

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Innovación y Soluciones en el Rediseño Eléctrico de un Edificio Residencial

Félix Adrián Durán Vanegas, Juan Carlos Manosalva Rojas

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Electricista

Director

Mg. Manuel José Ortiz Rangel

Codirector

Dr. Gabriel Ordóñez Plata

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2025

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Tabla de contenido

Introducción	8
1. Objetivo General.....	11
1.1. Objetivos Específicos.....	11
2. Marco Normativo.....	12
2.1. RETIE 2024 (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)	12
2.2. NTC 2050 (Segunda actualización)	12
2.3. RETILAP 2024 (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público).....	12
3. Desarrollo del Proyecto.....	13
3.1. Recolección de información.....	13
4. Cuadros de Carga.....	14
4.1. Distribución de carga por tipo de apartamento y zona común.....	14
4.2. Demanda total diversificada.....	15
4.3. Cálculo de alimentación	17
4.4. Cálculo de la corriente de línea	17
4.5. Selección de la protección.....	17
4.6. Selección del conductor	18
4.7. Cálculo del momento eléctrico (Ms).....	18
4.8. Cálculo del factor K (Coeficiente de corrección).....	18
4.9. Cálculo de la regulación de tensión.....	19
4.10. Cálculo de la cantidad de conductores por fase.....	19
4.11. Cálculo del cable de puesta a tierra	20
4.12. Aislamiento del conductor.....	20
4.13. Especificación final del cable	20
5. Regulación y Pérdidas del Sistema.....	20
5.1. Cálculos de regulación	21
5.2. Longitud del tramo y potencia (P y S)	21
5.3. Fases, factor de potencia (FP), tipo de trayecto, material del conductor, factor de seguridad (FS), y tensión del sistema	22
5.4. Corriente, Conductor sugerido, Cálculos Mecánicos, Regulación y Protección	22
5.5. Calibres destinados para Fases, Neutro y Tierra	23
5.6. Pérdidas del sistema	23
5.7. Total, de Pérdidas por W-Hora	24

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

5.8.	Costo de Energía por Pérdidas (\$)	24
5.9.	Consumo Total del Sistema por W-Hora	25
5.10.	Porcentaje de Pérdidas	25
6.	Diagrama Unifilar	26
6.1.	Circuito Domotizado	26
6.2.	Circuito de Reducción de insumos	27
7.	Planos de las Instalaciones Internas de uso Final	29
7.1.	Planos de DIALUX	30
7.2.	Planos Tomacorriente	32
7.3.	Circuito Domotizado	32
7.4.	Circuito de Reducción de Insumos	33
7.5.	Plano Iluminación	33
7.6.	Circuito Domotizado	33
7.7.	Circuito de Reducción de Insumos	34
8.	Sistema Solar Fotovoltaico	35
8.1.	Proceso de Dimensionamiento del Sistema, Ubicación y Condiciones Climáticas	37
8.2.	Cálculo de Energía Generada	38
8.3.	Sistema de Almacenamiento y Respaldo	38
8.4.	Inversor Bidireccional	39
8.5.	Ubicación de los Componentes	39
8.6.	Cálculo del Dimensionamiento	39
9.	Conclusiones	43
10.	Recomendaciones	45
	Referencias Bibliográficas	46
	Apéndices	47

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Lista de Tablas

Tabla 1. Factor de diversidad.....	15
Tabla 2. Tecnologías eficientes.....	40
Tabla 3. Plan de implementación.....	40

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Lista de Figuras

Figura 1. Circuito de iluminación	15
Figura 2. Demanda Máxima total	15
Figura 3. Factor de diversidad	16
Figura 4. Demanda máxima diversificada	16
Figura 5. Coeficiente de corrección	18
Figura 6. Cálculo de regulación	19
Figura 7. Solsticio de verano	37
Figura 8. Solsticio de invierno	37
Figura 9. Equinoccio	37
Figura 10. Energía del panel fotovoltaico	38

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Resumen

Título: Innovación y Soluciones en el Rediseño Eléctrico de un Edificio Residencial*

Autor: Juan Carlos Manosalva Rojas, Félix Adrián Durán Vanegas**

Palabras Clave: Innovación Energética, Automatización Domótica, Reducción de Insumos, Eficiencia Energética.

Descripción:

Este proyecto busca rediseñar y optimizar el sistema eléctrico de un edificio residencial, con el objetivo de reducir el consumo energético, minimizar los costos operativos y garantizar la sostenibilidad. Se integrarán tecnologías de automatización para el control inteligente, también se busca contribuir con la reducción de insumos y un sistema fotovoltaico para abastecer las zonas comunes, promoviendo la eficiencia energética y el cumplimiento de los reglamentos colombianos Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE, Ministerio de Minas y Energía, 2024) y Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP, Ministerio de Minas y Energía, 2024). El diseño de la infraestructura eléctrica mejorará el confort, reducirá el impacto ambiental, y optimiza la administración de costos.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicomecánicas, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Manuel José Ortiz Rangel, Magister en Ingeniería Eléctrica. Codirector: Gabriel Ordóñez Plata, PhD en Ingeniería Industrial.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Abstract

Title: Innovation and Solutions in the Electrical Redesign of a Residential Building*

Author(s): Juan Carlos Manosalva Rojas, Félix Adrián Durán Vanegas¹

Key Words: Energy Innovation, Home Automation, Reduction of Inputs, Energy Efficiency.

Description:

This project seeks to redesign and optimize the electrical system of a residential building, with the goal of reducing energy consumption, minimizing operating costs, and ensuring sustainability. Automation technologies will be integrated for intelligent control, and a photovoltaic system will be used to power common areas, promoting energy efficiency and compliance with Colombian RETIE (2024) and RETILAP (2024) regulations. The design of the electrical infrastructure will improve comfort, reduce environmental impact, and optimize cost management.

* Degree Work

**Faculty of Engineering Physicochemical, School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Electric Engineering. Director: Manuel José Ortiz Rangel, Master's in Electrical Engineering. Codirector: Gabriel Ordóñez Plata, PhD in Industrial Engineering.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Introducción

La integración de sistemas domóticos en el diseño de edificios, representa una solución efectiva para el ahorro energético y la sostenibilidad. Implementar tecnologías que optimizan la distribución eléctrica puede reducir las facturas de energía hasta en un 50%, beneficiando tanto a los residentes como al entorno. La domotización complementa este enfoque al ofrecer un control inteligente de sistemas como iluminación, ajustándose automáticamente a las necesidades de los ocupantes y minimizando el desperdicio energético. Este modelo no solo promueve un estilo de vida más cómodo y seguro, sino que también posiciona a los edificios como ejemplos de innovación en sostenibilidad, fomentando una cultura de responsabilidad ambiental y bienestar comunitario.

En el contexto actual de las edificaciones residenciales, la creciente demanda de eficiencia energética y seguridad eléctrica ha impulsado la necesidad de diseñar y optimizar los sistemas eléctricos. Las normativas técnicas, como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE (2024), exigen que las instalaciones no solo garanticen la seguridad de los usuarios, sino que también maximicen el aprovechamiento energético, asegurando una operación confiable y sostenible.

El diseño de los sistemas eléctricos en edificaciones en proceso de construcción, surge como una respuesta a diversos problemas estructurales que pueden presentarse en la planificación original. Entre estos destacan la distribución ineficiente de las cargas, la falta de selectividad en los sistemas de protección y la subutilización de la infraestructura eléctrica. Estos factores no solo representan un riesgo para la seguridad de las instalaciones, sino que también impactan negativamente en los costos operativos y el confort de los usuarios.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Este proyecto de diseño eléctrico se articula en torno a tres ejes fundamentales. En primer lugar, se busca un diseño que permita ahorrar costos de materiales y en la instalación. La optimización en la selección de componentes y la implementación de soluciones más eficientes son esenciales para reducir el gasto inicial y asegurar la sostenibilidad económica del proyecto a largo plazo.

En segundo lugar, el confort de los usuarios finales es una prioridad. Este diseño contempla la integración de sistemas de domótica que faciliten el control automatizado de la iluminación y otros elementos eléctricos en los apartamentos. La modernización de las instalaciones no solo mejora la calidad de vida de los residentes, sino que también contribuye a un uso más eficiente de la energía.

Por último, se incorpora un diseño que permite la integración de paneles solares. Estos paneles se conectarán exclusivamente a las zonas sociales del edificio, las cuales son las áreas más importantes durante una eventual falta de suministro eléctrico, ya que en ellas se concentran servicios comunes esenciales como la iluminación de pasillos, ascensores y sistemas de seguridad. Esto garantiza el funcionamiento mínimo necesario para todos los residentes, asegurando que su implementación no interfiera con el suministro eléctrico de los apartamentos. Este enfoque permitirá optimizar el consumo energético en áreas comunes, generando ahorros adicionales en los costos operativos y promoviendo un uso más responsable de los recursos.

Se proponen dos diseños: uno enfocado en la implementación de un sistema domotizado y otro en la reducción de insumos eléctricos. Ambos abordan limitaciones detectadas en la planificación y ofrecen soluciones prácticas que mejoran la eficiencia del sistema y benefician a los usuarios. El proyecto responde a problemas inmediatos como el alto consumo en zonas

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

comunes y la falta de control automatizado, y establece un modelo replicable para futuras edificaciones.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

1. Objetivo General

Diseñar un sistema eléctrico de un edificio residencial, integrando mejoras tecnológicas que reduzca el consumo energético, aumentar el confort de los usuarios de uso final y reduzcan costos de operación de consumo, cumpliendo con las normativas técnicas y de seguridad vigentes.

1.1. Objetivos Específicos

- Diseñar el sistema eléctrico del edificio residencial incorporando soluciones tecnológicas, en el enfoque de distribución de circuitos ramales e integrando equipos de domótica para una gestión eficiente de las cargas eléctricas. Asimismo, se plantea un sistema de energía solar adaptado a las necesidades del proyecto enfocado a las zonas comunes, orientado a la mejora de la eficiencia energética y cumplimiento normativo.
- Diseñar el sistema de iluminación de un edificio residencial, considerando cada una de sus áreas funcionales (parqueaderos, apartamentos, pasillos, escaleras y terraza), mediante el software de diseño de iluminación DiaLux, con el fin de identificar la solución que genere mejoras en la eficiencia y confort para el usuario final. Asimismo, determinando así la luminaria más adecuada y su óptima distribución, cumpliendo con la norma RETILAP (2024).
- Realizar una síntesis comparativa entre dos modelos de circuito para el sistema eléctrico del edificio: uno domotizado y otro de diseño convencional. El análisis evaluará dos puntos clave: en el confort del usuario de uso final y un diseño eléctrico viable para la construcción, basado en la reducción de insumos eléctricos.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

2. Marco Normativo

Este capítulo menciona las normas y reglamentos utilizados en la elaboración del proyecto, los cuales garantizan la seguridad, confiabilidad del sistema eléctrico.

2.1. RETIE 2024 (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)

El RETIE (2024) establece pautas para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas en Colombia, enfocándose en prevenir riesgos como cortocircuitos, sobrecargas y fallas en los sistemas de protección. Esta norma es esencial para asegurar que el sistema eléctrico rediseñado, que incluye domótica y energía solar, cumpla con altos estándares de seguridad y confiabilidad.

2.2. NTC 2050 (Segunda actualización)

De acuerdo con la segunda actualización de la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (ICONTEC, 2020), Se establecen las condiciones técnicas y de calidad para la instalación de sistemas eléctricos, asegurando que sean eficientes, duraderos y seguros. En este proyecto, se garantiza que el sistema eléctrico sea seguro en el uso de energía, alineándose con los objetivos de reducción de costos operativos y sostenibilidad, y asegurando la compatibilidad con tecnologías de bajo consumo.

2.3. RETILAP 2024 (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público)

El RETILAP (2024) establece los requisitos para diseñar sistemas de iluminación eficientes, garantizando una iluminación adecuada y optimizando el consumo energético. En este proyecto, la norma se aplica en todas las áreas funcionales del edificio (parqueaderos, escaleras,

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

pasillos, apartamentos y terraza), asegurando que cada espacio cuente con niveles de iluminación acordes a lo exigido. Su implementación permite que las zonas comunes dispongan de iluminación eficiente, con niveles de lux recomendados y tecnología LED de bajo.

3. Desarrollo del Proyecto

Para el desarrollo del diseño eléctrico del edificio residencial en Bucaramanga, Santander, se llevaron a cabo diversas actividades de recopilación de información técnica esenciales para garantizar un diseño eficiente y adaptado a las necesidades del proyecto. Estas actividades incluyeron reuniones con el propietario del proyecto, en las cuales se solicitó la entrega de los planos arquitectónicos en formato editable (.DWG), lo que permitió obtener una representación precisa de la distribución espacial del edificio y de los elementos clave del diseño.

Además de la recopilación del plano Apéndice A, se indagaron factores técnicos específicos que son cruciales para el desarrollo del diseño, tales como la ubicación del edificio, el estrato socioeconómico de la zona, el número de viviendas previstas en el proyecto, y la factibilidad técnica del proyecto, aspectos que influyen directamente en el diseño del sistema eléctrico y su capacidad de adaptación a las necesidades del edificio.

3.1. Recolección de información

El plano arquitectónico del edificio que se encuentra en el Apéndice A fue un elemento fundamental para realizar un análisis de la distribución espacial de las áreas comunes y privadas, lo que permitió estudiar la disposición de los apartamentos, pasillos, escaleras, zonas comunes y parqueadero.

4. Cuadros de Carga

El cuadro de cargas **Apéndice B** del sistema eléctrico es fundamental para el diseño y la distribución de energía en el edificio. Detalla las cargas de cada área, permitiendo dimensionar adecuadamente los componentes del sistema y garantizar una distribución eficiente de la energía. Esto asegura la seguridad y el rendimiento óptimo de la instalación eléctrica.

4.1. Distribución de carga por tipo de apartamento y zona común

Se asignaron las cargas eléctricas **Apéndice B** a cada tipo de apartamento según su área, utilizando dos enfoques de diseño distintos: el diseño de circuito domotizado y el diseño de reducción de insumos. El modelo domotizado no solo mejora la comodidad del usuario, sino que también considera la eficiencia económica, optimizando el consumo energético sin sacrificar funcionalidad. Por otro lado, el diseño de reducción de insumos se centra en minimizar costos, manteniendo la eficiencia y la comodidad del usuario sin comprometer la calidad del sistema.

Para cada uno de estos modelos, se desarrolló un cuadro de carga específico que refleja las características y necesidades de cada tipo de instalación. En cuanto a la asignación de circuitos, en el modelo domotizado se recomendó agregar cuatro circuitos por apartamento, superando la distribución básica de los diseños iniciales al incorporar automatización y control inteligente. En contraste, el diseño enfocado en la reducción de insumos optó por el mínimo requerido: tres circuitos, distribuidos en lavado y planchado, pequeños electrodomésticos e iluminación combinada con algunos tomacorrientes.

Ambos modelos incluyen iluminación LED y cumplen con los estándares de la norma RETILAP (2024) en cuanto a niveles de iluminación y eficiencia. En el diseño de circuitos domotizado se asignan 4 circuitos: cocina, lavado y planchado, pequeños aparatos y un circuito de

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

iluminación. Para los tres primeros circuitos, se asigna una capacidad de 1500 VA, esto para soportar la carga de los electrodomésticos típicos en estas áreas. Para el circuito de iluminación, se debe asegurar la siguiente ecuación:

$$\text{Circuito de iluminación} = 33[\text{VA}] \times M^2.$$

Figura 1.
Circuito de
iluminación

Con esto, se podrá identificar cuál será nuestra carga instalada por unidad de vivienda. Para calcular la demanda máxima total por unidad, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{DEMANDA MÁXIMA TOTAL} = 3000 + (\text{SUMA}(\text{ilum} + \text{lavado} + \text{peq apar}) - 3000) * 0,35 + \text{circuito de cocina}.$$

Figura 2.
Demanda
Máxima
total

Nota. Tomada de la Norma Técnica de la Electrificadora de Santander (ESSA, 2024) - código eléctrico colombiano NTC 2050 (2020).

Con esta carga asignada a cada tipo de apartamento, se procede a multiplicar por la cantidad de apartamentos de cada tipo, para así obtener la demanda máxima total que se encuentra en el Apéndice B. Luego, se procede a calcular la carga que se va a utilizar en las zonas comunes. Cabe recordar que esta carga se maneja al 100%.

4.2. Demanda total diversificada

Para calcular el factor de diversidad, que ajusta la demanda total de un sistema eléctrico según las características de las cargas conectadas, se utiliza la fórmula:

Tabla 1. Factor de diversidad

SECTOR	FACTOR DE DIVERSIDAD
--------	----------------------

ESTRATOS 1, 2, 3 y 4

$$Fac_{div_res} = \frac{1}{0,2 + 0,8 \times e^{\left(\frac{1-N}{6}\right)}}$$

Figura 3. Factor de diversidad

Nota. Tomado de la Tabla 2.16 de la NTC 2050 (2020).

Donde,

N: Número de usuarios.

Es esencial realizar este cálculo para ajustar la carga estimada del sistema eléctrico, ya que no todos los equipos consumen energía simultáneamente. Así, se puede determinar la demanda máxima diversificada, según la fórmula:

$$Dmáx_{div} = \frac{Dmáx \times N}{Fac_div}$$

Figura 4.
Demanda máxima diversificada

Nota. Tomada de la ESSA (2024) y la NTC 2050 (2020).

Donde,

Dmáx: Demanda máxima (VA).

Fac_div: Factor de diversidad.

N: Número de usuarios.

Se contempla la carga total instalada para obtener una estimación de su capacidad máxima, mientras que, por otro lado, se calcula la demanda estimada del transformador, la cual refleja la carga real del proyecto. Para determinar esta demanda, se considera la demanda máxima diversificada de los diferentes tipos de apartamentos, así como el 100% de la carga de las zonas comunes. Además, se aplica un factor de seguridad de 1,25, lo que proporciona mayor margen al estimar la capacidad del transformador y permite anticipar posibles cargas futuras de manera más precisa, la selección del transformador se realiza consultando los listados comerciales de

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

transformadores disponibles en el mercado. En este caso, se seleccionó un transformador de 75 KVA para satisfacer la carga estimada. el [Apéndice C](#) presenta a detalle estos cálculos de cada diseño.

4.3. Cálculo de alimentación

En el proceso de cálculo de la acometida eléctrica, se distribuyen las fases a cada uno de los apartamentos, considerando que estos serán bifásicos. Cada apartamento dispone de una carga instalada, que representa la potencia total requerida para su funcionamiento, medida en VA. Para todas las áreas residenciales, así como para las zonas comunes, se supone un factor de potencia (FP) de 0,95. La tensión de línea utilizado es de 220 V. Estos cálculos se podrán encontrar en el [Apéndice D](#).

4.4. Cálculo de la corriente de línea

Con los valores de carga instalada (VA) de cada apartamento, la demanda máxima (VA), y la tensión de línea [V], podemos calcular la corriente de línea.

Después de calcular la corriente de línea, se realiza un aumento del 25% para garantizar un margen de seguridad en la acometida.

4.5. Selección de la protección

Con base en la corriente de línea calculada y el incremento del 25%, se determina que la protección necesaria para la acometida debe ser de 30 A. Esto lleva a seleccionar una protección de 2x30 A. Para el diseño de reducción de insumos, se toma una protección de 20 A y una protección de 2x20 A. Estos cálculos se podrán encontrar en el [Apéndice D](#).

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

4.6. Selección del conductor

El tipo de conductor se selecciona en función de la capacidad amperimétrica necesaria, la temperatura máxima permitida para los conductores, y la capacidad de carga del sistema. En este caso, se selecciona el conductor AWG/Kcmil 10 de cobre (Cu).

El conductor seleccionado debe ser capaz de soportar una temperatura de hasta 60°C, según las especificaciones del conductor THHN/THWN (termoplástico resistente a la temperatura). Además, la capacidad amperimétrica del conductor es de 60 A, lo que es suficiente para cubrir las necesidades de corriente de los apartamentos.

Estos cálculos se podrán encontrar en el [Apéndice D](#).

4.7. Cálculo del momento eléctrico (Ms)

El momento eléctrico (Ms), también denominado VA*Km, se calcula multiplicando la demanda máxima del sistema por la distancia del tablero de medición principal al tablero de medición de cada apartamento.

4.8. Cálculo del factor K (Coeficiente de corrección)

Para el cálculo del factor K, se utiliza la siguiente fórmula:

$$k = \frac{\left(\frac{Z_{eff}}{NumFase}\right)}{VL^2} * 100$$

Figura 5.
Coeficiente de corrección

Donde,

K= Coeficiente de corrección.

Zeff=Impedancia efectiva.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

$V_L = \text{Tensión de línea.}$

Este factor permite ajustar la impedancia del sistema de acometida a las necesidades de carga y garantizar que no haya caídas de tensión significativas.

4.9. Cálculo de la regulación de tensión

La regulación de tensión es un parámetro clave para la gestión energética, ya que asegura que la tensión en el sistema se mantenga dentro de los valores nominales. Para calcular la regulación de tensión, se utiliza la siguiente fórmula:

$$R\% = \left(\frac{3}{\text{NumFase}} \right) * (M_s * K) / 100$$

Figura 6.
Cálculo
de
regulación

Donde,

$R\% = \text{Regulación de tensión.}$

$\text{NumFase} = \text{Numero de fases.}$

$M_s = \text{Momento eléctrico.}$

$K = \text{Factor de corrección.}$

En este caso, con 2 fases y los valores obtenidos de M_s y K , se obtiene una excelente regulación de tensión, que garantiza una alta eficiencia energética en el sistema.

4.10. Cálculo de la cantidad de conductores por fase

En este caso, se determina que el número de conductores por fase es de 1 para cada apartamento.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

4.11. Cálculo del cable de puesta a tierra

Con base en la información recopilada, se determinó que la sección del conductor de puesta a tierra corresponde a calibre AWG/Kcmil #10 y #12, según el modelo de circuito, garantizando su capacidad para cumplir con los requerimientos de seguridad y continuidad eléctrica establecidos por la normativa vigente.

4.12. Aislamiento del conductor

El tipo de aislamiento utilizado para los conductores es de tipo THHN/THWN, lo que asegura una alta capacidad de conducción y una mayor durabilidad frente a las condiciones ambientales.

4.13. Especificación final del cable

El cable de acometida será Concéntrico 2x8(F) + 1x10(N), lo que garantiza un diseño robusto y eficiente, conforme a las normativas vigentes.

Los valores correspondientes se encuentran detallados en el [Apéndice D](#), donde se presentan los cálculos de acometida para cada apartamento y las zonas comunes incluidas en el proyecto. Las fórmulas utilizadas para estos cálculos han sido tomadas directamente de la ESSA (2024), conforme al Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 (2020).

5. Regulación y Pérdidas del Sistema

La regulación del sistema eléctrico asegura que la tensión distribuida a lo largo de los tramos eléctricos se mantenga dentro de los límites permitidos, evitando caídas excesivas que puedan afectar el rendimiento del sistema. Esto se calcula en el [Apéndice E](#) considerando factores

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

como la longitud del tramo, la potencia, el material del conductor y la corriente máxima, garantizando así una distribución eficiente y segura. En cuanto a las pérdidas de potencia, las cuales se calculan en el **Apéndice F** en función de la demanda promedio por hora, longitud del cable, la corriente máxima, el número de fases, la resistencia del calibre, la demanda por hora, demanda máxima del transformador y el factor de potencia lo que permite estimar el impacto económico y energético del sistema. Controlar estas pérdidas es crucial para optimizar el consumo de energía y reducir los costos operativos, manteniendo las pérdidas dentro de los límites establecidos por las normativas y asegurando la eficiencia a largo plazo.

5.1. Cálculos de regulación

Los cálculos de regulación en el **Apéndice E** son fundamentales para garantizar que la distribución de la electricidad a lo largo de un sistema no cause caídas de tensión que puedan perjudicar el funcionamiento de los equipos eléctricos y, al mismo tiempo, asegurar que el sistema sea eficiente. A continuación, se describen los aspectos clave en estos cálculos.

5.2. Longitud del tramo y potencia (P y S)

La longitud del tramo es un factor fundamental en el diseño del sistema eléctrico, ya que, a mayor distancia, se incrementa la caída de tensión. Además, tanto la potencia activa (P) como la potencia aparente (S) que circulan por el tramo tienen un impacto directo en la cantidad de energía que se pierde debido a la resistencia del conductor.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

5.3. Fases, factor de potencia (FP), tipo de trayecto, material del conductor, factor de seguridad (FS), y tensión del sistema

Se determina el número de fases de acuerdo con los requisitos de cada área, utilizando configuraciones FFN para las acometidas domiciliarias y FFFN para las zonas comunes y trayecto desde el transformador a los tableros generales. El factor de potencia en 0,95.

El tipo de trayecto por ducto fue elegido considerando la distribución uniforme desde el transformador a un tablero de medición general y de la acometida del medidor hasta el tablero de distribución. En cuanto al material del conductor, se utiliza cobre, conocido por su alta eficiencia en la transmisión de energía. El factor de seguridad fue fijado en 1,0 para los circuitos generales y 1,2 para las zonas comunes, debido al tipo de cargas (ascensor y bombas) de estos últimos.

Finalmente, se asignó una tensión de 127/220 V, adecuada para la operación de los equipos y para cumplir con los requisitos del sistema eléctrico en su conjunto.

5.4. Corriente, Conductor sugerido, Cálculos Mecánicos, Regulación y Protección

Se calcula la corriente en función de la potencia, el factor de potencia, las fases, el factor de seguridad y la tensión de línea. Esto permite dimensionar correctamente el sistema eléctrico.

El cálculo del conductor se basa en la corriente calculada, el tipo de trayecto y el material elegido, en este caso cobre (Cu), por su eficiencia y baja resistencia.

Los cálculos mecánicos consideran el momento eléctrico, el peso de los equipos y un factor de corrección para garantizar la instalación segura de los sistemas eléctricos en el edificio. El momento eléctrico (kVA*M) evalúa los esfuerzos generados por la potencia y ubicación de los equipos. El peso (Kg) define la carga que deben soportar estructuras, bandejas y anclajes. El factor

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

de corrección (K) ajusta los valores teóricos para condiciones reales. Estos parámetros aseguran un diseño estructural confiable y seguro.

Finalmente, se eligen los sistemas de regulación y protección, los cuales son fundamentales para garantizar un funcionamiento estable y seguro del sistema eléctrico, tomando como base los cálculos previos. Es crucial que la regulación no supere el 3%, ya que, de lo contrario, no se estaría cumpliendo con los requisitos lo indicado en el [Apéndice E](#), donde se evidencian claramente los valores que deben observarse conforme al marco normativo aplicable.

5.5. Calibres destinados para Fases, Neutro y Tierra

En este proyecto, los calibres de los conductores destinados para fases, neutro y tierra se determinan según las cargas del sistema. Para los circuitos domotizados, que tienen una mayor carga, se utilizan conductores de mayor calibre. En contraste, en el circuito de reducción de insumos, debido a la menor carga, se puede utilizar un conductor de menor calibre, lo que optimiza los recursos sin comprometer la seguridad o eficiencia del sistema.

Los cálculos de regulación y dimensionamiento del sistema eléctrico aseguran una distribución eficiente y segura de la energía, considerando factores como potencia, materiales, corriente, y factor de seguridad. La correcta selección de conductores y protección garantiza el cumplimiento de las normativas vigentes y la eficiencia operativa. Todos estos cálculos están detallados en el [Apéndice E](#).

5.6. Perdidas del sistema

Por otro lado, las pérdidas de potencia se pueden calcular utilizando la demanda promedio por hora, ajustada según el estrato, lo que permite conocer la demanda promedio en función de las

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

horas de uso. Esto proporciona un análisis detallado del impacto de cada factor, incluyendo el total de pérdidas por W-hora, el costo de energía por pérdidas (\$), el consumo total del sistema por W-hora y el porcentaje de pérdidas, permitiendo identificar en qué momento del día cada aspecto tiene mayor relevancia. Es importante tener en cuenta que todo este análisis se basa en promedios, y según las normativas, la potencia no debe superar el 5,5% y el consumo energético no debe exceder el 2,7%, lo que asegura que el sistema se mantenga dentro de los márgenes establecidos por las normativas.

5.7. Total, de Pérdidas por W-Hora

Estas pérdidas se calculan en función de factores como la longitud del cable, la corriente máxima, el número de fases, la resistencia del calibre y la demanda por hora. Con esta información, se pueden determinar las pérdidas totales por W-hora del proyecto, sumando las pérdidas correspondientes a cada trayecto en una hora específica. De esta manera, se obtiene un análisis preciso de las pérdidas acumuladas en el sistema.

5.8. Costo de Energía por Pérdidas (\$)

Una vez determinado el total de pérdidas en W-hora, podemos calcular el costo de energía asociado, aplicando la tarifa correspondiente. En este caso, la tarifa de 506,63 COP por kWh correspondiente para los estratos 3, de acuerdo con la ESSA (2024) lo que nos permite estimar el impacto económico de las pérdidas de energía.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

5.9. Consumo Total del Sistema por W-Hora

El consumo total del sistema se calcula en función de la demanda máxima del transformador, el factor de potencia de cada trayecto y la demanda por hora. Con estos datos, podemos estimar el consumo total por hora de cada trayecto, lo que nos permite obtener una visión precisa del consumo energético a lo largo del sistema.

5.10. Porcentaje de Pérdidas

El porcentaje de pérdidas es un factor determinante en este cálculo. Este valor se obtiene dividiendo el total de pérdidas entre el consumo total del sistema. Para garantizar la eficiencia, este porcentaje debe mantenerse por debajo del 5,5% . El valor a elegir dependerá del porcentaje más alto registrado, el cual se asignará al horario con mayores pérdidas.

Además, el porcentaje de pérdidas de energía se calcula dividiendo el total de pérdidas entre el consumo total del sistema. Este valor refleja las pérdidas acumuladas a lo largo de todas las zonas horarias del sistema.

Con estos cálculos, se puede determinar que, para cada circuito, las pérdidas de potencia son las siguientes: en el sistema domotizado son 1,62 kW , mientras que en el sistema de reducción de insumos son 2,29 kW . Las pérdidas de energía en el sistema domotizado representan el 1,33% y en el sistema de reducción de insumos el 1,87% , en relación con el consumo nominal del transformador de 71,25 kVA . Esto resulta en 0,94 kW por día para el sistema domotizado y 1,33 kW por día para el de reducción de insumos.

El costo de las pérdidas, calculado según la tarifa indicada, es de \$5.315 para el circuito domotizado y \$7.494 para el circuito de reducción de insumos. Estos valores se detallan en el

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Apéndice F, donde se encuentran estimadas todas las pérdidas correspondientes y la tarifa de 506,63 COP por kWh correspondiente para los estratos 3.

6. Diagrama Unifilar

El diagrama unifilar es una representación gráfica simplificada del sistema eléctrico de la instalación, que muestra cómo se distribuye la energía desde la red de media tensión hasta cada uno de los circuitos de uso final, pasando por transformadores, protecciones, medidores, y los circuitos de distribución. En este proyecto, se utilizaron dos modelos principales: el circuito domotizado y el circuito de reducción de costos. A continuación, se describen ambos modelos de manera detallada.

6.1. Circuito Domotizado

El circuito domotizado comienza desde una red de media tensión existente en el área. Desde allí, se conecta a un transformador de 75 kVA, con una relación de 127/220 V y configuración DY5. Este transformador alimenta el sistema, y se protege mediante una protección magnética de 3x200. Los conductores utilizados son de 4/0, y los cálculos detallados de cada tramo pueden consultarse en el **Apéndice G**.

Desde el transformador, la energía se dirige hacia un macromedidor, cuya selección fue de Clase 1 para la frontera comercial se justifica por la necesidad de asegurar alta precisión en la medición de consumos eléctricos significativos. Los medidores de Clase 1 garantizan una exactitud de $\pm 1\%$, lo cual es esencial en instalaciones que requieren una facturación precisa.

Esta precisión es fundamental no solo para prevenir posibles disputas comerciales sino también para garantizar que los costos reflejen fielmente el consumo real de energía. Tras el

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

medidor, se instala una protección termomagnética de 3x200 , que garantiza la seguridad del sistema. Este medidor es clave, ya que actúa como el punto de medición de la energía , desde el cual se origina el conductor principal de tierra.

Posteriormente, la energía se dirige a un barraje principal donde se divide la alimentación entre los apartamentos y las zonas comunes del edificio. En las zonas comunes, se instala un sistema de respaldo con transferencia automática , con interruptores electromagnéticos de 3x30A, y un sistema fotovoltaico complementario que asegura la continuidad del suministro en caso de interrupciones del sistema eléctrico. Esto es esencial, especialmente para el ascensor , el cual debe tener un respaldo conforme a las normativas vigentes.

Finalmente, la energía llega al tablero de distribución , donde se dividen los circuitos . Entre ellos se incluyen circuitos para tomacorrientes de mantenimiento , iluminación y un circuito independiente para el ascensor . En los apartamentos , se utiliza una protección de 3x60A con conductores 3x6+10 (tres conductores de fase 6 y un conductor de tierra No. 10).

En el diseño eléctrico de los 19 apartamentos se encuentra detallado en el [Apéndice G](#), los circuitos se distribuyen según las combinaciones de fases asignadas a cada unidad: RS , ST y RT . Esta configuración garantiza una distribución equilibrada de la carga eléctrica, optimizando el rendimiento y la seguridad del sistema. Para una comprensión detallada de la asignación de fases y la distribución de circuitos , se recomienda consultar los [Apéndices B](#) y [Apéndice D](#), donde se presentan los esquemas específicos y las especificaciones técnicas correspondientes.

6.2. Circuito de Reducción de insumos

El circuito de reducción de insumos sigue una estructura similar a la del circuito domotizado, pero con algunas modificaciones clave para optimizar los costos operativos . En este

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

caso, los conductores se ajustan a las necesidades de corriente de cada sección, utilizando conductores de menor calibre en comparación con el modelo domotizado, lo que ayuda a reducir los costos sin comprometer la seguridad o la eficiencia del sistema.

Al igual que en el circuito domotizado, se utiliza el mismo transformador de 75 kVA , pero con una mayor atención a la reducción de insumos, asegurando que los conductores sean lo suficientemente grandes para cumplir con los requerimientos de corriente, pero sin utilizar un tamaño excesivo que incremente innecesariamente los costos. El sistema también incluye el mismo medidor principal, la protección termomagnética y el sistema de respaldo en las zonas comunes, aunque con ajustes en la capacidad de los componentes para adaptarse al modelo de reducción de costos.

El **Apéndice G** presenta el diseño eléctrico correspondiente a las 19 unidades residenciales, en el cual se establece la distribución de los circuitos conforme a las combinaciones de fases asignadas a cada apartamento, específicamente: RS, ST y RT. Esta organización asegura una distribución equilibrada de la carga eléctrica, optimizando tanto la eficiencia como la seguridad del sistema. En el caso de la configuración que busca reducir los insumos, los apartamentos cuentan con un mínimo de tres circuitos, pero conservan la misma asignación de fases que el sistema domotizado. Para un análisis más detallado de la asignación de fases y la distribución de circuitos, se recomienda consultar los **Apéndices B** y **Apéndice D**, donde se encuentran los diagramas y las especificaciones técnicas correspondientes.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

7. Planos de las Instalaciones Internas de uso Final

En este proyecto, todos los planos de diseño eléctrico fueron elaborados conforme a las normas RETIE (2024) y RETILAP (2024) lo cual garantiza que la instalación cumpla con las regulaciones nacionales vigentes en Colombia.

El proyecto incluye dos modelos de diseño eléctrico: el diseño de circuito domotizado y el diseño de circuito de reducción de insumos.

- **Circuito Domotizado:** La implementación de un sistema domótico permitirá gestionar de manera inteligente la eficiencia energética del edificio. A través de la automatización de la iluminación y el monitoreo del consumo energético, los usuarios podrán controlar estos sistemas de manera remota, optimizando recursos y creando ambientes más cómodos. Por ejemplo, los tomacorrientes y apagadores estarán conectados a una plataforma de gestión, permitiendo el control a través de una aplicación móvil. Utilizando herramientas avanzadas como DiaLux, se diseñó un sistema de iluminación preciso y eficiente en el Apéndice I se puede mostrar más detallado, garantizando una distribución óptima de luz en cada espacio del edificio (parqueaderos, escaleras, pasillos, apartamentos y terraza). Además, el monitoreo en tiempo real permitirá alertar a los usuarios sobre posibles interrupciones en el suministro eléctrico, protegiendo electrodomésticos sensibles y mejorando la gestión energética del hogar.

- **Circuito de Reducción de Insumos:** Este diseño tiene como objetivo reducir costos sin comprometer la calidad de la instalación ni la comodidad del usuario final. Se optimizó el uso de materiales y el consumo energético, ajustando la instalación para ser más económica, pero manteniendo la eficiencia.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Ambos modelos se diseñaron teniendo en cuenta el bienestar del usuario final y cumpliendo con las normas RETIE (2024) y RETILAP (2024). Los planos eléctricos fueron creados utilizando AutoCAD.

Dentro de los planos eléctricos, también se incluye el diseño del sistema fotovoltaico en la placa del edificio. Este sistema está diseñado para optimizar el consumo de energía. El dimensionamiento solar fotovoltaico se ajusta a una parte de las necesidades de la instalación, garantizando un uso eficiente de la energía y reduciendo la huella de carbono del edificio.

En los planos eléctricos, se reflejan las distribuciones de los 7 pisos del edificio, los cuales se detallan a continuación:

- En la primera planta, se encuentra el parqueadero.
- En la segunda planta, se encuentran 4 apartamentos: Apartamento 201, 202, 203, 204.
- En la tercera, cuarta y quinta planta, cada planta cuenta con 4 apartamentos, con sus respectivos números de apartamento para cada piso.
- En la sexta planta se ubican 3 apartamentos: Apartamento 601, 602, 603.
- En la séptima planta, se encuentra la zona social del edificio, que incluyen áreas comunes para el disfrute de los residentes.

Se presentarán los planos detallados en el [Apéndice H](#), lo que permite un análisis completo de cada uno de los elementos eléctricos en el proyecto.

7.1. Planos de DIALUX

El diseño de la iluminación se realizó utilizando el software DiaLux, el cual permitió llevar los planos generados en AutoCAD y convertirlos en un modelo 3D realista del edificio. Este

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

proceso permitió visualizar con precisión cómo se distribuiría la iluminación en cada espacio del edificio (parqueaderos, escaleras, pasillos, apartamentos y terraza), y asegurar de que los niveles de luxes asignados a cada zona cumplieran con los requisitos establecidos en la norma RETILAP (2024).

Este reglamento fue fundamental en esta etapa, ya que proporcionó los valores específicos de iluminación que debe cumplir para cada tipo de espacio, asegurando una iluminación eficiente y confortable. Todos estos detalles, se pueden ver en el [Apéndice I](#).

Para las luminarias, se seleccionaron principalmente paneles LED de la marca SYLVANIA, los cuales fueron asignados a cada área del proyecto según su requerimiento:

- SYLVANIA P40126 LED PANEL RD 30W DL UNV: Esta luminaria fue implementada en los apartamentos, en los espacios de áreas comunes, habitaciones de los apartamentos y pasillos.
- SYLVANIA P29580 LED PANEL PRO SQ 36W NW UNV BL: Otro modelo de panel LED empleado, con una potencia comparable a la anterior, y diseñado para satisfacer las necesidades de iluminación más exigentes en espacios específicos, como los parqueaderos.
- SYLVANIA P24613 LED PANEL RD 18W WW: Este modelo fue elegido para espacios que requerían de menor iluminación. Esta luminaria se implementó en los baños de los apartamentos.
- SYLVANIA P23870 LED LINEAL COMERCIAL 40W DL UNV: Este panel se utilizó en la séptima planta, donde se requerirían mayores niveles de iluminación, asegurando así una iluminación óptima en esas áreas.

Cada una de estas luminarias fue seleccionada siguiendo criterios técnicos específicos, con el objetivo de garantizar que se cumplan los requisitos de iluminación para cada espacio sin la

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

necesidad de instalar un exceso de puntos de luz. De esta forma, se asegura el cumplimiento de las exigencias establecidas por la norma RETILAP (2024) en cuanto a los niveles de iluminación. La elección de los paneles LED se basó en ofrecer una luz uniforme y de alta calidad.

7.2. Planos Tomacorriente

Este plano se realizó siguiendo detalladamente las especificaciones del RETIE (2024) Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas y NTC 2050 (2020) última actualización con un enfoque directo en proporcionar gran comodidad al usuario final. Todos estos detalles, incluyendo la distribución de los circuitos, se pueden ver en los planos agregados al [Apéndice H](#), Además, se consideraron dos modelos de diseño, cada uno con sus características y ventajas.

7.3. Circuito Domotizado

En este modelo, los toma corrientes se distribuyen de forma que permita gestionar la energía de manera inteligente. Se instalaron toma corrientes GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter) y toma corrientes domotizados, permiten controlar los dispositivos eléctricos de la vivienda de manera remota y eficiente. En este diseño, se utilizaron 3 circuitos para toma corrientes: C1, C2, C3. La distribución de estos circuitos fue estratégica, asegurando que cada área del apartamento tuviera acceso adecuado a los toma corrientes, sin sobrecargar el sistema y maximizando la eficiencia del consumo energético. Además, las zonas comunes también cuentan con toma corrientes de mantenimiento tipo.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

7.4. Circuito de Reducción de Insumos

En este modelo, también se instalaron toma corrientes GFCI para garantizar la seguridad de los usuarios, al igual que en el modelo de circuito domotizado. Este modelo tiene 3 circuitos diferentes para toma corrientes: C1, C2, C3. Aunque este diseño tiene un enfoque más económico, no sacrifica la comodidad del usuario final ni el cumplimiento con el RETIE (2024). La distribución de los tomacorrientes se realizó conforme a la normativa vigente y actualizada, garantizando el cumplimiento de los requisitos reglamentarios. Estos modelos maximizan la eficiencia económica al reducir el número de circuitos sin comprometer la funcionalidad o seguridad del sistema eléctrico.

Al igual que en el diseño de circuito domotizado, las zonas comunes también están equipadas con toma corrientes para mantenimiento de los cuales utilizamos en esta parte tomacorrientes de tierra aislada.

7.5. Plano Iluminación

En este plano, se detalló la ubicación de los elementos siguiendo las normativas de RETIE (2024) y RETILAP (2024), garantizando que se cumplan los requisitos de seguridad, eficiencia y calidad de la instalación eléctrica.

Se elaboraron dos modelos de diseño para el plano de iluminación e interruptores, uno correspondiente al circuito domotizado y otro al circuito de reducción de insumos.

7.6. Circuito Domotizado

En este modelo, se utilizó el software DiaLux para determinar la ubicación de las luminarias. Este software proporciona una distribución precisa de la iluminación para cumplir con

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

los niveles de irradiancia requeridos en cada zona, además de asegurar que se cumplieran los parámetros de UGR (Unified Glar Rating), garantizando que la iluminación fuera adecuada y cómoda para los usuarios. El circuito C4 fue asignado exclusivamente para la iluminación, mientras que para las zonas comunes se utilizaron los circuitos C6, C7, C8 y C9. Todos estos detalles, incluyendo la distribución de los circuitos, se pueden ver en los planos agregados al [Apéndice H](#).

Además, para garantizar la comodidad y eficiencia del sistema, se instalaron interruptores conmutables en zonas estratégicas. Estos interruptores permiten un fácil acceso y control de la iluminación, lo que contribuye al manejo eficiente de la energía.

7.7. Circuito de Reducción de Insumos

En este modelo, la iluminación se realizó de acuerdo a los lineamientos del RETILAP (2024), pero con un enfoque más económico, buscando la optimización de los recursos sin comprometer la calidad. Para esta configuración, utilizamos el C3 de iluminación, que se combinará con algunas tomas corrientes. La distribución de las luminarias se diseñó de manera estratégica para maximizar la eficiencia y minimizar el uso de materiales, siguiendo los criterios establecidos en la norma. Aunque se optimizó el diseño para reducir insumos, se mantuvo la calidad y el cumplimiento de los requisitos normativos. Todos estos detalles, incluyendo la distribución de los circuitos, se pueden ver en los planos agregados al [Apéndice H](#).

Para las zonas comunes, se mantuvieron los mismos circuitos: C6, C7, C8, C9. Los interruptores conmutables fueron también instalados para facilitar el control de la iluminación, y se aseguraron de ser GFCI para las zonas que lo requieren, tal como lo indica la norma.

8. Sistema Solar Fotovoltaico

El sistema solar fotovoltaico diseñado para este proyecto está destinado a abastecer las zonas comunes del edificio residencial y asegurar la autonomía energética de estas áreas. El sistema será capaz de cubrir una carga estimada de entre 10 y 14 kWh/día, dependiendo de las condiciones de radiación solar.

El sistema estará compuesto por paneles solares, un inversor híbrido, un sistema de almacenamiento de energía (baterías), y una conexión a la red eléctrica. Se diseña para asegurar autonomía energética, optimizando el uso de energía limpia y reduciendo la dependencia de la red eléctrica. Además, se pretende:

- Dimensionar los componentes para cubrir el consumo energético de 10 kWh/día estimado. Integrar el sistema fotovoltaico con el sistema eléctrico del edificio.
- Utilizar la energía solar como fuente primaria y almacenar el excedente de energía en baterías.
- Conectar el sistema a la red eléctrica para complementar la generación de energía cuando la radiación solar sea insuficiente.
- Para cubrir el consumo de 10 kWh/día, se seleccionan los paneles solares Trina Solar TSM-NE19R.70 600-630 W. Cada panel tiene las siguientes especificaciones técnicas:
 - Potencia máxima (P_{max}): 630 [W].
 - Tensión de máxima potencia (V_{mpp}): 42 [V].
 - Corriente de máxima potencia (I_{PP}): 15.01 [A].
 - Tensión en circuito abierto (V_{oc}): 50.3 [V].
 - Corriente de corto circuito (I_{sc}): 15.94 [A].
 - Eficiencia del módulo: 23.3%.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

- Dimensiones: 2382 * 1134 * 30 [mm].

Se selecciona el SMA Solar Sunny Boy 5.0, un inversor híbrido con capacidad de 5 kW. Este inversor tiene una eficiencia del 97% y es adecuado para convertir la energía de corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA) para alimentar las zonas comunes del edificio.

El sistema de baterías Tensite TS-L5000 tiene una capacidad de 5.1 kWh, lo que proporciona suficiente capacidad para cubrir el consumo de 10 kWh/día. Las baterías garantizan la autonomía por una hora luego se conectará a la red eléctrica o si es el caso al generador.

- Capacidad total de la batería: 5.1 [kWh].
- Tensión del sistema: 51.2 [V].
- Corriente nominal: 80 [A].
- Profundidad de descarga (DoD): 80%.
- Dimensiones: 500 * 448 * 135 [mm].
- Peso: 45 [kg].

La conexión de los componentes del sistema fotovoltaico, garantizando que cada elemento funcione de manera eficiente y segura:

- Paneles Solares : Se conectarán 20 módulos en paralelo y un módulo en serie, ajustando la tensión y la corriente según las necesidades del sistema.
- Inversor Híbrido : Su función es convertir la energía de corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA), que alimenta las zonas comunes del edificio.
- Baterías : Estas almacenan la energía generada durante el día y podrán alimentar el sistema durante una hora, asegurando el suministro en períodos de baja producción solar.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

- Red Eléctrica : La red eléctrica estará siempre disponible para conectar el sistema cuando sea necesario, complementando el suministro de energía cuando la disponibilidad solar no sea suficiente.

8.1. Proceso de Dimensionamiento del Sistema, Ubicación y Condiciones Climáticas

Para el dimensionamiento y la evaluación de la radiación solar, se consideraron las coordenadas geográficas del proyecto, situando el sistema en Bucaramanga, Santander, con una inclinación óptima de los paneles calculada usando la fórmula:

$$\beta = f - d(\text{Solsticio de Verano})$$

Figura 7.
Solsticio de verano

$$\beta = f + d(\text{Solsticio de invierno})$$

Figura 8.
Solsticio de invierno

$$\beta = f(\text{Equinoccio})$$

Figura 9.
Equinoccio

Donde,

$\beta =$ *Inclinación óptima.*

$f =$ *Latitud.*

$d =$ *Declinación solar.*

Con esta inclinación, se obtiene la radiación global diaria sobre una superficie inclinada, que es crucial para calcular la potencia generada por los paneles solares.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

8.2. Cálculo de Energía Generada

Se calcula la energía del panel (E_p) utilizando la potencia nominal del panel ($P_p = 630$ W), el rendimiento del sistema ($\eta_p = 23\%$), la cantidad de paneles ($C_{max} = 20$) y las pérdidas del sistema ($L = 14\%$).

$$E_p = P_p \times \eta_p \times C_{max} \times (1 - L)$$

*Figura 10.
Energía del
panel
fotovoltaico*

Donde,

E_p = Energía del panel.

P_p = Potencia nominal del panel.

η_p = Eficiencia del panel.

C_{max} = Numero de paneles.

L = Perdidas en el sistema.

Esto permite conocer la energía diaria generada por el sistema fotovoltaico, que en este caso es suficiente para cubrir las necesidades de las zonas comunes del edificio.

8.3. Sistema de Almacenamiento y Respaldo

Para garantizar la autonomía en caso de falta de radiación solar, se integrará un sistema de baterías. Este sistema de almacenamiento proporcionará respaldo durante una hora de consumo en las zonas comunes. Posteriormente, se usará la energía de la red eléctrica para complementar el suministro cuando la energía solar no sea suficiente.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

8.4. Inversor Bidireccional

El inversor bidireccional seleccionado permitirá gestionar tanto la energía que se extrae de los paneles solares como la que se recibe de la red eléctrica, garantizando un flujo continuo y eficiente de energía. Este sistema inversor también se encargará de la conversión de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA) para su uso en el edificio.

8.5. Ubicación de los Componentes

- Paneles Solares: Estarán ubicados en la azotea del edificio, donde se aprovechará al máximo la radiación solar disponible durante el día.
- Baterías: El sistema de almacenamiento estará ubicado en un cuarto técnico, junto con el inversor, para facilitar el acceso y el mantenimiento adecuado del sistema.
- Diagrama de Distribución: En el [Apéndice H](#) del documento se puede encontrar el diagrama detallado de la distribución de los paneles solares y las baterías, que se integrarán al sistema eléctrico del edificio, garantizando un suministro adecuado de energía para las zonas comunes.

8.6. Cálculo del Dimensionamiento

El cálculo detallado del dimensionamiento del sistema fotovoltaico, incluyendo los cálculos de la radiación solar, la energía generada, las pérdidas y la selección de los componentes, está detallado en el [Apéndice J](#) de este documento, donde se incluyen todos los pasos técnicos aplicados.

Durante la implementación del proyecto, se dará prioridad a los equipos con certificaciones de alta eficiencia energética, como las etiquetas A++ y A+, para garantizar un mayor ahorro de

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

energía. A continuación, se presenta una tabla que analiza diferentes tecnologías que serán implementadas, junto con su descripción, beneficios y la categoría recomendada según su rendimiento energético.

Tabla 2. *Tecnologías eficientes*

Tecnología	Descripción	Beneficios	Categoría Recomendada
Iluminación LED	Lámparas y bombillos LED de bajo consumo.	Menor consumo energético, vida útil más larga, mayor eficiencia.	A++ o A+
Electrodomésticos Eficientes	Equipos como neveras, lavadoras, aires acondicionados con etiqueta de eficiencia energética.	Reducción de consumo de energía, menor impacto ambiental.	A++ o A+
Aires Acondicionados Invertir	Equipos de climatización de bajo consumo y alta eficiencia energética.	Menor consumo eléctrico, mejor control de temperatura.	A++ o A+
Calentadores solares de agua	Sistema de calentamiento de agua utilizando energía solar.	Reducción del consumo de energía eléctrica para calefacción de agua.	A++ o A+
Paneles Solares Fotovoltaicos	Sistema de generación de energía a partir del sol.	Autonomía energética, reducción de la dependencia de la red.	Alta eficiencia, Certificación IEC
Bombillos inteligentes	Bombillos LED que pueden ser controlados de manera remota.	Control de la iluminación según el uso, reducción de energía no utilizada.	A++ o A+
Electrodomésticos inteligentes	Equipos que se pueden programar para optimizar su consumo energético.	Optimización del uso, control remoto, ahorro de energía.	A++ o A+

El cronograma presentado tiene como objetivo ofrecer una guía aproximada para la implementación de las tecnologías de eficiencia energética propuestas en el diseño. Los plazos son estimados y están sujetos a diversos factores externos, como la disponibilidad de materiales, la contratación de proveedores y la aprobación del proyecto. Por lo tanto, estos tiempos no deben entenderse como un cronograma definitivo de ejecución.

Tabla 3. *Plan de implementación*

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Mes (Plazo Estimado)	Tecnología/Actividad	Descripción (Guía de Selección)	Presupuesto Estimado (COP)
Mes 1(Plazo Propuesto)	Instalación de Iluminación LED en Áreas Comunes	Seleccionar bombillos LED con alta eficiencia lumínica (al menos A++) y larga vida útil. Asegurarse de que cubran las necesidades lumínicas sin sobrecargar el sistema.	\$1,000,000 – \$2,000,000
Mes 1(Plazo Propuesto)	Instalación de Sensores de Movimiento y Temporizadores	Utilizar sensores de movimiento de alta precisión y temporizadores con bajo consumo de energía para automatizar la iluminación. Esto optimiza el uso de energía solo cuando sea necesario.	\$500,000 – \$1,500,000
Mes 2(Plazo Propuesto)	Sustitución de Electrodomésticos Comunes por Modelos Eficientes	Seleccionar electrodomésticos con clasificación energética A++ o superior, como neveras, lavadoras y microondas. Estos consumen hasta un 50% menos energía que los modelos convencionales.	\$3,000,000 – \$6,000,000
Mes 2(Plazo Propuesto)	Instalación de Sistemas de Climatización de Bajo Consumo	Elegir equipos de climatización tipo Invertir con alta eficiencia energética (A++) que ajusten el consumo en función de la demanda. Establecer modelos con control preciso de temperatura.	\$4,000,000 – \$8,000,000
Mes 3(Plazo Propuesto)	Optimización de Aislamiento Térmico en Fachadas y Ventanas	Mejorar el aislamiento con materiales de alta calidad y eficiencia energética, como ventanas de doble acristalamiento y fachadas con aislamiento térmico adecuado para reducir el consumo de climatización.	\$1,000,000 – \$5,000,000

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Mes 4(Plazo Propuesto)	Implementación de Sistema de Gestión Energética Inteligente	Instalar un sistema de gestión inteligente que permita monitorear el consumo en tiempo real y ajustar automáticamente los equipos (iluminación)	\$2,000,000 – \$4,000,000
------------------------	---	---	---------------------------

También podemos encontrar las fichas técnicas de los diferentes equipos que se van a integrar en el proyecto en el [Apéndice K](#).

9. Conclusiones

- A lo largo del desarrollo de este proyecto, se ha aplicado adecuadamente con los reglamentos RETIE (2024) y RETILAP (2024), asegurando que la instalación eléctrica no solo cumpla con los requisitos técnicos, sino también con los estándares de seguridad y eficiencia energética establecidos. El diseño de los circuitos y las instalaciones se ha realizado bajo un enfoque que prioriza la seguridad del usuario final, sin sacrificar la eficiencia del sistema eléctrico.
- A través de herramientas como DiaLux y el análisis detallado de las cargas eléctricas y la distribución de la energía, orientado a una optimización de la eficiencia energética en el edificio. La planificación de la iluminación y la distribución de toma corrientes garantiza que cada área reciba la cantidad adecuada de lx, cumpliendo con las normativas de iluminación y maximizando la eficiencia de los recursos.
- Basándose en la proyección del proyecto hacia un consumo energético más inteligente, se evidenció que la aplicación del modelo de circuito domotizado permite gestionar la energía con mayor control y precisión, representando un avance significativo en materia de sostenibilidad y confort para el usuario final.
- De acuerdo con el enfoque técnico planteado desde el inicio, la síntesis comparativa entre el diseño domotizado y el modelo de reducción de insumos permitió evaluar soluciones viables que, sin comprometer el cumplimiento normativo, ofrecen alternativas funcionales y adaptadas a las condiciones económicas y operativas del entorno.
- Siguiendo los principios de sostenibilidad y eficiencia establecidos en el proyecto, la integración de luminarias LED junto con el uso del software DiaLux en el diseño domotizado permitió cumplir con los criterios establecidos por RETILAP (2024), logrando ambientes con niveles lumínicos óptimos, eficiencia energética y bajo impacto ambiental.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

- Basándose en la organización estructural del proyecto, se concluye que la documentación técnica generada incluyendo planos eléctricos, esquemas de distribución, cuadros de carga, diseño solar fotovoltaico representa un soporte técnico sólido para la ejecución del sistema, facilitando su comprensión por parte de profesionales, contratistas y entidades reguladoras.
- De acuerdo con el análisis técnico del diseño de acometidas, se verificó que los criterios de regulación de tensión, capacidad de corriente y protecciones fueron debidamente cumplidos, garantizando confiabilidad en el sistema y mejorando la calidad del servicio para los usuarios finales del proyecto.
- De acuerdo con el enfoque académico y profesional que guio el desarrollo del proyecto, se valida que este representa una experiencia formativa completa, donde se aplicaron conocimientos profesionales reales bajo un marco normativo vigente, consolidando competencias fundamentales para el ejercicio profesional en la ingeniería eléctrica.

10. Recomendaciones

- Seguir impulsando la implementación de tecnologías inteligentes en proyectos residenciales futuros, como la domótica y la medición inteligente, que permitirán gestionar mejor el consumo eléctrico, mejorar la eficiencia energética y ofrecer más comodidad al usuario final.
- Asegurar la implementación de un sistema de verificación y mantenimiento periódico de los sistemas de medición, tanto en la frontera comercial como en las acometidas, para garantizar que todos los componentes estén funcionando correctamente y en conformidad con la normativa vigente.
- Es importante seguir promoviendo el uso de paneles solares y energías renovables en residenciales para reducir la dependencia de la red eléctrica y contribuir al cuidado del medio ambiente. Además, se debe fomentar la creación de comunidades energéticas, donde los residentes trabajen juntos para gestionar y aprovechar la energía renovable, lo que no solo reduce los costos, sino que fortalece la conexión entre las personas y su entorno, creando espacios más sostenibles y autosuficientes.
- Fortalecer la capacitación de los usuarios finales, ayudándoles a entender cómo hacer un uso más eficiente de la energía. Esto no solo incluye aprender a manejar los sistemas domotizados de manera óptima, sino también la importancia de medir el consumo de energía y adoptar prácticas que fomenten el ahorro. De esta forma, no solo se toma conciencia sobre el consumo eléctrico, sino que también se asesora sobre la elección de electrodomésticos más eficientes, facilitando decisiones más informadas al momento de comprar y contribuyendo a un consumo más responsable y sustentable.

INNOVACIÓN EN DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Referencias Bibliográficas

ESSA – Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. (2024). Norma técnica para diseño y construcción de instalaciones eléctricas. <https://www.essa.com.co>

ICONTEC. (2020). Código eléctrico colombiano. NTC 2050 (NTC 2050:2020, segunda actualización). <https://tienda.icontec.org>

Ministerio de Minas y Energía. (2024). Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP). <https://www.minenergia.gov.co>

Ministerio de Minas y Energía. (2024). Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). <https://www.minenergia.gov.co>

Apéndices

Apéndice A.

https://drive.google.com/file/d/1rFOsOWYR_efUDORIB3v2xmSIuXMEDN3/view?usp=sharing

Apéndice B.

<https://drive.google.com/file/d/1SvOs64oqHMyABTSAQXpE65oRIvAkmU6u/view?usp=sharing>

Apéndice C. <https://drive.google.com/file/d/1NTO4VFWFZ0pyhlpFNTZBFNE-Sq1tVt7P/view?usp=sharing>

Apéndice D.

https://drive.google.com/file/d/1tqvGAMVsA5DTqffkoVZZ6Ba3rmzU3AMk/view?usp=drive_link

Apéndice E.

<https://drive.google.com/file/d/1XQhRoPh0b3ZpwWwOwKg2Hsg6qjvOQI3t/view?usp=sharing>

Apéndice F. https://drive.google.com/file/d/1H3hAfmBDSzrdLPBzVit9XSyoZ_Z3-VdG/view?usp=sharing

Apéndice G.

<https://drive.google.com/file/d/1YvFgnjxBq2cKGittKYwB3EoHv3B28iJK/view?usp=sharing>

Apéndice H.

https://drive.google.com/file/d/1Cy35eL7yD6Cjj9nKIRVZyypRA_gVHhYN/view?usp=sharing

Apéndice I.

<https://drive.google.com/file/d/1kFs8pO96z2GvpuuuOOLCsySWPXtir12E/view?usp=sharing>

Apéndice J.

<https://drive.google.com/file/d/1NPvSCn2J8gwjPS91a8EkIVoabwSCh96W/view?usp=sharing>

Apéndice K. https://drive.google.com/file/d/1NB-SFvxV_NkK4NhNQU-lc7dR0-lhTG2z/view?usp=sharing