

Construcción de un sistema de recomendación para diseños eléctricos en viviendas multifamiliares usando la metodología de razonamiento basado en casos.

Roberto Andrés Martínez Merchán, David Gustavo Torres Prada

Trabajo de Grado para Optar al Título de ingeniero electricista

Director

José David Cortés Torres

Magister en ingeniería eléctrica

Codirector

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

PhD. En tecnología

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Le dedico este logro a Dios por brindarme la capacidad de cumplir la meta de ser ingeniero electricista graduado de la Universidad Industrial de Santander. Por brindarme la fortaleza y templanza para no desfallecer en los momentos más difíciles durante este camino y también por darme buena salud para poder gozar de los buenos momentos.

A mis padres Ofelia Prada y Gustavo Torres por darme la vida, gracias por todo el esfuerzo y empeño que han realizado para que nunca me faltase nada y de esta manera yo pudiera salir adelante. Por ser el mejor ejemplo de cómo ser buenos padres y por los valores que con mucho amor me han enseñado y han forjado en mí.

A mis hermanos y pareja sentimental por todo el apoyo brindado durante la carrera, por sus buenos deseos, por su cariño y por siempre estar presentes en los momentos que más los necesitaba.

A la Universidad Industrial de Santander por permitirme ser parte de la institución y a todas aquellas personas que directa o indirectamente ayudaron a formarme como un profesional íntegro.

David Gustavo

Dedicatoria

A mis padres, Manuel y Martha, por enseñarme que los sueños sí se cumplen, por todo el apoyo y amor incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida, por enseñarme con su ejemplo el valor de la justicia y la familia.

A mis hermanos, Isis, Ivanna y Emmanuel, por brindarme todo su apoyo y creer en mí cada día.

A la Universidad Industrial de Santander por abrirme sus puertas y a todas las personas que han contribuido para realizar este sueño.

Roberto Andrés

Agradecimientos

A nuestro director, Ing. José David Cortés, por ser nuestra guía durante todo este proceso

Al Ing. Rolando Rincón por guiarnos y darnos herramientas para realizar este proyecto

A la Universidad Industrial de Santander por la formación que nos ha brindado

Lista de Contenido

Introducción	15
1.Estado del arte.....	18
2.Marco conceptual.....	20
2.1 Sistema de recomendación.....	20
2.2 Características de un sistema de recomendación	20
2.3 Clasificación de los sistemas de recomendación	21
2.3.1 Sistemas de recomendación basado en contenidos.....	21
2.3.1.1 Ventajas.....	21
2.3.1.2 Desventajas	22
2.3.2 Sistemas de recomendación basado en filtros colaborativos	22
2.3.2.1 Ventajas.....	22
2.3.2.2 Desventajas	22
2.3.3 Sistemas de recomendación híbridos	22
2.3.4 Selección del sistema de recomendador	23
2.4 Razonamiento basado en casos	23
2.4.1 Fuente del conocimiento	25
2.4.2 Función	26
2.4.3 Ventajas y desventajas del razonamiento basado en casos	29
2.5 Diseño en instalaciones eléctricas.....	30
2.5.1 Disposiciones generales.....	30

2.5.2 Simbología reglamentaria	30
2.5.3 Conductores	31
2.5.4 Calibre de los conductores	32
2.5.5 Aislamiento de los conductores de cobre.....	32
2.5.6 Norma de colores para los conductores	32
2.5.7 Tomacorrientes	33
2.5.7.1 Distribución de tomacorrientes. La (NTC 2050, 2020) indica que:	34
2.5.7.1.3 Circuitos de 20 amperios para pequeños aparatos eléctricos.....	35
2.5.7.1.4 Circuitos de 20 amperios para lavado y planchado	35
2.5.7.2 Ubicación de tomacorrientes.....	35
2.5.8 Interruptores	35
2.5.8.2 Ubicación de interruptores	36
2.5.9 Variables eléctricas	36
2.5.9.1 Tensión. Es la diferencia de potencial existente entre dos puntos.....	36
2.5.9.2 Corriente. Es el flujo de carga eléctrica que recorre un material.....	36
2.5.9.3 Potencia.....	36
2.6 Validación cruzada método “k-fold”	36
3. Metodología de construcción de un modelo CBR	38
3.1 Fase de recuperación.....	39
3.1.1 Búsqueda de los casos de estudio de diseños eléctricos en viviendas multifamiliares	39
3.1.2 Depuración de los planos de viviendas multifamiliares	39
3.1.3 Clasificación de los tipos de espacios en edificaciones multifamiliares	40

3.1.4 Índices de almacenamiento de los planos.....	40
3.1.5 Identificación de los parámetros de diseño en los espacios	42
3.1.6 Construcción de la base documental	42
3.1.7 Identificación de la naturaleza de las características	44
3.1.8 Asignación de puntajes para las características	45
3.1.9 Función de semejanza.....	45
3.1.9.1 Función de semejanza del tipo de espacio	45
3.1.9.2 Función de semejanza del área.	46
3.1.9.3 Función de semejanza del estrato socioeconómico.	46
3.1.9.4 Distancia Manhattan	46
3.1.10 Interfaz de datos.....	48
3.1.10.1 Variables ingresadas por el usuario	48
3.1.11 Detalle de las recomendaciones de luminarias	51
3.1.12 Detalle de las recomendaciones de tomacorrientes	53
3.1.13 Detalle de las recomendaciones de interruptores	54
3.2 Fase de reutilización	55
3.2.1 Selección de casos promisorios	55
3.2.2 Algoritmo del vecino más cercano.....	55
3.2.3 Adaptación de los casos promisorios	56
3.2.4 Presentación de los casos seleccionados.....	57
3.3 Fase de revisión.....	57
3.4 Fase de retención.....	58

3.5 Representación gráfica del algoritmo implementado	59
4. Validación de las recomendaciones	62
5. Conclusiones	66
Referencias Bibliográficas	69
Apéndices.....	76

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Tipos de razonamiento basado en casos</i>	25
Tabla 2. <i>Código de colores</i>	33
Tabla 3. <i>Clasificación de espacios</i>	40
Tabla 4. <i>Índice de almacenamiento de planos</i>	41
Tabla 5. <i>Descripción del contenido de los planos</i>	41
Tabla 6. <i>Descripción de la naturaleza de las variables</i>	44
Tabla 7. <i>Clasificación de las recomendaciones</i>	58
Tabla 8. <i>Validación de las recomendaciones por el algoritmo.</i>	62
Tabla 9. <i>Normativa base para la validación por los autores</i>	63
Tabla 10. <i>Validación por los autores de la validación emitida por el algoritmo.</i>	64
Tabla 11. <i>Porcentajes de coincidencias de validación</i>	65

Lista de figuras

Figura 1. <i>Comportamiento de un sistema CBR</i>	24
Figura 2. <i>Ciclo CBR</i>	29
Figura 3. <i>Simbología</i>	31
Figura 4. <i>Esquema de la validación cruzada</i>	37
Figura 5. <i>Esquema de la construcción del CBR</i>	38
Figura 6 <i>Estructura de la base de datos</i>	43
Figura 7. <i>Estructura interna de la base de datos</i>	43
Figura 8. <i>Código en Matlab de la determinación de la distancia</i>	47
Figura 9. <i>Código en Matlab de comparación</i>	47
Figura 10. <i>Menú desplegable de los espacios</i>	48
Figura 11. <i>Casilla para ingresar el área que se dispone</i>	49
Figura 12. <i>Menú desplegable de los estratos socioeconómicos</i>	49
Figura 13. <i>Menú desplegable de la cantidad de recomendaciones</i>	50
Figura 14. <i>Interfaz del recomendador de instalaciones eléctricas</i>	51
Figura 15. <i>Código de detalle de la selección de luminarias</i>	52
Figura 16. <i>Presentación en la interfaz de la selección de luminarias</i>	53
Figura 17. <i>Código de detalle de la selección de tomacorrientes</i>	53
Figura 18. <i>Presentación en la interfaz de la selección de tomacorrientes</i>	54
Figura 19. <i>Código de detalle de la selección de interruptores</i>	54
Figura 20. <i>Presentación en la interfaz de la selección de interruptores</i>	55

Figura 21. <i>Esquema de adaptación</i>	56
Figura 22. <i>Presentación en la interfaz de la selección de interruptores</i>	57
Figura 23. <i>Botón para agregar un nuevo caso a la base de datos</i>	59
Figura 24. <i>Diagrama de bloques del proceso de recomendación</i>	60
Figura 25. <i>Diagrama de flujo del algoritmo de recomendación</i>	61

Lista de Apéndices

Apéndice A. Explicación de los archivos de la herramienta.	76
Apéndice B. ¿Cómo iniciar la herramienta?	78
Apéndice C. Funciones la interfaz.	80

Resumen

Título: Construcción de un sistema de recomendación para diseños eléctricos en viviendas multifamiliares usando la metodología de razonamiento basado en casos.

Autores: Roberto Andrés Martínez Merchán, David Gustavo Torres Prada

Palabras Clave: Recomendador, diseño, descriptores, RETIE, NTC, CBR.

Descripción: En este trabajo de grado se realiza la implementación de una metodología basada en el razonamiento de casos, llevando a cabo una recopilación de datos en viviendas multifamiliares para recomendar parámetros de diseño eléctricos que siguen las normas colombianas como lo son la NTC 2050 y el reglamento técnico RETIE. El sistema de recomendación está orientado para uso de carácter académico, provee una recomendación o punto de partida para un ingeniero electricista en formación o profesional con mínima experiencia en diseños eléctricos. Primero, se realiza una búsqueda de planos sobre proyectos de vivienda, estos se obtienen de ingenieros electricistas, para llevar a cabo una revisión del cumplimiento de las normas. En este análisis se buscan parámetros de tipo espaciales y eléctricos para realizar una caracterización propia de cada espacio. Con esta información se eligen los descriptores con los que se crean una base de casos la cual es consultada por el sistema de recomendación basado en casos (CBR) para obtener una posible recomendación de nuevos casos. En la parte final del proyecto el sistema es puesto a prueba por medio de validaciones realizadas por los autores del trabajo de grado.

*Trabajo de grado.

* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: José David Cortés Torres. Codirector: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga.

Abstract

Title: Construction of a recommendation system for electrical designs in multifamily housing using the case-based reasoning methodology.

Author(s): Roberto Andrés Martínez Merchán, David Gustavo Torres Prada

Key Words: Recommender, design, descriptors, RETIE, NTC, CBR.

Description: The present work aims to show the implementation of a case-based reasoning methodology, carrying out a data compilation on multifamily households to recommend electrical design parameters that follow Colombian standards such as NTC 2050 and the RETIE technical bylaw. The recommendation system is intended for academic use, providing starting point information for an electrical engineer in training, or a professional with minimal work experience in electrical designs. Firstly, research about housing projects blueprints was made; those blueprints were obtained from electrical engineers, to conduct a review on standards compliance. In this analysis, we were looking for spatial and electrical parameters to carry out a proper characterization of each space. With that information the descriptors were chosen to create a case database, which was consulted by the case-based recommendation system (CBRS), to get a possible recommendation on new cases. Lastly, the system was tested through validations made by the work authors.

*Research work

*Faculty of Physical-Mechanic Engineering. School of Electrical, Electronical and Telecommunications Engineering. Advisor: Jose David Cortés Torres. Co-Advisor: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga.

Introducción

Para un diseñador de poca experiencia, puede resultar desafiante cubrir las expectativas de diseño e ignorar otros criterios importantes tales como los económicos, ambientales y de seguridad. Este panorama lo experimentan los estudiantes de la asignatura de Instalaciones Eléctricas de la Universidad Industrial de Santander (UIS), debido a que al ser estudiante en preparación no disponen de la experticia para elaborar un diseño eléctrico con las características mejor adaptadas posibles y/o válidas a los requerimientos del mercado.

Además, algunos estudios muestran que la metodología de aprendizaje de los estudiantes colombianos carece de un plan estratégico para la comprensión conceptual e implementación de los conocimientos aprendidos, un ejemplo es el estudio realizado por (Ramírez, Olarte, & Carrillo, 2014) donde se logró determinar que “la estrategia de regulación del esfuerzo es significativamente más usada por los estudiantes participantes; mientras que las estrategias de organización de ideas, el aprendizaje con pares y la administración del tiempo de estudio son escasamente utilizadas” (p.216).

Por lo anterior, se infiere que los estudiantes del programa de Ingeniería Eléctrica en sus inicios poseen una vaga noción de las exigencias para la proposición de diseño eléctrico dependiendo de un espacio determinado y a su vez la definición para la correcta distribución de tomacorrientes, selección del cableado y diagramas de control de la iluminación. Por consiguiente, una propuesta de resolución a esta problemática es la creación o proyección de una metodología sintetizada y entendible para la optimización de los aprendizajes.

El desafío de inculcar experiencias de diseños en estudiantes se ve ampliamente estudiado en (Scupelli, 2019) el cual describe una serie de ejercicios para desarrollar habilidades de diseño proponiendo desafíos.

Uno de los pilares del proyecto educativo institucional de la Universidad Industrial de Santander es la implementación de estrategias para el aprendizaje significativo en coherencia con (Proyecto institucional UIS acuerdo N 26, 2018). El trabajo de investigación propuesto busca suministrar una herramienta de apoyo a los estudiantes de la asignatura de Instalaciones Eléctricas que permita recomendar experiencias de diseño eléctrico semejantes a la realidad cumpliendo con los criterios establecidos por las normatividades colombianas.

En (RETIE, 2013, p.49) se establece lo siguiente: "toda instalación eléctrica debe contar con un diseño realizado por profesionales legalmente competentes para desarrollar tales actividades". Las competencias de los profesionales se van creando a lo largo de su carrera y no paran de crecer con la medida del tiempo, esta herramienta contribuye al desarrollo de las competencias como diseñadores de los estudiantes prestos a ejercer su profesión.

Para esta investigación es de especial interés los diseños que están relacionados con la distribución de cableado, tomacorrientes, diagramas de control para la iluminación, diagramas unifilares, planos y esquemas eléctricos; puesto que el conocimiento para el estudiante de estas formas de diseño da pautas para que puedan proponer un diseño propio. Por lo tanto, si la información relacionada con diseños previamente realizados y debidamente certificados propende a mejorar el concepto de diseño que se quiere plasmar en la asignatura un sistema de recomendación se puede considerar como una solución promisoriosa.

Los sistemas de recomendación suelen estar basados en algoritmos tradicionales con el enfoque a aprendizaje de máquina, las cuales permiten la correcta y rápida localización de los recursos educativos, en el cual se emplean técnicas para facilitar la búsqueda de recursos multimedia propicios para apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje (Duran, Chanchí, & Arciniegas, 2020).

El exceso de información expuesta en diversos ámbitos, que limita a los usuarios determinar los productos (artículos comerciales, contenidos de televisión, cursos educativos, etc.) que son relevantes para ellos. Como su nombre indica, este tipo de sistemas se encargan de recomendar o sugerir a los usuarios que lo utilizan, productos relacionados a sus preferencias (Gómez, et al, 2018, p.287).

El diseño de un sistema de recomendación que emplea la metodología de razonamiento basado en casos busca proponer recomendaciones a diseños eléctricos que se basen en la norma técnica colombiana, como lo es la NTC 2050 y el reglamento técnico RETIE en espacios interiores de viviendas unifamiliares y multifamiliares. En este se busca la recopilación de planos arquitectónicos con diseños eléctricos de espacios interiores de viviendas, la identificación de atributos cuantificables y nominales necesarios que permitan caracterizar los espacios interiores de viviendas.

La construcción de un sistema de recomendación está constituida por la metodología de razonamiento basado en casos el cual comprende las cuatro fases tales como la recuperación, reutilización, revisión y retención. El sistema emplea la metodología de validación cruzada de modelos de aprendizaje de máquina y la valoración por expertos de las recomendaciones suministradas por el sistema.

1. Estado del arte

Los avances en las investigaciones sobre inteligencia artificial han llevado a posicionarla como herramienta potencial para ayudar a personas en la ejecución o imaginación de determinadas tareas. El objetivo principal de un sistema de recomendación es la búsqueda exhaustiva de información relevante para un determinado grupo de personas o un individuo en especial. En (Montaner, 2003) se realiza un estudio sobre cómo mejorar los sistemas de recomendación además de proponer un acercamiento entre CBR y las recomendaciones. Existen, sistemas de recomendación basados en casos que se abordan en (Lorenzi & Ricci, 2003) donde se realiza una evaluación que genera una plantilla o modelo de herramienta con el objetivo de posibilitar su uso en diferentes áreas de estudio.

Los sistemas de recomendación basado en casos han sido ampliamente abordados en diferentes disciplinas y áreas del conocimiento con la finalidad de solucionar problemáticas de la actualidad de una manera sofisticada. En el artículo (Cuadrado, et al, 2010) se describe un sistema basado en casos para el diagnóstico de la hipertensión arterial en cierta población, para esto, se manejan variables de tipo numéricas, booleanas y de tipo cadena de caracteres semejantes a como se maneja en este proyecto. A su vez en (Cordero, 2012) se desarrolla un sistema que pueda ser utilizado en el área penitenciaria de Cuba con la finalidad de acelerar el proceso de clasificación y evitar los errores. Por lo anterior se puede inferir la versatilidad que se ha logrado hasta el momento en la implementación de los sistemas basados en casos.

La ingeniería no se queda atrás a la hora de implementar los sistemas de recomendaciones y el CBR para la solución de tareas. En el área de la robótica (Peula, et al, 2008) se crea un método

reactivo para el aprendizaje del movimiento de un robot que recibe entradas de sensores y cámaras utilizando CBR. Ahora, en la ingeniería eléctrica se han realizado estudios de la implementación de CBR, una muestra de esto es (pinto, et al, 2019) en el cual propone un sistema novedoso basado en el razonamiento de casos con la finalidad de lograr una administración adecuada de la energía eléctrica en un edificio. En (Tchomté, et al, 2018) se utiliza CBR con la finalidad de optimizar el consumo de energía en dispositivos del hogar. En la tesis de pregrado (Bohorquéz, Fuentes, 2021) se realiza una construcción de un sistema de recomendación CBR para diseños luminotécnicos que cumplan con las normas técnicas RETILAP.

A pesar de la gran versatilidad de los sistemas de recomendación que utilizan CBR y su amplio espectro para ser aplicado en diferentes áreas, aún en la actualidad no ha sido lo suficientemente aprovechado en los diseños de instalaciones eléctricas; la investigación de diseños de instalaciones eléctricas actualmente está concentrada en la innovación de energías renovables como la utilización de paneles solares y la implementación de automóviles eléctricos por lo que se hace evidente que este estudio será un aporte novedoso para la ingeniería eléctrica y los diseños de instalaciones eléctricas de uso residencial ya que permitirá su uso por parte de estudiantes del área y diseñadores de poca experiencia otorgándoles un punto de partida en sus primeros diseños.

2. Marco conceptual

2.1 Sistema de recomendación

En el siguiente capítulo, se realiza una contextualización de los sistemas de recomendación, se hace énfasis en la descripción de sus características y las ventajas que presentan.

Los sistemas de recomendación tienen como pilar el proceso de retroalimentación el cual es clave para su buen funcionamiento, sin esta información recopilada sería imposible conocer los intereses que pueden llegar a tener los usuarios de manera que el sistema no podría recomendar contenidos de interés.

Un sistema recomendador es una tecnología de filtrado de información personalizada, usada para predecir si a un usuario particular le gusta un ítem en particular (problema de predicción), o identificar un conjunto de N ítems que pueden interesarles a ciertos usuarios (Díaz, Fernández, Durán, 2019)

Como se intuye de la cita, los sistemas de recomendación se basan en un filtrado de información la cual sigue distintas técnicas que llevan al usuario a un solo objetivo, ofrecerles un conjunto de objetos afines con los que dada sus preferencias se pueden estar interesados.

2.2 Características de un sistema de recomendación

Estos son sistemas de búsquedas que basado en la información que conservan, proponen una respuesta mucho más cercana a los intereses que el usuario está investigando con mayor frecuencia, los sistemas buscan establecer parámetros por medio de los cuales se pueden caracterizar los usuarios. Estos se pueden describir a profundidad como (Núñez, 2012):

- **Base de datos:** Estas bases se mantienen dinámicas dadas la cantidad de información con la que se va retroalimentando el sistema.
- **Representación de las necesidades de información:** Estas representaciones son descritas a partir de los perfiles de usuarios que se van creando a medida que se enriquece el sistema con información.
- **Frecuencia de uso:** Prologando y repetitivo.
- **Objetivo:** Los sistemas de recomendación reúnen información relevante de distintos repositorios de acuerdo con el perfil que se ha creado del usuario a partir de sus búsquedas.

2.3 Clasificación de los sistemas de recomendación

De acuerdo con la información que emplean los sistemas para realizar las recomendaciones pueden ser catalogados de distinta forma. Tradicionalmente son conocidos tres tipos de sistemas, estos son (Núñez, 2012):

2.3.1 Sistemas de recomendación basado en contenidos

Basado en una base de datos creada con anterioridad para cada usuario, se generan recomendaciones de productos similares.

2.3.1.1 Ventajas

- Se basa en el contenido con el cual se tiene la seguridad que si está en los intereses del usuario.
- El sistema puede dar las explicaciones sobre la recomendación que ha realizado basado en el historial.

2.3.1.2 Desventajas

- Problemas con un nuevo usuario dado que se debe generar desde cero una nueva base de datos sobre sus preferencias.
- Para el sistema es más complicado adaptarse a los cambios que puede generar un usuario hasta que no haya recolectado un número considerable de preferencias.

2.3.2 Sistemas de recomendación basado en filtros colaborativos

Este sistema brinda recomendaciones mediante la recolección de información de un mismo usuario comparados con los datos que se le suministran por personas con patrones similares, estos patrones pueden ser cercanía, similitudes en los productos que prefieren.

2.3.2.1 Ventajas

- No es necesario tener una base de datos muy detallada dado que con la cercanía entre usuarios.
- Realiza recomendaciones válidas, pero no esperadas por el usuario.
- Introduce novedad a las preferencias que ya tiene establecido un usuario.

2.3.2.2 Desventajas

- Es imprescindible conocer la información de preferencia de ciertos productos para poder funcionar.
- Se pueden presentar problemas de dispersión si la cantidad de usuarios es menor a la cantidad de posibles recomendaciones con las que se cuentan.

2.3.3 Sistemas de recomendación híbridos

Este sistema combina los dos sistemas de recomendación mencionados anteriormente, con esto se busca aunar las ventajas que presentan en cada uno. Debido a la naturaleza complementaria

que presentan los sistemas, permite explotar las características de ambos para obtener así mejores recomendaciones.

2.3.4 Selección del sistema de recomendador

Se selecciona un sistema de recomendación por contenido dado que se ajusta a la problemática presentada.

2.4 Razonamiento basado en casos

Estos sistemas son parte de una de las ramas de la inteligencia artificial (AI, Artificial Intelligence) que más éxito ha tenido. Sin embargo, estos sistemas presentan desventajas como (Lezcano, 2016):

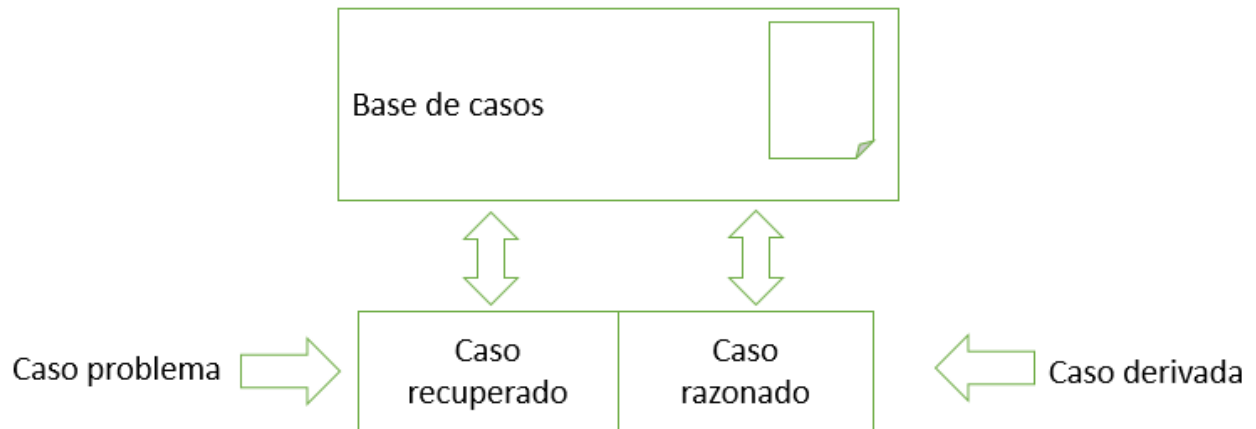
- Complejidad en la implementación del respectivo sistema.
- Cuando se accede a grandes cantidades de información el sistema puede presentar cierta lentitud que retrase el proceso.
- Estos sistemas presentan un mantenimiento de alto grado de complejidad que no es provechoso (p. 3).

El razonamiento basado en casos (CBR por sus siglas en inglés Case-Based Reasoning) se propone solucionar problemas los cuales ya han sido resueltos en el pasado.

La estructura interna está compuesta por dos partes: la primera es la obtención de los casos y la segunda es el razonamiento de los casos. La obtención de casos se basa en la investigación de casos que se puedan adecuar exitosamente a la metodología planteada, mientras que la segunda instancia busca soluciones al problema en base a la descripción que se tiene de este.

Figura 1.

Comportamiento de un sistema CBR



Nota. En la figura 1 se presenta el proceso que conlleva el sistema de razonamiento basado en casos. Adaptado de “*Razonamiento Basado en Casos (RBC)*.” (Órtiz, Rodas, Ochoa, 2017).

Los sistemas se pueden caracterizar en base a criterios, los cuales son: Fuente del conocimiento, función, organización, distributividad (López, 2013,).

Tabla 1.*Tipos de razonamiento basado en casos*

Fuente del conocimiento	Función	Organización	Distributividad
Textual	Clasificación	Única	Memoria única
Estructural	Recomendación	Nivel múltiple	Memorias múltiples
Conversacional	Tutoría	CBR híbrido	Agente única
Temporal	Planificación	Meta CBR	Agente múltiple
Imágenes	Vigilancia		
Gestión del conocimiento			

Nota: La tabla muestra tipos de CBR y diferentes clasificaciones. Adaptado de “*Case-Based Reasoning*. Morgan & Claypool.” López, B. (2013).

Estos criterios describen el comportamiento que puede tomar un CBR, a continuación, se describen dos de estos:

2.4.1 Fuente del conocimiento

Como primer criterio se encuentra la fuente del conocimiento refiriéndose a la forma de experiencias pasadas. Con base en este criterio se identifican cinco tipos de razonamientos basados en casos:

- **Imágenes:** Cuando el CBR es empleado para la interpretación de imágenes y se tienen en cuenta factores que influyen en este proceso.
- **Conversacional:** Se da cuando es definido un caso iterativamente por medio de una conversación.
- **Temporal:** Los casos presentados pueden tener una forma implícita o explícita una relación temporal.
- **Estructural:** Los casos se encuentran definidos por medio de un vocabulario predefinido.
- **Textual:** Los casos son principalmente documentos como textos y resulta sencilla la adquisición de grandes volúmenes.

2.4.2 Función

El segundo criterio, es la función por la que se ha decidido desarrollar el razonamiento basado en casos. Las aplicaciones más relevantes son:

- **Clasificación:** Se emplea para predecir clases o etiquetas.
- **Recomendación:** Se da cuando se recomienda un producto o servicio a un usuario partiendo de una base de datos que guarda sus preferencias.
- **Tutoría:** Se trata de la recopilación y evaluación de ejercicios en una disciplina.
- **Planificación:** Cuando se ayuda a los planificadores de primer principio a ser más eficientes. El CBR en este caso se llama planificador del segundo principio ya que razona a nivel de planificación en lugar de acción (López, 2013).

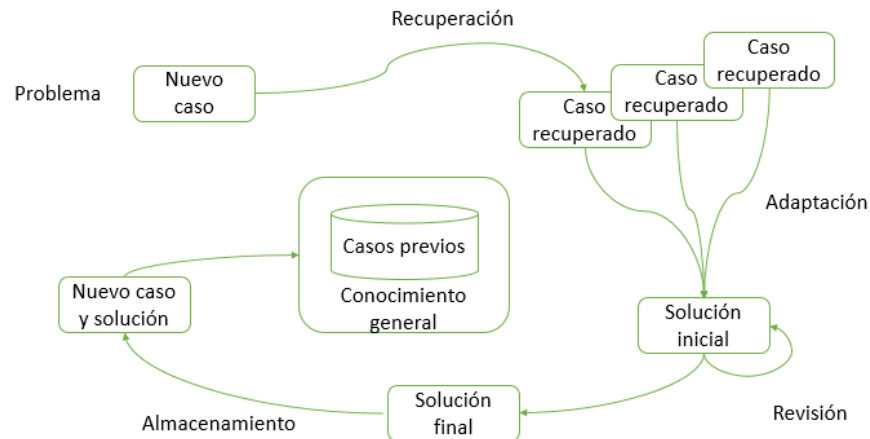
Un sistema típico CBR cumple con un ciclo desde que se da inicio al problema hasta que se tiene una solución, este ciclo abarca cuatro partes (Ortiz, Bañuelos, Ochoa, 2016):

- Recuperación de los casos o problemas más importantes: El nivel de calidad en los resultados depende en parte de las medidas de similitud usadas para la recuperación de casos o problemas similares. Las técnicas de softcomputing más comunes utilizadas en esta parte del CBR son: lógica difusa, la clasificación de casos, probabilidad, modelos bayesianos para la selección de casos, entre otros. En esta fase el problema es comparado con los datos que se tiene en la base de casos todo en base a determinar un grado de similitud del caso nuevo con respecto a los establecidos en la base de información.
- Adaptación de los casos o problemas con el objetivo de solucionar el reciente problema: La adaptación o reutilización se da por medio de la integración de los casos que se recuperaron con anterioridad. En esta adaptación se pueden emplear los razonamientos difusos interactivos y convencionales, así como enfoques difuso-neurales. Hay tres formas de adaptación que suelen ser las más usadas: sustitución, transformación, y adaptación generativa.
- Revisión de la solución propuesta si es necesario: Se lleva a cabo la evaluación de la solución generada en la adaptación del caso, en caso de que dicha solución requiera alguna modificación, esta se realiza en cada fase y se le denominará fase de reparación. Las técnicas que se suelen utilizar en esta fase son: redes neuronales, enfoques evolutivos y reglas de adaptación usando teorías de conjunto.
- Almacenamiento de la solución propuesta como parte de un nuevo caso: El nuevo caso y su solución son retenidos o almacenados en la base de casos para su respectivo uso en un futuro, es decir, la solución ya fue totalmente revisada y

validada. La decisión de si el nuevo caso se debe almacenar en la base de casos depende principalmente de la utilidad que pueda llegar a tener este en un futuro. Algunas de las técnicas empleadas en esta parte son: redes neuronales, reglas difusas, teoría de conjunto. Debido a que el aprendizaje se da de manera constante es necesario llevar a cabo mantenimientos a la base de casos para que así esta se pueda mantener en correcto funcionamiento, teniendo en cuenta que se espera que el algoritmo funcione perfectamente en dispositivos electrónicos como los computadores sin necesidad de que estos requieran tener un espacio de almacenamiento alto.

Algo que es necesario tener en cuenta es la representación de casos ya que su importancia radica en definir un caso como una pieza de conocimiento que representa una experiencia y a vez una solución a un problema, un conjunto de casos suele ser llamados bases de casos o librerías de casos, los cuales se representan como un par atributo-valor especificando el problema y su solución. En algunas situaciones el caso el caso puede contener una respuesta que es considerado un tercer elemento.

El algoritmo de recuperación tiene como finalidad la búsqueda y selección, en la memoria del CBR, los casos que presente mayor similitud con respecto al problema a resolver que se tiene. Las soluciones de los casos que se tienen son adaptadas para generar posibles soluciones para los nuevos problemas.

Figura 2.*Ciclo CBR*

Nota. Representación del ciclo que lleva a cabo un sistema de razonamiento basado en caso descrito en casa una de sus fases. Adaptado de “*Case-Based Reasoning*. Morgan & Claypool.” López, B. (2013).

2.4.3 Ventajas y desventajas del razonamiento basado en casos

Los CBR permiten analizar características del algoritmo para determinar cuál es el más apropiado para su respectivo uso en temáticas particulares. Los CBR presentan las siguientes ventajas:

- Posee comportamientos similares a los del razonamiento humano.
- Permite realizar razonamientos con datos imprecisos e incompletos.
- Reducen actividades relacionadas con la adquisición de conocimientos.

Desventajas de los CBR:

- Se requiere una considerable memoria de cómputo dado el gran tamaño de la base de datos que se va actualizando con cada caso.

2.5 Diseño en instalaciones eléctricas

2.5.1 Disposiciones generales

Dado el crecimiento del consumo energético se presenta en el país, resulta imprescindible la aplicación de normas y estándares de calidad que garanticen la seguridad e integridad de las personas y de la infraestructura.









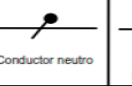

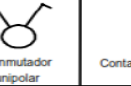
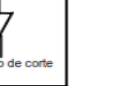
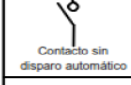

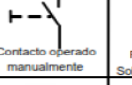
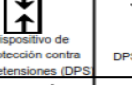
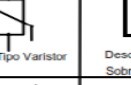
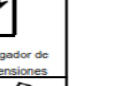

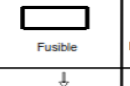
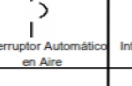
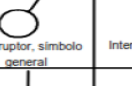
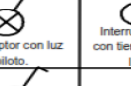
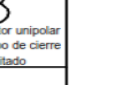

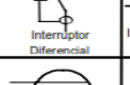
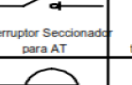

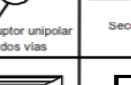
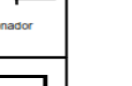

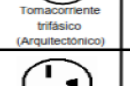
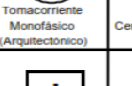

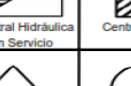



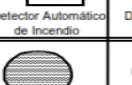



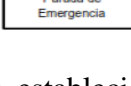
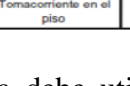

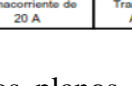
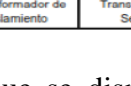

Con el fin de mantener la integridad de las instalaciones y de las personas, en el país se hace de carácter obligatorio el cumplimiento de la norma NTC 2050 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), por eso es importante contar con un camino que sirva de guía para comenzar un diseño eléctrico, esto es lo que plantea esta herramienta para los jóvenes en formación.

2.5.2 Simbología reglamentaria

El primero de mayo de 2010, el RETIE establece que se debe utilizar la simbología contemplados en la figura 3, esta simbología se encuentra unificada por las normas IEC 60617, ANSI Y32, CSA Z99 e IEEE 315, guardando así una relación mayor con la seguridad eléctrica.

Figura 3.

Simbología

 Ánodo de Sacrificio	 Equipotencialidad	 Masa	 Tierra	 Tierra Aislada	 Tierra de Protección
 Caja de empalme	 Conductores de Fase	 Conductor neutro	 Conductor de Puesta a Tierra	 Conmutador unipolar	 Contacto de corte
 Contacto sin disparo automático	 Contacto con disparo automático	 Contacto operado manualmente	 Dispositivo de Protección contra Sobretensiones (DPS)	 DPS Tipo Varistor	 Descargador de Sobretensiones
 Empalme	 Fusible	 Interruptor Automático en Aire	 Interruptor, símbolo general	 Interruptor con luz piloto.	 Interruptor unipolar con tiempo de cierre limitado
 Interruptor bipolar	 Interruptor Diferencial	 Interruptor Seccionador para AT	 Interruptor termomagnético	 Interruptor unipolar de dos vías	 Seccionador
 Tomacorriente símbolo general	 Tomacorriente trifásico (Arquitectónico)	 Tomacorriente Monofásico (Arquitectónico)	 Central de Generación en Servicio	 Central Hidráulica en Servicio	 Central Térmica en Servicio
 Calviya de 15 A	 Calviya de 20 A	 Detector Automático de Incendio	 Doble Aislamiento	 Extintor para Equipo Eléctrico	 Generador
 Parada de Emergencia	 Tomacorriente en el piso	 Subestación	 Tomacorriente de 20 A	 Transformador de Aislamiento	 Transformador de Seguridad

Nota. La simbología establecida debe utilizarse en los planos que se disponen. Obtenida de “Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE”.

2.5.3 Conductores

Estos corresponden a los cables o alambres que se emplean para el transporte de energía eléctrica. El artículo 110-5 de la norma NTC 2050 estipula que los conductores deben ser de cobre, también establece que con ajustes de intensidad se pueden emplear conductores de aluminio.

Los conductores pueden presentarse como alambre, los cuales están formados por un solo hilo de cobre o aluminio, o también como cables los cuales están conformados por varios hilos de alambre trenzado.

2.5.4 Calibre de los conductores

El calibre de los conductores se estandariza por medio del artículo 110-6 de la norma NTC 2050 según AWG (American Wire Gage) o en mils de circunferencia (Kcmil).

2.5.5 Aislamiento de los conductores de cobre

Se presentan diferentes aislamientos dadas las distintas condiciones de trabajo que se pueden encontrar. Se encuentran que hay conductores con capacidad de soportar hasta 90 °C. Se encuentran distintos tipos de aislamientos en los que se puede mencionar: THW, THHW, THWN, etc.

2.5.6 Norma de colores para los conductores

El propósito de usar distintos colores es determinar cuál de los diferentes conductores usados en la instalación eléctrica es portador de energía, permitiendo así la fácil identificación de cada conductor.

La tabla 13 del Retie establece el código de colores usados en los sistemas eléctricas, ya sea monofásico o trifásico. En la tabla 2, a continuación, se puede apreciar.

Tabla 2.
Código de colores

SISTEMA	MONOFÁSICO		TRIFÁSICO				
			(Y) ESTRELLA	(Δ-) DELTA	(Δ-) DELTA	(Δ-) DELTA	(Δ-) DELTA
Tensión (V)	120	120/240	208/120	480/277	240/208/120	240	480
Fases	1	2	3	3	3	3	3
Neutro	1	1	1	1	1	N/A	N/A
Fases	<i>Negro</i>	<i>Negro</i>	<i>Amarillo</i>	<i>Amarillo</i>	<i>Negro</i>	<i>Negro</i>	<i>Amarillo</i>
		<i>Rojo</i>	<i>Azul</i>	<i>Naranja</i>	<i>Naranja</i>	<i>Azul</i>	<i>Naranja</i>
			<i>Rojo</i>	<i>Café</i>	<i>Azul</i>	<i>Rojo</i>	<i>Café</i>
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	Gris	Blanco	N/A	N/A
Tierra de Protección	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde
Tierra aislada	Verde amarillo	Verde amarillo	Verde amarillo	N/A	Verde amarillo	N/A	N/A

Nota: En la tabla 2, se describe el código de colores especificado en cada lugar a ser empleado.

Adaptado de “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE”.

2.5.7 Tomacorrientes

Los tomacorrientes son dispositivos eléctricos que funcionan como un punto de conexión para alimentar los equipos eléctricos. Estos funcionan como un enlace entre la fuente de alimentación de energía eléctrica y los equipos.

Existen distintos tipos de tomacorrientes los cuales dependen de la disposición que se tiene establecida en el país. Para Colombia se establecen tensiones nominales de 125, 220 o 250 voltios, con 2, 3 o 4 polos y conexión de puesta a tierra. (NTC 2050, 2020) indica:

En comedores, cuartos de estar, salas, salones, bibliotecas, cuartos de estudio, solidarios, dormitorios, cuartos de recreo, habitaciones o zonas similares en unidades de viviendas, se

deben instalar salidas de tomacorrientes de modo que ningún punto a lo largo de la línea del suelo en ninguna pared esté a más de 1.8 metros de un tomacorriente en ese espacio, medidos horizontalmente, incluyendo cualquier pared ocupada por paneles fijos en los muros exteriores, excluyendo los paneles corredizos en los muros exteriores (p. 623).

La reglamentación establece el uso de tomacorrientes tipo G.F.C.I. (abreviatura de interruptor de circuito por falla a tierra) en cocinas, baños y otras áreas expuestas y húmedas de una casa, esto con el fin de proteger a las personas de los choques graves de electricidad que se pueden producir al unirse la electricidad con el agua.

2.5.7.1 Distribución de tomacorrientes. La (NTC 2050, 2020) indica que:

El número mínimo de circuitos ramales se debe establecer a partir de la carga total calculada y la capacidad nominal de los circuitos utilizados. En todas las instalaciones, el número de circuitos debe ser suficiente para alimentar la carga conectada (p.58).

De manera tal que el criterio del diseñador está fijado bajo este precepto. La normativa vigente en Colombia establece que los circuitos ramales se definen como:

2.5.7.1.1 Circuito de alumbrado general. Está conformado por las bombillas y tomacorriente de uso general, estos tomacorrientes de uso general tienen una capacidad de 20 amperes nominales o menos.

2.5.7.1.2 Circuitos para aparatos específicos. Estos circuitos están conformados por motores, avisos, equipos de trabajo pesado, aire acondicionado, entre otros.

2.5.7.1.3 Circuitos de 20 amperios para pequeños aparatos eléctricos. A parte de los circuitos que se encuentran ya establecidos, debe existir uno o más circuitos ramales de 20 amperios para los equipos que se encuentran en la cocina, despensa y tomacorriente para nevera. Estos circuitos adicionales son planteados buscando evitar la sobre carga por ciertos circuitos.

2.5.7.1.4 Circuitos de 20 amperios para lavado y planchado. Se establece la existencia de un circuito adicional dirigido hacia los tomacorrientes de lavadora y planchado.

2.5.7.2 Ubicación de tomacorrientes. La ubicación debe ser de tal manera que ningún punto sobre una pared se encuentre a más de 1,8 metros de cualquier tomacorriente en el espacio de esta pared.

2.5.8 Interruptores

Un interruptor es un dispositivo que permite la interrupción del fluido eléctrico a través de un mando.

2.5.8.1 Clasificación de interruptores. Los interruptores son clasificados a partir de su funcionalidad como:

2.5.8.1.1 Interruptor sencillo. Se denomina sencillo porque sólo posee un mando el cual se encarga de únicamente del cierre o apertura de un circuito de una luz de un ambiente.

2.5.8.1.2 Interruptor doble o múltiple. Se compone de dos o más mandos que dan cierre o apertura a dos o más circuitos independientes en el mismo espacio.

2.5.8.1.3 Interruptor conmutable. Este tiene la capacidad de controlar el fluido eléctrico de un mismo circuito por medio de dos o más interruptores.

2.5.8.2 Ubicación de interruptores. Los interruptores deben ubicarse de manera estratégica en los espacios a iluminar, buscando siempre que al ingresar o salir del espacio se encuentre fácilmente.

2.5.9 Variables eléctricas

La energía eléctrica contribuye con la conservación de la vida tal y como la conocemos esto se hace con ayuda de la energía que brinda a dispositivos de nuestro uso diario, algunas de las principales variables que intervienen en este proceso son:

2.5.9.1 Tensión. Es la diferencia de potencial existente entre dos puntos.

2.5.9.2 Corriente. Es el flujo de carga eléctrica que recorre un material.

2.5.9.3 Potencia. Es la cantidad de energía que emite o absorbe un cuerpo por unidad de tiempo.

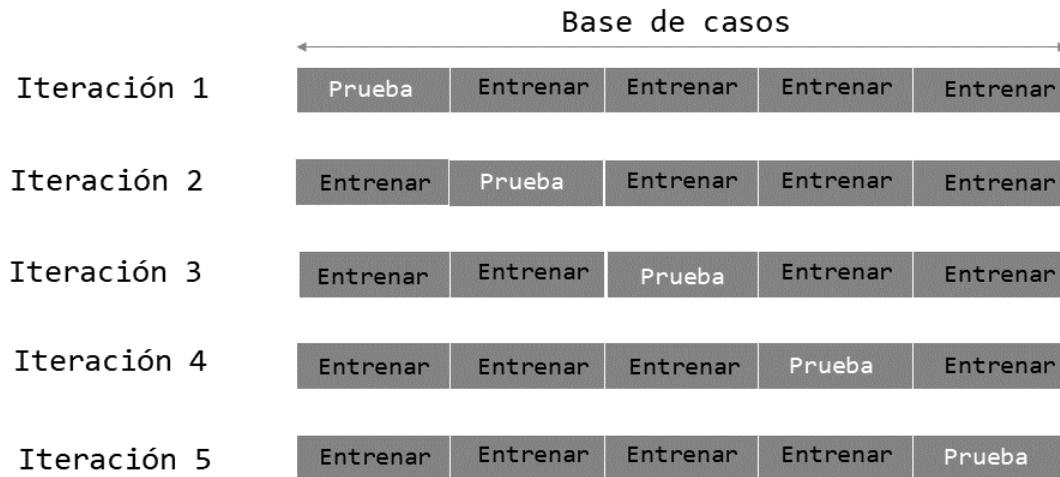
En general, el diseño de las instalaciones eléctricas en viviendas multifamiliares se caracteriza por su configuración, componentes y dado que están normalizadas en Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. Estos diseños deben siempre buscar la seguridad y el cubrimiento de las necesidades de los usuarios.

2.6 Validación cruzada método “k-fold”.

Este método es frecuentemente implementado en modelos de aprendizaje de máquina. Consiste en dividir la totalidad de los casos en K subconjuntos realizando el proceso de validación K veces, utilizando como prueba un subconjunto y como entrenamiento los otros K-1 subconjuntos (Pérez-Planells et al., 2015).

Figura 4.

Esquema de la validación cruzada



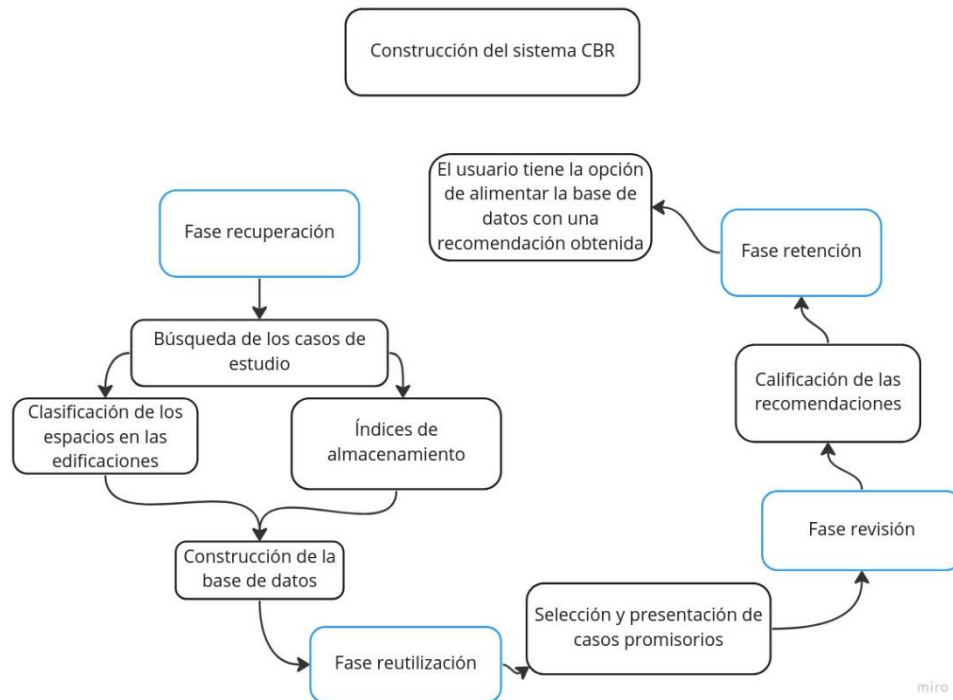
Nota. Esquema de validación cruzada. Adaptado de “*Evaluación de Clasificación utilizando Validación Cruzada*” Ochoa, (2019).

3. Metodología de construcción de un modelo CBR

En este capítulo se abordará la metodología del CBR, la cual sigue un esquema planteado en cuatro etapas que permite el desarrollo del sistema de recomendación, en este trabajo son establecidos y desarrollados como se observan en el esquema de la figura 5.

Figura 5.

Esquema de la construcción del CBR



Nota. En el diagrama se engloban las ideas que conforman el CBR presente. Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se describen las fases para el desarrollo de un modelo de razonamiento basado en casos CBR, el cual se emplea para la realización de un recomendador de instalaciones eléctricas en viviendas multifamiliares.

3.1 Fase de recuperación

Esta fase es realizada a partir de la información que se ha recolectado de los diseños suministrados, los cuales ya se encuentran ejecutados.

3.1.1 Búsqueda de los casos de estudio de diseños eléctricos en viviendas multifamiliares

La búsqueda de los planos eléctricos de proyectos residenciales se realizó por medio de profesores de la Universidad Industrial de Santander de la materia Instalaciones Eléctricas, un profesor decidió colaborar suministrando planos de proyectos en Bucaramanga, Piedecuesta y Ocaña. Se establece que estos diseños son suministrados únicamente para la elaboración de este proyecto

Por medio del director del proyecto se logró contacto con más ingenieros en distintas ciudades del país los cuales suministraron más diseños para el mismo fin.

Los diseños proporcionados por el ingeniero y profesor se encuentran realizados en software AutoCAD, estos diseños cumplen con toda la normativa vigente en el territorio nacional, Retie – Retilap.

3.1.2 Depuración de los planos de viviendas multifamiliares

Dentro de la recopilación de diseños obtenidos, se realiza la depuración de los planos la que consiste en la validación visual de que los diseños eléctricos cumplen con los requerimientos establecidos en el RETIE, es decir, simbología, convenciones, matrícula profesional de su diseñador, y demás aspectos técnicos.

3.1.3 Clasificación de los tipos de espacios en edificaciones multifamiliares

Una vez revisado cada uno de los diseños que han sido seleccionados y realizar la búsqueda exhaustiva de los espacios, se definen en función de los diseños los siguientes espacios.

Tabla 3.

Clasificación de espacios

CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE LUGARES EN EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES	
ESPACIOS INVENTARIADOS DESDE LOS PLANOS	Sala
	Sala comedor
	Sala comedor cocina
	Zona BBQ
	Hall
	Cocina
	Habitación
	Baño
	Patio ropas
	Garaje

Nota. La tabla 3 describe los espacios de las viviendas multifamiliares definidos en función de los diseños.

3.1.4 Índices de almacenamiento de los planos

Los planos son organizados a partir del diseñador el cual se ubica bajo el código 001 seguido del nombre del proyecto. A continuación, se indican en la tabla 4 los índices empleados en la herramienta.

Tabla 4.

Índice de almacenamiento de planos

INDICE DE ALMACENAMIENTO DE LOS PLANOS	
El almacenamiento de los planos se realiza con una codificación a partir del diseñador.	001 - INGENIERO 1
	Plano 001 - 1 Diseño eléctrico casa Ruitoque JL
	Plano 001 - 2 Planos eléctricos EM 1
	Plano 001 - 3 Proyecto eléctrico casa Mutis
	Plano 001 - 4 Proyecto eléctrico edificio multifuncional 2
	Plano 001 - 5 Proyecto eléctrico edificio multifuncional 3

Nota. La tabla describe los índices que se emplean para el almacenamiento de los planos.

Adicionalmente, se realiza una descripción del contenido de cada uno de los planos.

Tabla 5.

Descripción del contenido de los planos

Índice de las viviendas en cada plano en análisis
001 - INGENIERO 1
Plano 001 - 1 Diseño eléctrico casa Ruitoque JL - CASA VILLA ASTREA - PIEDECUESTA
<i>Plano 001 - 2 Planos eléctricos EM 1</i>
Planos eléctricos em 1 / edificio multifuncional i - Ocaña n.s apto 201
Planos eléctricos em 1 / edificio multifuncional i - Ocaña n.s apto 202
Planos eléctricos em 1 / edificio multifuncional i - Ocaña n.s apto 301
Planos eléctricos em 1 / edificio multifuncional i - Ocaña n.s apto 302
<i>Plano 001 - 3 proyecto eléctrico casa mutis</i>
Proyecto eléctrico casa mutis / edificio María luisa - apartamento 1
Proyecto eléctrico casa mutis / edificio María luisa - apartamento 2
Proyecto eléctrico casa mutis / edificio María luisa - apartamento 3
<i>Plano 001 - 4 proyecto eléctrico edificio multifuncional 2</i>
Proyecto eléctrico edificio multifuncional 2 / Ocaña n.s. apartamento 201
Proyecto eléctrico edificio multifuncional 2 / Ocaña n.s. apartamento 202
<i>Plano 001 - 5 proyecto eléctrico edificio multifuncional 3</i>
Proyecto eléctrico edificio multifuncional 3 / Ocaña n.s. apartaestudio 1
Proyecto eléctrico edificio multifuncional 3 / Ocaña n.s. apartaestudio 2
Proyecto eléctrico edificio multifuncional 3 / Ocaña n.s. apartaestudio 3

Nota. La tabla describe el contenido de los planos.

3.1.5 Identificación de los parámetros de diseño en los espacios

Los espacios de los planos en cuestión son caracterizados en cuatro grupos, estos son:

- **Físico:** Este apartado describe la fisionomía del espacio caracterizándolo mediante área y la tipología que tenga el espacio.
- **Iluminación:** Este apartado abarca las luminarias y los interruptores presentes en el espacio. Para las luminarias se especifica la cantidad, fabricante, potencia y descripción técnica que hay contenido en cada espacio. Para los interruptores se da una descripción de la tipología y la cantidad.
- **Fuerza:** El apartado fuerza describe los tomacorrientes, en este se especifica el calibre del conductor, la cantidad de tomacorrientes en el espacio y la tipología del tomacorriente.
- **Social:** Este apartado indica el estrato socioeconómico al que pertenece el espacio que está en cuestión.

Se añade un quinto apartado que indica el número del espacio en la base de datos que se ha construido.

Estos criterios se pueden ir actualizando en un futuro de manera tal que se permita ser más detallada la descripción de los espacios y así mejorar la calidad de las recomendaciones.

3.1.6 Construcción de la base documental

A partir de cada uno de los planos analizados, estos fueron caracterizados con los parámetros descritos, una vez que se tienen en listas, se procede a la creación de una base de datos en Matlab con un .mat la cual contiene 93 casos de espacios diversos de una vivienda.

La creación de la base de datos se hace mediante una estructura (Struct) en MATLAB, esta permite agrupar varios componentes de los datos en distintos campos.

En la figura 6, se ilustra la estructura de la base de datos que se ha generado.

Figura 6

Estructura de la base de datos

Fields	Espacio	Físicos	Iluminación	Interruptores	Fuerza	Código	Estrato
1	'Sala come...	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	8	3
2	'Patio ropas'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	9	3
3	'Cocina'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	10	3
4	'Habitación'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	11	3
5	'Habitación'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	12	3
6	'Habitación'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	13	3
7	'Baño'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	14	3
8	'Baño'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	15	3
9	'Sala come...	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	16	3
10	'Patio ropas'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	17	3
11	'Cocina'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	18	3
12	'Habitación'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	19	3
13	'Habitación'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	20	3
14	'Habitación'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	21	3
15	'Baño'	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	1x1 struct	22	3

Nota. La tabla presenta la base de casos empleada en la herramienta.

En la figura 7, se puede ver el apartado de iluminación el cual es una subcategoría de la base de datos que a su vez se subdivide en otras categorías como ha sido descrito anteriormente.

Figura 7.

Estructura interna de la base de datos

Field ^	Value
Cantidad	2
Fabricante	1x1 cell
Potencia	24
DescripciónTecnica	1x1 cell

Nota. La tabla presenta los detalles de una subdivisión de la base de casos.

3.1.7 Identificación de la naturaleza de las características

La naturaleza de las características radica en el tipo de variable, estas son clasificadas en variables cuantitativas cuando son numéricas o variables cualitativas cuando son alfanuméricas. A continuación, en la tabla 6, se describen cada una de las variables que se emplean para clasificar los espacios

Tabla 6.

Descripción de la naturaleza de las variables

FÍSICOS				
	Área [m²]	Tipología del apartamento		
	Variable cuantitativa	Variable cualitativa		
ILUMINACIÓN				
Cantidad total	Tipo de luminarias			
	Cantidad	Fabricante	Potencia [W]	Descripción técnica
Variable cuantitativa	Variable cuantitativa	Variable cualitativa	Variable cuantitativa	Variable cualitativa
FUERZA				
Calibre del conductor	Cantidad total	Tipo de tomacorrientes		
		Cantidad	Tipología	
Variable cualitativa	Variable cuantitativa	Variable cuantitativa	Variable cualitativa	
SOCIAL				
	Estrato socioeconómico			
	Variable cuantitativa			

Nota. En la tabla se establece la naturaleza de las variables que se emplean en la herramienta.

3.1.8 Asignación de puntajes para las características

Una vez los planos han sido verificados y depurados, se asegura que todos están dentro de las exigencias de calidad. Se decide llevar a cabo el recomendador bajo tres variables solicitadas al usuario área, espacio y estrato socioeconómico, se establecen que todas tienen el mismo puntaje para la selección, haciendo así que el recomendador predomine lo que establece el reglamento técnico de instalaciones eléctricas y brinde una sugerencia mucho más acertada dado el área. Cabe destacar que la recomendación dependerá de los casos que se encuentren almacenados en la base de datos.

3.1.9 Función de semejanza

La semejanza es una expresión analítica que funciona como una medida para determinar el grado de similitud entre dos casos, de manera que se puedan integrar las características de estos.

Se eligen los descriptores espacio, área y estrato socioeconómico como las variables que el sistema va a comparar.

3.1.9.1 Función de semejanza del tipo de espacio. Suponiendo que O_c es el arreglo que contiene los descriptores $O_c(x_i)$ del caso consulta, O_{bd} es un arreglo que contiene los descriptores $O_{bd}(x_i)$ del caso almacenado en la base de datos y $\beta(O_c(x_i), O_{bd}(x_i))$ es la función de semejanza para los descriptores x_i . (Cuadrado, et al., 2011, p. 208).

$$\beta(O_c(x_i), O_{bd}(x_i)) = \begin{cases} O_c(x_i) = O_{bd}(x_i), & 0 \\ O_c(x_i) \neq O_{bd}(x_i), & 3 \end{cases} \quad [1]$$

Nota: Adaptado de “Sistema experto basado en casos para el diagnóstico de la hipertensión arterial”.

3.1.9.2 Función de semejanza del área. Para el área se usa la resta absoluta entre áreas como función de semejanza (Cuadrado, et al., 2011):

$$\beta(O_c(x_i), O_{bd}(x_i)) = |O_c(x_i) - O_{bd}(x_i)| \quad [2]$$

3.1.9.3 Función de semejanza del estrato socioeconómico. Para el estrato socioeconómico se emplea la ecuación [2].

En la determinación de la semejanza han sido empleados tres criterios, estos se han basado en la distancia Minkowski, distancia Euclidiana y la distancia Manhattan. Se realizaron distintas pruebas donde la que mejor resultados dio fue la distancia Manhattan por lo cual se emplea esta para el desarrollo del algoritmo.

3.1.9.4 Distancia Manhattan. Se emplea para determinar la distancia entre dos puntos conocidos por medio de sus catetos, a diferencia de la Euclidiana que emplea la hipotenusa, esta depende de la rotación del sistema de coordenadas y está dada mediante la expresión (IBM):

$$\sum_{i=1}^n |P_i - Q_i| \quad [3]$$

Nota: Adaptado de “Algoritmo de k vecinos más cercanos”.

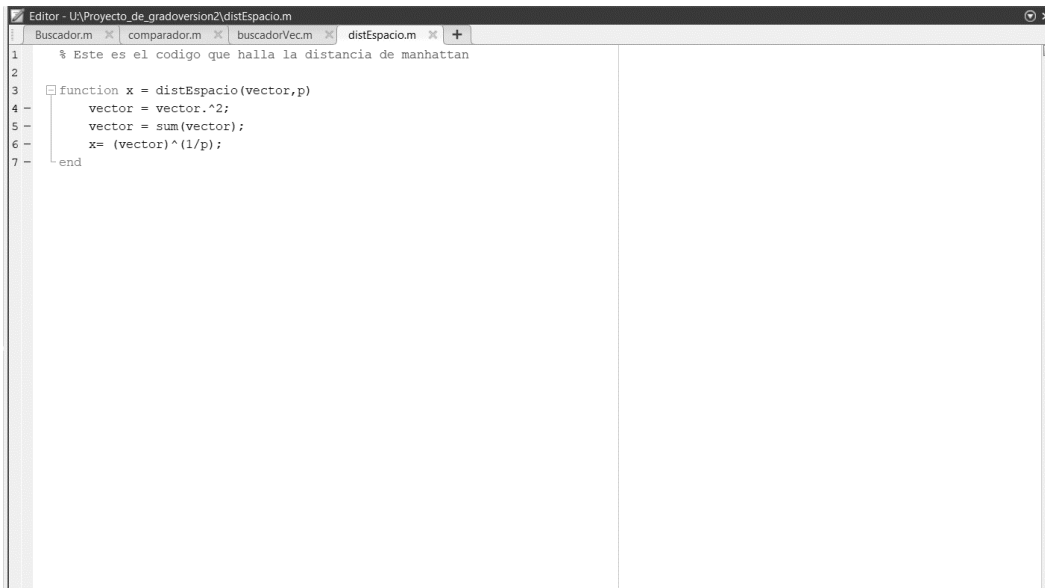
Donde $P = (P_1, P_2, \dots, P_n)$ y $Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$ son vectores.

El recomendador brinda la sugerencia de una instalación eléctrica priorizando el área que dispone el usuario dado que a mayor espacio se es necesario una mayor iluminación y cantidad de tomacorrientes.

Esta distancia es determinada empleando el cogido disEspacio presentado en la figura 8.

Figura 8.

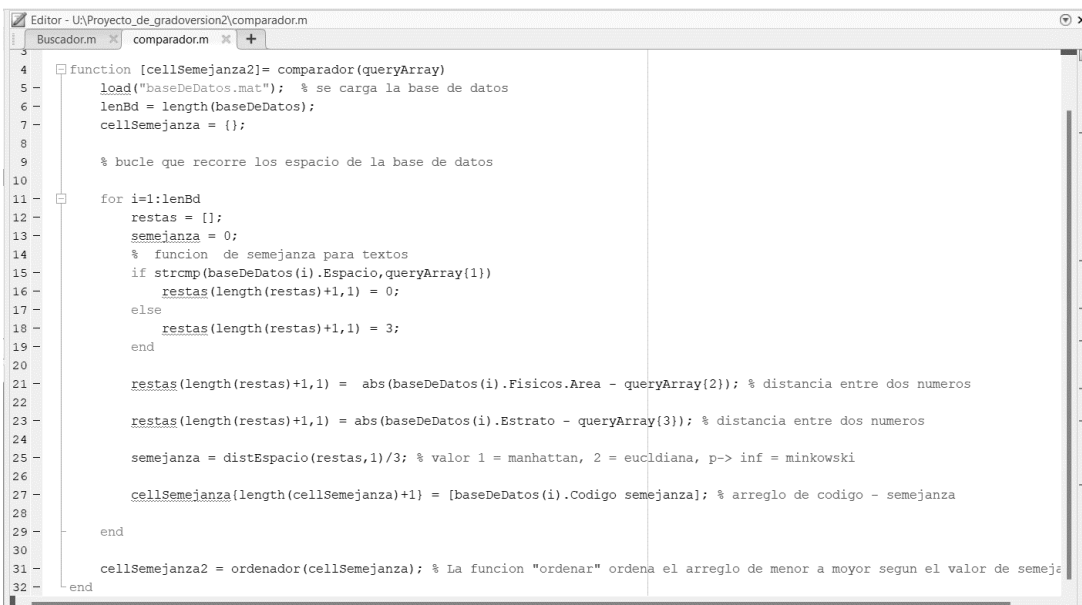
Código en Matlab de la determinación de la distancia



```
Editor - U:\Proyecto_de_gradovercion2\distEspacio.m
1 % Este es el codigo que halla la distancia de manhattan
2
3 function x = distEspacio(vector,p)
4     vector = vector.^2;
5     vector = sum(vector);
6     x= (vector)^(1/p);
7 end
```

Figura 9.

Código en Matlab de comparación



```
Editor - U:\Proyecto_de_gradovercion2\comparador.m
3
4 function [cellSemejanza2]= comparador(queryArray)
5     load("baseDeDatos.mat"); % se carga la base de datos
6     lenBd = length(baseDeDatos);
7     cellSemejanza = {};
8
9     % bucle que recorre los espacio de la base de datos
10
11     for i=1:lenBd
12         restas = [];
13         semejanza = 0;
14         % funcion de semejanza para textos
15         if strcmp(baseDeDatos(i).Espacio,queryArray(1))
16             restas(length(restas)+1,1) = 0;
17         else
18             restas(length(restas)+1,1) = 3;
19         end
20
21         restas(length(restas)+1,1) = abs(baseDeDatos(i).Fisicos.Area - queryArray(2)); % distancia entre dos numeros
22
23         restas(length(restas)+1,1) = abs(baseDeDatos(i).Estrato - queryArray(3)); % distancia entre dos numeros
24
25         semejanza = distEspacio(restas,1)/3; % valor 1 = manhattan, 2 = euclidiana, p-> inf = minkowski
26
27         cellSemejanza(length(cellSemejanza)+1) = [baseDeDatos(i).Codigo semejanza]; % arreglo de codigo - semejanza
28
29     end
30
31     cellSemejanza2 = ordenador(cellSemejanza); % La funcion "ordenar" ordena el arreglo de menor a mayor segun el valor de semeja
32 end
```

3.1.10 Interfaz de datos

Dado a que este proyecto está orientado a brindar una guía a estudiantes de la materia “Instalaciones Eléctricas”, se buscó que la interfaz de solicitud de los datos sea amigable a la vista y logre captar la atención del usuario fácilmente.

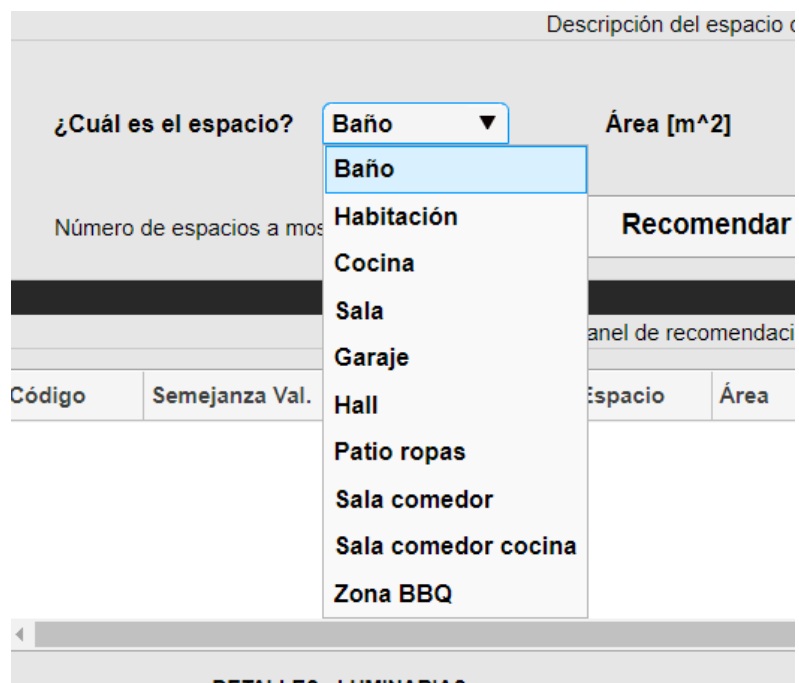
A continuación, se describe el funcionamiento de la interfaz.

3.1.10.1 Variables ingresadas por el usuario. La interfaz del recomendador solicita al usuario las siguientes variables:

- Espacio: La interfaz despliega un menú de los espacios que se encuentran disponibles desde la base datos donde el usuario debe seleccionar el espacio de su interés.

Figura 10.

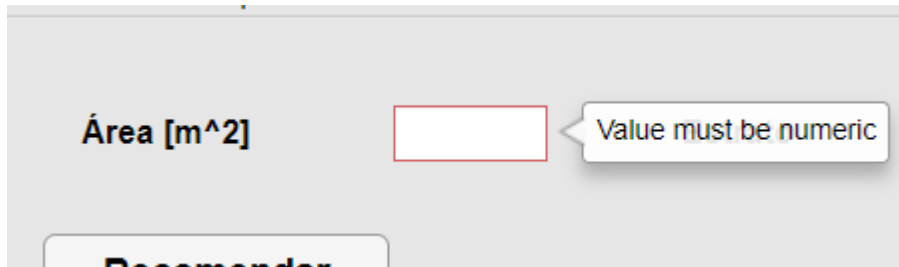
Menú desplegable de los espacios



- Área: En esta casilla el usuario debe ingresar en metros cuadrados el área del espacio en interés.

Figura 11.

Casilla para ingresar el área que se dispone

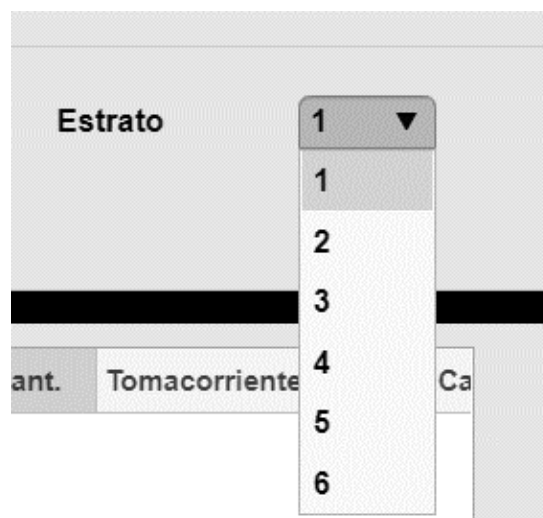


The image shows a web form with a label "Área [m^2]" and an empty text input field. A validation error message "Value must be numeric" is displayed in a white box with a grey border and a shadow, pointing to the input field. Below the input field, a button labeled "Recomendar" is partially visible.

- Estrato: Nuevamente la interfaz despliega un menú donde se tienen disponibles los seis estratos socioeconómicos en el que se pueden clasificar las viviendas en el territorio nacional, según el Departamento de Planeación Nacional.

Figura 12.

Menú desplegable de los estratos socioeconómicos

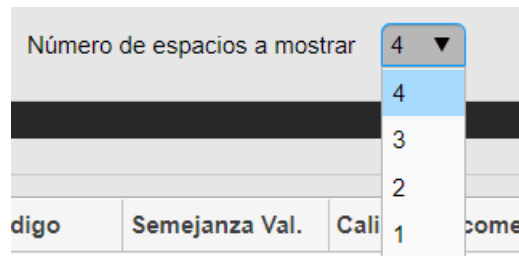


The image shows a web form with a label "Estrato" and a dropdown menu. The dropdown menu is open, showing six options: 1, 1, 2, 3, 4, 5, 6. The first option is highlighted. Below the dropdown menu, there are labels "ant.", "Tomacorriente", and "Ca".

- Número de espacios a mostrar: Se añadió un menú desplegable más que le permite al usuario la cantidad de recomendaciones que quiere ver.

Figura 13.

Menú desplegable de la cantidad de recomendaciones



Dado a que en la estructura de la base de datos se creó un código para cada espacio en análisis, la interfaz permite fácilmente la identificación de cada espacio brindando así recomendaciones específicas sobre las luminarias, interruptores y tomacorrientes.

Para esto se empleó la herramienta App Designer que viene integrada en Matlab. En la figura 14, se presenta la interfaz que ve el usuario con todos los elementos solicitados integrados.

Figura 14.*Interfaz del recomendador de instalaciones eléctricas*


3.1.11 Detalle de las recomendaciones de luminarias

Una vez se ha brindado la recomendación, seleccionando la sugerencia brinda una lista detallada de las luminarias especificando la cantidad, la potencia, el tipo de luminaria y el fabricante. Esto se hace gracias a la identificación que se le da a cada espacio dentro de la base

de datos que se ha creado. En la figura 15, se muestra el código empleado para la búsqueda de los detalles dentro de la base de datos.

Figura 15.

Código de detalle de la selección de luminarias



```
1 % funcion que entrega un vector que tiene los detalles de las luminarias y
2 % recibe el codigo del espacio
3 function [dellumVec] = detallesLum(a)
4     load("baseDeDatos.mat") % se carga la base de datos de tipo estructura.mat
5     dellumVec = {}; % se inicia la variable donde se empujaron los parametros del espacio
6     contador=0; %contador
7     lenBd = length(baseDeDatos);
8
9     for i =1: lenBd
10
11         if baseDeDatos(i).Codigo == a
12             contador = contador + 1;
13             if length(baseDeDatos(i).Iluminacion.Cantidad) ~1
14                 for k=1:length(baseDeDatos(i).Iluminacion.Cantidad)
15                     dellumVec(k,1) = baseDeDatos(i).Iluminacion.Cantidad(k);
16                     dellumVec(k,2) = cell2mat(baseDeDatos(i).Iluminacion.Fabricante(k));
17                     dellumVec(k,3) = baseDeDatos(i).Iluminacion.Potencia(k);
18                     dellumVec(k,4) = cell2mat(baseDeDatos(i).Iluminacion.DescripcionTecnica(k));
19                 end
20             else
21                 dellumVec(1,1) = baseDeDatos(i).Iluminacion.Cantidad;
22                 dellumVec(1,2) = cell2mat(baseDeDatos(i).Iluminacion.Fabricante);
23                 dellumVec(1,3) = baseDeDatos(i).Iluminacion.Potencia;
24                 dellumVec(1,4) = cell2mat(baseDeDatos(i).Iluminacion.DescripcionTecnica);
25             end
26         end
27     end
28
29 end
30
```

En la interfaz que se presenta al usuario se muestra la recomendación detallada de iluminación de la siguiente manera:

Para esta selección se le pide al recomendador una sugerencia para una habitación de 15 metros cuadrados en un estrato socioeconómico igual a cuatro.

Figura 16.

Presentación en la interfaz de la selección de luminarias

DETALLES - LUMINARIAS			
Cantidad	Fabricante	Potencia [W]	Tipo
2	SYLVANIA		24 PANEL LED
2	SYLVANIA		13 TORTUGA

3.1.12 Detalle de las recomendaciones de tomacorrientes

Empleando la misma identificación que se la ha dado a cada espacio, se procede a ubicarlo en la base de datos con ayuda del código de la figura 17.

Figura 17.

Código de detalle de la selección de tomacorrientes

```

Editor - U:\Proyecto_de_grado\detallesTomas.m
cargaDeCasos.m  Buscador.m  buscadorVec.m  cargaDeCasos.m  comparador.m  detallesInte.m  detallesLum.m  detallesTomas.m  ordenador.m  +
1  % funcion que entrega un vector que tiene los detalles de las tomacorrientes y
2  % recibe el codigo del espacio
3  function [delTomasVec] = detallesTomas(a)
4  load("baseDeDatos.mat") % se carga la base de datos de tipo estructura.mat
5  delTomasVec = {}; % se inicia la variable donde se empujaran los parametros del espacio
6  contador=0; %contador
7  lenBd = length(baseDeDatos);
8
9  for i =1: lenBd
10
11     if baseDeDatos(i).Codigo == a
12         contador = contador + 1;
13         if length(baseDeDatos(i).Fuerza.Cantidad) ~=1
14             for k=1:length(baseDeDatos(i).Fuerza.Cantidad)
15                 delTomasVec(k,1) = baseDeDatos(i).Fuerza.Cantidad(k);
16                 delTomasVec(k,2) = cell2mat(baseDeDatos(i).Fuerza.Tipo(k));
17             end
18         else
19             delTomasVec(1,1) = baseDeDatos(i).Fuerza.Cantidad;
20             delTomasVec(1,2) = cell2mat(baseDeDatos(i).Fuerza.Tipo);
21         end
22     end
23 end
24
25 end
26
27 if contador==0
28     disp("El espacio con codigo " + num2str(a) + " aun no ha sido archivado en la base de datos.")
29 end
30 end

```

En la interfaz de que se presenta al usuario se muestra la recomendación detallada de tomacorrientes como se aprecia en la figura 18.

Figura 18.

Presentación en la interfaz de la selección de tomacorrientes

DETALLES - TOMACORRIENTES	
Cantidad	Tipo
3	TOMACORRIENTE NORMAL

3.1.13 Detalle de las recomendaciones de interruptores

Se emplea la misma identificación que se la ha dado a cada espacio y así se procede a ubicarlo en la base de datos con ayuda del código de la figura 19.

Figura 19.

Código de detalle de la selección de interruptores

```

Editor - U:\Proyecto_de_grado\detallesInte.m
cargaDeCasos.m  Buscador.m  buscadorVec.m  cargaDeCasos.m  comparador.m  detallesInte.m  detallesLum.m  detallesTomas.m  ordenador.m  +
1  % funcion que entrega un vector que tiene los detalles de las interruptores y
2  % recibe el codigo del espacio
3  function [delInteVec] = detallesInte(a)
4      load("baseDeDatos.mat") % se carga la base de datos de tipo estructura.mat
5      delInteVec = {}; % se inicia la variable donde se empujaron los parametros del espacio
6      contador=0; %contador
7      lenBd = length(baseDeDatos);
8
9      for i =1: lenBd
10
11          if baseDeDatos(i).Codigo == a
12              contador = contador + 1;
13              if length(baseDeDatos(i).Interruptores.Cantidad) ~=1
14                  for k=1:length(baseDeDatos(i).Interruptores.Cantidad)
15                      delInteVec(k,1) = baseDeDatos(i).Interruptores.Cantidad(k);
16                      delInteVec(k,2) = cell2mat(baseDeDatos(i).Interruptores.Tipo(k));
17                  end
18              else
19                  delInteVec(1,1) = baseDeDatos(i).Interruptores.Cantidad;
20                  delInteVec(1,2) = cell2mat(baseDeDatos(i).Interruptores.Tipo);
21              end
22          end
23      end
24
25  end
26
27  if contador==0
28      disp("El espacio con codigo " + num2str(a) + " aun no ha sido archivado en la base de datos.")
29  end
30  end

```

En la interfaz de que se presenta al usuario se muestra la recomendación detallada de interruptores como se aprecia en la figura 20.

Figura 20.

Presentación en la interfaz de la selección de interruptores

DETALLES - INTERRUPTORES	
Cantidad	Tipo
1	INTERRUPTOR SENCILLO
1	INTERRUPTOR DOBLE
1	INTERRUPTOR CONMUTABLE

3.2 Fase de reutilización

En esta fase se emplea los datos que se han almacenado comparándolos con los que ha ingresado el usuario, logrando de esta manera una recomendación aceptable y deseada. Esto se hace analizando cada caso y figurando cada uno como promisorio.

3.2.1 Selección de casos promisorios

El caso consulta es comparado con cada uno de los casos que se encuentran en la base de datos, una vez el código comparación, ilustrado en la figura 8, establece el valor de semejanza que hay en cada uno, los organiza de menor a mayor y en la interfaz muestra solamente la cantidad de recomendaciones que se hayan seleccionado en el desplegable “número de espacios a mostrar”.

Un caso es promisorio cuando el valor de semejanza es más cercano a cero. Dado que existen muchas combinaciones posibles, el código prioriza el área haciendo así lógico la recomendación de una habitación cuando se solicitó la de un baño, por ejemplo.

3.2.2 Algoritmo del vecino más cercano

El algoritmo de k vecinos más cercanos, también conocido como KNN o k-NN, es un clasificador de aprendizaje supervisado no paramétrico, que emplea la cercanía entre elementos

para hacer clasificaciones o predicciones sobre la agrupación de un punto de datos individual. (IBM, 2022)

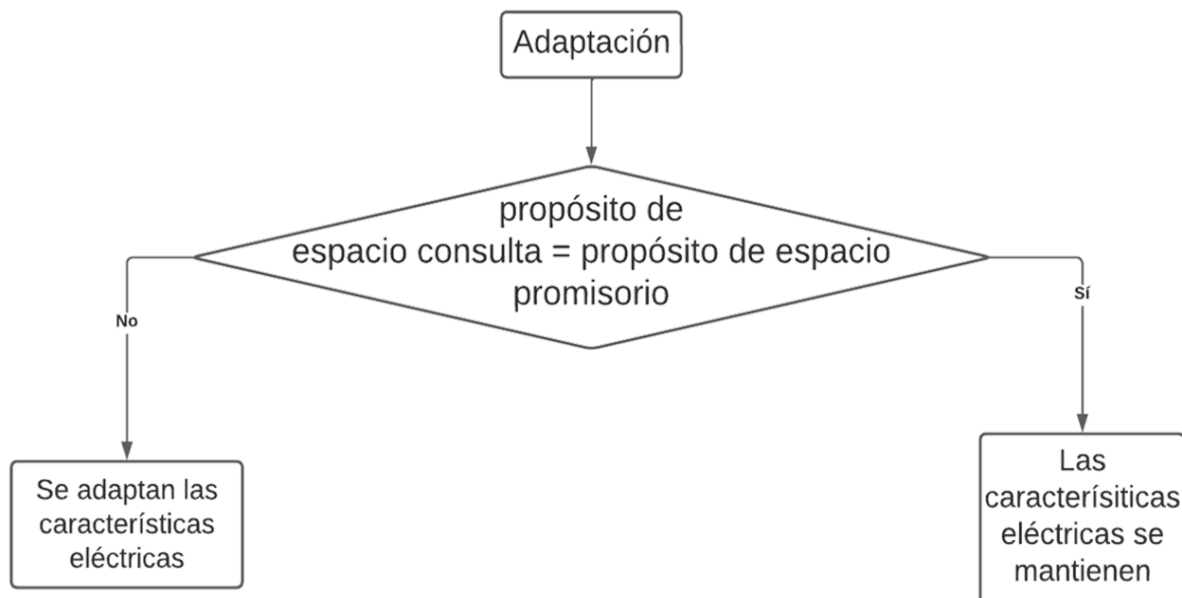
Dado que el usuario ingresa parámetros que se ubican en un vector para hacer más fácil la comparación se emplea este modelo estadístico para el desarrollo del CBR; por medio del área se busca el vecino que se encuentra más cerca a esta para así dar una mejor recomendación.

3.2.3 Adaptación de los casos promisorios

Esta etapa consiste en la adaptación de características eléctricas de los casos promisorios, esto con la finalidad de mejorar la recomendación entregada. Un ejemplo es cuando el tipo de espacio consulta sea el de un baño y el caso promisorio o recomendado es una habitación por lo que es conveniente adaptar los tomacorrientes de una habitación a un espacio húmedo, es decir, deben ser tipo GFCI.

Figura 21.

Esquema de adaptación



Nota. Esquema de adaptación empleado para la adaptación.

3.2.4 Presentación de los casos seleccionados

A partir del valor seleccionado por el usuario en el desplegable “número de espacios a mostrar” se ubican en la interfaz como se observa en la figura 22.

Se realizó la recomendación para un baño con el fin de ilustrar la presentación de las recomendaciones en la interfaz.

Figura 22.

Presentación en la interfaz de la selección de interruptores

Panel de recomendaciones								
	Código	Semejanza Val.	Calidad Recomend	Espacio	Área	Luminarias cant.	Interruptores cant.	To
1	54	1.3367	Regular	Baño	3.9000	1	1	1
2	62	1.3367	Regular	Baño	3.9000	1	1	1
3	68	1.4041	Regular	Baño	3.5391	1	1	1
4	22	1.4306	Regular	Baño	3.4597	1	1	1

3.3 Fase de revisión

Las recomendaciones proporcionadas se clasifican a partir del valor obtenido en la semejanza, establecidos a continuación:

Tabla 7.*Clasificación de las recomendaciones*

Semejanza Val.	Clasificación
0-1	Buena
1-4	Regular
4-∞	Alejada

Nota: Las recomendaciones con valor superior a 4 se dejan a criterio del usuario dado que para estas sugerencias predomina el área sobre el espacio brindando una recomendación aceptable para el área.

3.4 Fase de retención

Esta fase consiste en el registro de los nuevos casos en la base de datos, de esta alimentación depende el éxito del recomendador. Estos nuevos casos para agregar deben cumplir con las siguientes condiciones:

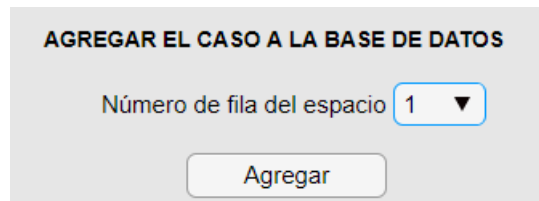
- El diseñador debe tener matrícula profesional de manera tal que esto asegure su capacidad de diseño.
- Los planos deben ser de viviendas multifamiliares.
- Se deben cumplir todos los requerimientos establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, tomando como base la tabla 9.

Se agregó la posibilidad de ingresar un nuevo caso cuando se desee a la base de datos, esto se logró con un botón en la interfaz que le permite al usuario seleccionar la recomendación que desea agregar, este nuevo caso ingresado se identifica con un nuevo código único.

En la figura 23, se aprecia el botón de agregar un nuevo caso a la base de datos.

Figura 23.

Botón para agregar un nuevo caso a la base de datos



AGREGAR EL CASO A LA BASE DE DATOS

Número de fila del espacio 1 ▼

Agregar

La interfaz da la posibilidad de exportar la recomendación a un archivo xlsx (Excel) o como una variable .mat en Matlab.

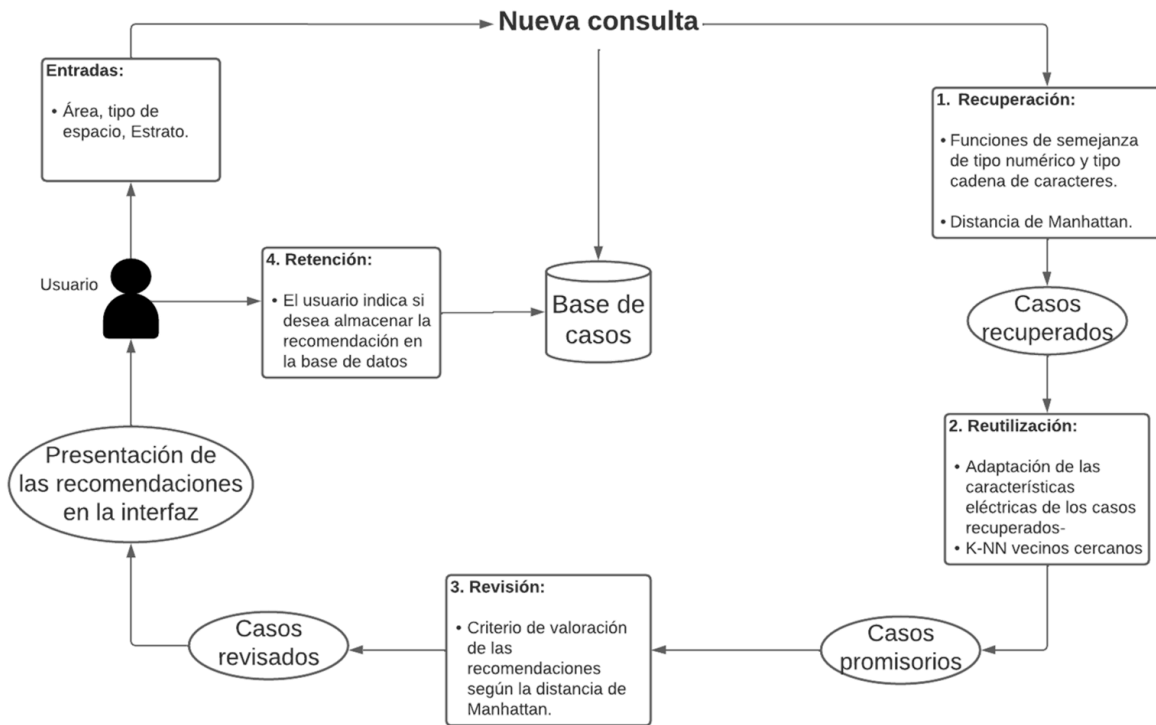
En el contexto histórico, se decide brindar la posibilidad al usuario de decidir si agregar el caso o no, esto depende de cómo considere la recomendación.

3.5 Representación gráfica del algoritmo implementado

A continuación, se presenta un diagrama de bloques del caso consulta para llegar a esta fase de retención del caso.

Figura 24.

Diagrama de bloques del proceso de recomendación

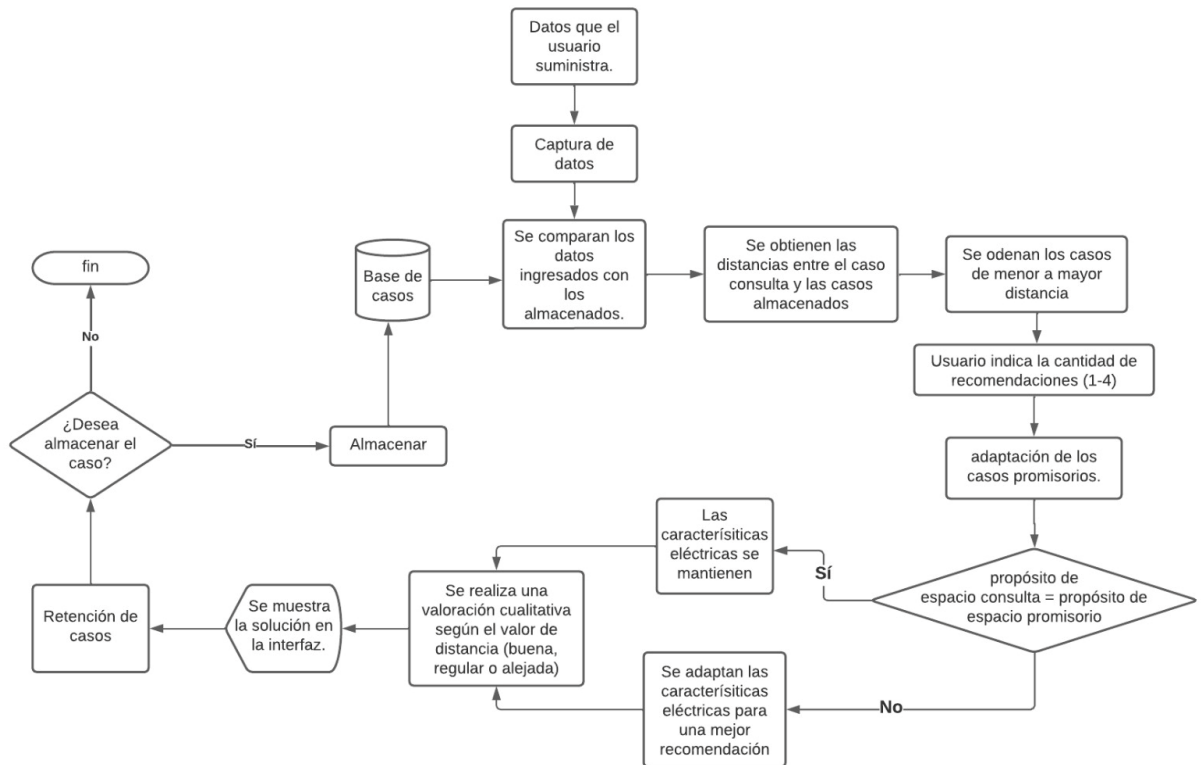


Nota. Diagrama de bloque de la recomendación en la herramienta. Adaptado de “*Collaborative recommender agents based on case-based reasoning and trust*” Montaner, (2004).

Para facilitar la comprensión de la idea general del recomendador, la figura 25, ilustra un diagrama de flujo del funcionamiento e ideas lógicas que conlleva el recomendador.

Figura 25.

Diagrama de flujo del algoritmo de recomendación



Nota. En el diagrama de flujo se describe el procedimiento que se plantea para la herramienta.

Para instalar y revisar cómo se emplea la herramienta se deja un link de un video tutorial en el Apéndice C, donde se explica paso a paso su funcionamiento y características.

4. Validación de las recomendaciones

Para llevar a aplicar la validación cruzada en el recomendador con el método “k-fold”, se divide la base de casos en cinco subconjuntos, conformado por diecinueve casos cada uno, a excepción de uno que es conformado por diecisiete. Posteriormente, se realiza una verificación de los resultados que pueden ser: bueno, regular o alejado; estos resultados son comparados por los autores.

Tabla 8.

Validación de las recomendaciones por el algoritmo.

VALORACIÓN DEL ALGORITMO				
	Recomendación 1	Recomendación 2	Recomendación 3	Recomendación 4
caso20	Buena	Buena	Buena	Buena
caso21	Buena	Buena	Buena	Buena
caso22	Buena	Buena	Buena	Buena
caso23	Buena	Buena	Buena	Buena
caso24	Buena	Buena	Buena	Buena
caso25	Buena	Buena	Regular	Regular
caso26	Buena	Buena	Buena	Buena
caso27	Buena	Buena	Buena	Buena
caso28	Buena	Buena	Buena	Buena
caso29	Buena	Buena	Buena	Buena
caso30	Buena	Buena	Buena	Buena
caso31	Buena	Buena	Buena	Buena
caso32	Buena	Buena	Regular	Alejada
caso33	Buena	Buena	Buena	Buena
caso34	Buena	Buena	Buena	Buena
caso35	Buena	Buena	Buena	Buena
caso36	Buena	Buena	Buena	Buena
caso37	Alejada	Alejada	Alejada	Alejada
caso38	Buena	Buena	Buena	Buena

Nota. Se presentan la validación de las recomendaciones emitidas por el algoritmo para los casos 20 al 38.

La validación por los autores parte de la normativa que se aplica en el diseño de instalaciones eléctricas. Esto se sintetiza en la tabla 9.

Tabla 9.

Normativa base para la validación por los autores

<i>Normativa base para la validación</i>	
Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE	<i>Artículo 10. Requerimientos generales de las instalaciones eléctricas</i>
	<i>10.1.1 Diseño Detallado</i>
	<i>10.1.2 Diseño Simplificado</i>
	<i>Artículo 27. Requisitos generales para las instalaciones de uso final</i>
	<i>27.4.1 Medidas de protección contra contacto directo o protección básica</i>
	<i>Artículo 28. Requisitos específicos según el tipo de instalación</i>
NTC 2050	<i>28.1 Instalaciones básicas</i>
	<i>Artículo 110. Requisitos para instalaciones eléctricas</i>
	<i>Artículo 550. 13 Salidas para tomacorrientes</i>
	<i>(D)(9). Salidas de tomacorrientes exigidas</i>
	<i>Artículo 550. 13 Salidas para tomacorrientes</i>
	<i>(B). Interruptores de circuitos contra fallas a tierra (GFCI)</i>
	<i>Artículo 210.52 Salida de tomacorriente en unidades de vivienda</i>

Nota. Adaptado del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE y la NTC 2050.

Tabla 10.

Validación por los autores de la validación emitida por el algoritmo.

VALIDACIÓN DE LOS AUTORES				
	Recomendación 1	Recomendación 2	Recomendación 3	Recomendación 4
caso20	Buena	Buena	Buena	Buena
caso21	Buena	Buena	Buena	Buena
caso22	Buena	Buena	Buena	Buena
caso23	Buena	Regular	Regular	Buena
caso24	Regular	Buena	Regular	Buena
caso25	Buena	Buena	Buena	Regular
caso26	Buena	Buena	Buena	Buena
caso27	Buena	Buena	Buena	Buena
caso28	Buena	Buena	Buena	Buena
caso29	Buena	Buena	Buena	Buena
caso30	Buena	Buena	Regular	Buena
caso31	Buena	Buena	Regular	Buena
caso32	Buena	Regular	Buena	Buena
caso33	Buena	Buena	Regular	Buena
caso34	Buena	Buena	Buena	Buena
caso35	Buena	Buena	Buena	Buena
caso36	Buena	Buena	Buena	Buena
caso37	Alejada	Alejada	Alejada	Alejada
caso38	Buena	Buena	Regular	Buena

Nota. Se presenta la validación de las recomendaciones emitida por los autores para los casos 20 al 38.

Se realiza una comparación entre los resultados arrojados por el algoritmo y los resultados de la validación en el subconjunto anterior obteniendo así un porcentaje de acierto por parte del algoritmo del 84.21%.

Se realiza esta comparación para los cuatro subconjuntos restantes, obteniendo los porcentajes de coincidencias y señalados en la tabla 11, a continuación.

Tabla 11.*Porcentajes de coincidencias de validación*

	Coincidencia
Caso 1 - 19	42.11%
Caso 20 - 38	84.21%
Caso 39 - 57	72.37%
Caso 58 - 76	76.31%
Caso 77 - 93	45.59%

A partir de los porcentajes de coincidencias encontrados, se determina un promedio del 64.11 % el cual es un valor que infiere que las recomendaciones que está realizando la herramienta son aceptables y concuerda en gran medida con el criterio de los autores.

5. Conclusiones

A partir de la recopilación y análisis de planos de diseños eléctricos en viviendas, se identificaron y cuantificaron ciertos atributos y características que pueden llegar a influir en la cantidad de aparatos eléctricos para el uso final de la energía eléctrica como lo son las luminarias y los tomacorrientes, características como el área del lugar, el propósito del espacio y el estrato socioeconómico son variables que pueden llegar a intervenir para que un espacio sea similar o discordante de otro en el ámbito eléctrico. Además, se identificaron otros parámetros que describen los diferentes espacios de una vivienda como la cantidad de tomacorrientes, luminarias e interruptores.

En el momento de la construcción del modelo de razonamiento basado en casos se encontraron ciertas situaciones problemáticas, una de estas fue la nula cantidad de referentes que hayan abordado el CBR en el diseño de instalaciones eléctricas por lo que se tuvo que acudir y adaptar la metodología de autores de otras áreas del conocimiento para ser implementado en este estudio. En la fase de reutilización se implementa un algoritmo llamado adaptación que entra en acción cuando las recomendaciones suministradas por el sistema difieren con el tipo de espacio consulta. Si bien, funciona de manera correcta para espacios como baños, patio de ropas y habitaciones no lo es así para las cocinas, se identifica que esto se debe a la poca semejanza que hay entre

estas y el resto de los espacios de una vivienda; se hace necesario en posteriores estudios identificar un nuevo parámetro que describa mejor la cocina y de esta manera se logren buenas adaptaciones. La fase de retención puede ser una potencial fuente de nuevos casos para el sistema, pero al depender exclusivamente de la opinión del usuario, se puede llegar a incurrir en el almacenamiento de nuevos casos que no cumplan con las normas técnicas colombianas o causar el almacenamiento de casos redundantes que aumenten el peso del sistema sin beneficio alguno. De esto se concluye que es necesario un criterio adicional en esta fase además de la creación de un mantenimiento periódico a la base de datos.

Al realizar la validación cruzada del sistema de recomendación se obtuvo un porcentaje de acierto del 64,1%, de esto se concluye que la herramienta de recomendación puede ser utilizada como un punto de partida para la elaboración de un diseño eléctrico más elaborado y detallado. Debido a la dificultad que se presentó a la hora de reunir planos certificados solo se reunieron viviendas de estrato tres y seis. Esta limitante puede ser la causa del porcentaje de acierto obtenido, por este motivo, a medida que la base de datos sea nutrida y diversificada se logrará mejorar el porcentaje y, por consiguiente, la herramienta brindará a sus usuarios mejores recomendaciones. Durante el proceso de validación se visualiza como la herramienta otorga recomendaciones acertadas cuando el parámetro área se encuentra entre los límites típicos para una vivienda, este puede ser un síntoma de que la base de datos debe ser nutrida con nuevos casos.

Durante el desarrollo de la herramienta se diseñó una interfaz amigable con el usuario, esto con la finalidad de que sea utilizada e implementada en las aulas de la asignatura de instalaciones eléctricas en la Universidad industrial de Santander, brindando así, una nueva opción de enseñanza a los docentes, y de esta manera, sus estudiantes adquieran un vistazo de lo que realizan los profesionales experimentados en el ámbito del diseño eléctrico.

La herramienta demuestra gran potencial para facilitar el aprendizaje de los estudiantes, una vez terminado el proyecto de grado se deja la libertad de usarlo en las clases pudiendo así retroalimentar la herramienta y mejorarla.

Referencias Bibliográficas

- M. Cano, Fernández, "Diseño de una instalación de baja tensión de un edificio de viviendas", Trabajo de grado, Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2010.
- Casas Rendón, Y. (2016, 01). Diseño eléctrico de una vivienda de interés social energéticamente sostenible en el marco del concurso Solar Decathlon 2015. Ciencia Unisalle. Obtenido 07, 2022, de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing_electrica%2F78&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages.
- Consejo Superior de Universidad Industrial de Santander. (2018). *Lineamientos del proyecto institucional*. Universidad Industrial de Santander.
- Garnica Castillo, J. (2017, 00). Elaboración e implementación de una metodología para el diseño de instalaciones eléctricas conforme al reglamento técnico de instalaciones eléctricas - RETIE en el edificio Santana de la ciudad de Santa Marta. Repositorio CUC. Obtenido 07, 2022, de <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/225>
- Duran, D., Chanchí, G., & Arciniegas, J. (2020). Sistema de recomendación de recursos educativos . *risti*, 1-13.
- Diaz Fatima, F. R. (abril de 2019). *Recomendación personalizada de documentos de Repositorio Digital*. Obtenido de Repositorio intitucional de la UNLP: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/76941>
- Martínez Giraldo, J. (2018, 01). Diseño energético, eléctrico y de comunicaciones para un edificio inteligente residencial: caso de estudio. Ciencia Unisalle. Obtenido 07, 2022, de

https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing_electrica%2F181&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages

Basanta Corral, M. (2018, 06). Diseño y cálculo de la instalación eléctrica de una vivienda en Erandio. Obtenido 07, 2022.

Berzina, D. (2019, 00). ELECTRICAL INSTALLATION OF RESIDENTIAL BUILDINGS - Methodical Guidelines for practical Works. Riga Technical University. Obtenido 07, 2022, de <https://wpweb-prod.rtu.lv/vf/wp-content/uploads/sites/33/2015/11/07-DzEkas-EN.pdf>

Zong Woo Geem, Hyunkyun Shin, (2019, 03). Otimal Design of a Residential Photovoltaic Renewable System in South Korea. Applied sciences MDPI. Obtenido 07, 2022, de <https://www.mdpi.com/journal/applsci>

Castañeda, R. (2021, 05). Diseño de la instalación eléctrica y fotovoltaica de un edificio destinado principalmente a viviendas. Riunet. Obtenido 07, 2022, de <https://riunet.upv.es/>

Garcia, Vásquez-Stanescu, Ramírez-Pisco, (2020, 06). Diseño y análisis preliminar de una instalación de paneles solares fotovoltaicos para el abastecimiento de una vivienda residencial con vehículo eléctrico Design and preliminary analysis of an installation of photovoltaic solar panels to supply a residential home with an electric vehicle. UNEXPO. Obtenido 07, 2022, de

https://www.researchgate.net/publication/349735674_Diseno_y_analisis_preliminar_de_una_instalacion_de_paneles_solares_fotovoltaicos_para_el_abastecimiento_de_una_vivie
[nda_residencial_con_vehiculo_electrico_Design_and_preliminary_analysis_of_an_instal](https://www.researchgate.net/publication/349735674_Diseno_y_analisis_preliminar_de_una_instalacion_de_paneles_solares_fotovoltaicos_para_el_abastecimiento_de_una_vivie)

- Zhi-Ping, Yong-Hai, Yao, (2014, 11). Generating project risk response strategies based on CBR: A case study. ScienceDirect. Obtenido 07, 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417414007209>
- Cordero Morales, D., Gómez Correa, J. C., Benavides Zaila, Y., & Ruíz Constanten, Y. (2012). Sistema basado en casos para apoyar el proceso de clasificación penitenciaria. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 6(4), 44-51.
- Moreno Laverde, Joyanes Aguilar, Giraldo Marín, Duque Mendez, Tabares Morales, (2015, 00). Modelo para personalización de actividades educativas aprovechando la técnica de Razonamiento Basado en Casos (RBC). BUH. Obtenido 07, 2022, de <http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/17354>
- Ortiz Chow, Bañuelos Aguilar, Rodas-Osollo, (2016, 04). Razonamiento Basado en Casos RBC. CulcyT. Cultura Científica y Tecnológica. Obtenido 07, 2022, de <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/1085>
- Ramírez, O. Sarmiento, López-Lezama, (2018, 01). Diagnóstico de fallas en procesos industriales mediante inteligencia artificial. Espacios, vol 39, p 12
- Schweickardt, G. (2018, 12). Modelo hiperheurístico y simulación para la optimización de la inyección de potencia desde micro generación en sistemas eléctricos de distribución de baja tensión. Redaly. Obtenido 07, 2022, de <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964508003/>
- Rodríguez, Berdun, Da Rocha Araujo, (2019, 10). Razonamiento Basado en Casos para asignación óptima de tareas de desarrollo de software. Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, 35, 116-131.

- Sánchez, Comas, García, (2019, 02). Sistema Inteligente de Información Geográfica para las empresas eléctricas cubanas. *Revista chilena de ingeniería*, 27, 197-209.
- Pinto, Faia, Navarro-Caceres, Santos, Corchado Vale, (2019, 03). Multi-Agent-Based CBR Recommender System for Intelligent Energy Managment in Buildings. *IEEE Systems Journal*, 13, 1
- Meneses, Caballero, (2020, 12). Aprendizaje basado en proyectos como estrategia para aprender sobre electricidad: estudio de caso en una escuela rural colombiana. *Project-Based Learning as a strategy to learn about electricity: a case study in a rural Colombian school*, 25, 145-161.
- Gonzáles-Suárez, Delgado-Fernández, Capote-Fernández, (2016, 09). Método para sistemas de recomendaciones sensibles al contexto en entornos turísticos. *Ingeniería Industrial*. Obtenido 07, 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362017000100007
- Vences-Nava, R., Menéndez-Domínguez, V.H., Medina-Peralta, S., (2019). Evaluación de un sistema de recomendación híbrido de trabajos de titulación. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 20 (03), 1-12. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.025>
- Gómez, Guarda, Cedeño, Benavides, Alejandro, Mosquera, Garcia, Benavides, (2018, 12). Sistemas de Recomendación: un enfoque a las técnicas de filtrado. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 18, 286-293.
- Valenzuela-Sabogal, G. M., Sosa-Cortes, J. S., & Torres-Rojas, J. D. (2020). Sistema de recomendación turístico mediante aplicación de minería de datos en la provincia del

Gualivá, Cundinamarca. *Revista Ontare*, 8, 71–87.

<https://doi.org/10.21158/23823399.v8.n0.2020.2644>

Ramirez, J., Olarte, F., & Carrillo, Á. (2014). Estrategias de aprendizaje usadas por estudiantes de ingeniería eléctrica e ingeniería electrónica de primer semestre. *Educación en ingeniería*, 217-227.

Sánchez, Chanchí G, Campo M, (2020, 10). Sistema de recomendación para contenidos musicales basado en el análisis afectivo del contexto social. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 39, 100-113.

Scupelli, P. (20 de 09 de 2019). Teaching to Transition Design: A Case Study on Design Agility, Design Ethos, and Design Futures. *Cuaderno (Cuadernos Del Centro De Estudios De Diseño Y Comunicacion)*, págs. 111 - 132.

Bohorquez zafra, J. david, & Fuentes Báez, O. F. (2021). construcción de un sistema de recomendación para diseños luminotécnicos en entornos residenciales y educativos usando una metodología de razonamiento basada en casos.

Perez-Planells *et al.* (2015) *Análisis de métodos de validación cruzada para la obtención robusta de parámetros biofísicos*, *View of analysis of cross-validation methods for robust retrieval of biophysical parameters*. Available at: <http://ojs.upv.es/index.php/raet/article/view/4153/4616> (Accessed: February 9, 2023).

Cuadrado, R., Rodríguez, G., Hernández, C., Luna, C., Casas, C., & Gutierrez, M. (Septiembre de 2011). Sistema experto basado en casos para el . Obtenido de redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/430/43021583019.pdf>

IBM. (s.f.). Algoritmo de k vecinos más cercanos. Obtenido de IBM: <https://www.ibm.com/cos/topics/knn>

Núñez, V. (2012). Sistemas de recomendación de contenidos para libros inteligentes. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=25157>

López, B. (2013). *Case-Based Reasoning*. Morgan & Claypool.

Ochoa, L. (2019), Evaluación de Algoritmos de Clasificación utilizando Validación Cruzada.

Obtenido de: http://www.laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full_papers/FP471.pdf

Lorenzi, F. and Ricci, F. (2003) (*PDF*) *case-based recommender systems: A unifying view*.

Available at: https://www.researchgate.net/publication/200051089_Case-Based_Recommender_Systems_A_Unifying_View (Accessed: February 10, 2023).

Montaner, M. (2003) *Collaborative Recommender agents based on case-based reasoning and*

Trust. Available at: https://www.researchgate.net/publication/2884328_Collaborative_Recommender_Agents_Based_on_Case-Based_Reasoning_and_Trust (Accessed: February 10, 2023).

Peula, J. *et al.* (2008) *Pure reactive behavior learning using case based reasoning for a vision*

based 4-legged robot, Robotics and Autonomous Systems. North-Holland. Available at:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921889008002066> (Accessed: February 10, 2023).

Tchomé, N. *et al.* (2018) *A case based reasoning coupling multi-criteria decision making with ...* Available at: https://www.researchgate.net/publication/338062548_A_Case_Based_Reasoning_Coupling_Multi-Criteria_Decision_Making_with_Learning_and_Optimization_Intelligences_Application_to_Energy_Consumption (Accessed: February 10, 2023).

Apéndices

Apéndice A. Explicación de los archivos de la herramienta.

Todos los archivos de la herramienta están almacenados en el siguiente enlace <https://bit.ly/3SaNai8>

Estos archivos se clasifican según la fase de CBR en la que se implementaron o por su función en la herramienta y se encuentran almacenados en la carpeta llamada Proyecto_de_grado.

Base de datos

cargarDeCasos.m: Este archivo carga la hoja de Excel llamada cargaDatos.xlsx la cual fue utilizada para agregar de una manera sencilla los nuevos casos que se pudieran obtener creando la variable baseDeDatos.mat.

baseDeDatos.mat: Es la variable que representa la base de datos en la herramienta, es una de tipo structure propia de Matlab.

Recuperación

comparador.m: Realiza una comparación entre el caso de consulta y cada uno de los casos almacenados en la variable baseDeDatos.mat., posteriormente le asigna un valor de código – semejanza por cada espacio.

distEspacio.m: otorga el valor de semejanza a cada caso de la base de datos según la distancia Manhattan.

Ordenador.m: Este recibe el arreglo de comparador.m y lo ordena según el valor de semejanza de menor a mayor.

Reutilización

buscadorVec.m: Esta función entrega los parámetros eléctricos por código de espacio y valor de semejanza que los obtiene de la función comparador.m.

Adaptacion.m: Esta función se encarga de la adaptación de los casos promisorios.

Se usa la interfaz para que el usuario tenga la libertad de elegir el número de espacios con el valor de semejanza más alto.

Revisión

buscadorVec.m: Desde las líneas 19 a 25 se revisa y se define una calificación que depende del valor de semejanza para cada espacio para que el usuario pueda observarla en la interfaz y tome una decisión.

Retención

Almacenar.m: Este archivo se encarga de almacenar un nuevo espacio en la variable baseDeDatos.mat asignándole un nuevo código. Esta fase la acciona el usuario cuando crea pertinente agregar un espacio que fue exitosamente recomendado.

Interfaz

detalleTomas.m, detallesLum.m, detallesInte.m: estos archivos están enteramente relacionados con la muestra de datos por medio de la interfaz.

OTROS ARCHIVOS

uis logo.png: Logo de la universidad de la interfaz.

e3t logo.png: Logo de la escuela de Ingeniería Eléctrica y electrónica de la Universidad industrial de Santander que aparece en la interfaz.

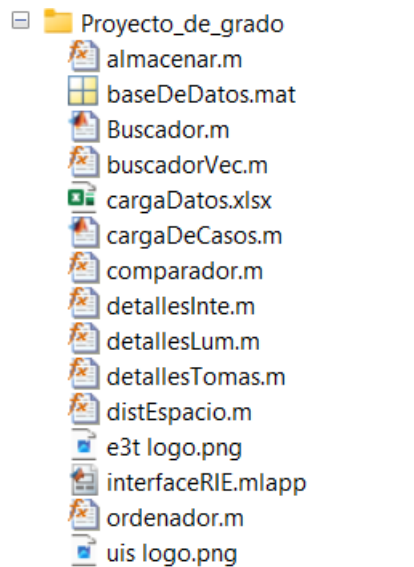
interfaceRIE.mlapp: por medio de este archivo se accede a la interfaz de la herramienta.

Apéndice B. ¿Cómo iniciar la herramienta?

- 1) Descargar la carpeta llamada Proyecto_de_grado en <https://bit.ly/3SaNai8> del apéndice A y agregarlo a la carpeta de Matlab.

Figura B 1

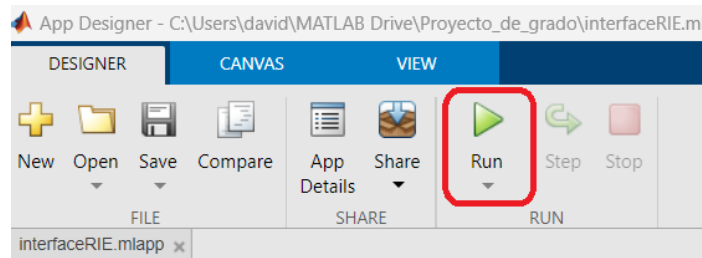
Carpeta proyecto de grado



- 2) Ya en la carpeta seleccionar el archivo interfaceRIE.mlapp para abrir el apartado de app designer de Matlab.
- 3) En el appdesigner de Matlab se debe seleccionar la opción Run como indica en la figura B2.

Figura B 2.

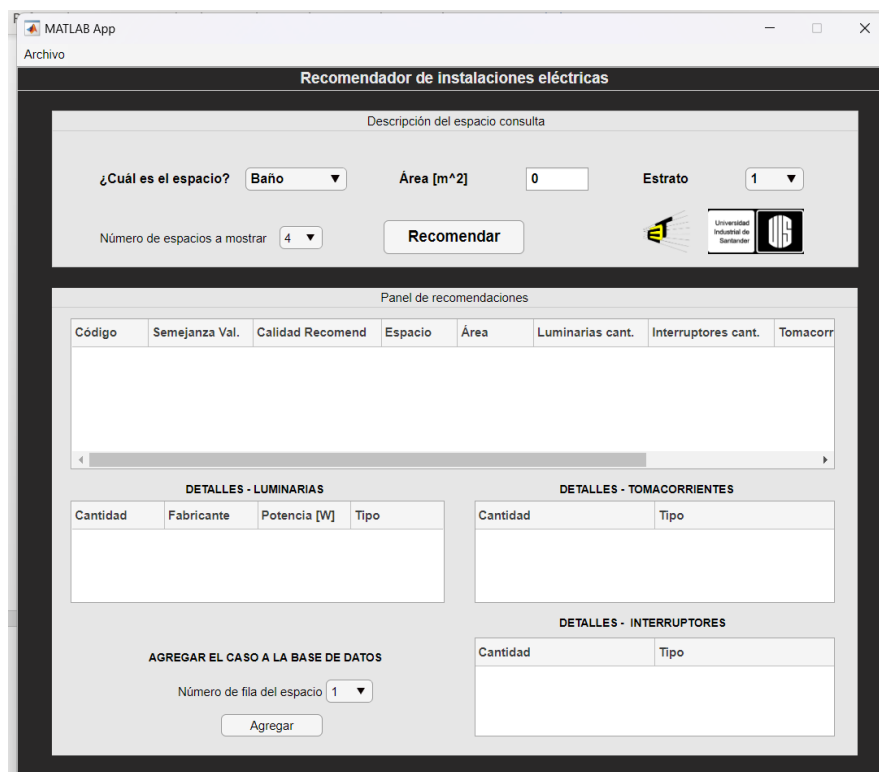
Botón de inicio de la interfaz



- 4) Después de presionado el botón Run se abrirá la herramienta y se desplegará la siguiente interfaz con título de Recomendador de instalaciones eléctricas. Si todo está correcto, se debería observar como en la figura B3.

Figura B 3.

Visualización de la interfaz



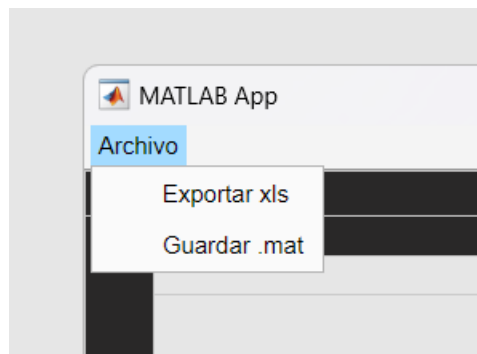
Apéndice C. Funciones la interfaz.

Uso de las funciones de la interfaz.

- El botón principal de la interfaz es el botón “Recomendar” por el cual la herramienta realiza la acción de mostrar el número de espacios que el usuario le gustaría ver en pantalla que va de 1 a 4.
- En la parte superior se encuentra la pestaña de archivo en la cual se puede exportar la información que esté mostrada en ese justo momento en la tabla. Se puede exportar tanto a una variable al workspace llamada datosTabla.mat o a un archivo de Excel llamado table_data.xls. A continuación, se muestra el menú en la figura C1.

Figura C 1.

Visualización de la exportación de datos en la interfaz



- El botón agregar tiene la función de agregar un espacio a la basDeDatos.mat este se deja a criterio del usuario. Se debe advertir que si se ingresan espacios con tablas

vacías la herramienta dará un cuadro de dialogo de error, por lo que solo se podrá agregar cuando las cuatro tablas tengan información.

Para facilitar la comprensión, se realiza un video a modo de tutorial explicando el paso a paso de cómo utilizar la herramienta. El vídeo se encuentra en el siguiente enlace

<https://youtu.be/GogHt90kXAE>