollado por el Dr. Hanratty, quien más tarde exploró gráficos generados por computadora, dando lugar al DAC, o diseño automatizado por computadoras. Este avance marcó la transición de la elaboración manual de planos a su realización digital, constituyendo el primer sistema CAD/CAM [13].

Las principales etapas de la metodología BIM incluyen la planificación, diseño, análisis, creación de documentos y construcción. Esto implica que BIM está presente en todas las fases del ciclo de vida de una estructura, permitiendo anticipar y visualizar posibles fallos y las reparaciones necesarias[14].

#### 3.2.1 Metodología BIM frente a métodos tradicionales

Para sostener los criterios sobre la metodología BIM se presenta en la Tabla 3.1 una visión general comparativa de los beneficios y desventajas de la metodología BIM en comparación con los métodos tradicionales, destacando cómo BIM puede ofrecer ventajas significativas en términos de eficiencia, coordinación y gestión de información.

Tabla 3.1. BIM frente a métodos tradicionales

Aspecto	Metodología BIM	Métodos Tradicionales
Modelado	Utiliza elementos constructivos reales (puertas, ventanas) y objetos inteligentes en un entorno 3D.	Modelado en 2D mediante líneas y formas geométricas, sin simulación del proceso real de construcción.
Detección de Problemas	Permite la construcción virtual previa, detectando problemas antes de la construcción real, lo que ahorra costes y evita retrasos.	Problemas detectados durante la construcción real, lo que puede resultar en costes adicionales y retrasos.
Opciones de Diseño	Facilita el estudio rápido de múltiples opciones de diseño, ofreciendo	Opciones de diseño menos flexibles, con limitaciones en la visualización y modificación rápida.

	presentaciones renderizadas de alta calidad.	
Gestión de Información	Almacena propiedades de los objetos en una base de datos centralizada, generando informes automatizados y actualizados dinámicamente.	Archivos separados y menos coordinados, con dificultad para encontrar versiones y documentos actualizados.
Coordinación	Minimiza esfuerzos de coordinación, ya que las modificaciones en el modelo se reflejan automáticamente en todos los planos.	Modificaciones deben ser realizadas manualmente en cada documento, aumentando el riesgo de errores y falta de coordinación.
Tiempo de Proyecto	Reduce el tiempo necesario para llevar a cabo un proyecto, con un proceso más eficiente desde el diseño hasta la ejecución.	Tiempo de proyecto variable, con una curva de esfuerzo que puede aumentar a medida que el proyecto avanza (curva de Gauss).
Costes de Implementación	Inversión significativa en software y formación, pero con beneficios a largo plazo en términos de eficiencia y tolerancia.	Costos generalmente menores para software, pero con mayores costos de gestión y coordinación a lo largo del proyecto.
Flexibilidad	Permite un alto grado de flexibilidad y ajustes durante las fases iniciales de diseño.	Menor flexibilidad en etapas avanzadas del diseño, con ajustes más costosos y difíciles de implementar.

**Nota.** La construcción de la presente tabla se plantea en base a los diferentes criterios de las fuentes bibliográfica revisadas [15], [16], [17], [18]

### 3.3 MODELADO BIM

Modelar implica desarrollar una descripción precisa de un sistema y sus actividades. En la construcción, el modelado 2D ha sido una práctica constante, primero a través del dibujo manual y luego mediante el uso de software CAD (Computer Aided Design). Este software tradicional imita el proceso de dibujo manual con representaciones en dos dimensiones, utilizando líneas, tramas y textos. Sin embargo, al igual que en los dibujos en papel, cada modificación en el diseño requiere una revisión y actualización manual en cada dibujo, lo que puede resultar ineficiente [8].

Mientras tanto, las aplicaciones BIM (Building Information Modeling) permiten replicar el proceso real de construcción en un entorno virtual, utilizando elementos de construcción como puertas, ventanas y cubiertas, organizados en "familias" que reflejan sus características y

funciones reales. A diferencia de los métodos tradicionales en 2D, BIM almacena todos los datos en un modelo central, lo que asegura que cualquier cambio en el diseño se actualice automáticamente en todos los planos generados. Este enfoque no solo mejora la coordinación y productividad durante la fase de diseño, sino que también ofrece ventajas significativas durante la construcción y operación de edificios, justificando la evolución de CAD a BIM [19].

### 3.3.1 Niveles de madurez de BIM

La siguiente Tabla 3.2 resume los diferentes niveles de madurez de BIM, destacando las características principales de cada nivel y su aplicación en la industria de la construcción.

Tabla 3.2. Niveles de madurez de la metodología BIM

<b>Nivel de Madurez BIM</b>	<b>Descripción</b>	<b>Características Principales</b>	<b>Aplicación en la Industria</b>
Nivel 0	Utilización de herramientas CAD en 2D, sin colaboración entre las partes involucradas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño realizado exclusivamente en 2D.</li> <li>- Uso de software CAD tradicional.</li> <li>- Información no compartida ni vinculada entre disciplinas.</li> </ul>	Mayormente superado, con escasa aplicación en la industria moderna.
Nivel 1	Combina el uso de CAD en 2D y 3D, con cada parte del proyecto trabajando de manera independiente y sin integración de los modelos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de CAD 2D para la documentación técnica.</li> <li>- Aplicación de CAD 3D en aspectos específicos del diseño.</li> <li>- Falta de coordinación entre disciplinas.</li> </ul>	Común en proyectos de menor escala o en etapas iniciales de adopción de BIM.
Nivel 2	Requiere el uso de modelos 3D para todas las disciplinas relevantes del proyecto, con intercambio de información a través de formatos estandarizados como COBie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelado en 3D de todas las partes del proyecto.</li> <li>- Intercambio de información mediante estándares como COBie.</li> <li>- Colaboración parcial entre equipos.</li> </ul>	Adoptado en el Reino Unido como requisito para licitaciones desde 2016.

Nivel 3 (iBIM)	Integra todos los modelos en un único modelo BIM, maximizando la colaboración y el control del proyecto mediante la unificación de toda la información.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Total integración de los modelos 3D en un único modelo.</li> <li>- Colaboración completa entre todas las partes involucradas.</li> <li>- Gestión y control integrales del proyecto.</li> </ul>	Considerado el futuro de la industria, aunque aún en desarrollo en muchos lugares.
4D, 5D, 6D, 7D	Añade dimensiones adicionales al BIM para gestionar y controlar el proyecto: 4D (Planificación), 5D (Costos), 6D (Sostenibilidad), y 7D (Operación y Mantenimiento).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4D: Gestión de la planificación del proyecto.</li> <li>- 5D: Control de los costos.</li> <li>- 6D: Consideración de la sostenibilidad.</li> <li>- 7D: Mantenimiento y operación del edificio.</li> </ul>	Implementado en proyectos avanzados y de gran envergadura.

**Nota.** Adaptado de Análisis de aplicación de la metodología BIM al modelado y cálculo de instalaciones eléctricas [8]

### 3.3.2 Metodología BIM en instalaciones eléctricas

La adopción de la metodología BIM (Building Information Modeling) ha revolucionado varias áreas en la industria de la construcción, pero su implementación en el diseño de instalaciones eléctricas ha avanzado de manera más lenta. Este retraso se debe en gran parte a la insuficiencia de contenido específico para modelar componentes eléctricos dentro de los programas BIM.

Según Robert Weygant, jefe del grupo práctico del Construction Specifications Institute (CSI) y propietario de Sumex Design, una de las principales ventajas de BIM es la capacidad de integrar un modelo constructivo con elementos eléctricos y obtener estimaciones cuantitativas precisas. Esto no solo simplifica el proceso de estimación, sino que también permite revisar los circuitos y participar en el proceso desde etapas tempranas, proporcionando una ventaja competitiva al poder interpretar y utilizar modelos BIM en lugar de los tradicionales planos en papel [20].

No obstante, el modelado de elementos eléctricos en BIM aún no es una prioridad. El informe SmartMarket de McGraw-Hill Construction, elaborado en colaboración con Autodesk, muestra

que el modelado de sistemas eléctricos en BIM recibe una calificación de apenas 4.38 en una escala del 1 al 10, muy por debajo de los sistemas arquitectónicos (7.06), estructurales (6.33) y mecánicos (5.41) [8]. Esto se debe en parte a la falta de interés en la visualización de componentes eléctricos, ya que, como indica Weygant, lo esencial es la información técnica, como la tensión y la corriente, más que la apariencia visual de los componentes [20].

Además, el diseño eléctrico en BIM ha mostrado una mejora en la flexibilidad para ajustar elementos como generadores, siempre que las familias de componentes sean configurables. La incorporación de herramientas para la creación de esquemas unifilares sigue siendo una área de desarrollo, aunque algunos programas externos como MagiCAD ofrecen soluciones parciales [21].

### **3.4    NORMATIVA NEC PARA INSTALACIONES ELECTRICAS**

La NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) es una normativa de cumplimiento obligatorio a nivel nacional que debe ser incorporada en todos los procesos constructivos, tal como se establece en la Disposición General Décimo Quinta del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Su objetivo principal es mejorar la calidad de vida de los ciudadanos ecuatorianos y fomentar una cultura de seguridad y prevención. Para lograr esto, la NEC define principios fundamentales para el diseño sísmico resistente de estructuras, establece estándares mínimos de seguridad y calidad en la construcción, y optimiza los mecanismos de control y mantenimiento durante el proceso constructivo. También promueve la eficiencia energética en las edificaciones, asegura el cumplimiento de principios básicos de habitabilidad y salud, y define responsabilidades, obligaciones y derechos para todos los participantes en el proceso constructivo [22].

Del mismo modo, se ha considera pertinente integrar algunos artículos que posee la National Electric Code (NEC) que complementa la presente propuesta:

- **Artículo 110:** Requisitos Generales para las Instalaciones Eléctricas: Este artículo establece las condiciones generales para todas las instalaciones eléctricas. Por ejemplo, la sección 110.3 detalla que los equipos eléctricos deben estar instalados y mantenidos de acuerdo con las instrucciones del fabricante y deben estar listos para operar de forma segura, teniendo en cuenta el entorno donde se ubicarán[23].
- **Artículo 210:** Circuitos de Derivación: Este artículo cubre los requisitos para el suministro de energía a los diferentes circuitos dentro de una edificación.

Específicamente, la sección 210.8 se refiere a la protección de personas mediante dispositivos de interrupción por falla a tierra (GFCI), que son obligatorios en áreas como baños, cocinas y otros lugares húmedos dentro de una vivienda [23].

Del mismo modo a continuación en la Tabla 4 se presentan algunos requisitos de la National Electrical Code (NEC) en el entorno BIM para el diseño de instalaciones eléctricas residenciales asegura que los proyectos no solo cumplan con las normativas vigentes nacionales, sino que también optimicen la planificación y ejecución, mejorando la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico.

Tabla 3.3. Requisitos National Electrical Code (NEC) aplicado a la metodología BIM

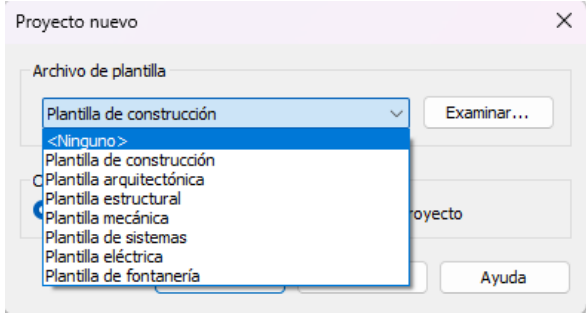
<b>Numeral/Artículo de la NEC</b>	<b>Descripción</b>	<b>Relevancia para BIM</b>
<b>Artículo 90:</b> Introducción al NEC	Proporciona un marco general para la aplicación del NEC, incluyendo el alcance, la intención y la interpretación del código.	Es fundamental en el entorno BIM para garantizar que todos los modelos y diseños eléctricos se ajusten al propósito y al alcance del NEC desde el inicio del proyecto.
<b>Artículo 100:</b> Definiciones	Contiene definiciones esenciales para la correcta interpretación y aplicación de las reglas del NEC.	En BIM, las definiciones estandarizadas aseguran que todos los colaboradores utilicen la misma terminología, lo que facilita la comunicación y la precisión en el diseño.
<b>Artículo 110:</b> Requisitos Generales para las Instalaciones Eléctricas	Establece los requisitos generales de seguridad y las condiciones de uso y mantenimiento de las instalaciones eléctricas.	Los modelos BIM deben incorporar estos requisitos desde la etapa de diseño, asegurando que las instalaciones sean seguras y conformes a las normativas desde la fase conceptual hasta la ejecución.
<b>Artículo 210:</b> Circuitos de Derivación	Trata sobre los requisitos para el diseño de circuitos de derivación, incluyendo su dimensionamiento y protección.	BIM facilita la visualización y la planificación precisa de estos circuitos, asegurando que se cumplan con las especificaciones del NEC.

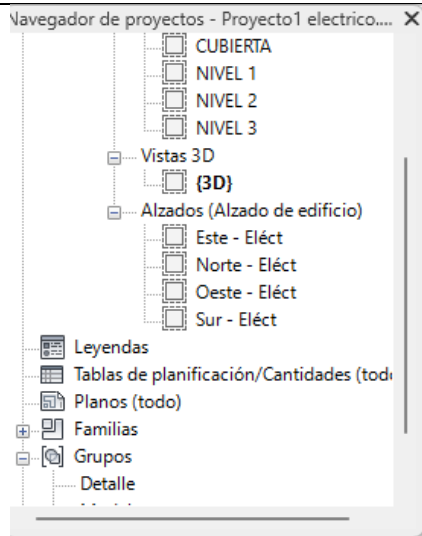
<p><b>Artículo 220:</b> Cálculos de Carga</p>	<p>Proporciona directrices para calcular las cargas eléctricas requeridas en una edificación.</p>	<p>Integrar estos cálculos en el modelo BIM permite a los ingenieros analizar diferentes escenarios y optimizar el diseño del sistema eléctrico.</p>
<p><b>Artículo 240:</b> Protección contra Sobrecorriente</p>	<p>Detalla los requisitos para la selección e instalación de dispositivos de protección contra sobrecorriente.</p>	<p>En un entorno BIM, es crucial modelar adecuadamente estos dispositivos para asegurar que se coloquen en las ubicaciones correctas y que cumplan con los criterios de seguridad.</p>
<p><b>Artículo 250:</b> Conexión a Tierra y Enlace a Tierra</p>	<p>Define los requisitos para la correcta conexión a tierra de los sistemas eléctricos.</p>	<p>En BIM, este aspecto es modelado para asegurar que las instalaciones eléctricas estén adecuadamente aterrizadas, minimizando riesgos de fallas eléctricas.</p>
<p><b>Artículo 300:</b> Métodos de Alambrado</p>	<p>Proporciona reglas para la instalación física de conductores y cables en diversas condiciones.</p>	<p>En el diseño BIM, los métodos de alambrado se visualizan y simulan para garantizar que cumplan con las normativas del NEC y evitar interferencias con otras disciplinas del proyecto.</p>
<p><b>Artículo 310:</b> Conductores para uso General</p>	<p>Especifica los tipos y tamaños de conductores adecuados para diferentes aplicaciones.</p>	<p>En BIM, se deben especificar correctamente estos conductores, y el modelo debe ser capaz de adaptarse a los cambios en función del análisis de carga y las condiciones ambientales.</p>
<p><b>Artículo 314:</b> Cajas y Accesorios</p>	<p>Establece requisitos para la ubicación e instalación de cajas eléctricas, bandejas y otros accesorios.</p>	<p>BIM permite a los diseñadores y constructores planificar la colocación precisa de estos elementos, evitando conflictos con otras instalaciones y asegurando su accesibilidad.</p>
<p><b>Artículo 320-392:</b> Canalizaciones Eléctricas</p>	<p>Trata sobre los requisitos específicos para distintos tipos de canalizaciones, incluyendo tuberías y bandejas de cables.</p>	<p>La integración de este artículo en el entorno BIM asegura que las canalizaciones estén correctamente diseñadas, dimensionadas y ubicadas, optimizando el espacio y evitando conflictos con otras instalaciones.</p>

### 3.5 INTERFAZ DE USUARIO EN REVIT

Para comenzar un modelado en Revit, es necesario abrir un proyecto o una familia, o crear una nueva plantilla seleccionando la opción adecuada para el diseño. También es posible abrir un archivo previamente utilizado. La interfaz de usuario está equipada con herramientas optimizadas para facilitar el trabajo en el modelo.

Tabla 3.4. Interfaz de Usuario en Revit

Elemento	Descripción
<p data-bbox="261 882 817 909">Figura 3.1: Interfaz inicial de selección de plantilla.</p>  <p data-bbox="414 1276 667 1303">Fuente. Software Revit</p>	<p data-bbox="865 1025 1430 1256">Al iniciar Revit, se puede seleccionar una plantilla para nuevos diseños o abrir un archivo previamente utilizado. Esta interfaz inicial permite configurar el entorno de trabajo adecuado.</p>
<p data-bbox="239 1653 839 1680">Figura 3.2: Vistas a elegir en el navegador de proyectos</p>	<p data-bbox="865 1653 1430 1832">El navegador de proyectos organiza las vistas, tablas de planificación y planos del proyecto. Seleccionando la opción "Vista", se pueden observar varias vistas simultáneamente.</p>



Fuente. Software Revit

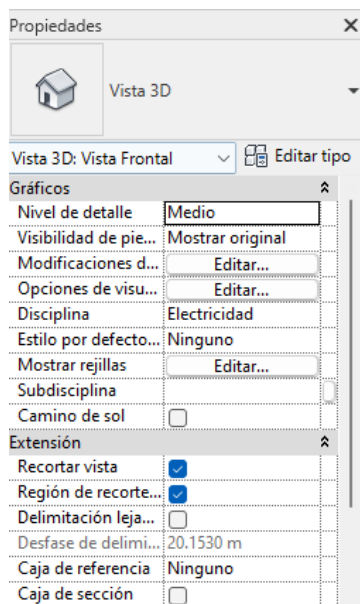
Figura 3.3: Barra de acceso rápido



Fuente. Software Revit

Barra personalizable que permite añadir herramientas de uso frecuente. Para añadir una herramienta, se debe hacer clic derecho sobre ella y seleccionar "Añadir a la barra de herramientas de acceso rápido".

Figura 3.4: Cuadro de navegación de propiedades en Revit.



Fuente. Software Revit

En la ventana principal, la barra de propiedades muestra configuraciones y detalles de los elementos seleccionados en el modelo, permitiendo ajustes específicos y precisos.

### 3.6 MODELADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

#### 3.6.1 Configuración general y pasos previos


El primer paso en el diseño de instalaciones eléctricas en Revit es generar un nuevo proyecto específico para la instalación, utilizando la plantilla adecuada, en este caso, la plantilla eléctrica. Es crucial vincular el modelo arquitectónico de Revit al nuevo proyecto, ya que la capacidad de trabajar simultáneamente en varias instalaciones y diferentes aspectos del proyecto, manteniendo los vínculos actualizados, es una de las principales ventajas de la metodología BIM.

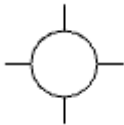






Para vincular el archivo de Revit correspondiente al modelado arquitectónico, se debe ir a la pestaña Insertar y seleccionar la opción Vincular Revit. Una vez vinculado el archivo, el siguiente paso es importar o copiar los niveles del proyecto arquitectónico que sean relevantes para el cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica. Para realizar esta tarea, se debe acceder a la pestaña Colaborar, luego seleccionar Copiar/Supervisar y, a continuación, Seleccionar vínculo. Posteriormente, se debe hacer clic en la importación y, utilizando la herramienta Copiar, transferir todos los niveles que se consideren necesarios. En este contexto, los falsos techos adquieren especial importancia, ya que es en ellos donde se emplazarán las luminarias y otros elementos del sistema eléctrico.


### 3.7 COMPONENTES ELECTRICOS EN UNA INSTALACION

La siguiente Tabla 3.5 presenta una descripción detallada de los principales componentes utilizados en el diseño de instalaciones eléctricas residenciales. Cada elemento se acompaña de su función específica, características técnicas y simbología representada en Revit, lo que proporciona una visión integral de su aplicación y relevancia dentro del sistema eléctrico. Esta información es fundamental para asegurar la correcta implementación y funcionamiento de las instalaciones, garantizando tanto la eficiencia como la seguridad en el entorno residencial.

Tabla 3.5. Componentes eléctricos en una instalación

Elemento	Descripción	Imagen / Simbología
<b>Toma Corriente</b>	Dispositivo esencial en instalaciones eléctricas residenciales y comerciales, diseñado para conectar dispositivos eléctricos proporcionando un punto de acceso seguro a la energía. Los tomacorrientes pueden	

	soportar diferentes capacidades, con un potencial máximo de 150 W utilizado en este diseño.	
<b>Iluminación</b>	Sistema encargado de proporcionar luz en espacios interiores o exteriores, con una potencia de 100 W, aunque puede variar según el tipo de lámpara o bombilla seleccionada. Además de iluminar, la iluminación contribuye a la estética, eficiencia energética y confort en los espacios habitables.	
<b>Interruptores</b>	Dispositivos que permiten abrir o cerrar un circuito eléctrico, controlando el flujo de corriente hacia una carga. Son elementos esenciales en instalaciones eléctricas para asegurar el control y la seguridad de la iluminación y otros equipos eléctricos.	
<b>Puesta a Tierra</b>	Sistema fundamental para la seguridad, diseñado para desviar de manera segura la corriente eléctrica hacia la tierra en caso de un cortocircuito, falla u otra condición anormal. Generalmente consiste en una varilla de cobre enterrada que proporciona una conexión segura con la tierra.	
<b>Tablero de Distribución</b>	Centro de control desde donde se distribuye y gestiona el flujo de electricidad en una vivienda. Equipado con dispositivos de seguridad como termomagnéticos o disyuntores que protegen los circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos, es una parte crucial de la seguridad eléctrica en el hogar.	
<b>Termomagnético o Disyuntor</b>	Dispositivo de protección eléctrica esencial en sistemas de distribución, cuya función principal es proteger los circuitos contra sobrecargas o cortocircuitos. Interrumpe automáticamente el flujo de corriente cuando detecta una condición anormal.	
<b>Cables Eléctricos</b>	Conductores diseñados para transportar corriente de manera segura y eficiente, fabricados con materiales conductores como cobre o aluminio, rodeados de un aislante dieléctrico como polipropileno. El cable más utilizado es el tipo THHN (Thermoplastic High Heat-resistant Nylon-coated), que es resistente al calor y	 Cable de iluminación #14  Cable tomacorriente #12

	recubierto con nylon, adecuado tanto para interiores como para exteriores en ambientes secos y húmedos.	
<b>Tubería</b>	Sistema de conductos diseñado para proteger y organizar cables eléctricos en instalaciones. Su función principal es proteger los cables contra daños mecánicos, químicos y ambientales. Los tipos comunes incluyen PVC, Conduit Flexible y Conduit EMT (Electrical Metallic Tubing), cada uno adaptado a diferentes necesidades.	

## 4. METODOS Y PROCEDIMIENTOS

### 4.1 MEMORIA DE CALCULO

Esta sección presenta la memoria de cálculo del diseño de las instalaciones eléctricas residenciales propuestas, desarrolladas mediante la metodología BIM (Building Information Modeling). El predio se encuentra en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Mulaló, en el Sector Rumipamba de Espinosas, cuyas coordenadas geográficas son -0.7926758 de latitud y -78.6008893 de longitud. En la figura 8.1 (Ver Anexo B2) se presenta la ubicación geográfica, y en la figura 8.2, un croquis generado en el software Revit, que ilustra la ubicación precisa del terreno.

Dicho terreno destinado para la construcción, posee por clave catastral 0501560470202, tiene una superficie total de 974.52 m<sup>2</sup> y se proyecta la edificación de una infraestructura de 241.56 m<sup>2</sup>, distribuido en tres plantas tal como se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1: Área de construcción de cada planta.

Proyecto Vivienda	
	Área (m <sup>2</sup> )
Planta #1	82.56
Planta #2	96
Planta #3	63
	241.56

La vivienda cuenta con un área de construcción total de 241.56 m<sup>2</sup>, distribuida en tres plantas: la primera planta con 82.56 m<sup>2</sup>, la segunda con 96 m<sup>2</sup>, y la tercera con 63 m<sup>2</sup>. En estas plantas se definen diversas áreas como habitaciones, baños, cocina, oficina, y comedor, cada una con

su propia distribución. El diseño general incluye 5 habitaciones, 1 cocina, 1 cuarto de lavado, 1 cuarto de juegos, 1 oficina y 4 baños, para los cuales se aplicarán las normativas correspondientes de la NEC en su artículo 210.11(C)(1).

Dado que se trata de una vivienda residencial, y considerando que el uso de la oficina y el cuarto de juegos no superará las 2 horas diarias, el diseño de los circuitos se ha realizado en función de estos factores. Para cada planta, se ha planificado la instalación de 2 circuitos de iluminación y 2 circuitos de tomacorrientes, los cuales están representados en los planos 1 y 2.

En los circuitos de iluminación, se ha optado por utilizar lámparas de 12 W con un rango de tensión de 100-240 V y una frecuencia de operación de 50/60 Hz. Como referencia, tomamos el circuito C3, el cual tiene 14 puntos de iluminación. El cálculo de carga es el siguiente:

<b>14 lámparas de 12 W</b>	(4.1)
$14 \times 12W = 168W$	
$168W/120V = 1.4A$	

En este caso, la carga total es de 1.4 A. Si en lugar de las lámparas de 12 W utilizáramos luminarias de 100 W, el cálculo sería:

<b>14 lámparas de 100 W</b>	(4.2)
$14 \times 100W = 1400W$	
$1400W/120V = 11.66A$	

En ambos casos, no se excede la carga máxima recomendada de 15 A para los circuitos de iluminación, que no deben tener más de 15 puntos conectados.

Para el circuito de tomacorrientes, utilizamos enchufes con una potencia unitaria de 150 W. Por ejemplo, en el circuito C1, que cuenta con 14 tomacorrientes, el cálculo de carga es:

<b>14 tomacorrientes de 150 W</b>	(4.3)
$14 \times 150W = 2100W$	
$2100W/120V = 17.5A$	

Este valor respeta el límite máximo de 20 A para los circuitos de tomacorrientes.

En cuanto a las tomas especiales, por ejemplo, para una cocina de inducción con una potencia de 6000 W a 220 V, el cálculo es el siguiente:

- **Cocina de inducción:**

$\frac{6000 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 27.77 \text{ A}$	(4.4)
--	-------

Este análisis asegura que el diseño cumple con las normativas de la NEC, garantizando una distribución adecuada de la carga en cada uno de los circuitos.

Finalmente, de acuerdo con los parámetros establecidos en la tabla 4.2, el área total de construcción clasifica a este proyecto como una vivienda de tipo "Mediana" ( $80 < A < 200 \text{ m}^2$ ). Esto implica que, según las normativa NEC, será necesario contar con un mínimo de dos circuitos de iluminación y dos circuitos de tomacorrientes para asegurar un adecuado suministro eléctrico en la edificación.

Tabla 4.2. Clasificación NEC según el área de construcción

TIPO DE VIVIENDA	ÁREA DE CONSTRUCCIÓN (m <sup>2</sup> )	NÚMERO MÍNIMO DE CIRCUITOS	
		Iluminación	Tomacorrientes
Pequeña	$A < 80$	1	1
Mediana	$80 < A < 200$	2	2
Mediana grande	$201 < A < 300$	3	3
Grande	$301 < A < 400$	4	4
Especial	$A > 400$	1 por cada 100 m <sup>2</sup> o fracción de 100 m <sup>2</sup>	1 por cada 100 m <sup>2</sup> o fracción de 100 m <sup>2</sup>

Fuente. Obtenido de Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) [22]

Después de realizar los cálculos correspondientes, se procedió a dimensionar las protecciones y el calibre de los conductores para cada circuito de acuerdo con la carga máxima permitida:

- **Circuito de iluminación:**

El circuito de iluminación tiene una capacidad máxima de 15 A. Para su protección, se seleccionó un interruptor termomagnético de 15/16 A, que asegura un corte adecuado en caso de sobrecarga. En cuanto al cableado, se utilizó un conductor calibre #14, conforme a

lo establecido en el Artículo 310.15(B)(16) de la NEC, que estipula este tamaño para circuitos de 15 A.

- **Circuito de tomacorrientes:**

En los tomacorrientes, la capacidad máxima es de 20 A. Para proteger este circuito, se eligió un interruptor termomagnético de 20 A. El conductor seleccionado fue calibre #12, cumpliendo con las especificaciones del Artículo 310.15(B)(16), que establece este tamaño para circuitos de hasta 20 A.

- **Tomas especiales (ej. cocina de inducción):**

Para las tomas especiales, como la cocina de inducción, con una carga calculada de 27.77 A, se dimensionó un interruptor termomagnético de 30/32 A. El conductor utilizado fue calibre #10, según lo indicado en el Artículo 310.15(B)(16), adecuado para soportar cargas de hasta 30 A.

De esta forma, se garantiza que cada circuito esté debidamente protegido y que los conductores sean capaces de manejar la carga, cumpliendo con las normativas de la NEC y asegurando la eficiencia y seguridad del sistema eléctrico. Siguiendo estos lineamientos se asegura un dimensionamiento correcto y conforme a la Tabla 3.2.

Tabla 4.3: Dimensionamiento de calibre del conductor

<b>Calibre del conductor AWG</b>	14	12	10	8	6
Capacidad máxima del interruptor (Amperios)	15/16	20	30/32	40	50

Fuente. Tabla 210.24 National Electrical Code

#### **4.1.1 Diagrama de flujo**

El diagrama de flujo ilustra el proceso completo de diseño de instalaciones eléctricas residenciales utilizando el software Revit. Este proceso incluye una serie de pasos clave que aseguran la integración de los componentes eléctricos en el modelo. Cada etapa está cuidadosamente diseñada para garantizar que los elementos eléctricos se incorporen de acuerdo

con las normativas vigentes y cumplan con los requisitos de funcionalidad y seguridad.

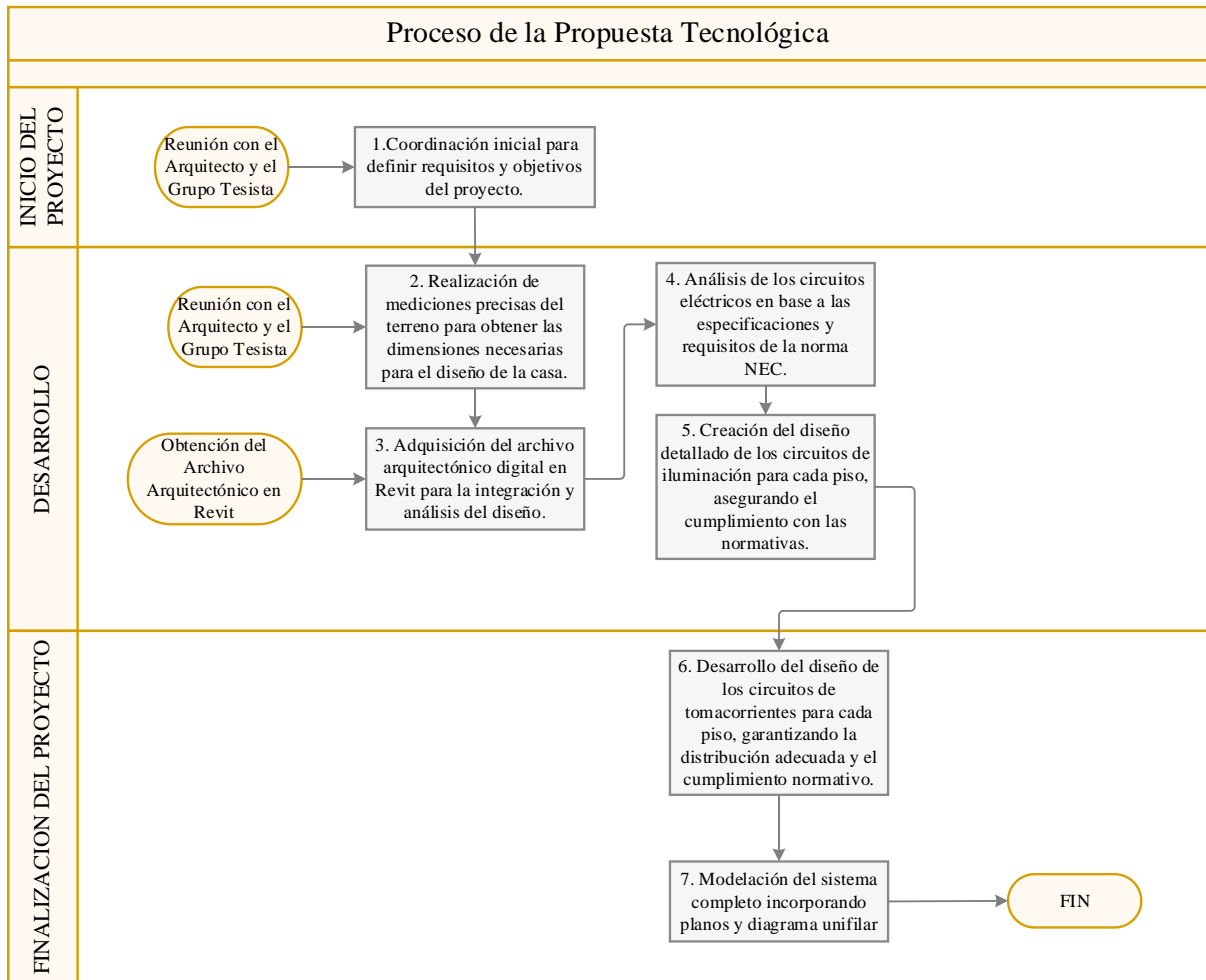


Figura 4.1: Diagrama de flujo.

## 4.1.2 Pasos para la instalación eléctrica

### 4.1.2.1 Diagnóstico del proyecto

El análisis realizado a partir de la guía del arquitecto reveló que el proyecto seguía un enfoque tradicional, utilizando planos en 2D. Se constató que el sistema contaba con un único circuito para la iluminación y otro para los tomacorrientes, distribuidos en las tres plantas de la vivienda. Ambos circuitos estaban conectados directamente al medidor, sin la utilización de tableros de distribución ni protecciones adecuadas para resguardar los circuitos y los equipos eléctricos conectados.

Tras la revisión de los planos, se observó que, en la primera planta, el circuito de iluminación incluye 28 puntos de luz, lo que excede la capacidad recomendada para un solo circuito. De manera similar, al analizar los circuitos de iluminación en todas las plantas, se encontró como

error recurrente el exceso de puntos de salida conectados a un único circuito. En cuanto a los tomacorrientes, el análisis reveló un patrón similar, con un número excesivo de salidas conectadas en cada planta.

Como se muestra en la figura 4.2, el circuito en color celeste corresponde al sistema de iluminación, confirmando el exceso de carga mencionado. El cable rojo representa los interruptores, pero no se detalla a qué puntos de iluminación están conectados o qué áreas controlan. En cuanto al circuito azul, que alimenta los tomacorrientes, se observaron 27 puntos de salida, lo cual es inadecuado. Esta configuración incrementa el riesgo de cortocircuitos, pudiendo dañar los equipos eléctricos o electrodomésticos, e incluso provocar descargas eléctricas o incendios.

Este análisis evidencia la necesidad de redistribuir los circuitos, optimizando su protección y capacidad para garantizar la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico.

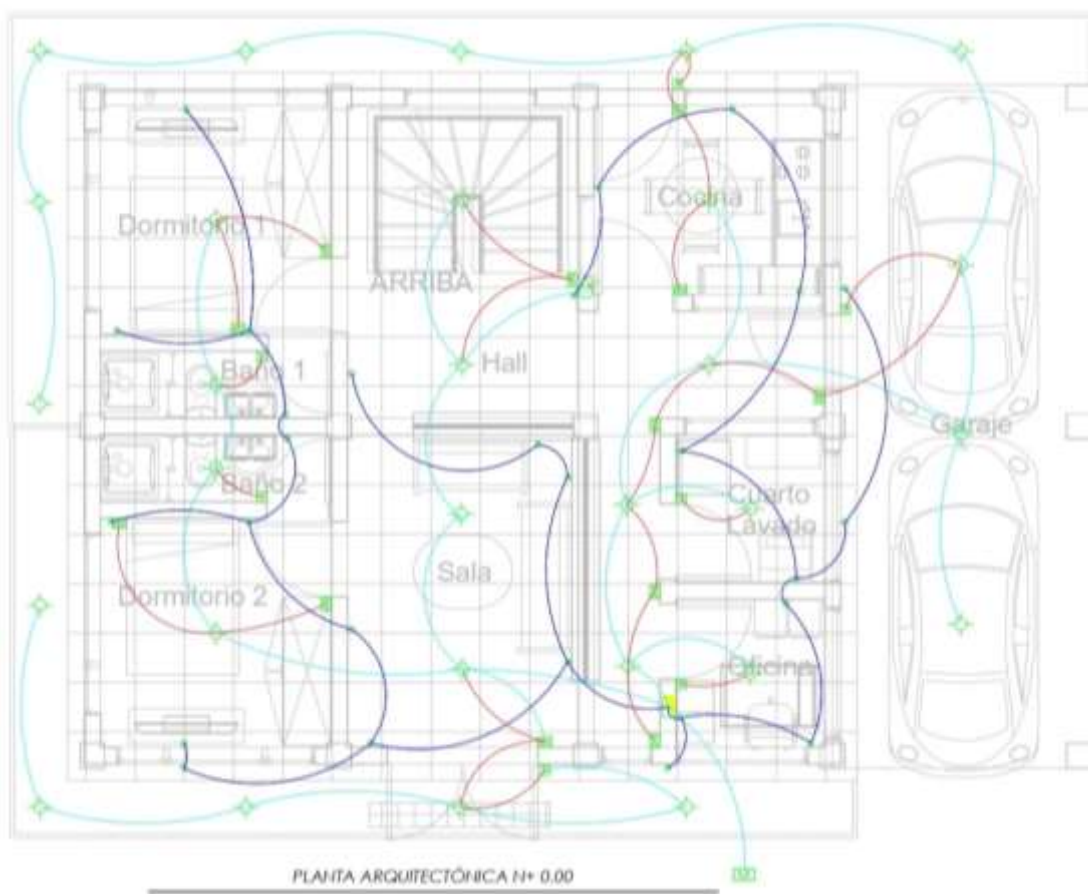


Figura 4.2. Diseño a partir del Método tradicional

#### 4.1.2.2 Diseño del sistema de iluminación

- **Primera Planta**

En la primera planta, se ha diseñado el sistema de iluminación utilizando luminarias de 12 W. Esta planta cuenta con un total de 28 puntos de iluminación, los cuales se han dividido en dos circuitos para cumplir con las recomendaciones de la NEC.

- Circuito 3 (C3): Este circuito abarca 14 puntos de iluminación distribuidos según el diseño original del arquitecto.
- Circuito 4 (C4): De manera similar, este circuito incluye los otros 14 puntos de iluminación restantes, manteniendo la disposición planteada en los planos.
- Estos circuitos abarcan 14 puntos de iluminación distribuidos según el diseño original del arquitecto. De acuerdo con la NEC , sección 4.1, los circuitos de iluminación deben ser diseñados para alimentar una carga máxima de 15 amperios [22]. Este circuito, con 14 luminarias de 12 W cada una, asegura que la carga total se mantenga por debajo del 80% de la capacidad nominal del circuito, lo cual es un criterio de seguridad clave en la NEC en el artículo 210.11(B) [23]

Para la selección de los conductores eléctricos, se optó por utilizar alambre calibre #14 para los circuitos de iluminación y alambre calibre #12 para los circuitos de tomacorrientes. Esta decisión se basa en la Tablas 3.2 de la NEC, que indican lo siguiente:

- Alambre #14 AWG: Es adecuado para cargas de hasta 15 amperios, lo que es suficiente para los circuitos de iluminación, considerando la baja potencia de las luminarias (12 W). Además, este calibre garantiza una capacidad adecuada de corriente y un manejo seguro de la carga, sin sobrepasar los límites permitidos.
- Alambre #12 AWG: Se seleccionó para los circuitos de tomacorrientes debido a que este calibre es apto para cargas de hasta 20 amperios, lo que es adecuado para los dispositivos que típicamente se conectan a estos circuitos, tales como electrodomésticos y otros equipos de mayor demanda energética.

El Plano 1 refleja la distribución de los puntos de iluminación en la primera planta, divididos entre los circuitos C3 y C4. La disposición sigue las indicaciones del arquitecto, asegurando que la iluminación se distribuya uniformemente, evitando sobrecargas en un solo circuito.

- **Segunda Planta**

En la segunda planta, el sistema de iluminación se ha diseñado para incluir un total de 22 puntos de iluminación, distribuidos en dos circuitos separados, para cumplir con las normas establecidas.

- Circuito 7 (C7): Este circuito comprende 11 puntos de iluminación, distribuidos de acuerdo con el plano original proporcionado por el arquitecto. La distribución se ha realizado para garantizar una cobertura uniforme de la iluminación en las áreas designadas.
- Circuito 8 (C8): De manera similar, el Circuito 8 también incluye 11 puntos de iluminación, manteniendo la disposición establecida en los planos arquitectónicos, lo que permite una distribución balanceada de la carga eléctrica.
- Estos circuitos abarcan 11 puntos de iluminación distribuidos según el diseño original del arquitecto. De acuerdo con la NEC , sección 4.1, los circuitos de iluminación deben ser diseñados para alimentar una carga máxima de 15 amperios [22]. Este circuito, con 11 luminarias de 12 W cada una, asegura que la carga total se mantenga por debajo del 80% de la capacidad nominal del circuito, lo cual es un criterio de seguridad clave en la NEC en el artículo 210.11(B) [23].

Al igual que en la primera planta, se ha optado por utilizar alambre calibre #14 para los circuitos de iluminación y alambre calibre #12 para los circuitos de tomacorrientes, basándonos en las tablas de la NEC:

- Alambre #14 AWG: Este calibre es suficiente para manejar los 11 puntos de iluminación en cada circuito (C7 y C8), dado que la carga individual de cada luminaria es de 12 W, lo que resulta en un consumo de corriente muy bajo. El alambre #14 garantiza una capacidad de corriente adecuada y un margen de seguridad para estos circuitos.

El **Plano 2** detalla la distribución de los 22 puntos de iluminación en la segunda planta, divididos entre los circuitos C7 y C8. La disposición sigue estrictamente las recomendaciones del arquitecto, asegurando que no se sobrecargue ninguno de los circuitos y que la iluminación sea eficiente y segura.

- **Tercera planta**

En la tercera planta, el sistema de iluminación se ha diseñado para incluir un total de 18 puntos de iluminación, distribuidos en dos circuitos, en cumplimiento con las normativas de la NEC.

- Circuito 11 (C11): Este circuito abarca 8 puntos de iluminación, distribuidos según las directrices del plano arquitectónico. La disposición de los puntos de luz en este circuito asegura una cobertura eficiente y adecuada en las áreas asignadas de la tercera planta.
- Circuito 12 (C12): Este circuito incluye 10 puntos de iluminación, también distribuidos conforme a lo establecido en el diseño original. La distribución equilibra la carga eléctrica en esta planta, garantizando una operación segura y eficiente.
- Ambos circuitos están muy por debajo del límite máximo permitido por la NEC, asegurando que la carga se mantenga dentro del rango de seguridad, cumpliendo con los criterios establecidos en el artículo 210.11(B) [23].

Siguiendo el mismo enfoque que en las plantas anteriores, se seleccionó el alambre adecuado para los circuitos de iluminación y tomacorrientes, utilizando la NEC como referencia:

- Alambre #14 AWG: Este calibre se utilizó para los circuitos de iluminación (C11 y C12), dado que la carga total es baja, con luminarias de 12 W por punto de luz. El alambre #14 es adecuado para manejar hasta 15 amperios, lo cual es suficiente para estos circuitos, asegurando que la instalación cumple con las especificaciones de seguridad.

El **Plano 1** detalla la distribución de los 18 puntos de iluminación en la tercera planta, divididos entre los circuitos C11 y C12. Esta distribución sigue fielmente el diseño arquitectónico, asegurando que la iluminación sea efectiva y que cada circuito opere dentro de los límites seguros establecidos por la NEC.

#### **4.1.2.3 Diseño del sistema de tomacorrientes**

- **Primera Planta**

En la primera planta, se ha diseñado el sistema de tomacorrientes para incluir un total de 28 puntos, distribuidos en dos circuitos independientes, conforme a las normativas de la NEC y las mejores prácticas en diseño eléctrico.

- Circuito 1 (C1): Este circuito abarca 14 tomacorrientes, distribuidos estratégicamente en la primera planta, de acuerdo con el plano original proporcionado por el arquitecto. La distribución asegura que las áreas más frecuentadas y con mayor demanda de energía cuenten con suficientes tomacorrientes para un uso seguro y eficiente.
- Circuito 2 (C2): De manera similar, el Circuito 2 incluye 12 tomacorrientes adicionales, ubicados para cubrir las necesidades eléctricas restantes en la planta. Esta distribución

equilibra la carga entre los dos circuitos, evitando sobrecargas y permitiendo un uso optimizado del sistema eléctrico.

Es decir, cada tomacorriente tiene una potencia unitaria de 150 W. El Circuito 1 incluye 14 tomacorrientes, mientras que el Circuito 2 cuenta con 12 tomacorrientes. Ambos circuitos operan a un voltaje de 120 V, en conformidad con las especificaciones de la norma NEC. Según el artículo 220.14 de la NEC, la carga para los tomacorrientes generales debe considerarse a no mayor de 15 a 16 tomacorrientes por circuito, asegurando que el circuito no se sobrecargue [23]. Esta distribución se basa en el diagrama unifilar correspondiente que se presenta en el **plano 2**.

Para los circuitos de tomacorrientes, se ha seleccionado el alambre calibre #12 AWG, basado en las tablas de la NEC:

- Alambre #12 AWG: Este calibre es el adecuado para circuitos de tomacorrientes, ya que puede manejar corrientes de hasta 20 amperios. Dado que los tomacorrientes suelen estar sujetos a cargas más altas debido al uso de electrodomésticos y otros equipos electrónicos, el alambre #12 asegura que los circuitos puedan manejar estas cargas sin riesgo de sobrecalentamiento o fallos.

Adicionalmente, para lo que son tomas especiales la NEC en el artículo 210.11(C) especifica la necesidad de incluir tomacorrientes de 220 V en áreas clave como la cocina y para la carga de vehículos eléctricos [23]. En la primera planta se han diseñado dos circuitos para cumplir con estos requisitos:

- Circuito 14 (C14): Este circuito está destinado a alimentar una cocina de inducción con una potencia de 6000 W. Dado el alto consumo de energía de este electrodoméstico, se ha seleccionado un tomacorriente de 220 V específicamente para este circuito.
- Circuito 13 (C13): Este circuito se dedica a la carga de vehículos eléctricos, con una potencia máxima de 7500 W. Al igual que la cocina de inducción, este circuito opera a 220 V, asegurando que se proporcione la energía necesaria sin sobrecargar el sistema.

El **Plano 2** refleja la disposición de los 28 tomacorrientes en la primera planta, distribuidos entre los circuitos C1 y C2. Esta distribución sigue las recomendaciones del arquitecto, asegurando una cobertura adecuada en todas las áreas de la planta, y garantizando que ningún circuito se vea sobrecargado.

- **Segunda Planta**

En la segunda planta, el sistema de tomacorrientes se ha diseñado para incluir un total de 27 tomacorrientes, distribuidos en dos circuitos independientes, siguiendo las normativas de la NEC en su artículo 210.11(A) y las prácticas recomendadas en diseño eléctrico [23].

- Circuito 5 (C5): Este circuito incluye 13 tomacorrientes, distribuidos estratégicamente en la segunda planta. La ubicación de estos tomacorrientes se ha realizado de acuerdo con el diseño original del arquitecto, garantizando que se cubran todas las áreas clave de la planta.
- Circuito 6 (C6): El Circuito 6 abarca 14 tomacorrientes adicionales, completando la cobertura eléctrica necesaria para la segunda planta. Esta distribución equilibrada entre ambos circuitos asegura que no se sobrecargue ninguno de ellos y que se mantenga una operación segura y eficiente.

Para los circuitos de tomacorrientes en la segunda planta, se ha utilizado el mismo alambre calibre #12 AWG, utilizado en la primera planta.

- **Tercera Planta**

En la tercera planta, el sistema de tomacorrientes se ha diseñado para incluir un total de 24 tomacorrientes, distribuidos en dos circuitos, en cumplimiento con las normativas de la NEC en artículo 210.11(A) y las prácticas recomendadas en diseño eléctrico [23].

- Circuito 9 (C9): Este circuito incluye 14 tomacorrientes, distribuidos estratégicamente en la tercera planta, siguiendo el diseño del arquitecto. La disposición asegura que las áreas más utilizadas en la planta cuenten con una cantidad adecuada de tomacorrientes para satisfacer las necesidades eléctricas.
- Circuito 10 (C10): El Circuito 10 comprende los 10 tomacorrientes restantes, distribuidos de manera que se optimice la cobertura eléctrica en la planta. Esta distribución balanceada entre ambos circuitos garantiza que no haya sobrecargas, manteniendo la operación segura y eficiente de todo el sistema.

Del mismo modo, para los circuitos de tomacorrientes en la tercera planta, se ha utilizado el mismo alambre calibre #12 AWG, utilizado en las plantas anteriores.

#### **4.1.2.4 Determinación del dimensionamiento eléctrico**

Para asegurar un diseño y funcionamiento del sistema eléctrico, es fundamental seleccionar tanto el conductor como el termomagnético adecuados para cada tipo de circuito. A

continuación, se presenta en la tabla 4.4 que detalla el dimensionamiento del conductor eléctrico y el termomagnético correspondiente según el tipo de circuito.

Tabla 4.4: Dimensionamiento eléctrico

Circuito	Cable	Termomagnético Recomendado
Sistema de Iluminación	#14 AWG	15/16 A
Tomacorrientes	#12 AWG	20 A
Circuitos Especiales	#10 AWG	32 A

**Nota.** Esta tabla refleja los estándares normativos para la selección de conductores y termomagnéticos, garantizando la seguridad y eficiencia en la distribución eléctrica. El cable #14 AWG es adecuado para los circuitos de iluminación, mientras que el cable #12 AWG se utiliza para los tomacorrientes, y el cable #10 AWG para circuitos especiales que requieren mayor capacidad de corriente.

Fuente. Tabla 210.24 National Electrical Code

#### 4.1.2.5 Diagrama de conexiones

El diagrama unifilar que presentamos detalla la conexión eléctrica del sistema. Desde la acometida eléctrica, se requiere la instalación de un interruptor de 2x50 A en el medidor, acorde a la demanda total de la vivienda tal como se visualiza en la figura 4.3. A partir del medidor, se realiza una derivación utilizando un cable concéntrico de calibre #8 con especificación 3x8, lo que indica que el conductor está compuesto por dos fases y un neutro.

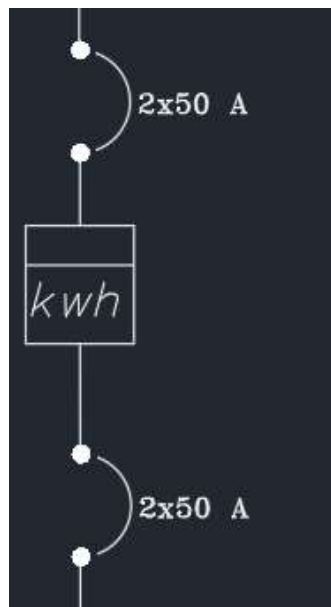


Figura 4.3: Interruptor.

Tras los estudios realizados, se ha decidido la instalación de cuatro subtableros: tres subtableros operando a 120V y un subtablero dedicado a los circuitos de 220V. Esta distribución permite

gestionar adecuadamente la carga eléctrica y separar los circuitos de acuerdo con las diferentes necesidades de la vivienda como se representa en la figura 4.4.

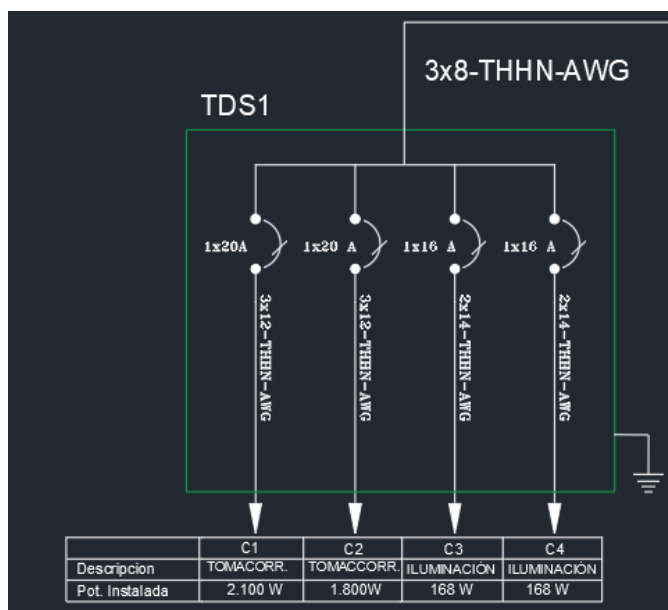


Figura 4.4: Circuitos de subtableros

- **Conductor 3x8 THHN-AWG**

El cable 3x8 THHN-AWG se utilizará para la conexión desde el medidor hasta el tablero principal. Este cable ha sido seleccionado por su capacidad de manejar corrientes más altas y su aislamiento adecuado para aplicaciones de alta tensión, garantizando seguridad en la distribución de la energía [23].

#### 4.1.2.6 Distribución de los Tableros de 120 V

Cada uno de los tableros de distribución de 120 V será configurado de la siguiente manera:

El **Subtablero 1**, ubicado en el primer piso con un voltaje de 120V, se divide en cuatro circuitos. Dos de estos circuitos están destinados a tomacorrientes, cada uno protegido por un interruptor de 20 A. Los cables utilizados en estos circuitos son de calibre **3x12**, lo que significa que incluyen un cable de fase, uno de neutro y uno de tierra, todos calibre #12. Para los circuitos de iluminación, se utiliza un interruptor de 16 A, con cables de calibre **2x14**, compuestos por un cable de fase y un neutro, ambos de calibre #14.

El **Subtablero 2**, ubicado en el segundo piso, también tiene un voltaje de 120V y cuenta con las mismas características en cuanto a interruptores y tamaño de cable que el Subtablero 1. Sin

embargo, la potencia instalada en los circuitos varía de acuerdo con las necesidades específicas de este nivel de la vivienda.

El **Subtablero 3**, situado en el tercer piso, sigue el mismo esquema que los subtableros anteriores. Tiene un voltaje de 120V, utiliza interruptores de 20 A para los tomacorrientes y de 16 A para los circuitos de iluminación, con cables calibre #12 y #14, respectivamente. Al igual que en los otros subtableros, la potencia instalada por circuito varía según los requerimientos del tercer piso.

Por último, el **Subtablero 4** está ubicado en el primer piso y opera a un voltaje de 220V. Este subtablero está dedicado a tomas especiales, como una cocina de inducción y un cargador para un vehículo eléctrico. Está equipado con un interruptor de 32 A y utiliza cables de calibre **3x10**, que incluyen dos cables de fase y un cable de tierra, todos de calibre #10 como se puede observar en la figura 4.5.

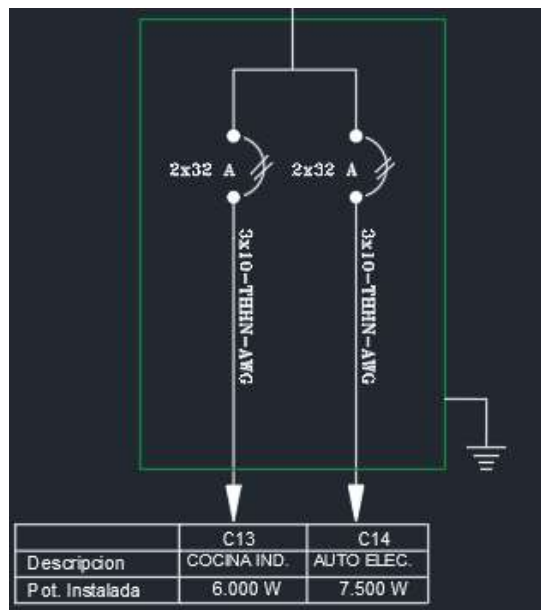


Figura 4.5: Circuito 13 y 14.

#### 4.1.2.7 Configuración del Tablero de 220 V

El tablero de 220 V se equipará con termomagnéticos de 32 A, utilizando cableado 3x10 THHN-AWG. Este tablero está destinado a manejar las cargas más elevadas que requieren una tensión de 220 V, como los equipos especiales mencionados en la planificación.

### 4.1.3 Modelación de instalaciones eléctricas en Revit


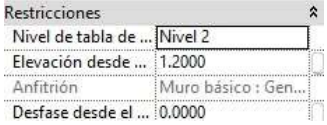
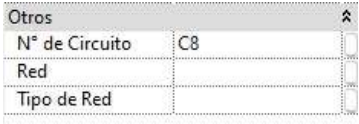


#### 4.1.3.1 Circuito de iluminación






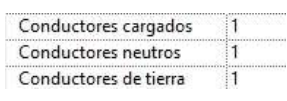
- **Modelación del circuito de iluminación e interruptores de la primera planta**

El diseño del sistema de iluminación en la primera planta se modela en Revit, donde se representan los elementos de iluminación como objetos tridimensionales que se ubican estratégicamente en techos, paredes o suelos, según el tipo de luminaria.

Los interruptores, tanto simples como dobles, son integrados en el modelo de Revit para controlar el encendido y apagado de las luminarias, dichas características se presentan en la Tabla 4.5. Estos se instalan a una altura de 1,20 metros desde el suelo, cumpliendo con las normativas establecidas.

Tabla 4.5: Circuitos de iluminación en Revit

Componente	Detalle	Imagen
Interruptores (Simples/Dobles)	El interruptor se elige en función de la cantidad de puntos desde los cuales se controlará la iluminación; de esto depende si se utiliza un interruptor simple o doble.	
	A una altura recomendada de 1.20 m sobre el nivel del piso terminado.	
	Estarán etiquetados con el número del circuito al que pertenecen.	
Punto de iluminación	El punto de iluminación utilizado en nuestro diseño tiene una potencia de 12 W.	
	Se especifica una elevación de 2.5000 metros desde el nivel de referencia,	

	que en este caso es el "Nivel 1"	
Tomacorriente 120V	Los tomacorrientes se utilizan para suministrar energía a los aparatos eléctricos y se ubican a una altura de 40 cm sobre el nivel del piso terminado.	
	Siempre incluirán sus características en el programa, donde se especificará su altura.	
Tomacorriente 220V	Esta configuración permite ajustar de manera precisa la altura de instalación del tomacorriente, facilitando la adaptación del diseño a las necesidades específicas del proyecto.	
		
Alambres	En este caso, se observa que el tipo de alambre seleccionado es el #12, mientras que el otro disponible en la lista es el #10. La sección "Tipos usados más recientemente" indica que el alambre #12 ha sido utilizado recientemente. Esta funcionalidad permite al usuario escoger rápidamente el tipo de alambre que necesita en su diseño.	
	Un conductor cargado se refiere a la fase proporcionada desde el medidor, mientras que el neutro sirve como punto de referencia para el retorno de	

	corriente. La tierra, por su parte, actúa como protección al conectarse a una puesta a tierra, lo cual mejora la seguridad del sistema eléctrico.	
--	---	--

En el **circuito 3** de iluminación, identificado con color rojo, se han colocado 14 dispositivos de iluminación, controlados por 4 interruptores simples, 5 interruptores dobles, y 1 conmutador. Por otro lado, el circuito 4 de iluminación, marcado con color verde, incluye también 14 dispositivos de iluminación, controlados por 8 interruptores simples.

Los **plano 1** ilustran las características de la potencia de 12 W de los dispositivos de iluminación, así como su altura desde el suelo, respetando la altura normativa de 1,20 metros para los interruptores. Estas disposiciones garantizan un diseño eléctrico que es eficiente y seguro, alineado con los estándares de la NEC y optimizado mediante el uso del software Revit.

- **Modelación del circuito de iluminación e interruptores de la segunda planta**

Para la ubicación en la segunda planta, se han definido los siguientes circuitos de iluminación en el modelo de Revit:

- **Circuito 7 (color naranja):** Este circuito incluye 12 dispositivos de iluminación, controlados por 9 interruptores simples distribuidos estratégicamente para garantizar una adecuada cobertura lumínica.
- **Circuito 8 (color azul piedra):** En este circuito, se han instalado 10 dispositivos de iluminación, junto con 2 conmutadores simples y 5 interruptores simples, lo que permite un control eficiente de la iluminación en esta área.

El **plano 1** muestra la distribución de las luminarias e interruptores en la segunda planta. Es importante destacar que tanto la altura de las luminarias como la de los interruptores se mantiene constante, utilizando la misma referencia de 1,20 metros desde el suelo, tal como se estableció en la primera planta. Esto asegura uniformidad en el diseño y cumplimiento con las normativas aplicables.

- **Modelación del circuito de iluminación e interruptores de la tercera planta**

Para la ubicación en la tercera planta, se han diseñado los siguientes circuitos de iluminación en el modelo de Revit:

**Circuito 11 (color verde oliva):** Este circuito incluye 7 dispositivos de iluminación, controlados por 5 conmutadores simples y 3 interruptores simples, permitiendo un manejo flexible de la iluminación en esta planta.



**Circuito 12 (color morado):** En este circuito se han instalado 10 dispositivos de iluminación, junto con 4 conmutadores simples y 1 interruptor simple, optimizando el control de las luminarias en los diferentes espacios.

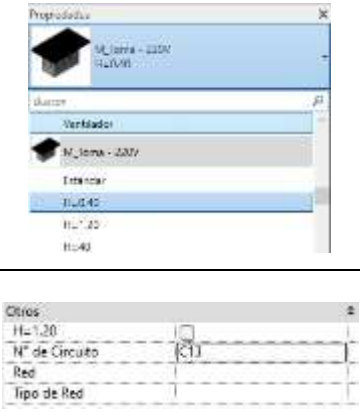
**El plano 1** ilustra la distribución de las luminarias e interruptores en la tercera planta, asegurando que la colocación siga un diseño coherente y eficiente, tal como se ha implementado en las plantas inferiores.

#### 4.1.3.2 Modelación de tomacorrientes aquí iría la demás tabla

Un circuito de tomacorrientes se define como aquel en el que la energía eléctrica se utiliza para alimentar artefactos electrodomésticos o máquinas pequeñas, los cuales se muestra en la tabla 4.6. De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción , se deben considerar varios aspectos para el diseño y la instalación de estos circuitos para garantizar su seguridad y funcionalidad.

Tabla 4.6: Componentes de los tomacorrientes en Revit

Componente	Detalle	Imagen
Tomacorriente 120V	Los tomacorrientes se utilizan para suministrar energía a los aparatos eléctricos y se ubican a una altura de 40 cm sobre el nivel del piso terminado.	
	Siempre incluirán sus características en el programa, donde se especificará su altura.	

Tomacorriente 220V	Esta configuración permite ajustar de manera precisa la altura de instalación del tomacorriente, facilitando la adaptación del diseño a las necesidades específicas del proyecto.	
--------------------	---	---

En el **circuito 3** de iluminación, identificado con color rojo, se han colocado 14 dispositivos de

- **Primera planta**

Al distribuir el área total de la primera planta, y en cumplimiento con el código NEC, se ha garantizado que la distancia máxima entre tomacorrientes no exceda los 1,80 m. Esto significa que se ha instalado al menos un tomacorriente en cada tramo de 3,60 m para asegurar la cobertura adecuada. Como resultado, en la primera planta se han distribuido un total de 27 tomacorrientes, organizados en dos circuitos independientes. La distribución exacta de los tomacorrientes en esta planta se ilustra en el **plano 2**

- **Segunda planta**

En la segunda planta se han registrado un total de 26 tomacorrientes, distribuidos en dos circuitos. La distribución precisa de estos tomacorrientes se muestra en el **plano 2**.

- **Tercera planta**

En la tercera planta se han registrado un total de 27 tomacorrientes, distribuidos conforme a la normativa y a la distribución del espacio. La disposición de estos tomacorrientes se ilustra en el **plano 2**.

Todos los tomacorrientes están instalados a una altura de 40 cm sobre el piso terminado, cumpliendo con los requisitos de la Normativa NEC para la elevación adecuada. Esta altura se detalla en el **plano 2**.

#### 4.1.3.3 Conexión especial a 220 V

Se han implementado tomacorrientes especiales a 220 V en la tercera planta para satisfacer las necesidades de alta potencia. Estos tomacorrientes están destinados a dos aplicaciones

específicas: uno para una cocina de inducción con una potencia de 3,500 W y otro en el garaje para cargar un auto eléctrico con una potencia de 3,700 W.

El interruptor termomagnético se ajustará en función de la potencia del dispositivo conectado. La ubicación de estos tomacorrientes, instalados a una altura de 40 cm desde el piso terminado, se muestra en el **plano 2**.

#### **4.1.3.4 Modelado de tubería eléctrica en 3D.**

El modelado de la tubería en el sistema eléctrico se lleva a cabo en tres dimensiones, representando con claridad las rutas por donde pasan los cables eléctricos. Se selecciona el tipo de conducto adecuado según las especificaciones del diseño eléctrico y se definen las trayectorias a lo largo de paredes, techos y suelos. La tubería se extiende desde los tableros de distribución hasta los puntos de conexión y distribución dentro de la residencia, garantizando una instalación ordenada y eficiente, como se ilustra en el **plano 3**.

#### **4.1.3.5 Diagrama unifilar**

La representación del diagrama unifilar organiza gráficamente los componentes de la instalación eléctrica. En nuestro proyecto, aplicado al diseño de instalaciones eléctricas residenciales, se ha desarrollado un diagrama unifilar utilizando Revit. Este diagrama, que se encuentra representado en el **plano 2**, ilustra de manera clara y ordenada los elementos del sistema eléctrico, adaptado para una instalación con un consumo diario específico. La utilización de Revit garantiza el rigor en el diseño y facilidad para ajustar el diagrama según las necesidades del proyecto.

#### **4.1.4 Modelación del tendido eléctrico en Revit.**

El cableado eléctrico se modela detalladamente en Revit, permitiendo la conexión precisa entre los distintos componentes del sistema eléctrico. En el modelo BIM, los conductores eléctricos se representan junto con tomacorrientes, interruptores y luminarias, especificando parámetros clave como el tipo de conductor, tamaño y número de circuito al que pertenecen. Los conductores se colocan siguiendo rutas lógicas y prácticas de acuerdo con las especificaciones del diseño eléctrico, asegurando que no se crucen con otros elementos estructurales o arquitectónicos mediante herramientas de detección de colisiones para prevenir problemas.


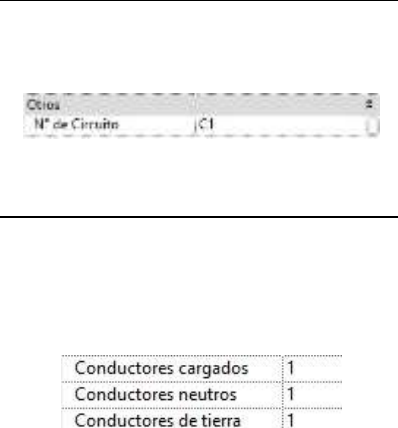
Cada conductor eléctrico se extiende desde los tableros de distribución principales hacia los diferentes circuitos de la residencia, conectándose a su respectivo interruptor termomagnético. Cada conductor se documenta con información detallada, como el número de circuito y el calibre del conductor. Esta información se incluye en los planos de planta, elevación y detalles constructivos generados por Revit, facilitando así la instalación y el mantenimiento del sistema eléctrico.

#### 4.1.4.1 Tendido eléctrico del iluminación e interruptores en la tercera planta

En el tendido eléctrico de la tercera planta, el Circuito 11 está representado en color verde oliva y el Circuito 12 en color morado. Esta codificación de colores se utiliza para diferenciar claramente los circuitos de iluminación e interruptores. **El plano 1** ilustra el tendido eléctrico para estos sistemas, facilitando la identificación y el seguimiento en el modelo.

A continuación, en la tabla 4.7 se muestra los componentes utilizados.

Tabla 4.7: Componentes eléctricos en el dimensionamiento

Componente	Detalle	Imagen
Alambres	En este caso, se observa que el tipo de alambre seleccionado es el #12, mientras que el otro disponible en la lista es el #10. La sección "Tipos usados más recientemente" indica que el alambre #12 ha sido utilizado recientemente. Esta funcionalidad permite al usuario escoger rápidamente el tipo de alambre que necesita en su diseño.	
	Un conductor cargado se refiere a la fase proporcionada desde el medidor, mientras que el neutro sirve como punto de referencia para el retorno de corriente. La tierra, por su parte, actúa como protección al conectarse a una	

	puesta a tierra, lo cual mejora la seguridad del sistema eléctrico.	
--	---	--

En el **circuito 3** de iluminación, identificado con color rojo, se han colocado 14 dispositivos de

#### **4.1.4.2 Tendido eléctrico para tomacorrientes en la primera planta**

En el tendido eléctrico de la primera planta, el Circuito 1 está representado en color azul y el Circuito 2 en color morado. Esta codificación de colores facilita la identificación de los diferentes circuitos de tomacorrientes en el modelo. El **plano 2** muestra el tendido eléctrico correspondiente a estos circuitos.

#### **4.1.4.3 Tendido eléctrico para tomacorrientes especiales en la primera planta**

En el tendido eléctrico, los Circuitos 13 y 14 están representados en color negro. Esta codificación se utiliza para distinguir los circuitos de tomacorrientes especiales. El **plano 2** ilustra el tendido eléctrico de estos circuitos.

## **5. RESULTADOS OBTENIDOS**

Una vez establecidos los cálculos para el dimensionamiento y completado el modelado en 3D, se procederá a la integración de toda la información en un modelo único utilizando Revit, como parte de la propuesta del proyecto. Esta integración en un modelo único facilita la consolidación de todos los elementos del sistema eléctrico en una representación precisa y detallada. Aunque la implementación no se llevará a cabo, el uso de Revit en esta etapa permite simular la coordinación y la interacción entre componentes, proporcionando una visión clara y completa del diseño propuesto. Esta metodología ayuda a demostrar la viabilidad del diseño y a evaluar su precisión antes de la fase de implementación.

### **5.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

Una vez obtenidos todos los circuitos de iluminación y tomacorrientes distribuidos por planta, se procedió a definir el modelo final. Para ello, se optó por la conexión de tuberías en Revit, utilizando los planos previamente ejecutados. En este modelo representado en la figura 5.1, se visualiza claramente la ubicación de los interruptores, las luminarias y los tomacorrientes, permitiendo una representación detallada y precisa del sistema eléctrico en cada nivel de la edificación.

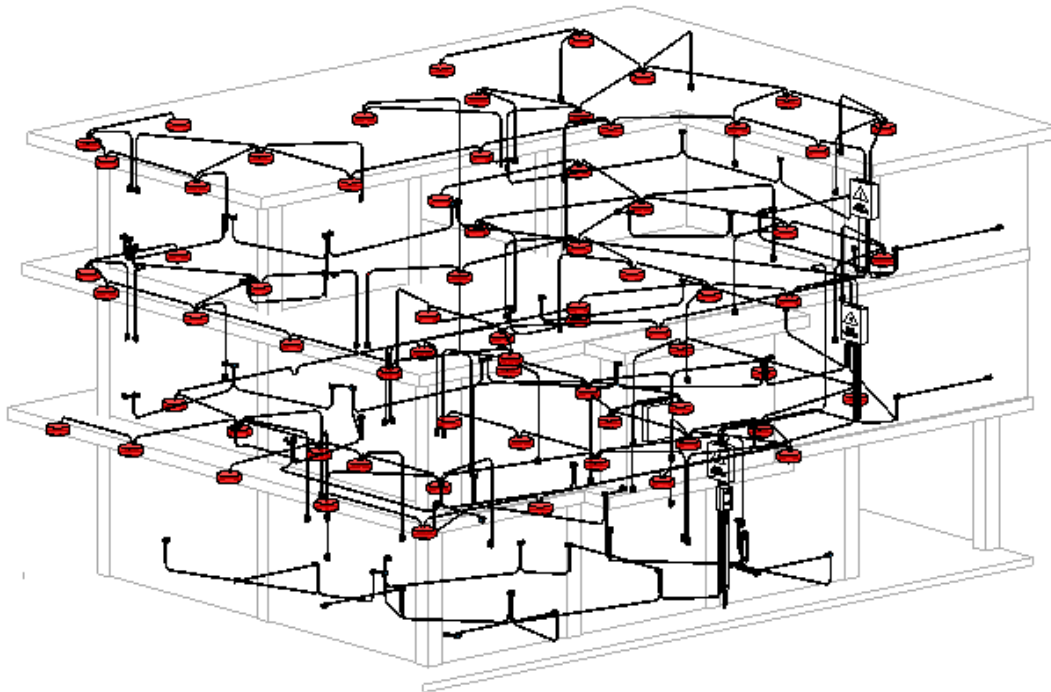


Figura 5.1: Diagrama Unifilar.

A partir de este modelo, será necesario vincularlo con el archivo arquitectónico para obtener una visualización completa, integrando tanto el modelo arquitectónico como el modelado eléctrico.

## 5.2 VINCULACIÓN DE ARCHIVOS ARQUITECTÓNICO

Una vez vinculado el archivo, se podrá observar en la primera planta la iluminación del hall, entre otras áreas como se presenta en la figura 5.2. Este paso es crucial para asegurar que la disposición y el diseño del sistema eléctrico se alineen correctamente con el diseño arquitectónico. La integración de ambos modelos permitirá una revisión detallada y precisa, facilitando la identificación de cualquier ajuste necesario y garantizando la coherencia en la ejecución del proyecto.



Figura 5.2. Primera planta.

En la planta 2, al examinar la sala de estar, podemos observar los puntos de iluminación ubicados en el costado adyacente a la puerta como se visualiza en la figura 5.3. En este mismo espacio, se puede ver el interruptor de la luz, situado a un lado de la puerta, y el tomacorriente ubicado en la parte inferior, proporcionando una disposición clara y funcional para el uso y control de la iluminación y los tomacorrientes en la sala.



Figura 5.3: Segunda Planta.

En el tercer piso representado en la figura 5.4, se puede observar la iluminación del balcón. La disposición del sistema eléctrico en esta área refleja un modelado eléctrico bien ejecutado y coherente, demostrando que el diseño se ha implementado con precisión y eficiencia. Esta revisión confirma que el modelo cumple con los requisitos de instalación y proporciona una iluminación adecuada en el balcón.

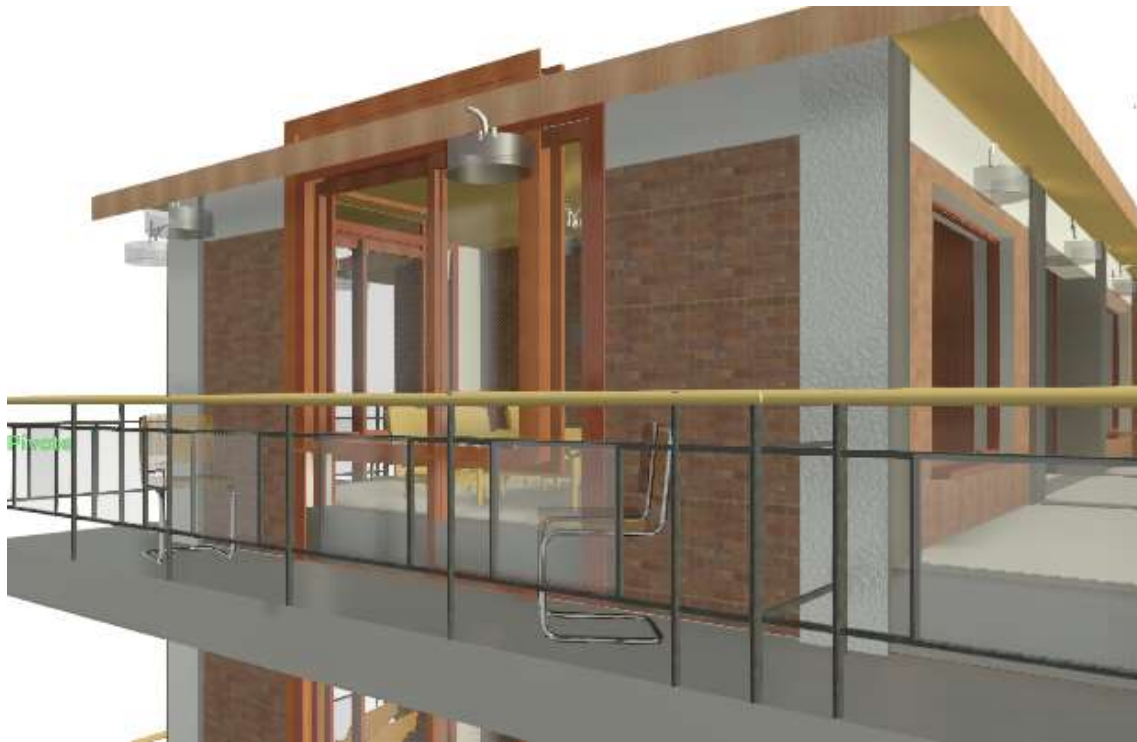


Figura 5.4: Tercera Planta.

Como modelo final en la figura 5.5, se presenta el modelo completo de la casa, en el que se ha integrado el sistema eléctrico, formando un único modelo en Revit. Esta integración permite una visualización completa y coherente, combinando el diseño arquitectónico con el modelado eléctrico para una representación precisa y detallada del proyecto.



Figura 5.5: Tercera Planta.

### 5.3 ANÁLISIS DE COSTOS METODO TRADICIONAL

El análisis de costos se realiza comparando dos presupuestos: uno elaborado por un arquitecto utilizando el método tradicional y otro basado en la metodología BIM. Esta comparación busca determinar cuál de los dos métodos es más beneficioso en términos de costos y eficiencia en las instalaciones eléctricas residenciales.

Para establecer una referencia clara, se toma como base el presupuesto proporcionado por un arquitecto para una instalación eléctrica en un modelo de casa similar. En este presupuesto, no se detallan materiales, costos unitarios ni mano de obra específica; únicamente se presenta un precio final. Este enfoque permite comparar de manera efectiva los costos y beneficios de ambos métodos, y evaluar si la propuesta tecnológica mediante BIM ofrece ventajas significativas frente al método tradicional.

Tabla 5.1: Presupuesto del arquitecto.

Nº	DESCRIPCIÓN	U	CANT	P. UNIT	PRECIO TOTAL
1	REVISIÓN INS. ELÉCTRICAS	u	2.00	102.12	204.24
2	ILUMINACIÓN CONDUCTOR Nº12	u	5.00	5.00	25.00
3	ILUMINACIÓN CONDUCTOR Nº14	u	5.00	5.00	25.00

4	MANGUERA NEGRA	m	100.00	0.70	70.00
5	CERÁMICA DE BOQUILLAS	u	80.00	0.70	56.00
6	CAJ. RECTANGULAR	u	80.00	0.70	56.00
7	TOMACORRIENTES DOBLES	u	15.00	2.50	37.50
8	CAJ. OCTOGONAL	u	9.00	0.70	6.30
9	INTERRUPTORES SIMPLES	u	10.00	3.50	35.00
10	INTERRUPTORES DOBLES	u	4.00	4.50	18.00
11	PUESTA A TIERRA	u	1.00	5.00	5.00
12	MANO DE OBRA POR CONDUCTOR N°12	gteo	100.00	0.08	8.00
13	MANO DE OBRA POR CONDUCTOR N°14	gteo	100.00	0.07	7.00
	<b>TOTAL</b>				<b>783.04</b>

#### 5.4 ANÁLISIS DE COSTO METODOLOGÍA BIM

Para desarrollar el presupuesto utilizando la metodología BIM, se extraen todas las tablas de componentes eléctricos que incluyen detalles como longitudes, tomacorrientes, interruptores, sistemas de iluminación y paneles de distribución. El software BIM proporciona información detallada sobre cada componente, incluyendo su nivel, altura, tipo, datos eléctricos, elevación desde el suelo, tipo y número de circuito, familia y tipo, lo que permite obtener datos específicos y coherentes para la estimación de costos.

El presupuesto basado en la metodología BIM se caracteriza por su alto rigor y eficiencia en la estimación de costos eléctricos. Además, facilita una gestión más efectiva del proyecto, proporcionando un desglose detallado de las cantidades, descripciones de los componentes eléctricos, costos unitarios y valores totales, lo que mejora la transparencia en la planificación financiera del proyecto.

Tabla 5.2: Presupuesto mediante la metodología BIM.

Nº	DESCRIPCIÓN	U	CANT	P. UNIT	PRECIO TOTAL
1	TOMACORRIENTES DOBLE 120 V	u	80	2.50	200.00
2	PUESTA A TIERRA	u	1	5.00	5.00
3	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	u	3	40.00	120.00
4	CAJETÍN RECTANGULAR	u	40	0.70	28.00

5	CAJETÍN OCTOGONAL	u	69	0.70	48.30
6	CABLE THNN #12	m	4	5.00	20.00
7	CABLE THNN #14	m	3	5.00	15.00
8	BOQUILLA CERÁMICA	u	69	0.70	48.30
9	TERMOMAGNÉTICO DE 20 A	u	12	6.00	72.00
10	MANGUERA NEGRA 1/2 PLG.	m	400	0.70	280.00
11	INTERRUPTORES SIMPLES	u	32	3.50	112.00
12	INTERRUPTORES DOBLES	u	15	4.50	67.50
13	OBRA DE MANO TOMACORRIENTES	gteo	16	0.08	1.28
14	OBRA DE MANO ILUMINACIÓN	gteo	69	0.07	4.83
	<b>TOTAL</b>				<b>1,308.21</b>

## 5.5 COMPARACIÓN DE COSTOS MÉTODO TRADICIONAL AL MÉTODO BIM.

Tabla 5.3. Detalle de costos

Nº	DESCRIPCIÓN	Método Tradicional	Método BIM
1	TOMACORRIENTES DOBLES	15 * \$2.50 = \$37.50	80 * \$2.50 = \$200.00
2	PUESTA A TIERRA	1 * \$5.00 = \$5.00	1 * \$5.00 = \$5.00
3	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	No especificado	3 * \$40.00 = \$120.00
4	CAJ. RECTANGULAR	80 * \$0.70 = \$56.00	40 * \$0.70 = \$28.00
5	CAJ. OCTOGONAL	9 * \$0.70 = \$6.30	69 * \$0.70 = \$48.30
6	CABLE THNN #12	5 * \$5.00 = \$25.00	4 * \$5.00 = \$20.00
7	CABLE THNN #14	5 * \$5.00 = \$25.00	3 * \$5.00 = \$15.00
8	BOQUILLA CERÁMICA	80 * \$0.70 = \$56.00	69 * \$0.70 = \$48.30
9	TERMOMAGNÉTICO DE 20 A	No especificado	12 * \$6.00 = \$72.00
10	MANGUERA NEGRA	100 m * \$0.70 = \$70.00	400 m * \$0.70 = \$280.00
11	INTERRUPTORES SIMPLES	10 * \$3.50 = \$35.00	32 * \$3.50 = \$112.00
12	INTERRUPTORES DOBLES	4 * \$4.50 = \$18.00	15 * \$4.50 = \$67.50
13	MANO DE OBRA POR CONDUCTOR Nº12	100 * \$0.08 = \$8.00	16 * \$0.08 = \$1.28
14	MANO DE OBRA POR CONDUCTOR Nº14	100 * \$0.07 = \$7.00	69 * \$0.07 = \$4.83

El análisis de costos entre el método tradicional y el método BIM (Building Information Modeling) pone de manifiesto una disparidad significativa en los costos totales, con el método BIM alcanzando \$1,308.21 en comparación con los \$783.04 del método tradicional, lo que

representa un incremento del 67%. Este aumento en el costo total es atribuible a una planificación y ejecución más detallada y precisa inherente al enfoque BIM.

El método BIM, a pesar de su mayor costo inicial, ofrece una serie de ventajas que justifican esta diferencia. La metodología BIM permite una visualización tridimensional del proyecto, lo que facilita una detección temprana de conflictos y errores en el diseño, evitando costosos ajustes durante la construcción. Además, la pulcritud en la planificación y la integración de todos los elementos del proyecto bajo un modelo único promueve una coordinación más eficiente entre los distintos equipos de trabajo, reduciendo el riesgo de retrabajos y errores.

El análisis también muestra una diferencia en los componentes utilizados y sus cantidades. Por ejemplo, el método BIM incluye una mayor cantidad de tomacorrientes y manguera negra, lo que indica una planificación más exhaustiva. La inclusión de elementos adicionales como los termomagnéticos de 20 A y una mayor cantidad de cajetines refleja un enfoque más riguroso en la seguridad y funcionalidad del sistema eléctrico.

Es decir, el costo adicional asociado al método BIM se ve compensado por la mejora en la calidad del diseño y la gestión del proyecto. La inversión en BIM contribuye a una mayor pulcritud en la ejecución y una reducción en los riesgos asociados, que en última instancia puede resultar en ahorros sustanciales a largo plazo y una mayor eficiencia en la implementación del proyecto.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES**

La adopción de la metodología BIM en el diseño de instalaciones eléctricas residenciales ha demostrado un impacto positivo significativo en la eficiencia y rigor del proceso de diseño. El uso de BIM permitió una integración precisa de todos los componentes del sistema eléctrico, lo que resultó en una mejora en la calidad del diseño y una reducción en los errores de ejecución. El análisis comparativo entre el método tradicional y BIM mostró que, aunque BIM incrementa los costos iniciales en un 67%, estos se justifican por la detección temprana de conflictos y la optimización de recursos, lo cual reduce costos y tiempos a largo plazo.

La adopción de la metodología BIM en el proyecto ha demostrado ser un catalizador para una mayor eficiencia y calidad en el diseño de instalaciones eléctricas. A pesar de un incremento

inicial en los costos, los beneficios a largo plazo, como la significativa reducción de tiempos de ejecución y costos operativos, justifican ampliamente esta inversión. BIM no solo permite una mejor coordinación entre los distintos equipos de trabajo, sino que también minimiza los errores y retrabajos, garantizando que los proyectos se ejecuten de manera más fluida y eficiente. En definitiva, la integración de BIM en este ámbito se traduce en un enfoque más robusto y preciso, que no solo optimiza los recursos, sino que también asegura un mayor cumplimiento de las normativas y estándares de calidad, estableciendo un nuevo estándar para la gestión de proyectos residenciales.

En un contexto donde la precisión y la coordinación son fundamentales, BIM se destacó por su capacidad para integrar diferentes aspectos del diseño y la construcción en un solo modelo, lo que facilita una gestión de proyectos más efectiva. La implementación de normas actualizadas como las NEC dentro del modelado BIM asegura que los diseños cumplan con los estándares de seguridad y eficiencia, elevando la calidad y fiabilidad de las instalaciones

## **6.2 RECOMENDACIONES**

Es crucial que las empresas del sector eléctrico adopten de manera más amplia la metodología BIM. Para ello, se recomienda la capacitación continua de los profesionales en el uso de software BIM y la integración de bibliotecas específicas para instalaciones eléctricas. Esto permitirá aprovechar al máximo los beneficios de BIM, como la detección temprana de errores y la mejora en la coordinación de proyectos.

Dado que la adopción de BIM puede incrementar los costos iniciales en un 67%, es fundamental que las empresas planifiquen y optimicen el retorno de inversión. La creación de estrategias que prioricen la detección temprana de conflictos y la reducción de retrabajos es esencial para maximizar los beneficios económicos a largo plazo.

La implementación de normativas como las NEC ha demostrado ser beneficiosa para garantizar la calidad de los diseños eléctricos. Se recomienda el desarrollo de guías y normativas específicas para la implementación de BIM en proyectos eléctricos residenciales, lo que contribuiría a estandarizar el uso de esta metodología en la industria.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] K. Pinto Canchari y L. Istaña Flores, «Implementación de la metodología de procesos Building Information Modeling (BIM) y análisis comparativo de variabilidad con el proceso tradicional, en la etapa de planificación y diseño del proyecto de construcción: Edificio Pabellón “E” de la Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca – Puno - Perú», Tesis de Pregrado en Ingeniería Civil, Universidad Peruana Unión, Juliaca, 2021. Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/items/1013586b-c3b6-47cf-9780-483a8d32d535>
- [2] F. Sánchez Moreno, J. Higuera, Y. Nope Bernal, y J. Soto Muñoz, «Análisis de la implementación de metodología BIM en edificaciones de baja complejidad en Colombia, mediante IDM y mapas de procesos», *Revista Red Iberoamericana de Pedagogía*, vol. 9, n.º 11, pp. 165-191, 2020, Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1122/1020>
- [3] A. Naneva, M. Bonanomi, A. Hollberg, G. Habert, y D. Hall, «Integrated BIM-based LCA for the entire building process using an existing structure for cost estimation in the Swiss context», *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, n.º 9, may 2020, doi: 10.3390/su12093748.
- [4] A. Charehzehi, C. S. Chai, A. Md Yusof, H. Y. Chong, y S. C. Loo, «Building information modeling in construction conflict management», *International Journal of Engineering Business Management*, vol. 9, dic. 2017, doi: 10.1177/1847979017746257.
- [5] M. D. Martínez Aires, M. López Alonso, y M. Martínez Rojas, «Building information modeling and safety management: A systematic review», *Saf Sci*, vol. 101, pp. 11-18, ene. 2018, doi: 10.1016/J.SSCI.2017.08.015.
- [6] M. Hermoso Orzáz, D. Carazo Álvarez, J. Amezcua Ogáyar, y F. T. C. J. Montiel SANTIAGO, «El proyecto de innovación docente educación basada en proyectos - EBP con metodología BIM dentro del Master de Ingeniería Industrial UJAEN», *Asociación de los profesionales de la Dirección e Ingeniería de Proyectos de España*, pp. 2093-2105, jul. 2023, doi: <https://doi.org/10.61547/3508>.
- [7] Observatorio de Licitaciones, «Análisis de la Inclusión de Requisitos BIM en la Licitación Pública Española», España, 2023. Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cibim.transportes.gob.es/observatorio/informes-trimestrales-del-observatorio>
- [8] J. Hidalgo Lebrato, «Análisis de aplicación de la metodología BIM al modelado y cálculo de instalaciones eléctricas», Universidad de Valladolid, Valladolid, 2016. Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/18529>
- [9] J. C. Díaz Valdivia, «Implementación de tecnología BIM-VDC para la gestión del diseño y construcción de instalaciones mecánicas eléctricas, caso retail restaurantes Ekeko, Arequipa 2017-2018», Tesis de Ingeniería Mecánico Eléctrica, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, 2018.
- [10] H. Farooq, P. R. Zekavat, y S. Moon, «While loop Algorithm to Enhance the Efficiency of Work Sampling Method in Performance Measurement», *The International Association for Automation and Robotics in Construction*, pp. 1-8, 2017, Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.iaarc.org/publications/fulltext/ISARC2017-Paper001.pdf>
- [11] J. C. Díaz Valdivia, «"IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA BIM-VDC PARA LA GESTIÓN DEL».
- [12] S. P. Muñoz Pérez y J. R. Llamo Cubas, «Revisión sistemática de la implementación BIM basada en modelos de diseño para la construcción de obras viales Systematic review of BIM

- implementation based on design models for road construction», *Revista Científica de la Facultad de Ingeniería Cuaderno Activa*, vol. 14, pp. 119-133, 2022, Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/download/1053/1650>
- [13] A. Tacora Mariaca y M. Rivera Charca, «Aplicación de la metodología BIM (Building Information Modeling) para mejorar los alcances en la etapa de diseño en proyectos de centros comerciales en la ciudad de Tacna, 2020», Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Privada de Tacna, Tacna, 2020. Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1645>
- [14] J. Barreto Requejo, «Uso de la metodología Building Information Modeling para el análisis energético de edificios», Tesis de Ingeniería Ambiental, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0001-7638-3456>
- [15] D. Assael, «BIM: Adios al CAD.», ArchDaily. Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.archdaily.cl/cl/02-1284/bim-adios-al-cad>
- [16] C. Cámara Menoyo, «Del CAD al BIM», Blog Personal. Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.carloscamara.es/blog/2009/01/08/del-cad-al-bim/>
- [17] D. Brown, «BIM vs. CAD: Why make the switch?», Parkin Architects, Homepage Designed with care. Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.parkin.ca/insight/bim-vs-cad-why-make-the-switch/>
- [18] D. Davis, «The MacLeamy curve», Pagina Oficial . Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.danieldavis.com/macleamy/>
- [19] Graphisoft Ecuador, «OPEN BIM – Graphisoft Ecuador», Caso de Estudio OPEN BIM. Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://graphisoft.com/ec/solutions/workflows/open-bim>
- [20] B. Ireland, «Barriers to BIM», *EC&M*, 1 de marzo de 2009. Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ecmweb.com/content/article/20890632/barriers-to-bim>
- [21] D. Miller, «Using BIM in electrical, power design», JBA Consulting Engineers. Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.csemag.com/articles/using-bim-in-electrical-power-design/>
- [22] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, «Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)», Quito, 2018. Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Elctricas.pdf>
- [23] National Fire Protection Association, «National electrical code», National Fire Protection Association, Quincy, 2017. Accedido: 15 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tooltexas.org/wp-content/uploads/2018/08/2017-NEC-Code-2.pdf>

## 8. ANEXOS

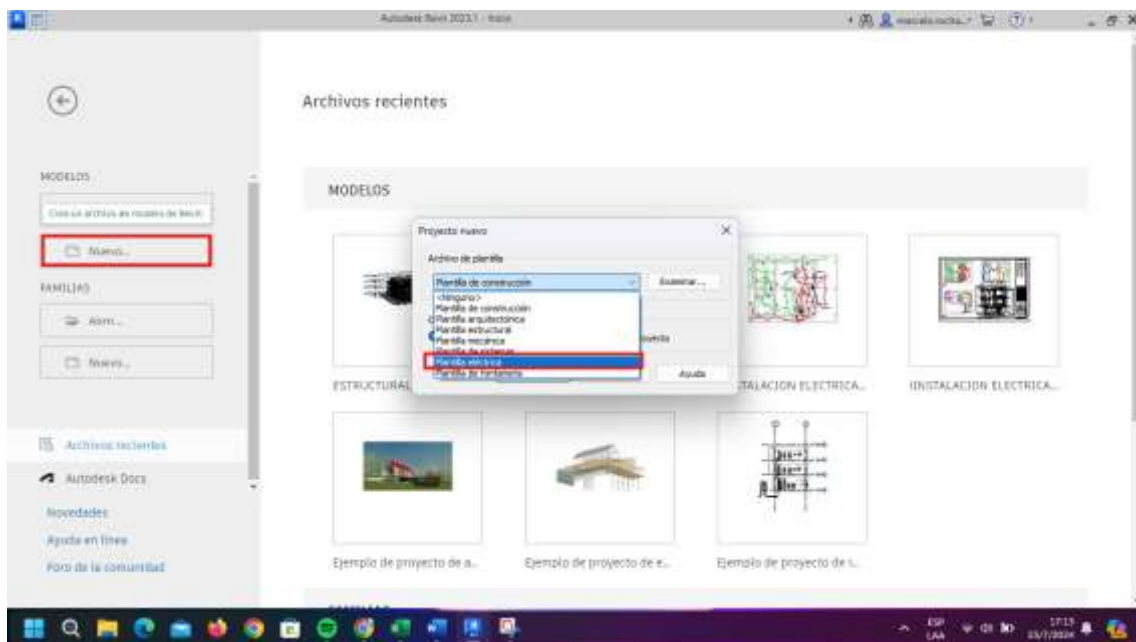
### 8.1 ANEXO A. Manual para el diseño en instalaciones eléctricas residenciales

Para el diseño vamos a utilizar Revit el cual se basa en una metodología BIM que usa para crear un proyecto que integra varias disciplinas en la cual nos vamos a enfocar en la creación de una instalación eléctrica.

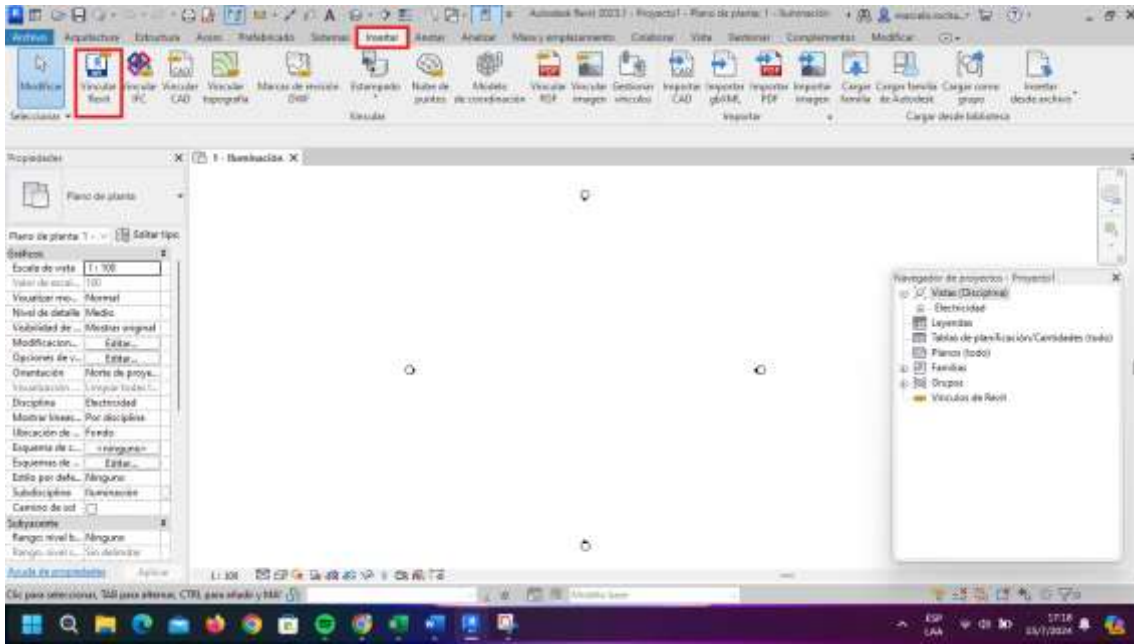
Pasos para el diseño

Debemos tener un diseño estructural, para poder trabajar con las medidas reales en metros las cuales van a ser implementadas en construcción.

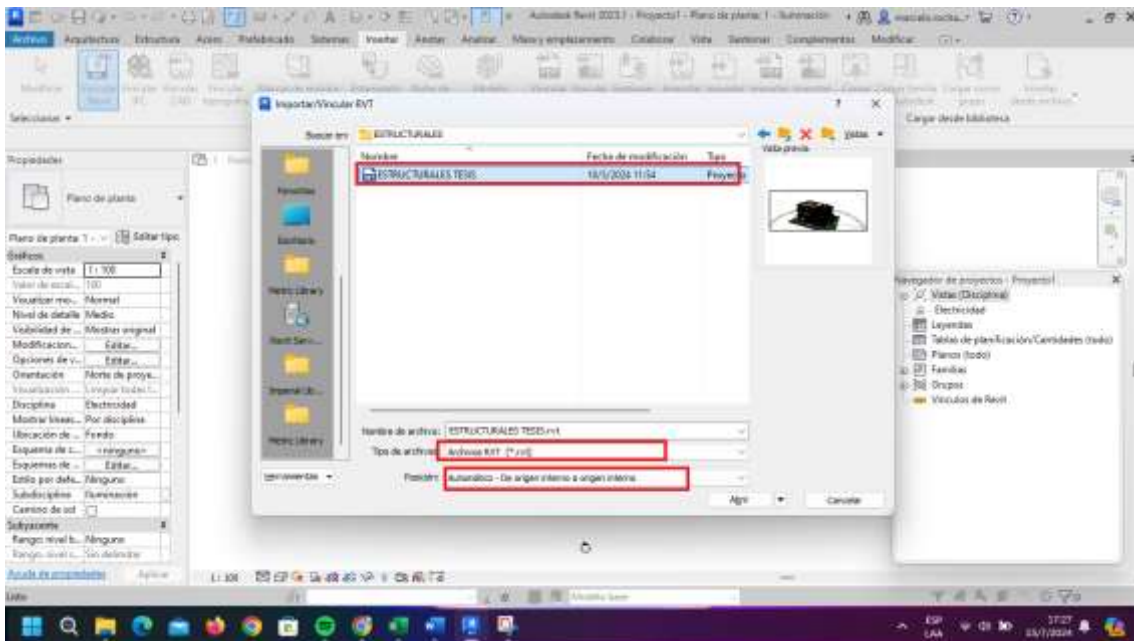
1. Elegimos la opción nueva, seleccionamos la plantilla eléctrica y le damos aceptar



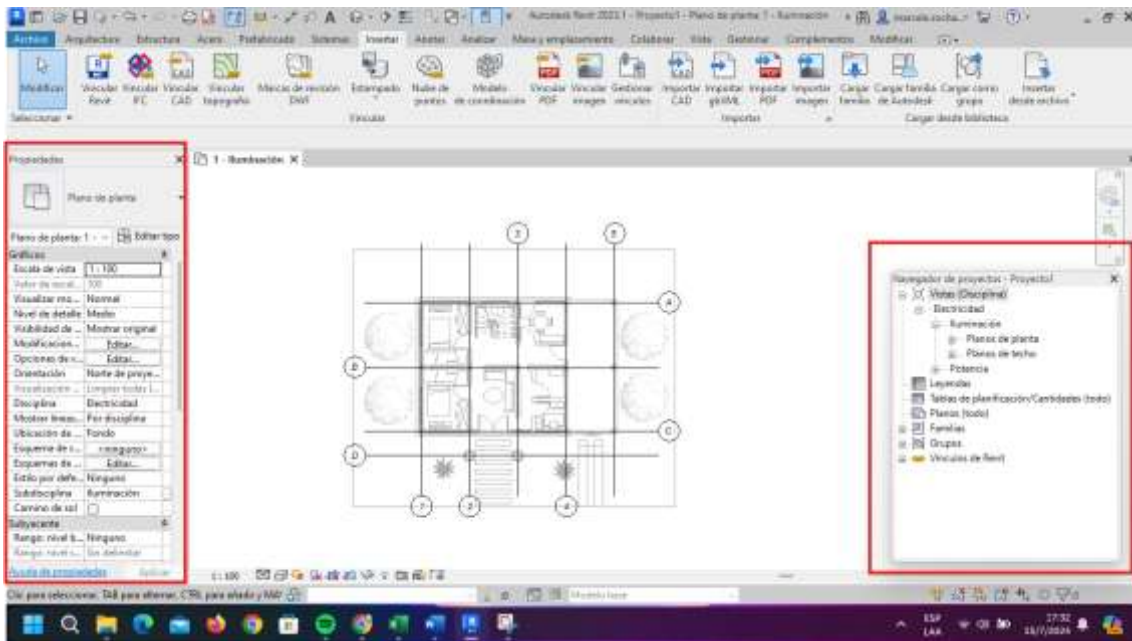
2. En la barra superior nos dirigimos a la opción insertar y a vincular Revit.



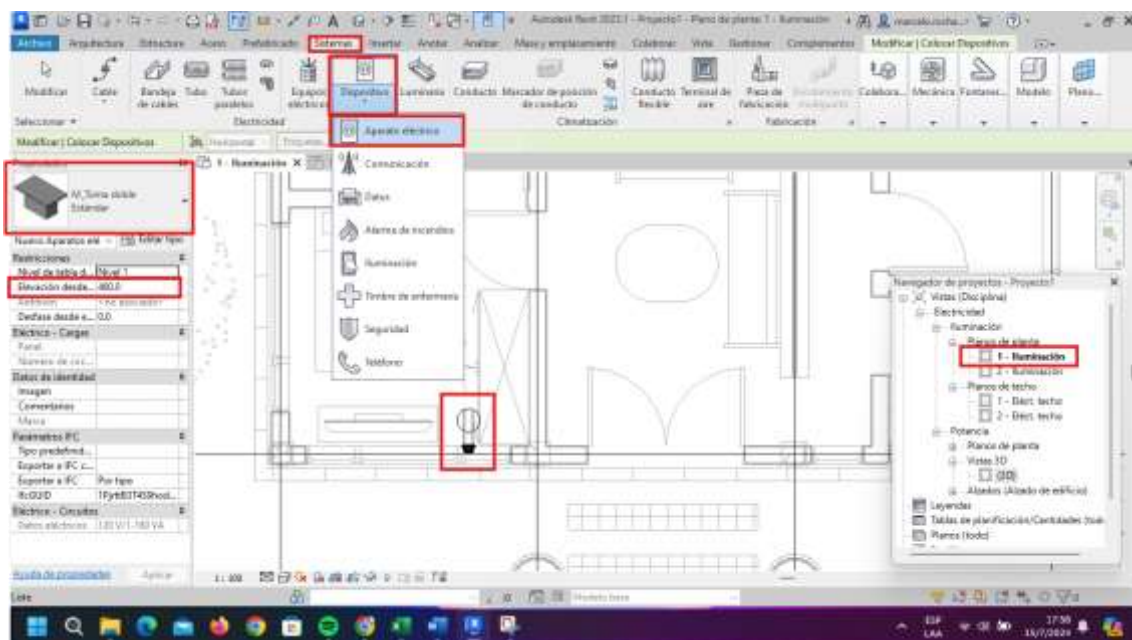
3. Buscamos el archivo estructural, debes tener en cuenta que el archivo este en RVT, y la posición de origen interno a origen interno.



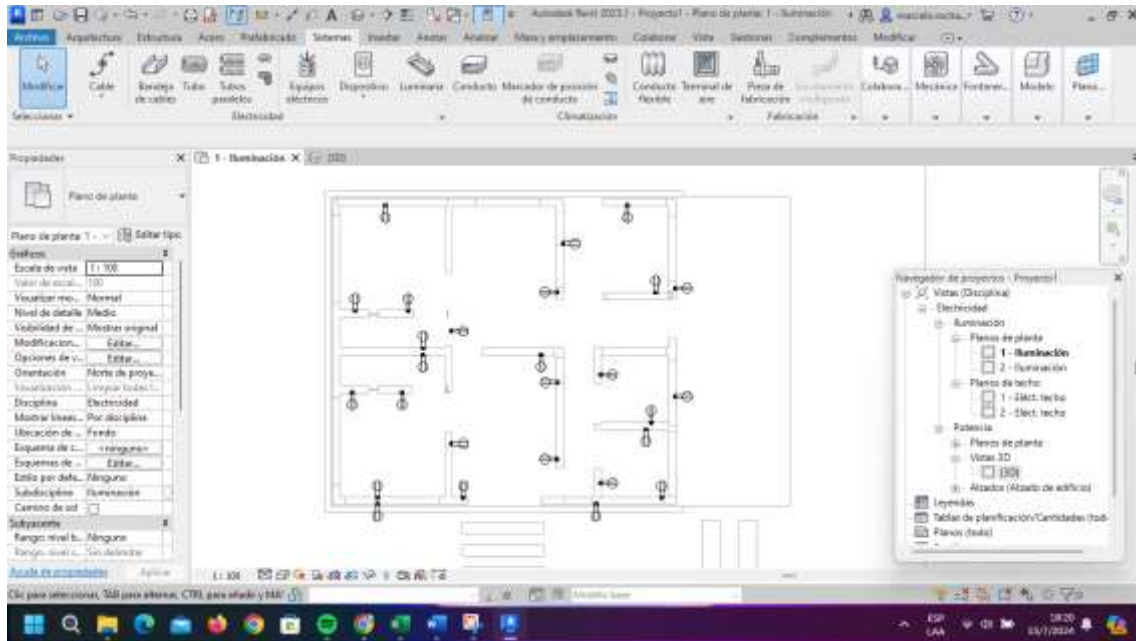
4. Después de tener nuestro plano, demos tener en cuenta los siguientes cuadros el cuadro de propiedades y navegador de proyectos el cual es una herramienta de uso rápido en el proyecto.



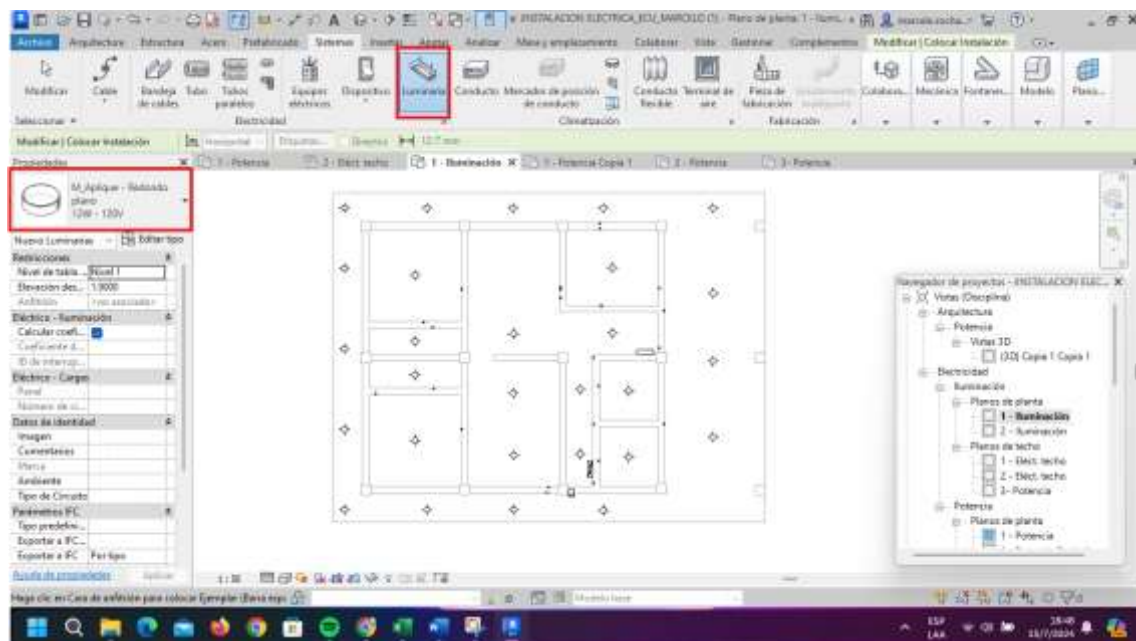
5. Abrimos en el navegador de proyectos, planos de planta e iluminación, en la barra superior en sistemas ubicamos dispositivos, aparatos eléctricos, en cual nos da una toma doble a 120 V, lo ubicamos en nuestro plano de iluminación y a una elevación de 40 cm teniendo en cuenta la norma ecuatoriana.



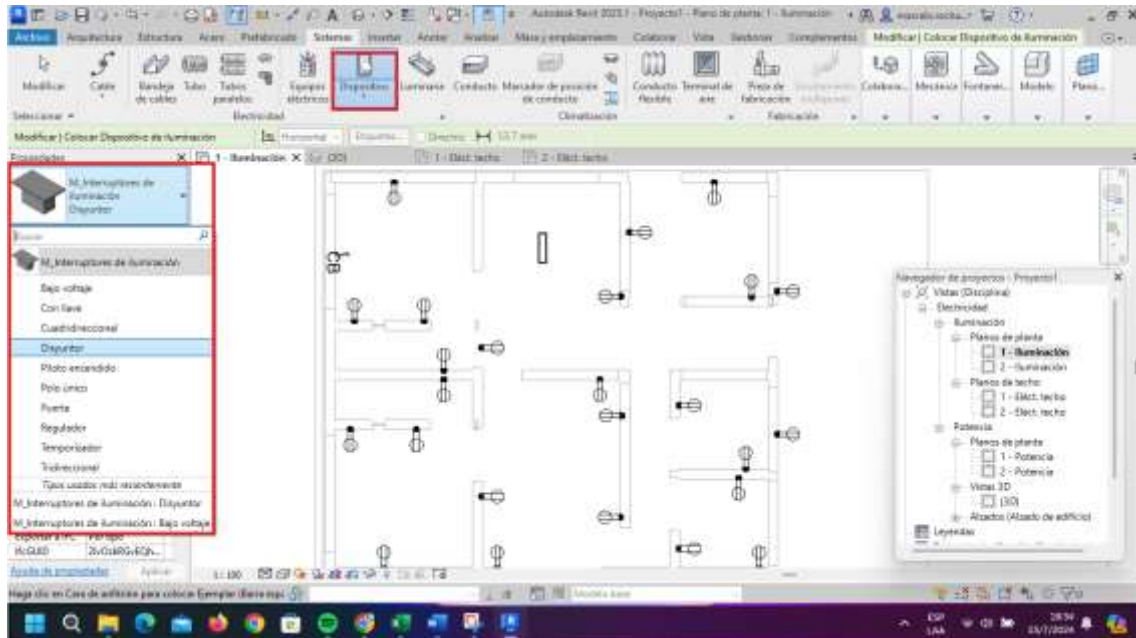
6. Al colocar cada tomacorriente en su lugar se puede observar cómo va quedando el diseño eléctrico.



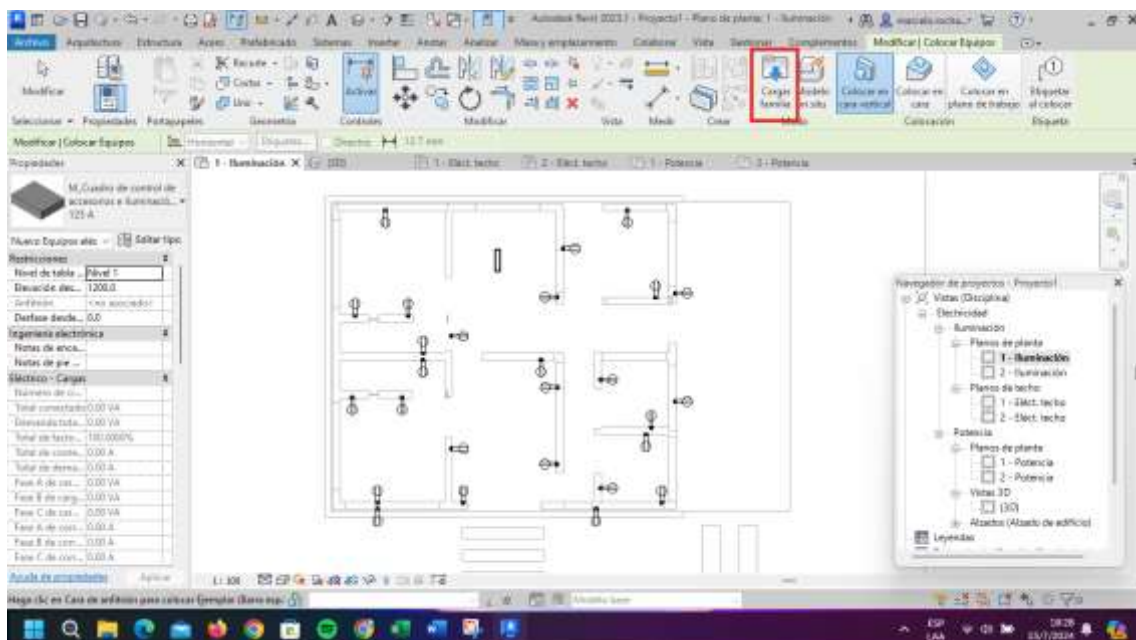
7. Realizamos los mismos pasos con el sistema de iluminación el cual lo realizamos en cada nivel.



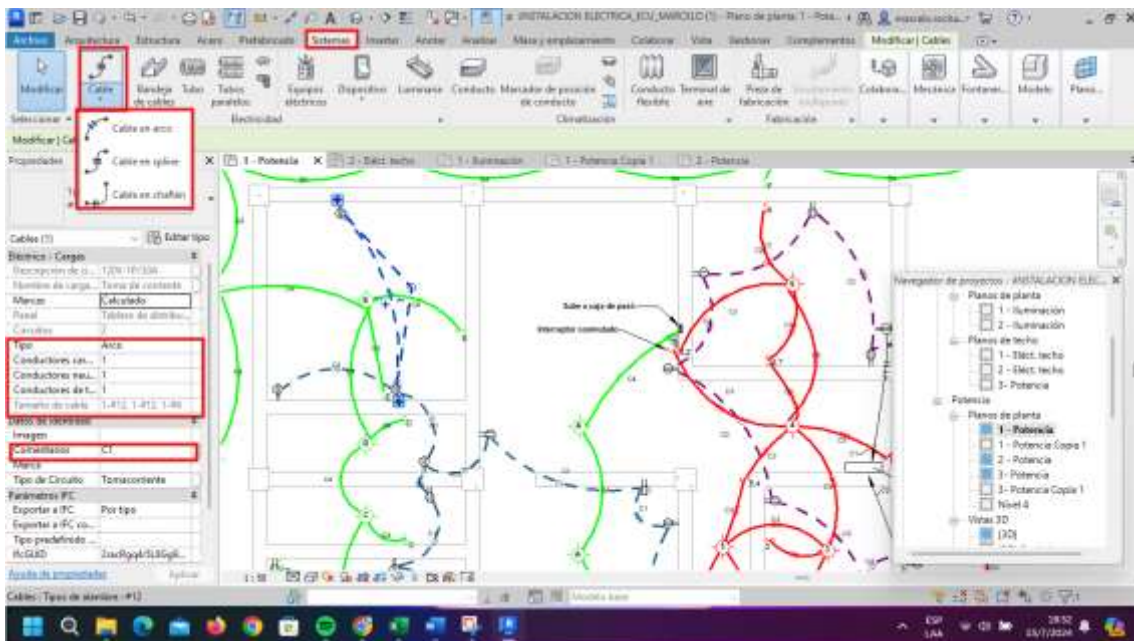
8. De igual manera para los interruptores nos dirigimos a sistemas y elegimos el interruptor que necesitamos y lo ubicamos en el plano.



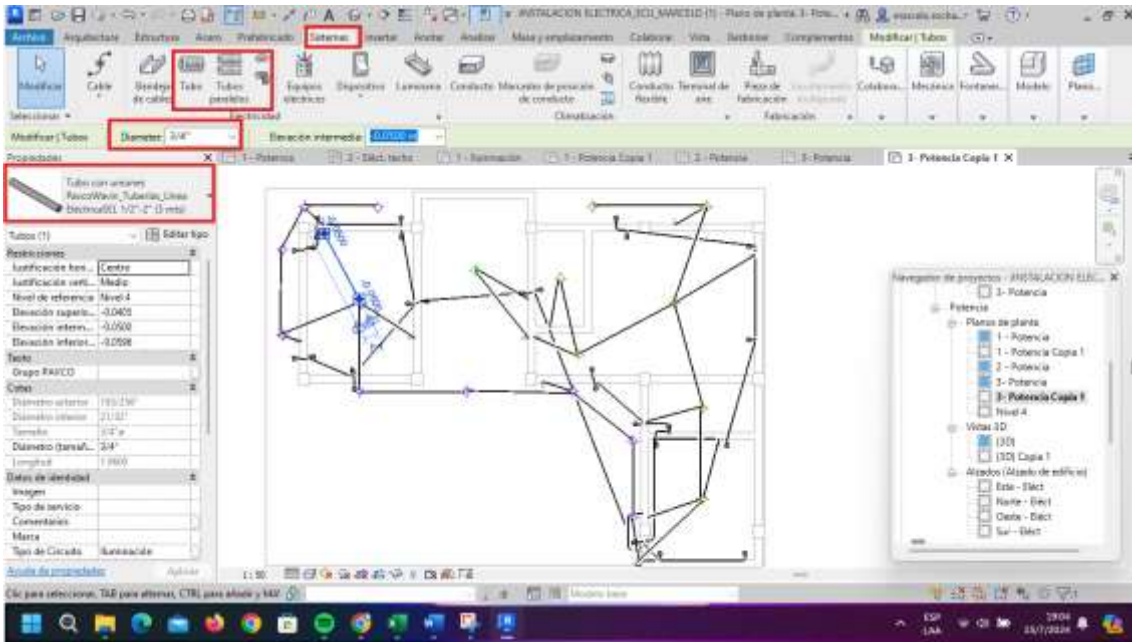
9. Puede existir un error donde no se pueda obtener todos los aparatos eléctricos como son toma corrientes o el sistema de iluminación, para eso nos dirigimos a cargar familia, en autores descargamos las familias y se instala para poder contar con cada familia a trabajar.



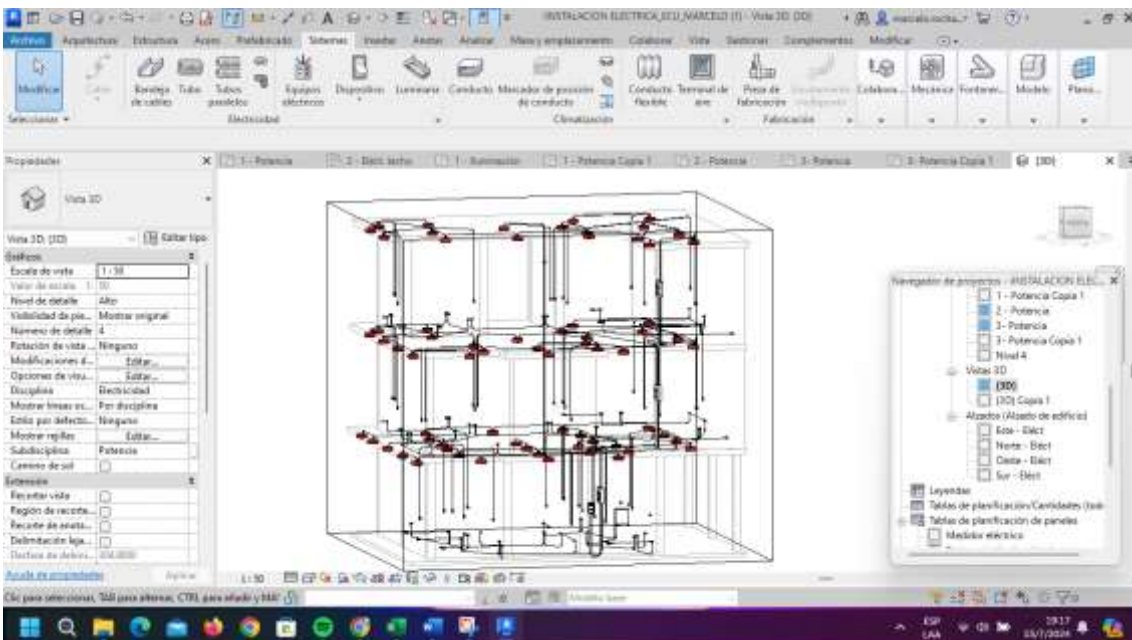
10. Para el cableado nos dirigimos a sistemas y en cable seleccionamos en cable que deseamos trabajar, al guiarnos por un plano se conecta a su familia que pertenece y circuito correspondiente, se puede modificar al número de cable que se desea trabajar y número de líneas, y en comentarios podemos detallar a que circuito pertenece.



11. Para las conexiones de los tubos o mangueras debemos conectar de la misma manera que se conectó el cableado, se puede elegir diámetro del tubo, y también la calidad que se necesita o se requiere emplear.



12. Una vez realizado todo el proceso en cada piso, sea el circuito de iluminación, potencia y distribuir por cada familia correspondiente el modelo final de un sistema de distribución debería verse de la siguiente manera





## 8.2 ANEXO B. Terreno del propietario para su construcción.



### 8.2.1 ANEXO B.2. Propiedades del terreno










Tabla 8.1. Propiedades del terreno

Propiedad del Terreno		
Ubicación	Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Mulaló, Sector Rumipamba de Espinosas. (Ver Anexo 2)	
Ubicación Geográfica	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Latitud:</b> -0.7926758</li><li>• <b>Longitud:</b> -78.6008893</li></ul>	Figura 8.1: Ubicación Geográfica del Sector Rumipamba de Espinosas.

		 <p>Fuente. Elaboración propia.</p>
<p>Croquis de la ubicación del Terreno en Revit.</p>	<p>Figura 8.2: Ubicación del Terreno en Revit.</p>  <p>Fuente. Software Revit.</p>	

### 8.3 ANEXO C. Simbología

#### Simbología

	Toma Corriente Doble
	Aplique Redondo iluminacion
	Interruptor Simple
	Interruptor Doble
	Centro de Carga
	Linea de Luminarias # 14
	Linea de Tomacorrientes # 12
	Medidor electrico
	Tuberia

#### Simbología

**8.4 ANEXO D. Tablas de numero de metro de cable en tablas de planificación en Revit.**

<Longitudes>			
A	B	C	D
Panel	Número de polos	Longitud	Longitud corregid
1-#8, 3-#12, 1-#8			
Tablero de distribución 2	1	19.52	64.42
Tablero de distribución 3	1	20.16	66.51
1-#8, 3-#12, 1-#8: 2		39.68	130.93
1-#10, 2-#12, 1-#10			
Tablero de distribución 3	1	14.16	46.72
1-#10, 2-#12, 1-#10: 1		14.16	46.72
1-#12, 1-#12, 1-#12			
Tablero de distribución 1	1	30.58	100.91
Tablero de distribución 2	1	31.80	104.95
Tablero de distribución 3	1	19.54	64.49
1-#12, 1-#12, 1-#12: 5		81.93	270.35
2 runs of 1-#12, 1-#12, 1-#6			
Tablero de distribución 1	1	15.71	51.83
Tablero de distribución 2	1	13.54	44.67
2 runs of 1-#12, 1-#12, 1-#6: 2		29.24	96.49
2 runs of 1-#14, 1-#14, 1-#10			
Tablero de distribución 1	1	10.75	35.47
Tablero de distribución 3	1	13.06	43.11
2 runs of 1-#14, 1-#14, 1-#10: 2		23.81	78.58
2-#14, 1-#14, 1-#14			
Tablero de distribución a 220V	2	12.74	42.05
2-#14, 1-#14, 1-#14: 2		12.74	42.05
Total general: 14		201.55	665.13

**ANEXO E. Tabla de planificación de protecciones arrojada por Revit.**

<Protecciones>		
A	B	C
Panel	Número de polos	Corriente nominal
Tablero de distribución 1	1	30 A
Tablero de distribución 2	1	20 A
Tablero de distribución 3	1	20 A
Tablero de distribución a 220V	2	30 A
Tablero de distribución 1	1	30 A
Tablero de distribución 2	1	20 A
Tablero de distribución 3	1	20 A
Tablero de distribución a 220V	2	30 A
Tablero de distribución 1	1	20 A
Tablero de distribución 2	1	20 A
Tablero de distribución 3	1	30 A
Tablero de distribución 1	1	20 A
Tablero de distribución 2	1	20 A
Tablero de distribución 3	1	20 A

