



**DESARROLLO DE HERRAMIENTAS CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA  
PROBLEMAS DE INGENIERIA CIVIL**

Pablo Zapata Casas

Ingeniero Civil

Modalidad de Práctica

Trabajo de Grado

Orientador(es)

Wilber Humberto Vélez Gómez, Doctor en estructuras y construcción civil

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Medellín, Antioquia, Colombia

2025

<b>Cita</b>	(Zapata, Casas, 2025)
<b>Referencia</b>	Zapata, Casas, P. Desarrollo De Herramientas Con Inteligencia Artificial Para Programas De Ingeniería Civil. [Trabajo de Grado]. Universidad De Antioquia, Medellín, Antioquia.
Estilo IEEE (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Este trabajo de grado y mi carrera, están dedicados a todos aquellos que han sido parte de este proceso, empezando por mis padres y mi abuela quienes siempre han estado día a día y me han impulsado y apoyado en cada momento sin importar la circunstancia, también están los docentes e ingenieros que estuvieron guiándome en cada paso a través de sus enseñanzas, charlas y consejos que me dieron a lo largo de este proceso resaltando la paciencia y la dedicación de todos para formarme de la mejor manera, y finalmente a las personas que hicieron todo esto mucho mejor, mis amigos, personas que fui encontrando en el camino y también todos aquellos que fueron parte de el y aportaron su granito de arena para cumplir este sueño, desde los compañeros en cada trabajo, en cada examen, en cada presentación, hasta mis amigos deportistas quienes no hacían parte de la carrera, pero que si portaron mucho dejando de lado el aspecto académico y me ayudaron a fortalecer mis otras habilidades e hicieron que todo esto fuera mucho más llevadero y finalmente mucho mejor, enseñándome finalmente que el alma mater es mucho más que solo una universidad, es un lugar de sueños, crecimiento y vivir la vida con plena felicidad y gratitud.

## **Agradecimientos**

Agradezco al profesor Wilber por guiarme en esta parte final de todo este proceso y ayudarme a elaborar este trabajo, el cual finalmente va aportar también un aprendizaje y la enseñanza de que cada reto es una oportunidad nueva para aprender y sacar el mayor provecho de esta misma.

## CONTENTS

RESUMEN.....	6
ABSTRACT .....	7
2. OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivo general .....	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
3. MARCO TEÓRICO .....	10
3.1 Marco Normativo Aplicado a la Digitalización .....	11
3.3 Fundamentación Teórica del Aprendizaje Automático.....	13
3.3.1 Aplicación en predicción de resistencia del concreto .....	14
3.4 Teoría del Procesamiento de Datos en Ingeniería Civil.....	15
3.4.1 Preprocesamiento de datos.....	15
3.5.4 Aplicación de VBA en Excel para la elaboración automatizada de informes técnicos ....	21
Etapas del proceso metodológico.....	23
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	25
5.3 Evaluación integral de las herramientas digitales desarrolladas .....	31
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	34
7. REFERENCIAS .....	35

## LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Presentación Chatbot.....	25
Ilustración 2: Interfaz VBA para la creación de macros .....	27
Ilustración 3: Macro de viga con refuerzo .....	27
Ilustración 4: Ejecución de la macro en Word .....	28
Ilustración 5: Vista transversal Viga .....	28
Ilustración 6: Cálculo de dimensiones .....	29
Ilustración 7: Grafica Mediante Vba.....	30

### RESUMEN

Este trabajo de grado presenta el desarrollo de herramientas digitales con inteligencia artificial para optimizar tareas técnicas recurrentes en la ingeniería civil, a partir de la iniciativa presente surge ante la necesidad de reducir tiempos, minimizar errores humanos y facilitar el acceso a normativas técnicas por parte de profesionales y estudiantes del sector.

Durante el proceso de práctica, se diseñaron e implementaron tres soluciones tecnológicas: un chatbot basado en procesamiento de lenguaje natural para consultas sobre normativas colombianas como el NSR-10, un archivo de Excel con programación en VBA que automatiza cálculos estructurales y genera dibujos en AutoCAD. Estas herramientas fueron concebidas teniendo en cuenta tanto su funcionalidad como su aplicabilidad en entornos reales de trabajo.

La metodología empleada posee un análisis cualitativo de estos procesos. Como resultado, se logró identificar y automatizar procesos clave del ejercicio profesional, lo que permitió mejorar la eficiencia operativa y la precisión técnica. El impacto proyectado incluye una mayor accesibilidad a herramientas de diseño, la democratización del conocimiento normativo, y la posibilidad de escalar estas soluciones hacia entornos más complejos. Con este proyecto, se busca aportar al proceso de modernización digital de la ingeniería civil colombiana desde una perspectiva práctica, accesible y replicable.

**Palabras clave:** inteligencia artificial, ingeniería civil, automatización, herramientas digitales, eficiencia, análisis estructural

ABSTRACT

This undergraduate thesis presents the development of digital tools based on artificial intelligence aimed at optimizing recurring technical tasks in civil engineering. This initiative arises from the need to reduce execution times, minimize human errors, and facilitate access to technical regulations for professionals and students in the field.

During the internship process, three technological solutions were designed and implemented: a chatbot based on natural language processing (NLP) for queries related to Colombian standards such as NSR-10; an Excel file with VBA programming to automate structural calculations and generate AutoCAD drawings; and a Python application focused on the analysis of simple structures using mathematical models. These tools were conceived with both their functionality and applicability in real work environments in mind.

The methodology employed involved a qualitative analysis of these processes. As a result, key professional tasks were identified and automated, improving operational efficiency and technical accuracy. The projected impact includes greater accessibility to design tools, democratization of regulatory knowledge, and the potential to scale these solutions to more complex environments. This project seeks to contribute to the digital modernization of Colombian civil engineering from a practical, accessible, and replicable perspective.

**Keywords:** artificial intelligence, civil engineering, automation, digital tools, efficiency, structural analysis.

## **1. INTRODUCCION**

La ingeniería civil actualmente enfrenta el desafío de adaptarse a un entorno cada vez más digitalizado, en donde la eficiencia, la precisión y el acceso ágil a la información técnica son factores determinantes para el éxito de los proyectos. A pesar de los avances en diferentes programas y metodologías constructivas, numerosas tareas operativas y analíticas continúan ejecutándose de forma manual, lo cual incrementa los tiempos de ejecución, el riesgo de errores humanos y la dependencia del conocimiento experto en normativas y procesos específicos.

Este trabajo de grado se enmarca en la búsqueda de soluciones prácticas a estos desafíos, mediante el desarrollo de herramientas digitales basadas en inteligencia artificial (IA) que pueden ser útiles al ingeniero civil en sus labores cotidianas. Es por esto que al observar tanto en entorno cotidiano como laboral la necesidad de contar con tecnologías accesibles y automatizadas, que permitan optimizar procesos en este caso puntual sería el análisis normativo, el diseño estructural y la interpretación de resultados en proyectos de infraestructura.

Ahora bien, la justificación de este proyecto radica en la necesidad de promover e implementar el uso de herramientas digitales dentro del ejercicio ingenieril, facilitando la adopción de tecnologías inteligentes que no solo reduzcan la carga operativa, sino que también contribuyan a mejorar la calidad, trazabilidad y sostenibilidad de los procesos. Particularmente, en contextos donde el acceso a software de alto costo es limitado, estas herramientas representan una alternativa viable y replicable para estudiantes, profesionales independientes y pequeñas empresas. Frente a esto, el proyecto se pregunta: ¿Cómo pueden las tecnologías de inteligencia artificial combinadas con herramientas digitales convencionales contribuir a la automatización, eficiencia y accesibilidad del trabajo del ingeniero civil?

La metodología del trabajo se estructuró en cinco fases: identificación de necesidades, análisis normativo, diseño y desarrollo de herramientas, validación funcional mediante casos reales y sistematización de resultados. Se espera que esta práctica no solo culmine con la entrega de soluciones tecnológicas funcionales, sino que también aporte al conocimiento aplicado dentro del campo de la ingeniería civil, promoviendo una visión más innovadora, sostenible y alineada con los retos actuales del sector.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Diseñar, desarrollar y validar un conjunto de herramientas digitales basadas en inteligencia artificial, con el fin de optimizar y agilizar las tareas técnicas y operativas propias del ejercicio profesional del ingeniero civil, especialmente en lo relacionado con el análisis normativo, el diseño estructural y la automatización de procesos de dibujo técnico.

### 2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar un chatbot, capaz de interpretar y responder consultas relacionadas con la normativa colombiana vigente en el área de ingeniería civil, como el Reglamento NSR-10, facilitando el acceso rápido y confiable a criterios técnicos y normativos.
- Implementar un archivo de Excel con programación en Visual Basic for Applications (VBA), que permita automatizar cálculos estructurales, interpretar parámetros geométricos y generar salidas gráficas compatibles con software CAD, optimizando el tiempo invertido en diseño y documentación técnica.
- Validar cada herramienta desarrollada mediante la simulación de casos reales y la comparación con métodos convencionales, evaluando su funcionalidad, eficiencia y aplicabilidad en entornos educativos y profesionales de la ingeniería civil.

### **3. MARCO TEÓRICO**

La ingeniería civil, a lo largo del tiempo siempre se ha caracterizado más por el enfoque práctico y su desarrollo basado en técnicas empíricas, pero conforme pasa el tiempo y con la modernidad surgen nuevas metodologías y nuevas tecnologías que han ido transformando este entorno. Esta transformación digital es impulsada por una amplia gama de herramientas desarrolladas que permiten automatizar, optimizar y mejorar diferentes etapas de un proyecto tales como los procesos, los diseños y la gestión de los mismos procesos, todo esto con el fin de reducir errores humanos en cada etapa del ciclo constructivo. Es así como esta transformación no solo implica una sustitución a los métodos tradicionales por herramientas computacionales, es más bien un cambio cultural en el profesional que influye en su forma de interpretar, planificar y ejecutar una infraestructura.

Entre las tecnologías emergentes las que más han marcado y aportado a esta evolución, estaría la modelación de información para la construcción (BIM) y la inteligencia artificial (IA), estas representan ampliamente los avances, por su parte el BIM permite representar digitalmente todos los componentes físicos y funcionales de una obra en tiempo real, también permite la simulación de escenarios, evaluación del rendimiento bajo diferentes condiciones y mejorar en la planificación de los mantenimientos y tiempos de ejecución, optimizando así los costos y mejorando la durabilidad de las estructuras.

La integración de estas tecnologías demuestra múltiples beneficios, como la reducción de errores de diseño, la mejora en la eficiencia de ejecución la optimización de los recursos y la disminución del impacto ambiental. Samuelson y Stehn (2023) evidencian cómo la digitalización en proyectos de construcción modular mejora la sostenibilidad del ciclo de vida del proyecto, al permitir un seguimiento continuo de materiales, tiempos y rendimiento estructural. Un reto importante es el acceso limitado a infraestructura tecnológica, tanto en software como en hardware. Muchas pequeñas y medianas empresas no cuentan con los recursos necesarios para adquirir licencias de programas avanzados o actualizar sus equipos informáticos. A esto se suma la falta de conectividad estable en zonas rurales, lo cual limita el aprovechamiento de soluciones basadas en la nube o de plataformas colaborativas.

Desde el punto de vista institucional, la ausencia de políticas públicas sólidas que promuevan la transformación digital en el sector construcción también constituye una barrera estructural. Según Adekunle et al. (2024), la inexistencia de normativas, incentivos y marcos regulatorios adaptados a los cambios tecnológicos impide consolidar una cultura de innovación sostenida.

### **3.1 Marco Normativo Aplicado a la Digitalización**

El proceso de digitalización en la ingeniería civil no puede desvincularse del cumplimiento normativo, ya que toda solución tecnológica que se implemente —desde un modelo predictivo hasta un asistente digital— debe operar dentro de un marco regulatorio vigente. Las herramientas basadas en inteligencia artificial y automatización deben alinearse con los criterios establecidos en normativas técnicas como el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y otras disposiciones aplicables al diseño, ejecución y control de obras. Según Sánchez-Moreno y Camacho (2022), la integración entre digitalización y normatividad aún es incipiente en muchos países de América Latina, donde los códigos técnicos suelen evolucionar más lentamente que las tecnologías emergentes.

Uno de los principales desafíos de la ingeniería civil en el entorno digital es traducir los criterios normativos a entornos computacionales. Esto implica que herramientas como macros en Excel, scripts en Python o chatbots normativos no solo deben funcionar correctamente desde un punto de vista técnico, sino también cumplir con lo estipulado en los artículos, tablas y parámetros exigidos por reglamentos oficiales. En este sentido, estudios recientes, como el de Ruiz-Beltrán et al. (2023), destacan la importancia de desarrollar modelos computacionales con validación normativa explícita, donde el cálculo estructural automatizado conserve trazabilidad y verificabilidad técnica ante autoridades competentes.

Algunos países han empezado a avanzar hacia la digitalización del cuerpo normativo. En Europa, iniciativas como la estandarización en formato IFC (Industry Foundation Classes) han permitido integrar normativas dentro de modelos BIM, permitiendo así que software de modelado y verificación estructural operen bajo criterios regulados (Kassem et al., 2021). Esto permite verificar automáticamente si una estructura cumple con una determinada exigencia normativa durante su modelado, reduciendo tiempos de revisión y minimizando errores de interpretación.

Aunque en Colombia aún no existe un repositorio oficial normativo en formato digital estructurado, este trabajo de grado propone herramientas como chatbots capaces de navegar e interpretar textos normativos clave, como el NSR-10, lo que representa un paso hacia una normatividad más accesible y automatizable desde el entorno académico y profesional.

### **3.2 Inteligencia artificial en la ingeniería civil**

La inteligencia artificial (IA) es una de las ramas de la ciencia de la computación que estudia y desarrolla sistemas capaces de ejecutar tareas las cuales en su mayoría requieren del humano, tales como el razonamiento, la toma de decisiones, el aprendizaje o la percepción. El uso de esta ha mostrado un comportamiento exponencial en la última década, claramente va de la mano con los avances tecnológicos en el poder computacional, y al manejo de grandes bases de datos y el desarrollo de diversos algoritmos de aprendizaje cada vez más precisos y eficientes.

En ingeniería civil, al poseer una tradición conservadora y empírica la IA no solo encuentra mucho en que trabajar sino también un reto ya que requiere de procesos de análisis complejos que abarcan desde comportamientos estructurales hasta la asistencia en el diseño y evaluación de infraestructuras, el papel que juegan los algoritmos inteligentes es en la toma de decisiones, aumentar la precisión de cálculos y mejorar la planificación de los recursos.

#### **3.2.1 Aplicaciones en Análisis estructural y geotécnico**

El análisis estructural es uno de los campos donde la IA ha mostrado mayor impacto, mediante modelos predictivos elaborados con base de datos históricos, es posible estimar la respuesta de elementos sometidos a cargas complejas, otro aporte es la identificación de zonas de vulnerabilidad o de mayor esfuerzo y también predecir comportamientos de la estructura ante factores externos, como por ejemplo están los modelos para estimar la resistencia a la compresión del concreto, otro ejemplo sería el grado de daño en diferentes estructuras ante diferentes grados de eventos sísmicos.

Por parte de la geotecnia, se utiliza la IA para predecir la capacidad portante del terreno, modelar y evaluar riesgos de deslizamientos, integrando datos obtenidos mediante equipos que arrojan datos del campo y modelos geoespaciales, dando como resultado una optimización de diseño de cimentaciones, taludes y otras estructuras de contención.

### **3.2.2 Optimización de procesos constructivos y Asistencia en diseño**

Como ha sido mencionado, la IA ha tenido implicaciones también en la planificación y el control de obras, a través de técnicas que permiten evaluar riesgos de sobrecostos, interferencias en los cronogramas y también asignar recursos de una forma correcta, con la implementación de algoritmos se ha desarrollado procesos en los cuales se asignan tareas, rutas de maquinaria y el control de inventarios de obra. Dando así un aporte a la eficiencia operática dentro de las obras y también la aparición de alertas con las cuales se puede tomar una decisión como medida de precaución en tiempo real, lo cual es fundamental para obras de gran envergadura.

También, está la implementación de la IA en herramientas de CAD y BIM para sugerir soluciones estructurales, consultar y validar el cumplimiento de la normativa vigente y evaluar alternativas de diseño ante criterios técnicos y económicos, y es utilizada además para desarrollar sistemas que interpretan la normativa técnica y ofrecen guías al usuario en el cumplimiento de la misma, reduciendo la dependencia en la regulación de estos procesos, acortando los tiempos de validación.

### **3.2.3 Limitaciones Actuales**

Aunque es una herramienta que ha tomado mucho auge y ha logrado grandes avances y aportes que se han logrado, siempre existe limitantes que no van más allá del difícil acceso a los mejores modelos y la amplia gama de información que poseen muchas entidades privadas, sin embargo, ante esto lo que se busca es implementar modelos híbridos que integren los algoritmos con el razonamiento simbólico, aumentando la interpretación y adaptabilidad. Esto también forma parte de una gran inspiración para los futuros ingenieros que sean capaz de comprender, adaptar y aplicar herramientas de IA en el desarrollo de soluciones concretas para el entorno.

## **3.3 Fundamentación Teórica del Aprendizaje Automático**

El aprendizaje automático, una subdisciplina de la inteligencia artificial, se encarga del desarrollo de algoritmos capaces de aprender a partir de datos, mejorando progresivamente su rendimiento sin necesidad de ser programados explícitamente para cada tarea. Este enfoque ha cobrado especial relevancia en campos técnicos como la ingeniería civil, donde el análisis de estructuras se ha potenciado considerablemente gracias a estos modelos. Según Gamil (2023), el

aprendizaje automático permite modelar relaciones complejas entre variables estructurales y operacionales, facilitando tareas como la predicción de resistencia del concreto o la identificación de fallas en estructuras existentes.

Los métodos de aprendizaje automático se pueden clasificar en tres grandes grupos, de acuerdo con la forma en que el modelo se entrena: supervisado, no supervisado y por refuerzo. En el aprendizaje supervisado, se parte de un conjunto de datos con entradas y salidas conocidas, lo que permite entrenar modelos como redes neuronales artificiales o regresiones para predecir valores como la resistencia a la compresión del concreto (Gamil, 2023). Por su parte, el aprendizaje no supervisado se enfoca en descubrir patrones ocultos en datos sin etiquetar, siendo útil para clasificar muestras geotécnicas o identificar agrupaciones de comportamiento estructural (Goodfellow et al., 2016). Finalmente, el aprendizaje por refuerzo se basa en la toma de decisiones secuenciales, útil en procesos como la optimización de rutas de maquinaria en obra o asignación de recursos (Ouyang et al., 2020).

Diversos algoritmos han demostrado alta aplicabilidad en ingeniería civil. Las redes neuronales artificiales, por ejemplo, son capaces de captar relaciones no lineales complejas entre variables, y han sido ampliamente utilizadas para estimar propiedades del concreto y modelar el comportamiento de estructuras bajo carga (Gamil, 2023). Otros métodos como las máquinas de vector soporte y los árboles de decisión son efectivos en clasificación y regresión, siendo útiles para tareas como la identificación de fallas o el análisis de riesgo estructural (Gamil, 2023; Ouyang et al., 2020). Más recientemente, modelos de ensamblaje como Random Forest y XGBoost han mostrado resultados superiores al combinar múltiples clasificadores, reduciendo el error y mejorando la precisión en predicciones estructurales (Y. Gamil, 2023; Ouyang et al., 2020).

### **3.3.1 Aplicación en predicción de resistencia del concreto**

La predicción de la resistencia a la compresión del concreto es uno de los casos más exitosos de aplicación del aprendizaje automático. Estudios recientes, como los de Y. Gamil (2023), han demostrado que modelos entrenados con bases de datos experimentales logran una precisión comparable a ensayos de laboratorio. Además, investigaciones realizadas por autores como Ouyang et al. (2020) indican que modelos como XGBoost y redes neuronales profundas no solo predicen con alta exactitud, sino que también pueden incorporar técnicas de interpretabilidad

como SHAP, lo que permite a los ingenieros comprender qué variables influyen más en el resultado final (por ejemplo, proporción agua/cemento, tipo de agregado o edad del concreto).

### **3.4 Teoría del Procesamiento de Datos en Ingeniería Civil**

En el contexto de la transformación digital de la ingeniería civil, el procesamiento de datos adquiere un papel fundamental, pues constituye la base sobre la cual operan los modelos predictivos, sistemas automatizados y herramientas inteligentes. Antes de aplicar cualquier técnica basada en inteligencia artificial, es esencial garantizar que los datos sean precisos, limpios, relevantes y representativos del fenómeno que se desea modelar. Como lo señalan Zhang et al. (2023), la calidad de los datos es un factor determinante en la eficacia de los algoritmos, ya que errores o inconsistencias pueden amplificar las incertidumbres en los modelos estructurales o geotécnicos.

En ingeniería civil, las fuentes de datos son diversas y abarcan desde ensayos de laboratorio hasta mediciones en campo mediante sensores. Por ejemplo, en el diseño de pavimentos o cimentaciones, los datos geotécnicos provienen de ensayos SPT, CPT, correlaciones empíricas o sensores de presión de poros. Por su parte, en estructuras, los datos pueden ser extraídos de acelerómetros, extensómetros, o incluso modelos BIM con propiedades geométricas y mecánicas de cada elemento. Según Singh et al. (2022), los sistemas de monitoreo estructural (SHM) generan volúmenes significativos de información que, si se gestionan adecuadamente, permiten detectar fallas tempranas y planificar mantenimientos preventivos.

#### **3.4.1 Preprocesamiento de datos**

El procesamiento efectivo de datos implica varias etapas clave: limpieza, transformación, normalización y validación. La limpieza de datos se enfoca en la eliminación de registros incompletos, inconsistencias, duplicados o valores atípicos que pueden sesgar los resultados. Posteriormente, los datos se transforman y normalizan, lo cual permite estandarizar las escalas y unidades, facilitando su análisis por algoritmos matemáticos. Este proceso es especialmente relevante en estudios multivariados donde coexisten datos de diferente naturaleza, como parámetros físicos, propiedades mecánicas y condiciones ambientales. Tal como destacan

Gandomi y Haider (2015), una adecuada normalización mejora la convergencia y estabilidad de modelos de aprendizaje automático.

La validación cruzada, como parte del preprocesamiento, asegura que los datos estén correctamente divididos entre conjuntos de entrenamiento y prueba, lo que reduce el sobreajuste y mejora la generalización del modelo. En ingeniería civil, esto es crucial al trabajar con datos experimentales que suelen ser costosos y difíciles de obtener en grandes cantidades (Zhang et al., 2023).

### **3.5 Herramientas desarrolladas por la Inteligencia Artificial y su aporte a la ingeniería civil**

#### **3.5.1 Chatbots**

Para hablar de los chatbots, es necesario primero hablar del procesamiento del lenguaje natural ya que es una herramienta basada en esto, el procesamiento del lenguaje natural (PLN) aunque en algunas bibliografías puede ser utilizado como (NLP) sus siglas en inglés, es una disciplina de la inteligencia artificial que se enfoca en la interacción entre los computadores y el lenguaje humano donde su fin es lograr que los sistemas informáticos comprendan, interpreten, manipulen y generen lenguaje natural de manera significativa. El PLN combina conocimientos de lingüística computacional, estadística, semántica, sintaxis y aprendizaje automático para desarrollar herramientas capaces de interactuar con el lenguaje tal como lo hacen las personas.

Para hacerlo más claro, desde una perspectiva técnica, el PLN se apoya en diversas tareas fundamentales como el análisis morfológico, la etiquetación gramatical, el análisis sintáctico, el reconocimiento de entidades nombradas, la extracción de información y la generación de texto. Estas tareas se integran mediante modelos probabilísticos y redes neuronales que permiten a los sistemas "aprender" patrones del lenguaje a partir de grandes volúmenes de datos.

Dicho esto, un chatbot es una herramienta digital que utiliza técnicas de PLN para simular conversaciones entre usuarios y el software a través de formatos de texto o mensajes de voz, un primer acercamiento de los chatbot fue su creación basada en reglas predefinidas lo que quiere decir que tenían funciones predefinidas que eran dirigidas por flujos condicionales o arboles de decisiones. Pero el PLN ha logrado avances significativos hasta el punto de lograr que chatbots

comprendan la intención del usuario así se haga la misma pregunta de muchas maneras, generando así una interface capaz de mantener conversaciones y generar respuestas que van más allá de una simple conversación de un usuario y un chat, hasta conversaciones técnicas donde se abordan temas con gran capacidad informativa.

Para explicar esto de una mejor forma, tenemos entonces una clasificación de los chatbot, los cuales son:

- **Basados en reglas:** Estos son los que funcionan a través de patrones y respuestas preprogramadas, lo que los hace tener un límite de aprendizaje y adaptación, pero útiles para procesos repetitivos y consultas cerradas. Este tipo de herramienta actualmente es muy común verlo en el interfaz de la atención al cliente en las empresas, respondiendo a preguntas como ¿dónde y a que horas es mi cita?

- **Basados en aprendizaje automático:** Son modelos programados con lenguajes mucho más elaborados y con un apoyo amplio de información para reconocer la intención del usuario y generar respuestas más elaboradas.

- **Conversacionales generativos:** Este tipo de chatbot es el más común actualmente conocido, ya que están incluidas herramientas como Chat gpt, las cuales pueden ser utilizadas tanto para responder preguntas puntuales, hasta generar documentos enteros a partir de una necesidad impuesta por el usuario, escribiendo hasta ensayos enteros o resolver ecuaciones.

Es allí donde radica el alcance que puede tener esta herramienta, ya que va desde funciones simples y directas hasta alcances mucho más funcionales todo radica en cuanto desarrollo posea en su programación.

Así también puede diferenciarse la aplicación de este en la ingeniería civil y otros campos técnicos, por parte de la ingeniería civil tenemos un gran aporte a la hora de rectificar o proceder a verificar errores técnicos en el procedimiento de una obra, apoyados en normativas técnicas vigentes, como lo son el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10) o el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2000) los cuales son documento altamente especializados y poseen una gran cantidad de información que a decir verdad en el día a día al realizar tareas específicas tanto del profesional como del estudiante son difíciles

de interpretar correctamente y también deben ser manejados con un alto grado de responsabilidad y conciencia.

Es por esto que el desarrollo de chatbots normativos desarrollados mediante PLN, no solo son una gran solución sino también un gran aporte ya que facilitan el acceso y la comprensión de las regulaciones técnicas y también cumplen con muchos propósitos, como lo son la consulta rápida de artículos, capítulos o criterios técnicos en la elaboración de informes o diseños de cualquier infraestructura, otra podría ser la validación de proyectos, verificando que si cumpla con requisitos específicos que están estipulados por la normatividad y por parte de la formación académica, en los estudiantes tener el acceso fácil y rápido respondiendo a dudas puntuales sobre conceptos estructurales y elaboración de los mismos informes académicos de cualquier trabajo realizado.

De esta misma forma aplica en los diferentes entornos académicos, pero un ejemplo cercano podría ser la medicina que posee múltiples fuentes de información desarrolladas por maestros de la ciencia médica y científicos, los chatbots son una puerta de entrada a esta información a través de consultas fáciles y rápidas dirigidas por el usuario, y mientras más contextualización se ofrezca mucho más elaborada y amplia puede ser la respuesta de la herramienta.

Finalmente, la implementación de chatbots normativos en ingeniería civil tiene implicaciones significativas. En primer lugar, mejora la eficiencia profesional, al reducir los tiempos de búsqueda y consulta de normativas técnicas. En segundo lugar, democratiza el conocimiento, ya que pone a disposición de estudiantes, técnicos y profesionales información precisa sin requerir formación especializada en interpretación normativa y fomenta la autonomía técnica, al permitir que los usuarios accedan directamente a las fuentes reguladoras de forma interactiva, segura y comprensible.

### **3.5.2 Automatización con Excel – VBA y AutoCAD**

Otra de las herramientas que apporto un gran avance a la ingeniería civil moderna, fue el Microsoft Excel debido a que marco un paso de llevar memorias de cálculo, gráficos y estadísticas a mano, a llevar todo a unas hojas de cálculo programadas y ordenadas de acuerdo al gusto de cada

ingeniero, esto convirtió a Excel como una de las plataformas más utilizadas, por su flexibilidad, capacidad de análisis y su fácil acceso.

No obstante, un verdadero potencial en la ingeniería civil utilizando esta herramienta es revelado a través de Visual Basic for Applications (VBA), Un programador integrado al Excel que permite la creación de macros para automatizar operaciones, generar interfaces personalizadas y controlar flujos de trabajo todo esto dentro de la misma hoja de cálculo. Ahora bien, cuando complementamos esta función con programas como AutoCAD y es donde radica su impacto ya que transforma datos numéricos en representaciones graficas automáticas, acelerando el proceso de diseño y documentación técnica.

La automatización mediante VBA representa una solución practica en la ingeniería civil debido a la repetitividad y la precisión que requieren algunos procesos constructivos como el dibujo estructural, la verificación normativa y además es una solución económica y adaptable sobre todo en escenarios donde no se cuenta con software especializados de alto costo.

### **3.5.3 VBA como herramienta de automatización**

Visual Basic for Applications (VBA) es un lenguaje de programación integrado en la suite de Microsoft office, fue desarrollada por Microsoft como una evolución del lenguaje Visual Basic, con el fin de permitir a los usuarios automatizar tareas repetitivas, manipular datos de manera eficiente y extender su funcionalidad a aplicaciones de office, en especial Excel. Es una herramienta ideal para ingenieros y arquitectos debido a su facilidad de aprendizaje y su funcionabilidad basada en objetos.

Asimismo, desde un punto de vista más específico y técnico, VBA permite controlar las hojas de cálculo y todos sus elementos, celdas, rangos, gráficos, formularios, botones y conexiones con otras aplicaciones externas, como por ejemplo, una de las aplicaciones más avanzadas de Excel-VBA en ingeniería es su integración con AutoCAD mediante bibliotecas de objetos. Es una conexión la cual permite que, a partir de los parámetros definidos y calculados en Excel (dimensiones, recubrimientos, cargas, cuantías, etc.), se generen automáticamente elementos gráficos en el espacio de trabajo de AutoCAD. Esto elimina la necesidad de dibujar manualmente y garantiza precisión, consistencia y ahorro de tiempo.

Esta herramienta es comúnmente utilizada para:

- La generación masiva de planos estructurales.
- La representación de refuerzos y detalles constructivos.
- La verificación visual de elementos modelados según condiciones específicas.

Por ejemplo, es posible automatizar el dibujo de una viga con losas y refuerzos a partir de los datos geométricos y estructurales contenidos en una hoja de Excel. La macro en VBA interpreta los datos, crea los objetos gráficos (líneas, círculos, textos) y los organiza en capas dentro del entorno CAD, replicando los estándares de dibujo técnicos utilizados en obra.

Es así como el uso de la automatización mediante el uso combinado de Excel-VBA y AutoCAD posee grandes beneficios dando avances significativos en la calidad, rapidez y eficiencia en las labores autónomas del estudiante y el ingeniero civil:

- En primer lugar, tenemos la reducción significativa del tiempo dedicado a labores repetitivas, como el dimensionamiento geométrico de elementos o la generación de informes estructurales, al programar la macro y tener digitalizados los cálculos con el cambio de propiedades simplemente es adecuar cada modelo a la necesidad de los diferentes proyectos y en cuestión de minutos se genera en el espacio del AutoCAD el elemento solicitado.

- También tenemos impacto en la reducción de errores humanos, a la hora de graficar manualmente un elemento muchas veces se comenten errores de dimensionamiento o de digitalización por simples distracciones, en este caso al establecer ya procedimientos automatizados y estandarizados, garantizan un trabajo de calidad en la parte del diseño estructural.

- Otra ventaja es la estandarización de procesos, ya que, al tener plantillas programadas, los proyectos pueden ser analizados homogéneamente, respetando las normativas vigentes y los criterios necesarios para presentar gráficos ya determinados.

- Finalmente, está la adaptabilidad de esta herramienta debido a que son procesos que permiten su ajuste a la gran variedad de condiciones que posean diferentes proyectos, tales como el tipo de estructura y los requerimientos

normativos, esto incrementa altamente su productividad y su vida útil ya que son herramientas desarrolladas para cualquier persona interesada en el diseño de los elementos programados.

Además, también marca un impacto educativo y económico, ya que la implementación de herramientas como esta ayudaría en ambientes académicos a la formación de sus estudiantes, fortaleciendo su aprendizaje mediante una relación de concepto – realidad, de una manera rápida y por otra parte les introduce en el avance y el uso de la IA en sus labores académicas, impulsándolo más a generar habilidades mucho más valoradas hoy en día en el entorno profesional. Asimismo, para empresas de bajo presupuesto representa una alternativa de bajo costo frente a los softwares especializados que poseen un alto costo en el mercado.

### **3.5.4 Aplicación de VBA en Excel para la elaboración automatizada de informes técnicos**

La automatización de informes es una de las tareas que más tiempo consume en la práctica profesional del ingeniero civil, especialmente cuando involucra procesos repetitivos de cálculo, revisión normativa y presentación de resultados en formatos específicos. Ante esto, el uso de Visual Basic for Applications (VBA) en Microsoft Excel representa una solución poderosa y accesible que permite automatizar la generación de informes estructurados, minimizando errores humanos y estandarizando la documentación técnica.

Según Fernandes y Silva (2021), VBA permite la creación de formularios interactivos, la integración de cálculos complejos y la generación dinámica de textos, gráficos y tablas con base en los datos ingresados. En ingeniería civil, esto se traduce en informes estructurales que pueden incluir resultados de análisis de vigas, columnas, cimentaciones o mezclas de concreto, generados automáticamente a partir de plantillas programadas.

Una de las aplicaciones más destacadas es la elaboración de informes normativos que integran criterios del NSR-10, permitiendo verificar parámetros y redactar observaciones automáticas ante el cumplimiento o no de las exigencias técnicas. Estas macros pueden adaptarse para:

- Generar capítulos completos de memoria de cálculo con justificaciones matemáticas.
- Insertar tablas de propiedades geométricas, esfuerzos, combinaciones de carga y refuerzos.
- Incorporar advertencias o recomendaciones automatizadas según los resultados obtenidos.

De acuerdo con Almeida et al. (2020), el uso de VBA no solo mejora la productividad, sino que también fortalece la trazabilidad del proceso técnico, pues cada celda calculada y cada decisión reportada queda registrada dentro del archivo, lo que facilita auditorías y revisiones por parte de entidades de control o supervisión.

En el contexto educativo, la programación de informes con VBA promueve habilidades transversales como la lógica algorítmica, la escritura técnica y la gestión de datos, preparando a los estudiantes para enfrentar escenarios reales donde la automatización representa una ventaja competitiva clave (Fernandes y Silva, 2021).

## 4. METODOLOGÍA

La metodología empleada en este trabajo de grado se enmarca dentro de un enfoque cualitativo de tipo aplicado, orientado al desarrollo, implementación y evaluación de herramientas digitales con base en inteligencia artificial, destinadas a mejorar la eficiencia y precisión en tareas técnicas propias del ejercicio profesional en ingeniería civil.

Este enfoque permitió comprender en profundidad los procesos normativos, operativos y de diseño estructural que enfrentan los ingenieros civiles en la práctica, con el objetivo de proponer soluciones tecnológicas contextualizadas, accesibles y replicables. A diferencia de los métodos cuantitativos que se centran en la medición numérica, el enfoque cualitativo permitió analizar el comportamiento funcional, la utilidad percibida y la aplicabilidad real de las herramientas desarrolladas.

### **Etapas del proceso metodológico**

El trabajo se estructuró en cinco fases secuenciales:

#### **1. Diagnóstico e identificación de necesidades**

Se realizó un análisis documental y observacional durante el proceso de práctica profesional, en el que se identificaron las principales dificultades operativas enfrentadas por estudiantes y profesionales, tales como la interpretación normativa, el cálculo estructural repetitivo y la elaboración manual de planos e informes técnicos.

#### **2. Revisión normativa y técnica**

Se examinaron fuentes normativas oficiales como el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y documentación técnica de diseño estructural, con el fin de establecer los requerimientos mínimos que debían cumplir las herramientas desarrolladas para garantizar confiabilidad y validez.

### 3. **Diseño y programación de las herramientas**

Se implementaron tres soluciones tecnológicas específicas:

- Un chatbot basado en procesamiento de lenguaje natural (PLN), entrenado para responder consultas técnicas sobre la NSR-10.
- Un archivo de Excel programado en VBA para automatizar cálculos estructurales y generar planos en AutoCAD.

### 4. **Validación funcional mediante casos de prueba**

Cada herramienta fue evaluada en condiciones controladas mediante la simulación de situaciones reales en proyectos de infraestructura. Se compararon los resultados obtenidos con métodos tradicionales para verificar su precisión, aplicabilidad y facilidad de uso.

### 5. **Sistematización y análisis de resultados**

Se documentaron los hallazgos, mejoras observadas en eficiencia, y las limitaciones encontradas. Este análisis cualitativo permitió extraer conclusiones sobre el impacto de la transformación digital aplicada al ejercicio profesional del ingeniero civil.

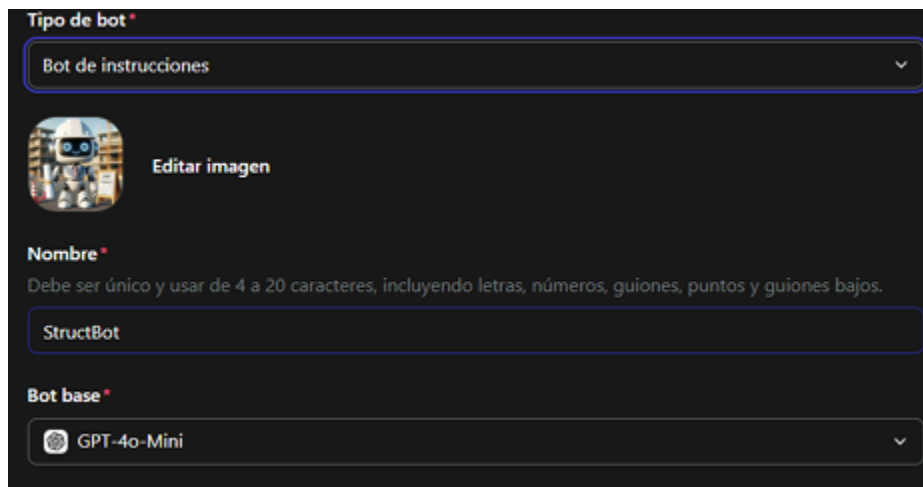
## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El desarrollo del presente trabajo permitió validar la aplicabilidad de herramientas digitales basadas en inteligencia artificial y automatización dentro del contexto de la ingeniería civil. A partir de los productos generados un chatbot normativo y varias macros en Excel con integración a AutoCAD y Microsoft office, se analizó su desempeño en tareas concretas, su nivel de automatización, y su potencial impacto en la eficiencia operativa del profesional.

### 5.1 Chatbot normativo sobre el NSR-10

El chatbot desarrollado en esta investigación, denominado “StructuralBot”, se concibió como una herramienta de asistencia digital dirigida a ingenieros estructurales, estudiantes y profesionales técnicos, con el objetivo de brindar respuestas claras, rápidas y contextualizadas a preguntas relacionadas con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

Ilustración 1: Presentación Chatbot



The image shows a configuration interface for a chatbot. It features a dark background with white text and input fields. At the top, there is a dropdown menu labeled 'Tipo de bot \*' with the selected option 'Bot de instrucciones'. Below this is a profile picture of a robot head with the text 'Editar imagen' next to it. The 'Nombre \*' field contains the text 'StructBot' and has a note below it: 'Debe ser único y usar de 4 a 20 caracteres, incluyendo letras, números, guiones, puntos y guiones bajos.' At the bottom, there is a dropdown menu labeled 'Bot base \*' with the selected option 'GPT-4o-Mini'.

FUENTE: *Introducción al uso del StructuralBot* (s.f.), creada con CoPilot

Durante las pruebas realizadas, el bot demostró una notable capacidad para interpretar preguntas formuladas de manera natural, extrayendo términos clave y asociándolos con los apartados normativos pertinentes. Por ejemplo, ante la consulta "¿Qué resistencia debe tener el concreto en columnas estructurales?", el bot respondió con precisión señalando el valor mínimo requerido (21 MPa) y su fuente dentro del Título C de la NSR-10. Este tipo de respuestas

evidencian no solo la precisión técnica, sino también la capacidad de adaptar el lenguaje formal del reglamento a un formato conversacional accesible.

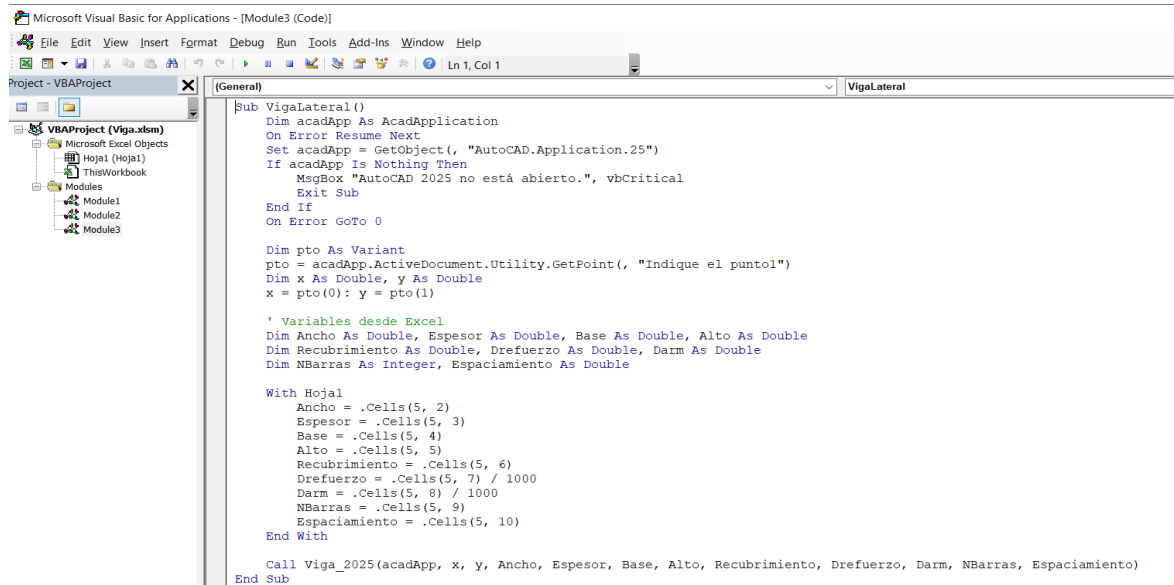
Además, se validó la utilidad del bot frente a preguntas más específicas, como "¿Qué tipo de análisis se exige en zona sísmica alta?", obteniendo respuestas coherentes con lo establecido en el Título A.2, donde se indica la clasificación de las zonas de amenazas sísmica y se complementa aún más en el título A.5, donde se indica la necesidad de realizar análisis dinámicos espectrales. Esta funcionalidad resulta particularmente útil en entornos de formación universitaria y oficinas técnicas que buscan optimizar tiempos de consulta sin perder rigor normativo.

En general, el “*StructuralBot*” demostró ser una herramienta valiosa de consulta rápida y aprendizaje autónomo, que puede mejorar significativamente la eficiencia en procesos de revisión normativa, reducir errores de interpretación y brindar autonomía tanto a estudiantes como a ingenieros en ejercicio. Su potencial se incrementaría si se complementa con funciones como enlaces directos al numeral normativo citado, integración con software de cálculo estructural o incorporación de actualización normativa automática.

## **5.2 Automatización de cálculos e informes técnicos mediante Excel-VBA**

La segunda herramienta desarrollada en este trabajo corresponde a una macro programada en Visual Basic for Applications (VBA) sobre la plataforma Microsoft Excel. Esta solución tuvo como propósito automatizar procesos rutinarios de cálculo estructural, generación de planos técnicos en AutoCAD y elaboración de informes con base normativa, todo desde una interfaz amigable y de fácil acceso para ingenieros civiles y estudiantes.

Ilustración 2: Interfaz VBA para la creación de macros



FUENTE: Elaboración propia

### 5.2.1 Funcionalidad técnica

Una de las funcionalidades más destacadas fue la integración con AutoCAD: mediante la exportación de coordenadas y geometrías generadas por la macro, fue posible automatizar la generación de planos en planta, cortes o detalles estructurales. Esto permitió cerrar el ciclo completo: cálculo → resultado → plano, eliminando procesos manuales intermedios.

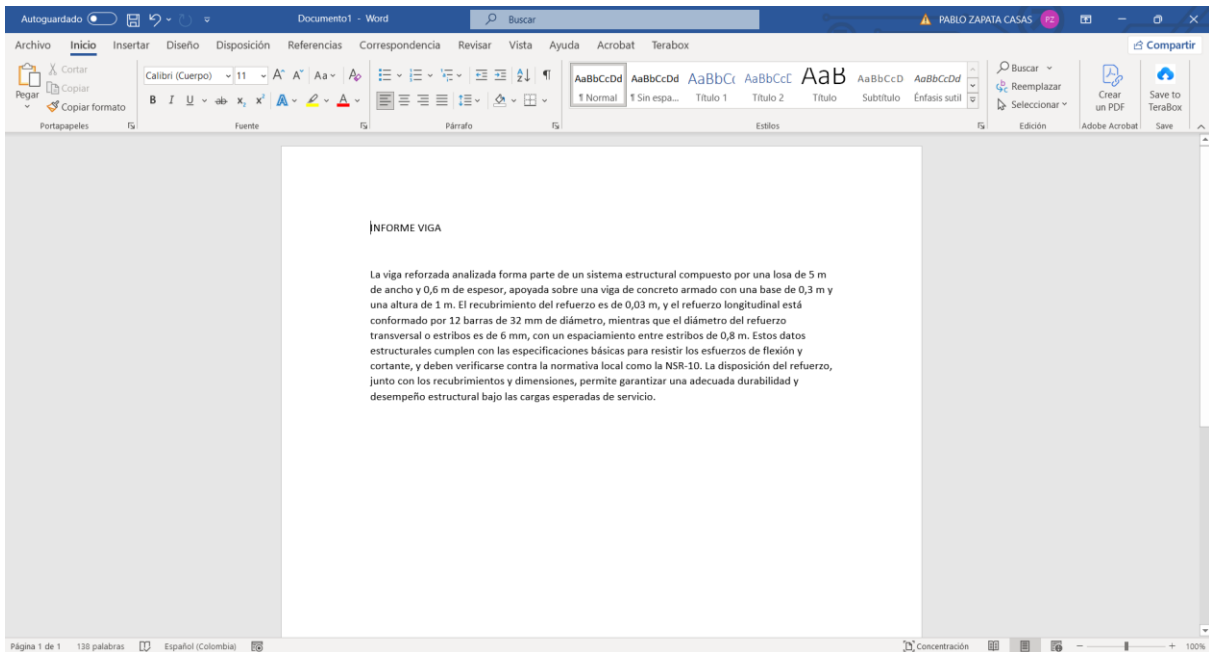
Como primer ejemplo tenemos los cálculos elaborados para las dimensiones de una viga, a la cual a su vez se crearon diferentes macros para ejecutar diferentes tipos de vistas en AutoCAD y también un pequeño párrafo dando el contexto de lo que contiene la hoja del Excel.

Ilustración 3: Macro de viga con refuerzo

VIGA REFORZADA									
LOSA		VIGA		ARMADURA					
Ancho (m)	Espesor (m)	Base (m)	Alto (m)	Recubrimiento (m)	D (Refuerzo)	D (As) (mm)	#Barras	S (m)	
5	0,6	0,3	1	0,03	12	32	6	0,8	
Vista Transversal				V. Lateral	Informe				

FUENTE: Elaboración propia

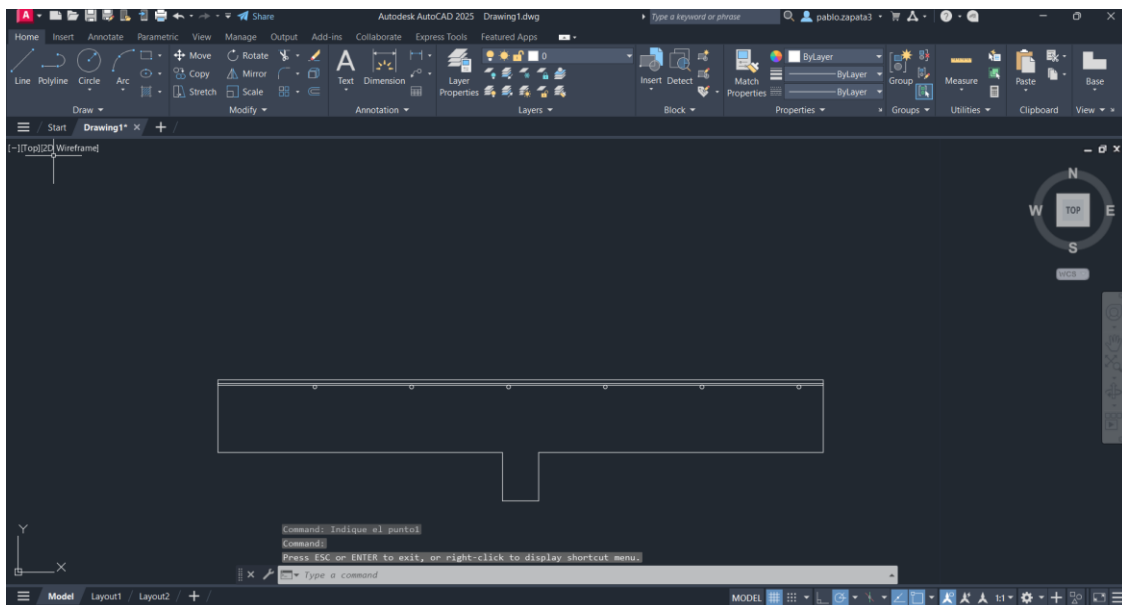
Ilustración 4: Ejecución de la macro en Word



FUENTE: Elaboración propia

Como se puede observar en la parte de abajo podemos ver unos botones creados para que las macros sean ejecutadas con cuestión de un clic.

Ilustración 5: Vista transversal Viga



FUENTE: Elaboración propia

### 5.2.2 Impacto en tiempos y eficiencia

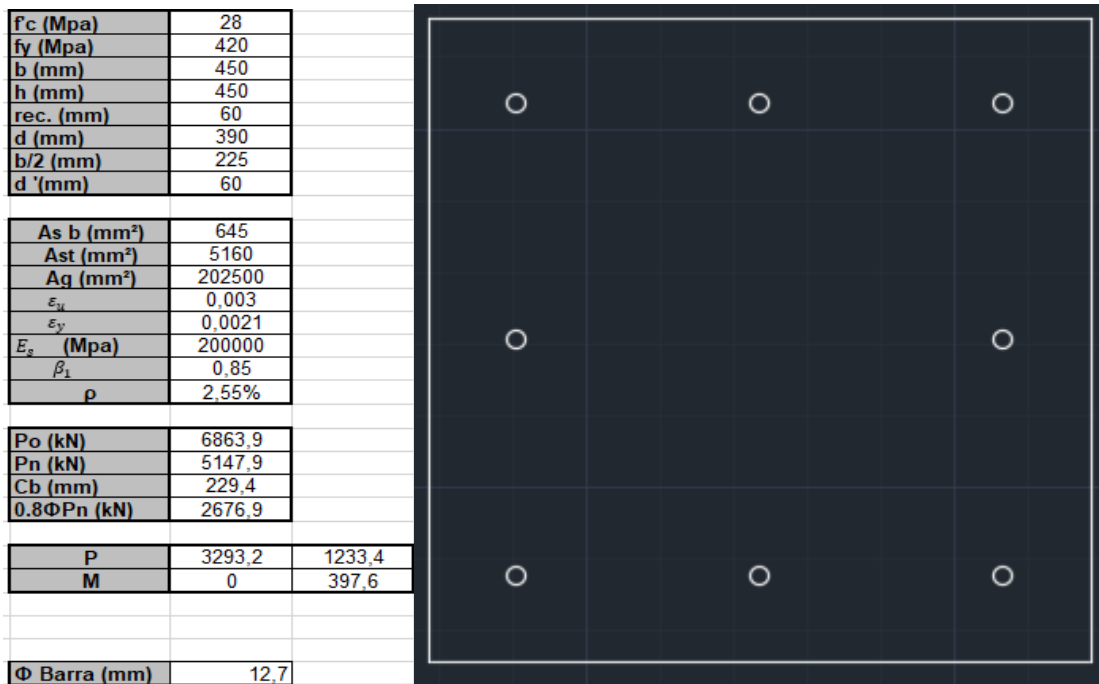
Durante la validación funcional, se comparó el tiempo requerido para realizar un cálculo estructural y elaborar su respectivo informe técnico entre los métodos tradicionales y el uso de la macro. Se observó una reducción del 60 al 80 % en el tiempo total, especialmente en tareas como:

- Repetición de cálculos con diferentes combinaciones de carga.
- Exportación de resultados en formato gráfico y textual.

Este ahorro de tiempo se traduce en mayor productividad para profesionales que trabajan bajo presión de plazos, así como en una herramienta pedagógica efectiva para estudiantes que pueden visualizar el proceso completo sin errores de digitación.

Otro ejemplo con una geometría diferente puede ser el de una columna:

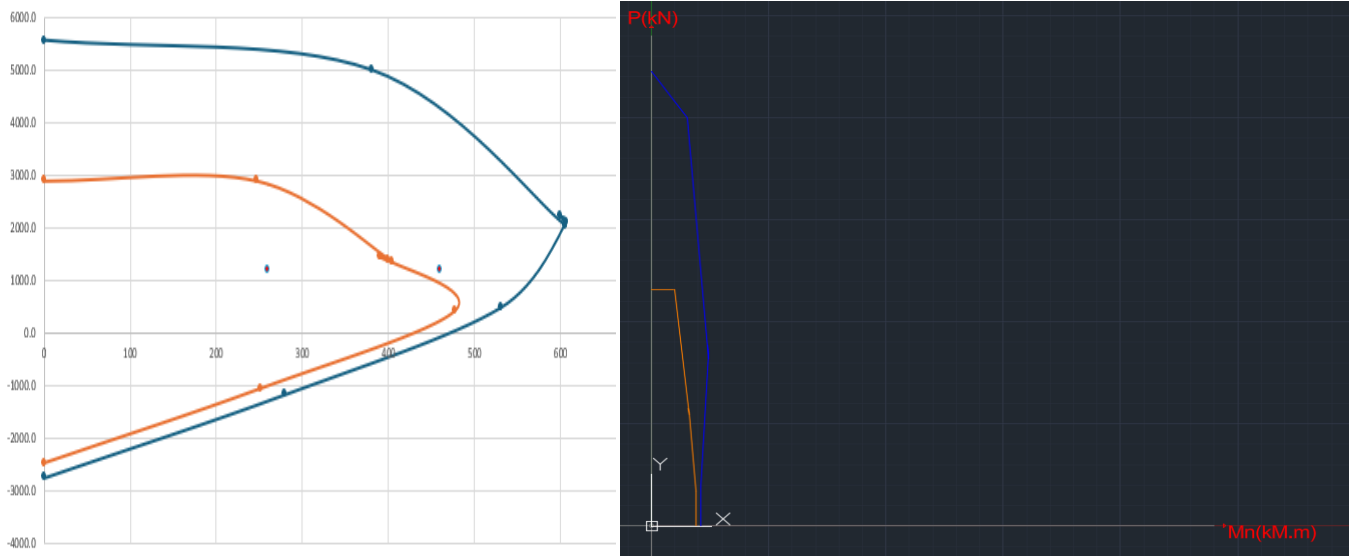
Ilustración 6: Cálculo de dimensiones



FUENTE: Elaboración propia

Por parte de la elaboración de un gráfico de esbeltez el cual se logró reflejar en el AutoCAD:

Ilustración 7: Grafica Mediante Vba



FUENTE: Elaboración propia

En este caso si se logra observar que el resultado no es lo más esperado, debido a que el AutoCAD tiene algunas limitaciones, las cuales son que no lee valores negativos, no toma las líneas curvas, sino que se toman rectas y esto hace que el ejemplo sea difícil de ejecutar visualmente tal como si es mucho más visto en los ejemplos anteriores.

### 5.2.3 Ventajas de trazabilidad y estandarización

Otro aspecto clave fue la trazabilidad del cálculo. Todos los pasos ejecutados por la macro quedaron documentados en celdas intermedias del archivo Excel, lo que permite auditar el proceso en caso de revisión técnica. Además, los informes generados incluyen automáticamente:

- Nombre del proyecto y datos del diseñador.
- Normas de referencia utilizadas (por ejemplo, NSR-10).
- Notas técnicas con recomendaciones de diseño.

Esto permitió la estandarización de los formatos de entrega, algo especialmente útil en oficinas técnicas que necesitan garantizar uniformidad en los documentos generados por distintos profesionales o practicantes.

#### **5.2.4 Limitaciones y oportunidades de mejora**

A pesar de su efectividad, la herramienta presenta ciertas limitaciones:

- Está optimizada para estructuras simples (vigas, losas) y no para análisis avanzados como pórticos o estructuras tridimensionales.
- La interfaz, al estar basada en Excel, tiene limitaciones gráficas que podrían mejorarse mediante la conexión con otros lenguajes como Python o interfaces en Power BI.
- La exportación a AutoCAD requiere un entorno configurado previamente, lo cual podría automatizarse aún más con scripts en AutoLISP o Dynamo para Revit.

Estas limitaciones abren oportunidades de mejora, como desarrollar versiones modulares que integren estructuras más complejas, vincularlas a modelos BIM o habilitar la herramienta para funcionar desde la nube.

### **5.3 Evaluación integral de las herramientas digitales desarrolladas**

La implementación de herramientas digitales durante este trabajo de grado permitió demostrar el potencial práctico y educativo de la transformación digital en la ingeniería civil, especialmente en contextos de formación académica y ejercicio profesional básico. A través de un enfoque cualitativo aplicado, se evaluaron los productos en términos de su funcionalidad, aplicabilidad normativa, eficiencia operativa y facilidad de adopción.

Las soluciones desarrolladas responden a necesidades concretas observadas durante la práctica profesional: consultas frecuentes a la normativa (NSR-10), elaboración manual y repetitiva de informes técnicos, y falta de acceso a herramientas de análisis accesibles para estructuras básicas. Cada herramienta representa una resolución técnica a un obstáculo real:

- El chatbot facilita la consulta normativa autónoma y contextualizada, lo cual es clave para estudiantes que inician su inmersión en la normatividad estructural.
- La macro en Excel automatiza cálculos e informes, aportando una herramienta de productividad técnica, especialmente útil en pequeñas oficinas que no disponen de software especializado.

Estas herramientas no solo ofrecen una solución técnica inmediata, sino que también promueven habilidades clave como la programación, el pensamiento lógico, la digitalización de procesos y la interpretación técnica automatizada.

### **5.3.4 Conectividad entre herramientas y metodología**

Un aspecto importante observado en la evaluación integral fue la coherencia entre el problema identificado, la metodología utilizada y el producto entregado. Las herramientas se diseñaron desde un enfoque normativo y operativo, y fueron validadas mediante casos reales, lo cual garantiza que no son prototipos aislados, sino soluciones funcionales insertas en el contexto profesional actual.

Además, su diseño modular y flexible las convierte en herramientas escalables. Por ejemplo:

- El chatbot puede entrenarse con nuevas versiones de la norma o ampliarse a otras disciplinas (sismo, cimentaciones).
- La macro de Excel puede adaptarse para integrar nuevos tipos estructurales.

Uno de los mayores logros del trabajo fue evidenciar que es posible desarrollar soluciones tecnológicas útiles y accesibles sin depender de software costoso o licencias comerciales. Esto representa un avance en la democratización del conocimiento y la tecnología en ingeniería civil, permitiendo que estudiantes, recién graduados o profesionales independientes cuenten con recursos personalizados para su ejercicio profesional. Las tres herramientas funcionan en entornos ampliamente disponibles (Excel, navegadores web, Python) y no requieren infraestructura tecnológica avanzada. Esto fortalece la equidad digital y permite que más actores del sector puedan aplicar procesos de digitalización sin grandes barreras de entrada.

En conjunto, los resultados sugieren que la digitalización en ingeniería civil no debe limitarse al uso de software externo, sino que puede ser impulsada desde el desarrollo de soluciones propias, adaptadas al contexto, normativas y necesidades reales del usuario. El valor de este trabajo radica no solo en el resultado final de las herramientas, sino en el proceso metodológico seguido: identificar un problema, entender su origen técnico y normativo, y construir una solución funcional, automatizada y educativa.

Este enfoque puede ser replicado en otras áreas de la ingeniería civil, como hidráulica, geotecnia o presupuestos, impulsando un cambio cultural en la forma como los futuros ingenieros interactúan con la tecnología, los datos y la normativa.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de herramientas digitales basadas en inteligencia artificial en el contexto de la ingeniería civil demostró ser una estrategia eficaz para enfrentar desafíos operativos, normativos y educativos dentro de la práctica profesional. A través de la implementación de un chatbot normativo, macros en Excel con VBA y su integración con AutoCAD, se logró reducir significativamente el tiempo en tareas repetitivas, mejorar la precisión técnica y fomentar la autonomía en la interpretación normativa.

Estas soluciones, desarrolladas durante el proceso de práctica profesional, permiten democratizar el acceso al conocimiento técnico, especialmente en entornos donde el acceso a software especializado es limitado. Además, se evidenció que, con un enfoque metodológico adecuado y recursos accesibles, es posible construir herramientas funcionales que respondan a necesidades reales del ejercicio profesional. El trabajo también reafirma el valor educativo de estas herramientas al fortalecer competencias digitales y de programación en futuros ingenieros civiles.

## 7. REFERENCES

- a) J. L. Arango, “Enfermedades respiratorias del recién nacido,” en *Fundamentos de pediatría: generalidades y neonatología*, J. A. Correa, J. F. Gómez, y R. Posada, Eds. Fondo Editorial CIB, 2000, pp. 463–467.
- b) A. Ramírez H. y P. Guzmán, “Sistemas participativos de garantía SPG en Bogotá: la apuesta del proceso organizativo Familia de la Tierra.” [En línea].
- c) D. W. Baker *et al.*, “Functional Health Literacy and the Risk of Hospital Admission Among Medicare Managed Care Enrollees,” *Am. J. Public Health*, vol. 92, no. 8, pp. 1278–1283, 2002.
- d) T. Hooper, *El Discurso del Rey [The King’s Speech]*. UK Film Council; See Saw Films; Bedlam Productions, 2010.
- e) Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE], *IEEE Std P802.15.4/D6: Approved Draft Revision for IEEE Standard for Information technology- Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements-Part 15.4b: Wireless Medium Access Control*. New York: IEEE, 2006.
- f) Y. González Pérez, Y. Rosell León, Y. Piedra Salomón, O. Leal Labrada, y F. Marín Milanés, “Los valores del profesional de la información ante el reto de la introducción de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación,” *ACIMED*, vol. 14, no. 5, 2006. [En línea].
- g) International Business Machine [IBM], “SPSS (Versión 27.0) [Software].” IBM, 2020.
- h) O. Samuelson and L. Stehn, “Digitalization in Modular Construction Projects: Enhancing Lifecycle Sustainability,” *Journal of Construction Innovation*, vol. 23, no. 1, pp. 55–74, 2023. doi: 10.1108/CI-12-2022-0110.
- i) [T. Adekunle, J. Martínez, and M. López, “Public Policy Barriers to Digital Transformation in Construction: A Latin American Perspective,” *Journal of Infrastructure Systems*, vol. 30, no. 1, pp. 1–10, 2024. doi: 10.1061/JIS.0000031.
- j) J. Sánchez-Moreno and D. Camacho, “Digital Norms and Engineering Standards in Latin America: A Review of Regulatory Integration,” *Latin American Journal of Construction Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 45–60, 2022.

- k) F. Ruiz-Beltrán, M. Torres, and G. Villalba, “Validated Computational Models for Normative Structural Analysis,” *Revista Colombiana de Ingeniería Estructural*, vol. 18, no. 3, pp. 31–40, 2023.
- l) Y. Gamil, “Machine Learning Applications in Civil Engineering: From Data to Design,” *International Journal of Civil and Structural Engineering*, vol. 14, no. 1, pp. 22–35, 2023.
- m) I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*. Cambridge, MA: MIT Press, 2016.
- n) Z. Ouyang, H. Liu, and M. Chen, “Reinforcement Learning-Based Optimization in Civil Engineering Processes,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 90, pp. 103–114, 2020.
- o) R. Fernandes and P. Silva, “Automated Technical Reporting in Civil Engineering Education Using VBA Macros,” *Computers in Education Journal*, vol. 11, no. 3, pp. 45–52, 2021.
- p) R. Almeida, J. Oliveira, and M. Costa, “Traceability in Structural Reports: A VBA-Based Approach,” *Revista Ingeniería y Tecnología*, vol. 8, no. 4, pp. 20–28, 2020.
- q) Consejo Colombiano de Construcción Sismo Resistente. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.