

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v7i13edespab.0189>

ANÁLISIS DE UNIONES VIGA-COLUMNA EN HORMIGÓN ARMADO A TRAVÉS DE MICROSOFT VBA

ANALYSIS OF BEAM-COLUMN JOINTS IN REINFORCED CONCRETE USING MICROSOFT VBA

Villavicencio-Cedeño Erik Gabriel ¹; Orejuela-Mendoza Ivanova Claribel ²;
Gallegos-Campos Christian Germán ³; Regalado-Jalca Julio Johnny ⁴

¹ Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: erick.villavicencio@unesum.edu.ec.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1887-5599>

² Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: ivanova.orejuela@unesum.edu.ec.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-5266-0120>

³ Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: gallegos.christian@unesum.edu.ec.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-3487-0335>

⁴ Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: julio.regalado@unesum.edu.ec.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1669-8522>

Resumen

El diseño de uniones viga-columna en concreto armado es fundamental para la estabilidad estructural. Tradicionalmente, se realizan análisis manuales o mediante software como ETABS; sin embargo, la automatización mediante Microsoft Visual Basic for Applications (VBA) ofrece mejoras significativas en precisión y eficiencia. Este estudio explora la integración de VBA para optimizar el diseño estructural, comparándolo con métodos tradicionales. Utilizamos un enfoque mixto, combinando modelación en ETABS 2018 con una hoja de cálculo en VBA conforme a las normas ACI 318-14. Se modeló un edificio resistente a momentos, analizando cargas sísmicas y estructurales. Los resultados de ETABS se ajustaron con VBA para alinearlos con las condiciones reales de acero comercial, permitiendo la personalización de cálculos y verificación de normativas. Los resultados mostraron una alta correlación entre ETABS y VBA, validando la fiabilidad y complementariedad de ambos sistemas en la ingeniería estructural. El análisis permitió destacar la eficiencia de VBA en automatizar y personalizar el diseño de uniones, lo cual es crucial para proyectos en zonas sísmicas. La combinación de ETABS y VBA mejora notablemente la precisión y eficiencia del diseño estructural. Se recomienda una mayor exploración de estas tecnologías para optimizar el diseño, reducir tiempos de ejecución y mejorar la seguridad en ingeniería estructural. Futuros estudios deberían enfocarse en validar la economía y eficacia de estas herramientas en la práctica profesional.

Palabras clave: Automatización, Estructurales, Ingeniería, Sismicidad, Optimización.

Abstract

The design of beam-column joints in reinforced concrete is crucial for structural stability. Traditionally, analyses are performed manually or through software like ETABS; however, automation using Microsoft Visual Basic for Applications (VBA) offers significant improvements in precision and efficiency. This study explores the integration of VBA to optimize structural design, comparing it with traditional methods. We adopted a mixed approach, combining modeling in

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 16 de enero de 2024.

Fecha de aceptación: 08 de marzo de 2024.

Fecha de publicación: 29 de abril de 2024.



ETABS 2018 with a spreadsheet in VBA according to ACI 318-14 standards. We modeled a building designed to withstand moment forces, analyzing seismic and structural loads. Results from ETABS were adjusted with VBA to align with the real conditions of commercial steel, allowing for customization of calculations and verification of standards. Results and The results demonstrated a high correlation between ETABS and VBA, validating the reliability and complementarity of both systems in structural engineering. The analysis highlighted the efficiency of VBA in automating and customizing the design of joints, which is crucial for projects in seismic zones. The combination of ETABS and VBA significantly enhances the precision and efficiency of structural design. Further exploration of these technologies is recommended to optimize design, reduce execution times, and improve safety in structural engineering. Future studies should focus on validating the economy and effectiveness of these tools in professional practice.

Keywords: Automation, Structural, Engineering, Seismicity, Optimization.

1. Introducción

El diseño estructural de las uniones viga-columna en hormigón armado es trascendental para la integridad y seguridad de las estructuras edilicias. A pesar de los avances en herramientas de diseño, la eficiencia y precisión pueden mejorarse significativamente a través de la automatización. El uso de Microsoft Visual Basic for Applications (VBA) representa un enfoque prometedor para optimizar este proceso. Sin embargo, aún existen brechas en la automatización completa y eficiente de este tipo de análisis y diseño, especialmente en comparación con métodos manuales o software más sofisticado (Azam et al., 2022; Khashi et al., 2018; Sidik Hasibuan et al., 2023). Este trabajo de investigación se enfoca en desarrollar y validar un modelo en

VBA que mejore la eficiencia y precisión del diseño de uniones viga-columna en concreto armado, abordando la problemática de la falta de herramientas optimizadas y accesibles para ingenieros y diseñadores.

El diseño y análisis de uniones viga-columna en estructuras de concreto armado constituyen un componente crítico en la ingeniería estructural, desempeñando un papel crucial en la resistencia y estabilidad de edificaciones sujetas a cargas dinámicas, como las sísmicas. Tradicionalmente, estos análisis se realizan a través de métodos manuales o con software especializado, como ETABS. A pesar de su eficacia, estos métodos presentan oportunidades de mejora en términos de precisión y automatización. En este contexto, la

integración de Microsoft Visual Basic for Applications (VBA) emerge como una alternativa prometedora, permitiendo la personalización y automatización de los cálculos estructurales directamente desde plataformas como Microsoft Excel, facilitando así procesos más eficientes y reduciendo la posibilidad de error humano (Rajeev et al., 2020).

La necesidad de optimizar el diseño de estas uniones no solo responde a un interés técnico, sino que también tiene implicaciones económicas significativas, especialmente en proyectos de gran escala donde el tiempo es un recurso crítico. Sin embargo, existen vacíos notorios en la investigación actual respecto a la integración efectiva de herramientas de programación con aplicaciones de diseño estructural, lo que genera una barrera significativa en la adopción de estas tecnologías avanzadas en la práctica profesional (Ling et al., 2021).

El objetivo principal de este estudio es realizar la automatización del análisis y diseño de la conexión viga-columna en elementos de hormigón armado mediante Microsoft VBA.

Específicamente, se busca modelar un edificio resistente a momentos usando el software ETABS 2018, diseñar una hoja de cálculo en Microsoft VBA que se ajuste a las recomendaciones del ACI 318-14, y comparar los resultados obtenidos con los métodos tradicionales y el software ETABS para evaluar la eficacia de la solución propuesta.

La pregunta de investigación que guía este estudio es: ¿Cómo desarrollar un modelo automatizado en Microsoft VBA que mejore la eficiencia en el diseño de conexiones viga-columna para estructuras de hormigón armado, comparado con los métodos manuales y otras herramientas de software existentes? La respuesta a esta pregunta permitirá llenar los vacíos identificados y proporcionar una herramienta robusta y confiable para la ingeniería estructural moderna, marcando un avance significativo en la eficiencia y precisión del diseño estructural (Gao & Lin, 2021). Este enfoque no solo pretende mejorar los procesos de diseño estructural existentes sino también explorar nuevas posibilidades en la optimización de recursos y tiempo, contribuyendo así al desarrollo de

metodologías más eficientes y económicas en la ingeniería estructural.

En este contexto, es claro que la automatización del diseño de estas uniones no solo optimiza el tiempo de diseño, sino que también aumenta la precisión de los cálculos, reduciendo el riesgo de fallos por intervención manual y mejorando la seguridad estructural. Además, el uso de VBA permite la personalización de las herramientas de cálculo, adaptándolas específicamente a las necesidades del proyecto y a las normativas vigentes como la ACI 318-14. Esto es particularmente relevante en proyectos de gran escala o en regiones con requisitos específicos de resistencia sísmica o cargas ambientales.

Este estudio adoptará un enfoque mixto, combinando análisis cuantitativo con evaluaciones cualitativas para explorar las capacidades y limitaciones del uso de Microsoft VBA en la ingeniería estructural. A través de simulaciones computacionales, evaluaremos la precisión, la eficiencia y la replicabilidad del modelo propuesto. En términos de alcance, la

investigación se clasifica como exploratoria y descriptiva. Exploraremos nuevos métodos de aplicación de VBA en la ingeniería estructural y describiremos detalladamente los procesos y resultados obtenidos. Esta combinación metodológica no solo aborda los vacíos identificados en la literatura, sino que también establece una base sólida para futuras investigaciones en la optimización del diseño estructural mediante herramientas automatizadas

En cuanto a los resultados obtenidos, se logra una comprensión profunda de la aplicación de Microsoft VBA en la ingeniería estructural, permitiendo así una contextualización exhaustiva del estudio. Se adquiere un conocimiento detallado sobre las propiedades y eficacia de las herramientas de modelación y análisis empleadas, destacando especialmente la precisión y adaptabilidad de las hojas de cálculo sistematizadas en comparación con el software ETABS. La información recabada es crucial para demostrar la viabilidad de VBA como una herramienta potente en el diseño

estructural, ofreciendo insights específicos sobre su aplicabilidad en normativas como la ACI 352 RS-02. Estos resultados son fundamentales para enriquecer el cuerpo de conocimientos existente sobre la optimización de procesos de diseño estructural mediante la automatización y personalización avanzada.

2. Materiales y métodos

En este estudio se empleó una metodología mixta que combinó el análisis cuantitativo con evaluaciones cualitativas para explorar las capacidades y limitaciones del uso de Microsoft VBA en el diseño estructural de uniones viga-columna en hormigón armado. La fase cuantitativa, que predominó en la investigación, se centró en la modelación y análisis mediante el software ETABS 2018 y una hoja de cálculo desarrollada en VBA, siguiendo las directrices del ACI 318-14. Este enfoque metódico permitió evaluar con precisión la eficiencia y la replicabilidad de los modelos propuestos, proporcionando una comparativa directa con los métodos tradicionales de diseño estructural.

Para la simulación estructural inicial, se utilizó ETABS 2018, que facilitó datos críticos sobre la respuesta del edificio bajo diversas cargas simuladas. Paralelamente, se desarrolló una herramienta automatizada en Microsoft VBA diseñada específicamente para el rediseño de las uniones viga-columna. Este desarrollo incorporó de manera integral las recomendaciones tanto del ACI 318-14 como del ACI 352 RS-02, permitiendo un análisis estructural más detallado y personalizado. Estas herramientas fueron fundamentales para abordar los desafíos técnicos y ajustar el diseño estructural conforme a normativas rigurosas, asegurando la integridad y seguridad de las estructuras analizadas.

En cuanto a la metodología de análisis, las simulaciones computacionales desempeñaron un papel crucial al validar la capacidad de carga y la respuesta estructural de los modelos utilizando ETABS. Los resultados de estas simulaciones proporcionaron la base para la fase de optimización automatizada mediante VBA, donde los diseños de las uniones viga-

columna fueron recalculados y optimizados. Este proceso no solo verificó la capacidad y conformidad de las uniones con las normas establecidas, sino que también demostró cómo la integración de herramientas avanzadas de software puede mejorar significativamente la eficiencia y precisión en el diseño estructural de hormigón armado.

Procedimientos de Investigación

Para realizar un estudio detallado sobre la automatización del diseño de conexiones viga-columna en hormigón armado mediante Microsoft VBA, se inició con la modelación de un edificio de cuatro niveles resistente a momentos, utilizando el software ETABS 2018 para simular respuestas estructurales bajo cargas sísmicas. Durante esta fase, se definieron los materiales, las secciones estructurales y las condiciones de carga según el ACI 318-14, lo que facilitó la recopilación de datos iniciales esenciales para las fases subsecuentes de diseño y comparación. De igual manera, se desarrolló una hoja de cálculo en VBA, específicamente programada para automatizar el rediseño y análisis de estas conexiones,

incorporando las normativas del ACI 318-14 para ofrecer un método eficiente y replicable. Este desarrollo permitió ajustar los parámetros de diseño basándose en los datos obtenidos de ETABS, optimizando el proceso de diseño para cumplir con las normas y los resultados de las simulaciones estructurales.

3. Resultados y discusión

Para evaluar la eficacia del software ETABS 2018 y la herramienta de Microsoft VBA en la comparación de resultados estructurales, se implementó un procedimiento detallado que comenzó con la modelación y diseño de la estructura en ETABS. Esta etapa incluyó un análisis dinámico y estático de los elementos estructurales, en particular de uno de los nudos críticos en la edificación. Se siguieron pasos específicos en ETABS bajo la secuencia de "Design → Concrete Frame Design → Display Design Info → Design Output → Beam/Column Capacity Ratios" para extraer la relación de capacidad 6/5 viga-columna, visualizada en las ilustraciones pertinentes.

Posteriormente, se seleccionó una columna específica en el primer piso

en el eje E-5 para un análisis más detallado, donde se obtuvo una ventana con combinaciones de cargas que reflejaron datos cruciales como momentos, cortantes y las cantidades de acero en las vigas y columnas. Esta información fue crucial para verificar la formación de la rótula plástica en el nudo seleccionado. Los resultados obtenidos de ETABS se compararon con aquellos generados por la hoja de cálculo en VBA, donde se realizaron ajustes y optimizaciones basadas en la realidad comercial y estructural del acero.

Este análisis no solo permitió comparar la eficiencia de ambos sistemas en la modelación y simulación estructural, sino también destacar la precisión en la automatización de cálculos mediante VBA en contraste con los resultados

estándar de ETABS. Se abordaron aspectos específicos como los cortantes último y teórico, la dirección de los sismos y sus efectos en las fuerzas de tracción y compresión, así como el chequeo del confinamiento del nudo. Esto ofrece una perspectiva integral sobre la capacidad de las herramientas para adaptarse y responder a las exigencias estructurales según las normativas vigentes.

Análisis de la Estructura

El análisis estructural realizado con ETABS 2018 incluyó la modelación de un edificio de mediana altura ubicado en la provincia de Esmeraldas, considerando su alta sismicidad. Se evaluaron las características arquitectónicas y estructurales, incluyendo losas de entrepiso y cubierta, y la configuración de vigas y columnas.

Figura 1. Vista tridimensional de la edificación

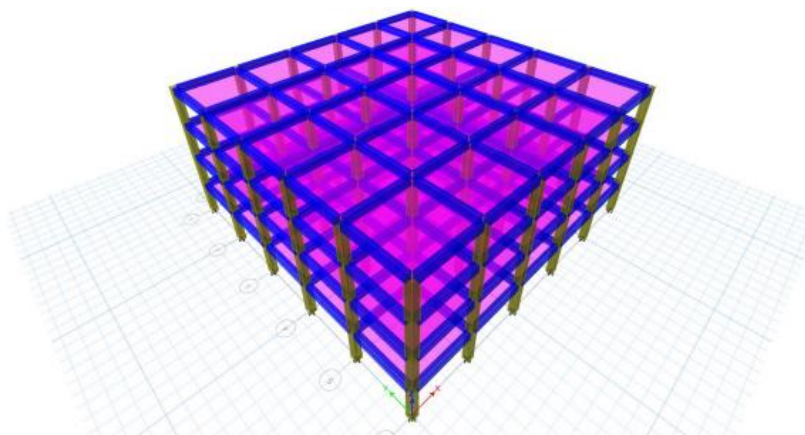
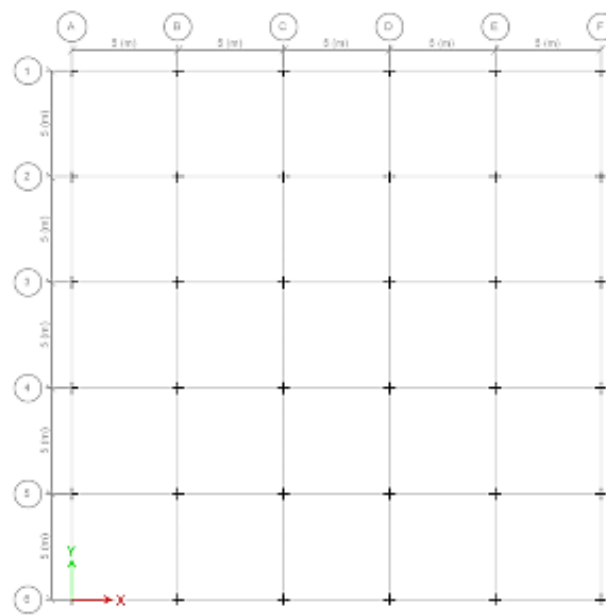


Figura 2. Vista en planta del edificio de análisis**Figura 3.** Vista en Elevación del edificio de análisis

Además, en la modelación del edificio usando el software ETABS 2018, se obtuvieron datos cruciales que facilitan la verificación de alabeo y esbeltez según la NEC_SE_DS. Los resultados obtenidos fueron

esenciales para asegurar la regularidad estructural. A continuación, se detallan los resultados y análisis importantes:

1. Alabeo y Esbeltez:

- Alabeo: Se calculó usando la fórmula $\frac{B}{A} \leq 2.5$, donde B y A son la base y el área de la estructura respectivamente. Con $\frac{B}{A} = 1.00$, se determinó que la edificación no presenta efecto de alabeo.
- Esbeltez: Utilizando la fórmula $\frac{H}{A} \leq 2.5$ con H como la altura, se verificó que $\frac{H}{A} = 0.48$, confirmado que la estructura no es esbelta.

2. Pre-dimensionamiento de Losa:

- Se siguió la normativa ACI 318-14 para determinar si la losa era unidireccional o bidireccional. Con $\beta = \frac{L_{mayor}}{L_{menor}} = \frac{5.00m}{5.00m} = 1.00$, se confirmó que la losa es bidireccional. Condición de diseño: Si $\beta \geq 2 = Unidireccional$; Si $\beta \leq 2 = Bidireccional$

3. Cálculos de Espesor de losa:

- Losa maciza: Siguiendo la ecuación del ACI 318-14, se estableció un espesor mínimo

$$\text{tentativo. } H_{min} = \frac{L_n(800+0.0712F_y)}{36000+9000\beta}$$

$$H_{min} = 12cm \text{ (Losa Maciza)}$$

- Losa aligerada: Se calculó el espesor basado en la longitud menor del claro, dando como resultado un espesor de losa aligerada de 25 cm.

$$H = \frac{L_{menor}}{21} H = \frac{500cm}{21} =$$

$$23.81cm \approx 25cm$$

4. Pre-dimensionamiento de Viga y Columna:

- **Viga:** Para el prediseño de vigas, se consideró la base mínima de 20 cm, prestando atención a la geometría de la viga, según lo estipula el reglamento ACI 318-14 en su capítulo 9.

Altura de viga (Hv):

$H_v = \frac{l_{mayor}}{10}$ ecuación determina la altura de la viga en función de la longitud mayor de la viga, dividida por 10.

Criterio de viga (Hv1):

Aquí, H_v1 es una altura alternativa de la viga basada en la longitud l , y se proporcionan dos formas de calcularla: dividiendo l por 10 y por 12. El ejemplo muestra:

$$H_{v1} = \frac{l}{10} = \frac{l}{12}$$

$$H_{v1} = \frac{500cm}{10} = 50cm$$

Base de viga (Bw):

Aquí, B_w es la base de la viga, calculada tomando la altura de la viga H_{v1} y dividiéndola por 1.40. En el ejemplo proporcionado se calcula:

$$B_w = \frac{H_{v1}}{1.40} \quad B_w = \frac{50cm}{1.40}$$

$$B_w = 35.71cm \approx 40cm$$

Para la modelación en el software ETABS 2018 se utilizó vigas de 40X50 cm en toda la estructura.

- **Columna:** Se incrementó la sección de las columnas en un 20% para cumplir con la norma de columna fuerte-viga débil.

Para una columna de 40X50 cm:

$$I_{xx} = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_{xx} = \frac{40 \cdot 50^3}{12}$$

$$= 416666.67 \text{ cm}^4 \cdot 20\%$$

$$= 500000 \text{ cm}^4$$

$$b = \sqrt[4]{I \cdot 12}$$

$$b = \sqrt[4]{500000 \cdot 12}$$

$$= 49.49 \text{ cm}^4$$

$$\approx 50 \text{ cm}$$

Las dimensiones de la columna serán de 50X50 cm.

Modelación y Análisis de Cargas

Se modeló el edificio para evaluar su comportamiento ante cargas gravitacionales y sísmicas. Se determinaron las cargas muertas y vivas aplicables a cada nivel, y se realizó un análisis de la carga sísmica estática y dinámica.

Tabla 1. Parámetro de sobrecarga permanente, que incluye pesos de diferentes materiales y componentes de la edificación

Material	Peso (W)	Unidad
Enlucido	0.033	Ton/m2
Recubrimiento	0.022	Ton/m2
Cerámica	0.03	Ton/m2
Instalaciones	0.03	Ton/m2
Pared	0.25	Ton/m2
CM (Techo)	0.115	Ton/m2
CM	0.365	Ton/m2

Peso por metro cuadrado		
Niveles	S/C CM	S/C CV
N+12.00	0.115	0.100
N+9.00	0.365	0.200
N+6.00	0.365	0.200
N+3.00	0.365	0.200

Nota. La Tabla proporcionada presenta parámetros para la sobrecarga de un edificio, considerando que no se cuenta con planos arquitectónicos para un análisis detallado.

Tabla 2. *Parámetros para espectro sísmico según NEC-15*

Parámetro	Valor
Región	Costa
Zona Sísmica	VI
Tipo de suelo	D
Factor de zona Z	0.50
Factor de sitio Fa	1.12
Factor de sitio Fd	1.11
Factor de importancia I	1.4
Factor de sitio Fs	1.00
Coeficiente de ductilidad R	8.00
Irreg. en elevación ØE	1.00
Irreg. en planta ØP	1.00
Altura edificio h	12.00 m
Coeficiente Ct	0.055
Coef. de suelo r	1.00
Ampl. Espectral n	2.48
Periodo inferior To	0.139 seg.
Periodo estructura T	0.51 seg.
Periodo superior Tc	0.76 seg.
Acel. Espectral Sa	1.389 (g)
Coef sísmico C	0.174
Coeficiente f	0.125

Nota. La tabla proporcionada presenta los parámetros necesarios para generar los espectros elástico e inelástico de un edificio, de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15. Estos espectros se utilizan para determinar las cargas sísmicas dinámicas que actuarán sobre la estructura.

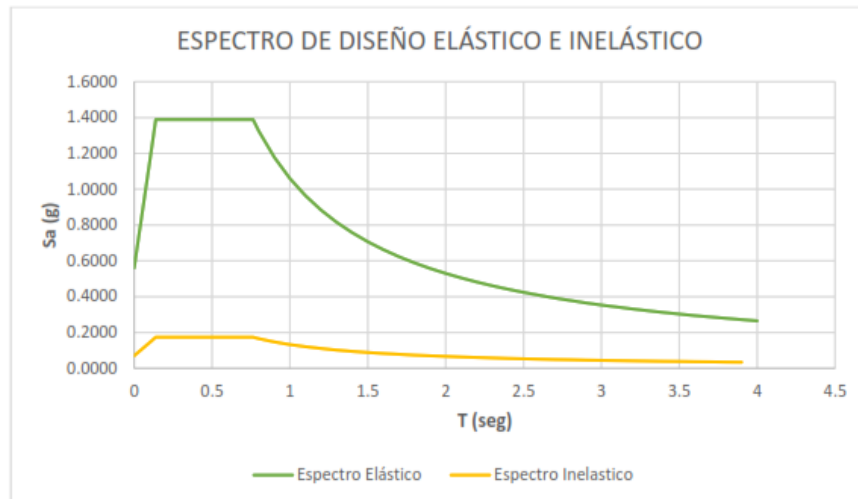
Tabla 3. *Valores de espectro elástico e inelástico según NEC-15*

T (S)	ESPECTRO ELASTICO	ESPECTRO INELASTICO
0	0.5600	0.0700
0.10	1.1571	0.1446
0.1388	1.3888	0.1736
0.20	1.3888	0.1736
0.30	1.3888	0.1736
0.40	1.3888	0.1736
0.50	1.3888	0.1736
0.60	1.3888	0.1736
0.70	1.3888	0.1736
0.76	1.3888	0.1736
0.80	1.3247	0.1656
0.90	1.1775	0.1472
1.00	1.0598	0.1325
1.10	0.9634	0.1204
1.20	0.8832	0.1104
1.30	0.8152	0.1019
1.40	0.7570	0.0946
1.50	0.7065	0.0883
1.60	0.6624	0.0828
1.70	0.6234	0.0779
1.80	0.5888	0.0736

1.90	0.5578	0.0697
------	--------	--------

Nota. La tabla proporcionada muestra los valores del espectro elástico e inelástico para diferentes valores de periodo (T) en segundos. Estos valores se utilizan para determinar las cargas sísmicas que actuarán sobre una estructura en función de su periodo natural de vibración.

Figura 4. Espectro elástico e inelástico para suelo tipo D



Nota. La figura proporcionada muestra el espectro elástico e inelástico para un suelo tipo D, de acuerdo con los valores calculados en la tabla 3. El eje horizontal representa el periodo de vibración (T) en segundos y el eje vertical representa la aceleración espectral (Sa) en g.

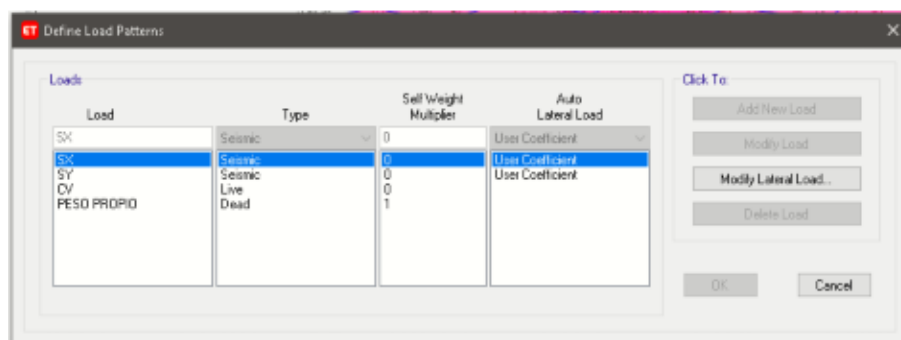
Asignación de cargas

Para definir las cargas estáticas en la edificación, se consideraron el peso propio, sobrecargas, carga viva, y carga sísmica, basada en el

coeficiente sísmico y el valor de K.

Los espectros de aceleraciones se ingresaron en el software bajo "Load Patterns" para generar los datos correspondientes que se muestran en la imagen.

Figura 5. Patrones de carga estática



Cargas estáticas gravitacionales (Cargas actuantes)

En el análisis estructural, según la NEC-15, las cargas gravitacionales son asignadas uniformemente en

cada nivel de la estructura, afectando diversos elementos estructurales. Además, se especificaron cargas muertas de entrepiso (0.365 Ton/cm^2) y techo (0.115 Ton/cm^2), junto con cargas

vivas de entrepiso (0.200 Ton/cm^2) y techo (0.100 Ton/cm^2). La asignación se realizó mediante el comando "Assign" en el software, aplicando cargas uniformes a las losas de cada nivel (Cabeza, 2021).

Figura 6. Carga muerta de entrepiso y asignación de carga viva en losas de entrepiso

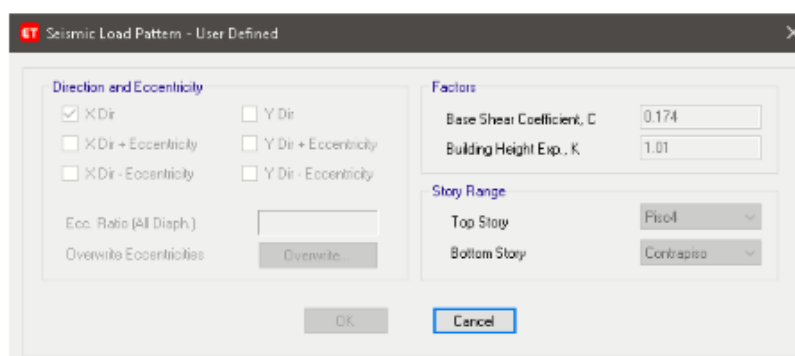


En la aplicación de la carga viva se efectuó siguiendo el mismo procedimiento que el anterior, aplicando una carga viva de 0.200 kg/cm^2 en las losas de los entrepisos y de 0.100 kg/cm^2 en las losas de techo (Cabeza, 2021).

Carga sísmica estática

Para determinar el cortante basal, se introducen los datos en la sección de patrones de carga estática del software. Se ingresa a través de la opción Define, seguido de Load Patterns, y como muestra la figura 8 se elige la carga sísmica para las direcciones X e Y, y se ajustan las cargas laterales para fijar el valor del coeficiente sísmico (Cabeza, 2021).

Figura 7. Modificación de cortante basal y carga sísmica en X y Y



Resultados del Análisis Estructural

El análisis estructural se proporcionó detalles sobre las fuerzas internas, momentos y esfuerzos en los componentes estructurales,

incluyendo vigas y columnas. Asimismo, se evaluó la capacidad de las uniones viga-columna y se verificaron las proporciones de resistencia según los criterios de diseño (Cabeza, 2021).

Figura 8. Detalles de acero en vigas y columnas, y relación 6/5 de la capacidad viga-columna



Figura 9. Información de diseño de columnas y detalles de diseño a corte de la conexión

Concrete Column Design Information (ACI 318-14)

Column	Section Name	Capacity Ratio	Major Rebar	Minor Rebar
1.2C8+CV-SV	225,100	0.303	0.0410	0.0410
1.2C8+CV-SV	250,100	0.268	0.0410	0.0410
1.2C8+CV-SV	0,100	0.354	0.0410	0.0410
1.2C8+CV-SV	225,100	0.303	0.0410	0.0410
1.2C8+CV-SV	250,100	0.268	0.0410	0.0410
0.9C8+SC	0,100	0.598	0.0428	0.0418
0.9C8+SC	225,100	0.208	0.0428	0.0418
0.9C8+SC	250,100	0.245	0.0428	0.0418
0.9C8+SC	0,100	0.598	0.0428	0.0418
0.9C8+SC	225,100	0.208	0.0428	0.0418
0.9C8+SC	250,100	0.245	0.0428	0.0418
0.9C8+SV	0,100	0.619	0.0957	0.0799
0.9C8+SV	225,100	0.251	0.0957	0.0799
0.9C8+SV	250,100	0.291	0.0957	0.0799
0.9C8+SV	0,100	0.619	0.0957	0.0799

ETABS 18.1.1 License #1PLJGAFN8VSSGC

ETABS Concrete Frame Design
ACI 318-14 Column Section Design



Column Element Details (Joint Shear Details)

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (cm)	LLRF	Type
Piso 1	C28	848	C 50X50 cm	8 9CM-SV	8	300	0.973	Shear Special

Section Properties

b (cm)	h (cm)	dc (cm)	Cover (Formwork) (cm)
50	50	8	2.73

Material Properties

E _c (kgf/cm ²)	F _c (kgf/cm ²)	LLWF Factor (Unitless)	f _y (kgf/cm ²)	f _u (kgf/cm ²)
25000.01	280	1	4200	4200

Nota. Las imágenes muestran el diseño de columnas y detalles de diseño a corte de la conexión. Obtenido de (Cabeza, 2021).

Asimismo, los resultados obtenidos del diseño de una hoja de cálculo con la aplicación Microsoft VBA para la conexión viga-columna en elementos de hormigón armado, basados en las recomendaciones que establecen las normas ACI 318-

14. A continuación, se presentan los aspectos más relevantes de estos resultados:

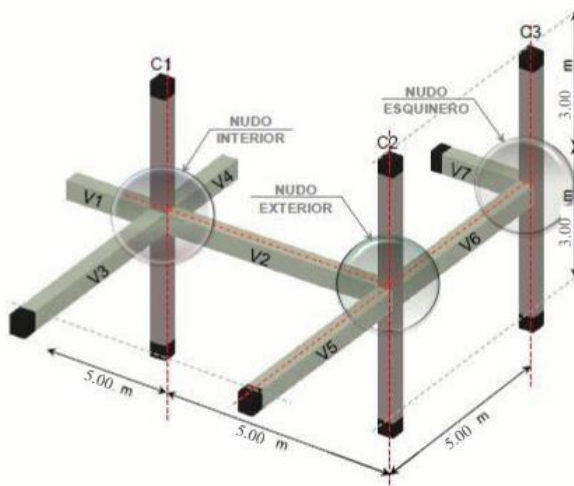
Cálculos Preliminares

Se realizaron los cálculos preliminares para establecer las

bases del diseño de la conexión viga-columna. Se consideraron las dimensiones y el área de acero requerida para las vigas que forman

parte de la conexión, basándose en los resultados obtenidos del software de análisis estructural ETABS 2018.

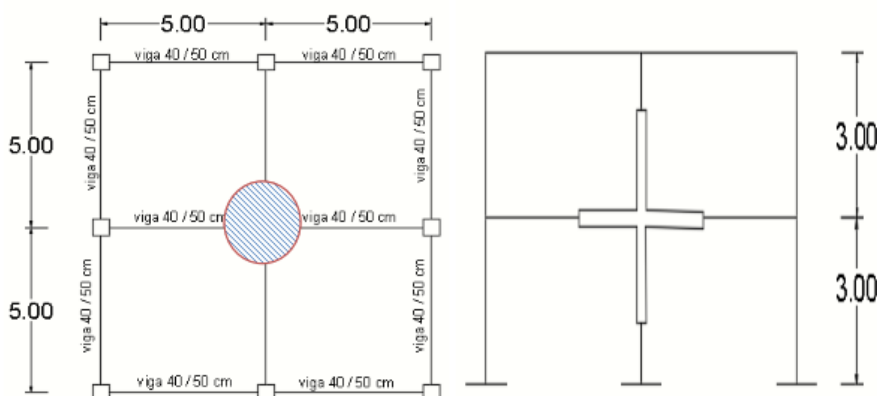
Figura 10. Área de estudio (Análisis de Conexión Interior)



Se seleccionó un nudo interior para el análisis detallado, considerando las secciones tributarias que llegan a

la conexión y las dimensiones de las vigas involucradas.

Figura 11. Secciones Tributarias que Llegan a la conexión (X Y Z)



Diseño y Verificación de la Unión Viga-Columna

Se diseñó y verificó la unión viga-columna utilizando la hoja de cálculo en VBA, comparando los resultados con los obtenidos a través del

software ETABS 2018 y se evaluaron las dimensiones de las vigas, el área de acero requerida, verificando las proporciones de resistencia según los criterios de diseño.

Tabla 4. Resultados de análisis de la conexión interior, que incluye momentos probables y cortantes últimos en la columna y en el nudo

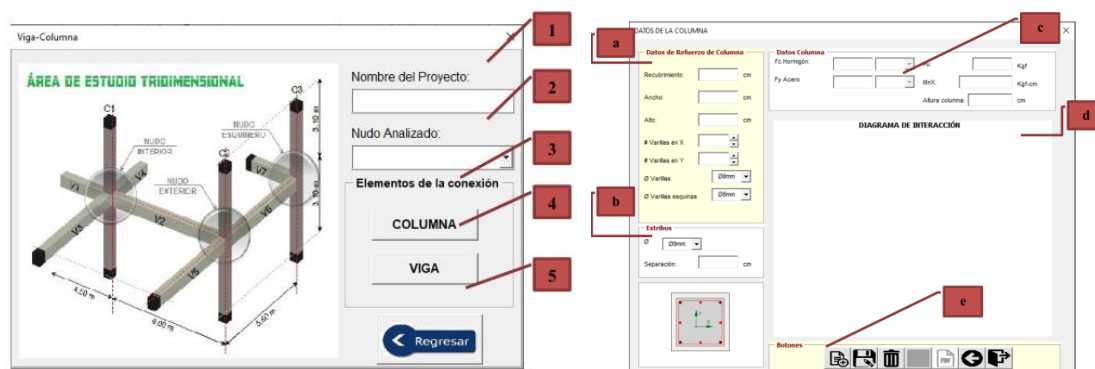
Elemento	Área de ceniza (cm ²)	Separación de eje a eje (cm)	Extensión del refuerzo (cm)	Ldh	Observaciones
Nudo	1.58	12	X	X	Confinado, se puede utilizar 50% de Ash
Columna	3.17	12	50	X	100% Ash a utilizar por seguridad. Confinado, se puede utilizar 50% Ash
Viga	1.58	11	100	X	

Desarrollo de la Aplicación en Microsoft VBA

Se desarrolló una aplicación en Microsoft VBA para automatizar el diseño de la conexión viga-columna.

La aplicación permite ingresar datos específicos de la conexión y realiza los cálculos automáticamente, basándose en las normativas del ACI 318-14.

Figura 12. Pantalla de Inicio y Ventanas de la Aplicación



Nota. La imagen muestra la interfaz de la aplicación, incluyendo la pantalla de inicio y las ventanas para la entrada de datos de la columna, datos de refuerzo, y otros parámetros relevantes para el diseño.

Este estudio destaca la eficacia de combinar ETABS 2018 y Microsoft VBA para superar los desafíos estructurales en zonas sísmicas como Esmeraldas, asegurando el cumplimiento de las normativas vigentes en cuanto a resistencia y estabilidad. Se empleó ETABS para el análisis estructural de un edificio

de hormigón armado, realizando cálculos iniciales que fueron posteriormente ajustados usando una hoja de cálculo en VBA para refinar las especificaciones del acero a condiciones reales. Este proceso no solo corrigió discrepancias entre los valores teóricos y comerciales de los materiales, sino que también

mejoró la precisión en la automatización de conexiones viga-columna. Además, la alineación casi exacta entre los valores calculados y los ajustados, con un margen de error del 5%, valida la utilidad de VBA en la optimización de los diseños estructurales. Estos resultados que se muestra a

continuación subrayan la importancia de integrar tecnologías avanzadas para aumentar la precisión y eficiencia en la ingeniería estructural, ofreciendo un modelo replicable para futuras construcciones en regiones de alta sismicidad.

Tabla 5. Momentos probables para el nudo de análisis

Momentos Máximos Probables		Resultados (Ton-m)	
ETABS 18	Automatización	ETABS 18	Automatización
Capacity + Vem Beam 1	Mpr 2	13.9985	13.9985
Capacity - Vem Beam 1	Mpr 1	27.4021	27.4021
Capacity + Vem Beam 2	Mpr 2	13.9985	13.9985
Capacity - Vem Beam 2	Mpr 1	27.4021	27.4021
Capacity + Vem Beam 3	Mpr 2	13.9985	13.9985
Capacity - Vem Beam 3	Mpr 1	27.4021	27.4021
Capacity + Vem Beam 4	Mpr 2	13.9985	13.9985
Capacity - Vem Beam 4	Mpr 1	27.4021	27.4021

El cortante en las columnas se calculó sumando los momentos máximos probables en el nudo y dividiendo el resultado por la longitud libre de la columna, en este caso 3

metros. Los valores calculados en Etabs coinciden estrechamente con los del software usado en este proyecto.

Tabla 6. Cortante últimos de la columna

Cortante de Columnas		Resultados (Ton)	
ETABS 18	Automatización	ETABS 18	Automatización
Vu Top (Minor, clockwise)	V col	13.8002	13.80
Vu Top (Minor, counterclockwise)	V col	13.8002	13.80
Vu Top (Major, clockwise)	V col	13.8002	13.80
Vu Top (Major, Counterclockwise)	V col	13.8002	13.80

Al igual que en las tablas presentadas anteriormente los resultados del cortante último en el nudo de la conexión automatizada

coincide con el calculado en Etabs, que muestra el mayor cortante último en cada dirección sísmica, descartando la dirección con menor

valor. La siguiente tabla muestra un valor de cortante último para cada orientación del sismo.

Tabla 7. Cortante último en el nudo del eje E-5

Cortante ultimo del nudo		Resultados (Ton)	
ETABS 18	Automatización	ETABS 18	Automatización
Shear VuTot (Major shear V2)	Vu	84.5008	84.50
Shear VuTot (Minor shear V3)	V u	84.5008	84.50

El ancho efectivo del nudo se calculó para las direcciones X y Y de las vigas en el nudo, utilizando la relación entre la suma de las bases

de la viga y la columna dividida por dos o la base de la columna, conforme a CI 352 RS-02.

Tabla 8. Ancho efectivo del nudo analizado

Ancho efectivo del nudo		Resultados (cm)	
ETABS 18	Automatización	ETABS 18	Automatización
Joint Width (Major)	bj	5	4
Joint Width (Minor)	bj	5	4
		0	5

Y, por último, el cortante teórico del nudo se determina por la anchura efectiva del nudo y el factor (γ gamma = 5.3) para nudos interiores, según ACI 352RS-02. Este valor

resulta más alto en Etabs y menor en el software de automatización propuesto, con diseño uniforme de vigas y columnas, impactando ambos cortantes teóricos del nudo.

Tabla 9. Cortante teórico del nudo

Cortante teórico del nudo		Resultados (cm)	
ETABS 18	Automatización	ETABS 18	Automatización
$\emptyset V_c$ (Major shear V2)	$\emptyset V_c$	188.5676	169.61
$\emptyset V_c$ (Minor shear V3)	$\emptyset V_c$	188.5676	169.61

4. Conclusiones

El presente estudio ha aportado perspectivas significativas del análisis comparativo entre el

software ETABS 2018 y la herramienta de Microsoft VBA demuestran la efectividad de ambos en la modelación y diseño estructural. El uso de ETABS

permitió un análisis dinámico y estático detallado de los elementos estructurales, especialmente en la verificación de la capacidad de la unión viga-columna según las normativas vigentes. La integración de Microsoft VBA proporcionó una herramienta de optimización que ajustó los resultados del acero a condiciones comerciales y estructurales reales, mostrando precisión en los cálculos estructurales críticos.

El estudio resalta la eficacia de las herramientas automatizadas en la mejora de la eficiencia y precisión del diseño estructural. Los datos analizados muestran una correspondencia significativa entre los valores calculados por ETABS y los ajustados mediante VBA, lo cual no solo confirma la fiabilidad de ambos sistemas, sino que también subraya su capacidad para complementarse mutuamente en entornos profesionales de ingeniería estructural. Esta sinergia es crucial para optimizar los procesos de diseño y asegurar la integridad estructural en proyectos complejos, evidenciando así la importancia de integrar tecnologías avanzadas en la práctica de la ingeniería estructural.

Estos resultados subrayan la superioridad de combinar software avanzado y herramientas de programación personalizadas sobre los métodos convencionales, ofreciendo soluciones más efectivas y adaptadas a los retos de la ingeniería moderna. A modo de recomendación, se sugiere explorar más a fondo la aplicación de estas tecnologías para optimizar los resultados de diseño, acelerar los tiempos de ejecución y aumentar la seguridad estructural, especialmente en zonas de alta sismicidad. Además, se insta a la realización de estudios adicionales para evaluar la efectividad y la economía de estas tecnologías en proyectos de gran escala, asegurando su implementación eficiente y contribuyendo al progreso de prácticas de ingeniería sostenibles y seguras.

Bibliografía

- A.Ahad, S. (2017). Analysis and Design Of Multistory Apartment Building Using ETABS. International Journal Of Engineering And Computer Science.
<https://doi.org/10.18535/ijecs/v6i5.13>

- ACI 318-14. (2014). American Concrete Institute.
- ACI 352RS-02. (2010). Recomendaciones para el Diseño de Conexiones Viga-Columna en Estructuras Monolíticas de Concreto Reforzado.
- American Concrete Institute ACI 352RS-02. (2010).
- Azam, R., Riaz, M. R., Farooq, M. U., Ali, F., Mohsan, M., Deifalla, A. F., & Mohamed, A. M. (2022). Optimization-Based Economical Flexural Design of Singly Reinforced Concrete Beams: A Parametric Study. *Materials*, 15(9), 3223. <https://doi.org/10.3390/ma15093223>
- C K, A. (2022). Design and Analysis of (G+4) Residential Building Using ETABS. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 10(7), 235–239. <https://doi.org/10.22214/ijrase.t.2022.45254>
- Cabeza, J. C. (2021). Automatización del análisis y diseño de la conexión Viga-Columna en elementos de Hormigón Armado mediante Microsoft VBA [Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3007>
- Cormos, R., Neagoe, C. A., Ciolca, M., & Hadar, A. (2023). VBA fatigue analysis program for metallic structural components preliminary design. *INCAS BULLETIN*, 15(4), 93–106. <https://doi.org/10.13111/2066-8201.2023.15.4.8>
- Gao, X., & Lin, C. (2021). Prediction model of the failure mode of beam-column joints using machine learning methods. *Engineering Failure Analysis*, 120, 105072. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.105072>
- John Louie A. Gagalang, & Rina J. Arcigal. (2021). Hand calculation and extended three-dimensional analysis of buildings (ETABS) Software: An analysis and design for a three (3) story buildings. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*, 57–59. <https://doi.org/10.36713/epra6237>
- Khan, A., Ali, A., Malik, T., Khan, A., & Khan, A. (2023, June). Comparative Study on Design Results of a Multi-storied Building using SAP2000 and ETABS. <https://doi.org/10.11159/iccste23.194>
- Khashi, K., Dehghani, H., & Jahanara, A. A. (2018). An Optimization Procedure For Concrete Beam-Column

- Joints Strengthened With FRP. International Journal of Optimization in Civil Engineering, 8(4). <http://ijoce.iust.ac.ir/article-1-369-en.html>
- Ling, Y., Xu, J., Guo, Z., & Wen, X. (2021). A study on Static behavior of New Reinforced concrete column-steel beam Composite Joints. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 20(1), 44–60. <https://doi.org/10.1080/13467581.2020.1816547>
- NEC-15. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción. NEC-SE-DS-2015
- Pechorskaya, S. A., Galishnikova, V. V., Gebreslassie, S. B., & Damir, H. Y. (2021). Structural analysis of high-rise building using ETABS and RSA software. Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings, 17(2), 133–139. <https://doi.org/10.22363/1815-5235-2021-17-2-133-139>
- Rajeev, A., Parsi, S. S., Raman, S. N., Ngo, T., & Shelke, A. (2020). Experimental and numerical investigation of an exterior reinforced concrete beam-column joint subjected to shock loading. International Journal of Impact Engineering, 137, 103473. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2019.103473>
- Sidik Hasibuan, S. A. R., . I., & Karisma, D. A. (2023). Optimization of Reinforcement Ratio in Reinforced Concrete Columns Using Interaction Diagrams. International Journal of Research and Review, 10(4), 200–204. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20230425>
- Tamayo, J. L. P., Mucillo, V. C., & Bigarella, B. G. (2023). Integration of Excel VBA with professional software for the structural analysis and design of civil structures. Computer Applications in Engineering Education, 31(4), 793–813. <https://doi.org/10.1002/cae.22607>