



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado
reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico
Simulated Annealing**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Mendiburu Alvan, Josue Oswaldo (orcid.org/0000-0002-4235-4240)

Pizan Garcia, Sarita Mariela (orcid.org/0000-0003-4127-4836)

ASESOR:

Mg. Ing. Noriega Vidal, Eduardo Manuel (orcid.org/0000-0001-7674-7125)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2024

Declaratoria de autenticidad del asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, NORIEGA VIDAL EDUARDO MANUEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing", cuyos autores son MENDIBURU ALVAN JOSUE OSWALDO, PIZAN GARCIA SARITA MARIELA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 19 de Junio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
EDUARDO MANUEL NORIEGA VIDAL DNI: 43236142 ORCID: 0000-0001-7674-7125	Firmado electrónicamente por: ENORIEGAVI el 19- 06-2024 18:37:41

Código documento Trilce: TRI - 0765729

Declaratoria de originalidad del autor(es)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, PIZAN GARCIA SARITA MARIELA, MENDIBURU ALVAN JOSUE OSWALDO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
JOSUE OSWALDO MENDIBURU ALVAN DNI: 71028853 ORCID: 0000-0002-4235-4240	Firmado electrónicamente por: JOMENDIBURU el 10-05-2024 23:56:03
SARITA MARIELA PIZAN GARCIA DNI: 71060379 ORCID: 0000-0003-4127-4836	Firmado electrónicamente por: SPIZANG el 10-05-2024 01:29:00

Código documento Trilce: TRI - 0747748

Dedicatoria

Dedico este trabajo; a DIOS, por darme la fortaleza necesaria para cumplir con mis responsabilidades, por la sabiduría que viene de él y que todo esfuerzo será siempre bien recompensado. También, se lo dedico a mis padres, por todos sus esfuerzos, sus consejos y motivación constante que hicieron que no me rinda.

PIZÁN GARCÍA SARITA MARIELA

En este tramo final de mi carrera profesional, dedico este proyecto a Dios, a mi padre Augusto Franklin Mendiburu Rojas y mi madre Olga Amelia Alván Landeras, a mis hermanas Norma Rosa Mendiburu Alván y Norma Margarita Mendiburu Alván, a mi pareja Alexandra Giannela Ramírez Malca por haberme alentado a seguir perseverando con buena actitud, mostrándome su amor en todo momento.

MENDIBURU ALVÁN JOSUE OSWALDO

Agradecimiento

Agradecida con mi familia por su apoyo y confianza puesta en mí, por ser el soporte emocional y por ser mi respaldo total a lo largo de la carrera. Así también, agradecida con todos los docentes que formaron parte de mi educación Universitaria por sus esfuerzos y dedicación en formar buenos profesionales. En especial al ing. Eduardo Noriega Vidal por su guía y consejos brindados para el desarrollo de esta investigación.

PIZÁN GARCÍA, SARITA MARIELA

Agradezco a Dios, a mis familiares y amistades que me apoyaron moralmente a seguir avanzando en mi carrera, mi mayor agradecimiento a mi asesor el Ing. Mg. Eduardo Noriega Vidal, quien con gran esfuerzo y dedicación me impulso a seguir realizando la presente investigación que lleva por título: “Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing”, también expresar mi agradecimiento a los profesionales que me ayudaron y motivaron en el desarrollo de esta investigación:

- Ing. Julio Felix Valeriano Murgia
- Ing. Cesar David Salirrosas Gómez
- Ing. Genaro Delgado Contreras

MENDIBURU ALVÁN JOSUE OSWALDO

Índice de contenidos

Declaratoria de autenticidad del asesor.....	ii
Declaratoria de originalidad del autor(es).....	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Índice de ecuaciones	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA.....	14
III. RESULTADOS.....	43
3.1. Objetivo Específico 1:.....	43
3.1.1. Fibras de acero optimizadas.....	43
3.2. Objetivo Específico 2:.....	44
3.2.1. Costo optimizado	44
3.2.2. Relación de Resistencia a la compresión, cuantía y Costo Óptimo	45
3.2.3. Cuantía optimizada	46
3.3. Objetivo Específico 3:.....	47
3.3.1. Resistencia a la compresión Optimizada	47
3.4. Objetivo Específico 4:.....	48
3.4.1. Análisis de ETABS.....	48
IV. DISCUSIÓN.....	55
V. CONCLUSIONES	59
VI. RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS	61
ANEXOS.....	67

Índice de tablas

Tabla 1. Características iniciales de la columna	17
Tabla 2. Características del acero.....	17
Tabla 3. Cálculos del eje neutro.....	18
Tabla 4. Coordenadas para diagrama de interacción.....	25
Tabla 5. Características iniciales de la viga	26
Tabla 6. Datos para un análisis sísmico.....	29
Tabla 7. Cálculos para el análisis en ETABS.....	29
Tabla 8. Cálculo de Cortante, Aceleración Espectral y Fuerza Cortante.....	30
Tabla 9. Periodo Fundamental de Vibración (T).....	30
Tabla 10. Análisis Estático y Dinámico en ETABS.....	31
Tabla 11. Análisis de fuerza cortante mínima	31
Tabla 12. Evaluaciones de Desplazamientos bajo cargas asignadas.....	32
Tabla 13. Evaluación de los desplazamientos relativos admisible	32
Tabla 14. Análisis del presupuesto en S10	33
Tabla 15. Características Optimizadas para el pórtico	40

Índice de figuras

Figura 1. Tipo y diseño de investigación.	14
Figura 2. Características del pórtico.....	17
Figura 3. Diagrama de interacción.	25
Figura 4. Flujograma Simulated Annealing.	41
Figura 5. Relación Fibras de Acero vs Costo	43
Figura 6. Costo vs Iteración.	44
Figura 7. Relación F'c vs Cuantía vs Costo	45
Figura 8. Relación Cuantía vs Costo.....	46
Figura 9. Relación F'c vs Costo	47
Figura 10. Cortante para carga muerta del pórtico.....	48
Figura 11. Momento para carga muerta del Pórtico.....	49
Figura 12. Cortante para carga viva del pórtico.	50
Figura 13. Momento para carga viva del pórtico.	51
Figura 14. Verificación de Desplazamientos en XX del Pórtico.....	52
Figura 15. Área de acero para la viga y las columnas.....	53
Figura 16. Diagrama de Interacción de la Columna C1.....	54
Figura 17. Diagrama de Interacción de la Columna C2.....	54

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Cuantía de refuerzo longitudinal.....	18
Ecuación 2. Compresión pura.....	18
Ecuación 3. Cálculo de eje neutro.....	19
Ecuación 4. Deformaciones.....	19
Ecuación 5. Esfuerzos.....	19
Ecuación 6. Cálculo de fuerzas.....	20
Ecuación 7. Cálculo de C_c	20
Ecuación 8. P balanceado.....	20
Ecuación 9. Centroides plásticos.....	20
Ecuación 10. Cálculo de los momentos.....	20
Ecuación 11. Cálculo de P para tracción pura.....	25
Ecuación 12. Peralte efectivo.....	26
Ecuación 13. Cuantía mínima.....	26
Ecuación 14. Cuantía balanceada.....	27
Ecuación 15. Cuantía Máxima.....	27
Ecuación 16. Cálculo de acero.....	27
Ecuación 17. Cálculo de momentos máximos.....	28

Resumen

El objetivo de esta investigación fue optimizar el diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing. La metodología empleada fue de tipo básica, de diseño no experimental y descriptivo simple, utilizando el programa Excel para la recolección de datos. Tras 14000 iteraciones del algoritmo, se identificó un diseño óptimo que incluía dos columnas de 40 x 40 cm y una viga peraltada de 25 x 40 cm. Las varillas de acero empleadas presentaron una cuantía del 1.25% para columnas y del 1% para vigas. Además, se adicionaron fibras de acero en una proporción de 20 kg/m³, logrando optimizar el costo total a S/. 1236.32 soles, sin considerar la de mano de obra, lo que representó una reducción del 67.68% del costo inicial estimado. En conclusión, la aplicación del algoritmo Simulated Annealing permitió un diseño eficiente y rentable del pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero, cumpliendo con las especificaciones geométricas y resistencias necesarias, y los resultados fueron validados comparándolos con análisis realizados en ETABS. Esto demostró que la optimización metaheurística es una herramienta eficaz para el diseño de pórticos de hormigón armado reforzado con fibras de acero.

Palabras clave: Optimización de diseño, Pórtico de hormigón armado, Simulated Annealing, Fibras de acero, Reducción de costos.

Abstract

The objective of this research was to optimize the design of a reinforced concrete portal frame reinforced with steel fibers using the metaheuristic algorithm Simulated Annealing. The methodology used was basic, non-experimental design and simple descriptive, using the Excel program for data collection. After 14,000 iterations of the algorithm, an optimal design was identified that included two 40 x 40 cm columns and a 25 x 40 cm cambered beam. The steel rods used were 1.25% for columns and 1% for beams. In addition, steel fibers were added in a proportion of 20 kg/m³, optimizing the total cost to S/. 1236.32 soles, without considering the labor cost, which represented a reduction of 67.68% of the initial estimated cost. In conclusion, the application of the Simulated Annealing algorithm allowed an efficient and cost-effective design of the reinforced concrete portal frame reinforced with steel fibers, complying with the required geometric specifications and resistances, and the results were validated by comparing them with analyses performed in ETABS. This demonstrated that metaheuristic optimization is an effective tool for the design of steel fiber reinforced concrete frames.

Keywords: Design optimization, Reinforced concrete portal frame, Simulated Annealing, Steel fibers, Cost reduction.

I. INTRODUCCIÓN

Anteriormente, era necesario corregir con frecuencia los valores de algunas propiedades estructurales sin modificar otras para cumplir los parámetros deseados de la distribución estructural en un pórtico de hormigón armado. Este proceso se repetía, lo que impedía optimizar el diseño, el coste y el tiempo. Tal procedimiento se encontraba condicionado al análisis de diversas posibles soluciones basadas en el propio juicio del profesional estructuralista, sin saber con exactitud la solución óptima. Sin embargo, con el transcurso del tiempo nuevos métodos surgieron para realizar el diseño estructural de manera eficaz. Cada uno de estos métodos era mejor que el anterior, puesto que, ofrecía mejores resultados al momento de realizar los cálculos, optimizando el diseño en función del tiempo y costo. Actualmente contamos con métodos que, a través de la tecnología, mejoran las herramientas computacionales que favorecen a la optimización de pequeñas y grandes estructuras.

Con estas herramientas computacionales se codifica una serie de algoritmos matemáticos para el diseño, dando solución de manera automática a la optimización de la estructura aportada, “estos algoritmos podrían utilizarse con otros sistemas estructurales, aunque cada uno de ellos maneja un cierto nivel de complejidad a la hora de identificar la información que debe suministrarse” (Mejía et al. 2018).

De este modo, se da paso a procesos iterativos de modificación de la estructura en los que se investiga toda la gama de combinaciones de variables de diseño que repercuten en la estructura y satisfacen las condiciones deseadas, garantizando que el diseño final se ajuste al diseño óptimo y que su búsqueda está libre del juicio subjetivo del profesional encargado del diseño (Casado, 2022).

En la actualidad se busca que todo diseño estructural se encuentre en equilibrio con su costo, es decir, optimizar los procedimientos de diseño constructivos y costos totales para conseguir la sostenibilidad del proyecto. Por este motivo, el Predimensionamiento (considerado como proceso de definición de las posibles dimensiones con sus respectivos materiales de los elementos estructurales) es la etapa inicial del método utilizado actualmente para desarrollar un pórtico de hormigón armado. Posteriormente, se utilizan constantes de modelado mecánico que incluyen geometría, condición de apoyo, material, masa y cargas; a partir de ello, se crea el modelo de la estructura.

De manera que, se realiza el análisis estructural, cuyos resultados nos servirán para

construir el modelo de la estructura de acuerdo con el comportamiento del material, las teorías de resistencia de los materiales acompañado obligaciones de la normativa vigente, así como el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E 020, Norma E 030, Norma E 060. Finalmente, se obtiene una aproximación al diseño idóneo de la estructura (Negrin, et al. 2019).

Teniendo en cuenta que, para lograr la optimización del diseño estructural de un pórtico de hormigón armado con fibras de acero, se requiere de un análisis minucioso y se plantea el siguiente problema: ¿Cuál es la Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing? De este modo, el proyecto busca aplicar mediante la unificación de algoritmos metaheurísticos la optimización del diseño del pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero aplicando la Inteligencia Artificial (IA).

La justificación teórica se basa que, en ausencia de la investigación en cuestión, no se producirán avances adicionales en la aplicación del método Metaheurístico Simulated Annealing a la optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero. De igual forma a través de esta investigación, se logrará optimizar el diseño de una estructura aporricada de hormigón armado reforzada con fibras de acero; mejorando la calidad constructiva, garantizando que el modelo estructural será el más adecuado y capaz de resistir las fueras sísmicas, obteniendo una estructura más segura, mencionada como justificación práctica.

Para la justificación social se pretende que, a través de la presente investigación se resuelva problemas de costo, material y tiempo en el diseño de pórticos de hormigón armado y en consecuencia los profesionales no continúen usando métodos antiguos que dilatan el tiempo del cálculo estructural, en tal sentido nuestra investigación intenta resolver proponiendo un método de diseño estructural usando el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing y el lenguaje de programación Python.

Como justificación metodológica se expone que, el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing usado para la presente investigación, se encuentra expresado como “Un algoritmo de búsqueda local que resuelve en menor medida, problemas de optimización a los diseños planteados, donde la característica clave del Simulated Annealing es proporcionar de manera óptima movimientos de ascenso con el objetivo primordial de encontrar el óptimo global” (Liu et al. 2021).

Por esta razón, nuestro objetivo general es Optimizar el diseño de un pórtico de

hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing; en consecuencia, se ha establecido que los objetivos específicos es evaluar la cantidad óptima de fibras de acero en un pórtico de hormigón armado mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing, calcular el costo optimizado de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing, identificar la resistencia a la compresión optimizada de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing y analizar la optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de Acero en ETABS.

Finalmente, se plantea la siguiente Hipótesis: Mediante el uso del algoritmo metaheurístico Simulated Annealing se podría realizar la Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero.

Como parte de los antecedentes internacionales tenemos la investigación “Optimización del Diseño de Muros de Contención empleando Algoritmo Simulated Annealing Modificado” en la cual desarrollaron un método para mejorar el diseño de muros de contención con baja carga a través de un algoritmo de recocido simulado modificado (ASAM). El objetivo de la optimización es minimizar el peso total por unidad de longitud de la estructura de contención según el método ACI 318-05. Para ello, utilizaron dos libros de referencia con cambios continuos para la geometría de la pared y diferentes cambios para el refuerzo de acero para optimizar el diseño. Finalmente, los valores numéricos obtenidos en la medición, la media de los pesos y la desviación estándar muestran la precisión, potencia y flexibilidad de ASAM para resolver diferentes tipos de problemas, y el diferente número de cambios, con lo que se logra que sea un método efectivo y seguro (Millan et al. 2018).

Por otra parte, en el estudio denominado “Optimización De Marcos Articulados Prefabricados De Hormigón Armado Mediante Recocido Simulado Híbrido” para obtener una optimización económica del hormigón armado prefabricado usado en el diseño de un marco articulado, utilizaron un algoritmo híbrido de recocido simulado y un operador de mutación, lo que hizo posible que obtenga diseños con costes limitados usando un óptimo de materiales. Antes de realizar la optimización de la estructura, se realizó la verificación de los estados límite último (ELU), de servicio (ELS) y el cálculo estructural a través del desarrollo de un software propio (Ruiz et al. 2022).

Así mismo, en la investigación titulada “Diseño de experimentos para la calibración de la heurística de optimización de muros de contrafuertes” lograron reducir el tiempo de cálculo y obtener mejores resultados en el diseño de un muro de contrafuerte. Para ello, aplicaron el diseño del ensayo observacional para ajustar los parámetros del algoritmo de Simulated Annealing (SA) del muro de contención con zapata, de 11 m de altura. Este estudio permitió crear un método para obtener los elementos principales que muestran mejores resultados para el mismo propósito, aplicados al muro contrafuerte. Cabe mencionar que la reducción de costos de diseño está asociada a la reducción del consumo de materiales, lo que conlleva a una mejora ambiental (Martí et al. 2020).

De esta manera, al realizar la optimización de estructuras de hormigón armado no solo estamos favoreciendo a la reducción de costos del diseño, sino que indirectamente se obtienen estructuras más amigables con el medio ambiente. Debido a que el hormigón, así como ha traído beneficios también ha traído consecuencias negativas para el medio ambiente, pues es, el segundo material más usado en el planeta y cuya producción genera entre el 4% y el 8% del dióxido de carbono mundial (Watts, 2019).

En la investigación “Comparing Analysis of Earthquake-Resistant Housing Construction Methods in Ecuador: Frames vs. Walls/ Análisis comparativo de métodos de construcción de viviendas sismorresistentes en Ecuador: marcos versus muros” buscaron determinar el modelo estructural más sismorresistente y rentable para la construcción de viviendas en el Ecuador. Actualmente, el método de construcción predominante en el país utiliza marcos de hormigón armado, que pueden no proporcionar suficiente protección contra la actividad sísmica. Los resultados presentan que para evaluar la integridad estructural se utilizan programas de análisis estructural como SAP 2000, ETABS, SAFE, etc. lo que permitirá una comparación de derivas y desplazamientos a medida que el corte basal aumenta progresivamente hasta el límite de capacidad final para cada casa. Además, se realiza un análisis económico mediante la elaboración de un presupuesto de la superestructura de cada casa utilizando ambos métodos de construcción. El objetivo es identificar la opción más accesible y asequible para la comunidad y al mismo tiempo eliminar la opción menos viable (Ochoa-Guerrero et al. 2024).

Con respecto a los antecedentes nacionales, en el trabajo de investigación “Algoritmo Genético Multiobjetivo para la Optimización de la Distribución de Ayuda Humanitaria

en Caso de Desastres Naturales en el Perú” se buscó optimizar la distribución de ayuda humanitaria en caso de desastres naturales en el Perú, a través de un algoritmo genético multiobjetivo. Para lo cual, se propuso un método de programación mixta no lineal y automática en el cual se desarrollaría un plan integral de distribución de ayuda humanitaria, que abarque los niveles nacional y regional después de un desastre. Asimismo, se propuso el diseño e implementación del algoritmo genético basado en el principio evolutivo que se utiliza para obtener soluciones cercanas con menor demora de tiempo que los métodos exactos. Para probar estos dos métodos, se extrajo información de los datos disponibles del INDECI y para modelar los datos experimentales se empleó las distribuciones de probabilidad. Todo esto con el objetivo de comparar los dos métodos y pretender utilizar el algoritmo genético para trabajar eficientemente en un menor tiempo. Este estudio demostró que la representación cromosoma es uno de los factores más importantes para garantizar la eficacia de los algoritmos genéticos (Aduviri, 2019).

En la tesis “Optimización de las dimensiones de placas mediante el uso de IA para reducir los costos en edificios de 6 pisos en el distrito de Miraflores” se planteó desarrollar redes neuronales artificiales como una forma de inteligencia artificial con el objetivo de reducir el costo del hormigón armado. Se usó este algoritmo de aproximación no lineal con el objetivo de mejorar las secciones de los muros de corte de edificaciones sin irregularidad de 6 niveles en el distrito de Miraflores-Perú. Se utilizó el software ETABS como herramienta de análisis estructural, la elaboración de la red neuronal se llevó a cabo en Matlab porque es un programa especializado en el trabajo con matrices y finalmente para el diseño y almacenamiento de información se usaron Mathcad y Excel. Para el análisis se diseñaron 10 redes neuronales diferentes, con el objetivo de seleccionar la que mejor se ajuste a los datos utilizados para el entrenamiento. El ancho y el largo de la casa se ingresaron como variables de entrada; y la distancia entre luz máxima de los ejes X e Y, como variable de salida. Sin embargo, en cada uno de ellos el número de neuronas y el número de capas ocultas son diferentes. En el proceso de entrenamiento se utilizan 30 casos con las dimensiones optimizadas, lo que permite a la red neuronal predecir la longitud y el espesor de la placa con un error del 10% (Sanchez et al. 2020).

En la investigación “Sintonización de un Controlador PID para un Péndulo Invertido Mediante Algoritmos Meta-Heurísticos: Luciérnaga y Recocido Simulador” proponen una opción diferente a los métodos tradicionales de ajuste de los parámetros del

controlador PID en las plantas industriales. Esta opción consiste en implementar algoritmos metaheurísticos, que pertenecen al subcampo de la inteligencia artificial conocido como búsqueda informada con el fin de lograr la optimización de la función de costes y evitar máximos o mínimos locales. Se utilizó un sistema con péndulo invertido en un modelo linealizado de carro deslizante para aplicar los algoritmos recocido simulado y luciérnagas, además el criterio de Routh-Hurwitz cuyos rangos superiores se determinaron mediante el criterio de Routh-Hurwitz para todas las especificaciones de rendimiento en el dominio del tiempo. Los resultados indicaron que los parámetros optimizados del controlador PID no presentaban una diferencia significativa y que la velocidad de convergencia era rápida. Por lo tanto, se puede concluir que esta alternativa es una opción adicional para la sintonía de los lazos de control (Beltrán et al. 2020).

Como podemos observar el uso de algoritmos heurísticos, metaheurísticos, así como la inteligencia artificial viene siendo implementada en las diferentes ramas de la ingeniería como también en el área de la salud, derecho, etc. Su implementación se debe principalmente a lograr la optimización en diferentes recursos como también en el proceso de interés. En física, matemáticas e ingeniería, es común que se requiera encontrar el valor óptimo global de funciones multidimensionales. Un ejemplo de método metaheurístico es el Recocido Simulado cuyo objetivo es dar solución a problemas de optimización global, aunque una de sus desventajas es que el tiempo de búsqueda puede ser infinito (Visbal et al. 2019).

En cuanto a los antecedentes locales en el proyecto de investigación “Optimización del Diseño de una Viga de Concreto Armado mediante Simulated Annealing, Perú” se plantea la aplicación del algoritmo Simulado Recocido para determinar la optimización de vigas de hormigón armado. Para ello, se realizó el cálculo de optimización de 15602 vigas con una sección de 0,3 m x 1,40 m, con una resistencia a compresión de 280 kg/cm² y superficie de acero de 8,04 cm². El coste resultante fue de s/. 1909.63 y se pudo completar la geometría de diversos modelos para su análisis e implementación. Además, el autor menciona que la tecnología crea muchas oportunidades; como el estudio de la inteligencia artificial que permite automatizar tareas y procesos que antes solo podían realizar los seres humanos (Noriega, 2021). Por otro lado, en la tesis “Optimización del diseño de una columna de concreto armado mediante el algoritmo de Simulated Annealing, Perú”, resuelve el problema de optimización utilizando tecnologías de última generación para encontrar los valores

óptimos que permitan a las columnas evaluadas obtener resistencia óptima, costo total mínimo y menor tiempo de cálculo en comparación con los diseños tradicionales. Las columnas evaluadas en este estudio fueron las columnas del medio. Utilizando el algoritmo desarrollado se pueden encontrar los valores óptimos para el área de base, altura, resistencia del concreto y cantidad, asumiendo que los datos son solo el área lateral. Además, el algoritmo desarrollado también proporciona el coste total de la torre en un corto periodo de tiempo. Como ejemplo práctico se analizó una columna con un área lateral de 42tn, donde el algoritmo nos mostró como mejor opción una columna de 0.25m x 0.25m con una resistencia del concreto de 210kg/cm² y 4 refuerzos longitudinales de 5/8". Todos estos parámetros se encuentran dentro del rango que marca la norma, como 1,2% de contenido y precio S/. 197,00. Consiguiendo de dicha forma un diseño óptimo y económico (Neyra et al.2022).

Los Pórticos son sistemas estructurales que se conforman por la unión de columnas y vigas, estas últimas se sostienen en las columnas transfiriendo las cargas. Si la unión entre viga y columna es articulada, la viga solo transfiere a las columnas la carga vertical, es decir, las columnas funcionan a compresión simple (carga axial). Sin embargo, si la unión entre viga y columna es rígida, las columnas reciben la carga vertical y momento (a menudo, también carga horizontal). Para este caso, la columna funciona a flexión compuesta (axil + flector). Como mínimo el ochenta por ciento de la fuerza cortante en la base debe actuar en las columnas de los pórticos (Ministerio de Vivienda, Norma E030, 2019)

Las columnas son estructuras verticales que se construyen para resistir cargas de compresión axial, que suelen combinarse con el esfuerzo cortante. En las edificaciones de hormigón armado, la continuidad del sistema crea momentos flectores en todas sus partes, por lo que la compresión axial actúa juntamente con el cortante, la flexión o la torsión. Todos los componentes del sistema crean momentos flectores (Harmsen, 2017).

Las vigas son componentes estructurales de hormigón armado que funcionan a flexión y a cortante. Se utilizan para proporcionar mayor rigidez a los muros en conjunto con las columnas. Pueden ser vigas chatas, vigas de solera o vigas con peralte, situadas horizontalmente y con pendiente en ciertas ocasiones, soportan todo el peso del nivel al que pertenezcan (Ministerio de Vivienda, Norma E060, 2009)

El concreto o también llamado en algunos países hormigón, es una mezcla de cemento, áridos inertes (la grava, arena) y agua. Dicha combinación crea un material

que, tras un periodo de tiempo se endurece para crear una piedra artificial. Este material es el más usado en las diferentes áreas de la construcción por sus características como: Alta resistencia al agua, ideal para edificaciones destinadas a manipular, almacenar y transportar agua; la simplicidad de los elementos de diseño permite moldearlos en diferentes formas y tamaños; y como tercera razón, es el más económico y rápido disponible en fábrica (Mehta et al. 2014).

Resulta conveniente saber a detalle los componentes que participan en la preparación del concreto: El cemento Portland se describe como un aglutinante hidráulico, que es un material finamente pulverizado que se combina con agua para formar una pasta que fragua, se endurece, conserva resistencia y estabilidad incluso cuando hay agua presente en ella. A este proceso lo llamamos "hidratación" (Cemex Perú, 2019).

Hoy en día se producen numerosas variedades de cemento portland para determinadas necesidades, fabricándose de acuerdo con los requisitos normativos. En nuestro país contamos con la NTP (Norma Técnica Peruana) NTP 334.009 (Requisitos para el cemento Portland), basada en la norma ASTM C 150, que considera cinco tipos diferentes de cemento en nuestro país: cemento tipo I: uso general, Tipo II y Tipo Cemento II (MH): Poca resistencia a los sulfatos y al calor de hidratación, Cemento Tipo III: Alta resistencia inicial, Cemento Tipo IV: Para obtener una baja temperatura de hidratación y Cemento Tipo V.

Los Agregados son definidos por ser el material granular que también puede utilizarse junto con un fabricante de cemento para producir materiales cementosos o hidráulicos, como arena, grava, piedra triturada o retardantes de fuego. Los términos árido grueso y árido fino se utilizan para describir las partículas de árido que son inferiores a 4,75 mm, pero superiores a 75 µm (malla n.º 200), respectivamente. El árido grueso conocido como grava se produce mediante el procesamiento de conglomerado débilmente adherido o como consecuencia de la desintegración y abrasión natural de la roca (Mehta et al. 2014).

La palabra "arena" se utiliza con frecuencia para referirse a los áridos finos fabricados a partir de roca triturada, piedra caliza fría o roca que ha sufrido abrasión y desintegración naturales. Cuando las piedras, bolas, rocas grandes se Trituran en un entorno industrial, el producto final es piedra triturada. El material procedente de la industria siderúrgica, conocido como escoria de alto horno, se obtiene triturando escoria de alto horno solidificada que se ha formado en circunstancias atmosféricas. El Agua es utilizado en la elaboración del hormigón (concreto) tienen la capacidad de

reaccionar químicamente con el agua para fraguar y endurecer el hormigón, confiriéndole sus propiedades distintivas. Para que esta reacción química se produzca por completo, se necesita agua en una cantidad equivalente a aproximadamente el 40% del peso del cemento. La cantidad inicial de agua que se agrega a la mezcla de cemento y mezcla para obtener un nuevo material trabajable suele ser mayor que el agua requerida para una hidratación completa (Pérez, 2015).

Los Aditivos son componentes que se suman a las mezclas de hormigón antes o durante el amasado, además de los áridos, el cemento y el agua. Debido a sus numerosas ventajas, los aditivos se utilizan a menudo en el hormigón hoy en día. Los aditivos químicos, por ejemplo, pueden alterar las propiedades de fraguado y proceso de endurecer el cemento afectando a su velocidad de hidratación. También se emplea para aumentar la durabilidad del concreto expuesto a climas frío; se usan para reducir el agua, pues logran que la mezcla fresca obtenga mayor plasticidad al reducir la tensión superficial del agua; y los aditivos minerales como las puzolanas (materiales que contienen sílice reactiva) pueden reducir el agrietamiento térmico del hormigón (Mehta et al. 2014).

El Concreto armado puede tolerar tanto esfuerzos de compresión como de tracción, debido a que en su interior está reforzado con acero. La armadura, soporta los esfuerzos de tracción, mientras que el hormigón resiste los esfuerzos de compresión. El comportamiento conjunto del hormigón y la armadura se origina cuando la buena adherencia entre los dos materiales se mantiene después de que el hormigón se endurece (Harmsen, 2017).

En la norma peruana E060 se detallan los parámetros mínimos como la longitud de desarrollo, recubrimiento y espaciamiento que se debe de tener en cuenta al momento de diseñar estructuras de concreto armado. Así mismo, define al concreto armado (reforzado) como el concreto estructural reforzado que cuenta en su interior con no menos de la cuantía mínima de acero (Ministerio de Vivienda, Norma E060, 2009).

El acero de refuerzo se trata de aleaciones hierro-carbono, que tienen un acabado con resaltes denominado corrugas, el cual proporciona mejor adherencia con la pasta de concreto. El uso del concreto armado ha contribuido al complemento de propiedades de estos dos materiales, que en conjunto otorgan gran resistencia a la tracción al concreto y buena compresión al acero (Pérez, 2015).

Las barras corrugadas deben de cumplir con los requisitos de las especificaciones de barras de acero al carbono con resaltes y lisas para hormigón armado presentes en

NTP 341.031 y las especificaciones NTP 339.186 que contiene los requisitos para barras con resaltes y lisas de acero de baja aleación para hormigón armado (Ministerio de Vivienda, Norma E030, 2019)

Fibras de acero, este material es el resultado final de muchos filamentos metálicos y de un procedimiento conocido como trefilado; además, cuando se añade al hormigón, este material suele mejorar el comportamiento de la estructura. Cabe señalar que este tipo de material ha ganado reconocimiento porque aumenta las capacidades estructurales y facilita la construcción (Bautista, 2021)

Así mismo, utilizando la aplicación Mathcad comprobó que añadiendo 25 kg/m³ de fibra de acero al hormigón se obtienen 258 kg/cm² de resistencia a la compresión y 46.076 kg/cm² de resistencia a la flexión, mejorando el comportamiento estructural del hormigón. Este hormigón que contiene fibra de acero tiene características diferentes según la determinación del cálculo de que su módulo de elasticidad es de 2409356,76 Tn/m². En consecuencia, dado que el hormigón que contiene fibra de acero tiene propiedades diferentes a las del hormigón normal, repercutirá en la resistencia sísmica con que se diseñe una estructura (Bautista, 2021)

La Optimización estructural, es un método que diseñadores e investigadores pueden utilizar para crear estructuras más racionales y eficaces en el contexto de determinados objetivos. El componente estructural, que incluye el modelado estructural, el análisis y el diseño, y el componente de optimización, que incluye la formulación del problema, la función o funciones objetivo, la aplicación de métodos de optimización y factores similares, podrían separarse didácticamente en dos componentes. Ambos son cruciales porque sin una formulación matemática sólida o las técnicas de optimización adecuadas, las soluciones estructurales obtenidas no serían lógicas y todo el proceso perdería su finalidad (Negrin et al. 2021).

Algoritmos Heurísticos, una manera de lograr la optimización en estructuras es a través de los algoritmos heurísticos, este nuevo procedimiento se enfoca en calibrar parámetros y aquellos que tienen un gran impacto a través del análisis estadístico, permitiendo mejorar el modelo actual en base a la búsqueda de la mejor solución (Casado, 2022).

Algoritmos metaheurísticos, debido a varias características, como el uso de variables discretas, los algoritmos metaheurísticos se utilizan con frecuencia para llevar a cabo el proceso de optimización en la estructura. Estas técnicas, en las que se incluyen las estrategias evolutivas (EA), presentan un comportamiento estocástico, lo que hace

que cada proceso sea distinto. En consecuencia, se necesitan varias pruebas para obtener datos precisos sobre la eficacia de la técnica en un problema concreto (Negrin et al. 2021).

Simulated Annealing (recocido simulado) es un método metaheurístico bien conocido para abordar problemas difíciles. El término recocido proviene de la termodinámica y se refiere a la forma en que los metales se enfrían y recosen. En lugar de la energía del material, el recocido simulado utiliza la función objetivo de un problema de optimización (Blum et al. 2021).

Es decir, que el algoritmo Recocido Simulado permite resolver problemas de optimización global. Debido a su carácter estocástico, esta estrategia asegura que se alcanzará el óptimo global en un sentido probabilístico. El mayor inconveniente de este método es que el tiempo de búsqueda puede llegar a ser indefinido. El Recocido Simulado es particularmente útil para resolver problemas grandes (multidimensionales) en los que diferentes tipos de óptimos locales ocultan al óptimo global (Visbal et al. 2019).

Así también existen otros algoritmos metaheurísticos, entre los que destacan: El algoritmo de búsqueda Tabú, cuyo procedimiento se caracteriza por el empleo de la memoria adaptativa y cuando se encuentra estancado en un óptimo local, elige el próximo movimiento de búsqueda (potencialmente inferior) lo cual hace que se limite a regresar a soluciones anteriores. La lista Tabú, que memoriza los movimientos de búsqueda anteriores y los elimina durante un período de tiempo determinado, es la principal herramienta utilizada para lograr este objetivo (Taha, 2012).

Algoritmo genético, el cual simula el mecanismo de "supervivencia del más apto" de la evolución biológica. Cada solución viable a un problema está representada por un cromosoma codificado por una colección de genes. La codificación genéticas binaria y numérica son más frecuentes. Una población con N cromosomas es un conjunto de N soluciones viables. La idoneidad de un cromosoma se juzga en función de una función objetivo aceptable. Un cromosoma con mayor capacidad proporciona un valor más alto a la función objetivo (Taha, 2012).

Algoritmo GRASP, fue desarrollado en 1995 por Thomas A. Feo y Mauricio Resende como heurística probabilística para una colección de problemas computacionales cubiertos. Se basa en la idea de que las respuestas iniciales variadas y de buena calidad son primordiales en el éxito de las estrategias de búsqueda local. Cada iteración comprende dos fases: la creación de una solución viable y la búsqueda local

de la localización de un mínimo local en el entorno de la solución producida (Eschenhagen et al. 2018).

Como último, el algoritmo denominado Colonia de Hormigas o ACO es un sistema multi agente inspirado en el comportamiento de las hormigas observado en la naturaleza. El principio de funcionamiento de esta metaheurística puede resumirse como sigue: ACO se basa en la comunicación indirecta entre un grupo de individuos conocidos como hormigas artificiales a través de senderos de feromonas artificiales. La feromona artificial actúa como una información numérica distribuida utilizada por los agentes para tomar decisiones probabilísticas que les permitan desarrollar una solución a una situación concreta (Gallego et al. 2007).

Por otra parte, en la inteligencia artificial se destaca el método de las redes neuronales (RN), que son aprovechadas para solucionar un gran número de problemas, con aplicaciones que van desde la psicología, la economía, el control automatizado y las comunicaciones hasta los retos de la ingeniería civil. Las RN intentan emular el funcionamiento del cerebro humano tanto en su estructura como en su funcionamiento. La excelente capacidad de las redes neuronales para el procesamiento de información se debe a su estructura dispersa y paralela (la información se almacena en las partes de procesamiento de la red de forma no centralizada), así como a su capacidad de entrenamiento y, por tanto, de generalización. La no linealidad, el modelado de las interacciones entrada-salida, el aprendizaje adaptativo y el funcionamiento en tiempo real son algunas de sus características fundamentales (Hernández, 2006).

Python, fue inventado por Guido Van Rosum en los años 90 como lenguaje de programación de uso general. Incluye tipado dinámico, lo que implica que una sola variable puede contener datos de muchos tipos. Esto, combinado con su condición natural interpretada, lo convierte en un excelente primer lenguaje para aprender. Python es un lenguaje interpretado, lo que significa que no requiere compilación para ejecutarse, lo que tiene ventajas. Python está desarrollado en C, por lo que puede ampliarse escribiendo tipos de datos, funciones, etc. adicionales a través de su API en C o C + +. Por el momento, existen dos versiones, 2.x y 3.x; sin embargo, hasta que estas dos versiones se combinen, lo mejor es utilizar la versión 3.x estable más reciente. Python es multiparadigma, lo que significa que soporta Programación Funcional, una Programación Estructurada y Programación Orientada a Objetos (Nolasco, 2018).

El software o programa ETABS, es un sistema que da las facilidades para el diseño y estructuración para el modelamiento y la representación de los elementos estructurales en 2D como en 3D, contando con una gran capacidad de análisis proponiendo diferentes alternativas de dimensionamiento en los elementos estructurales enmarcando así una gran variedad materiales, diseños didácticos dando así una comprensión analítica completa de los resultados obtenidos (Arotuma et al. 2022).

II. METODOLOGÍA

Tipo y diseño de la presente investigación es de tipo Básica, porque permite adquirir nuevos conocimientos teóricos sobre la optimización de diseños de pórticos de hormigón armado mediante el uso de algoritmos metaheurísticos, sin el interés directo de contrastarlo con algún caso práctico.

Por otro lado, el desarrollo de la investigación presente se basa en un diseño No experimental. Esto quiere decir que no busca hacer manipulación de las variables estudiadas por parte de los investigadores (Alvarez, 2020)

De esta manera se determina que la presente investigación es descriptiva simple. Cuando se habla de una investigación descriptiva, quiere decir que, se describe en todos sus factores principales, una realidad existente (Guevara et al. 2020).

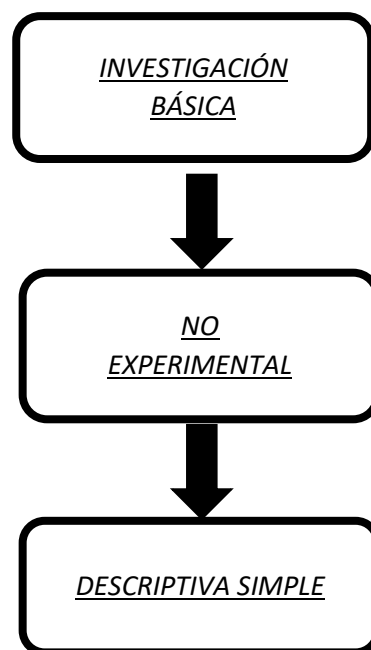


Figura 1. Tipo y diseño de investigación.

La variable y Operacionalización de la variable Independiente a investigar en el presente proyecto es: Diseño de un pórtico de hormigón armado, el cual será reforzado con fibras de acero. La optimización de dicho pórtico se realizará a través de un lenguaje de programación en el cual se inserta factores que permiten determinar valores como porcentaje óptimo de fibras de acero, costos optimizados y la resistencia a la compresión óptima. El diseño de vigas y columnas estará bajo la combinación de cargas por flexión, torsión y corte.

En cuanto a la definición conceptual, el diseño de un pórtico de hormigón armado es

un sistema de columnas y vigas que unidas son capaces de resistir todo tipo de cargas. Como mínimo el 80% de la fuerza cortante en la base debe actuar en las columnas de los pórticos (Ministerio de Vivienda, Norma E030, 2019).

Por otra parte, la definición Operacional de la variable diseño de un pórtico de hormigón armado implica dimensionar los elementos estructurales (columnas y vigas) de tal manera que se forme un marco rígido que puedan soportar las cargas del peso propio, el peso de los materiales, el viento y los sismos.

Para la variable independiente se tiene en cuenta las siguientes dimensiones e indicadores:

- Fibras de Acero 20 kg/m³ , 30 kg/m³ y 40 kg/m³

- Costos Costo Optimizado de un pórtico

- Resistencia a la
 Compresión $f'c = \frac{F}{A}$

La escala de medición para esta investigación es de tipo cuantitativa a razón, debido que los resultados que obtendremos serán dados en porcentajes, soles y en kg/cm² respectivamente para cada una de las dimensiones antes mencionadas.

La población fue todo tipo de pórtico de hormigón armado que pueda ser analizado mediante el algoritmo Simulated Annealing.

El criterio de inclusión son pórticos de hormigón armados reforzados con fibras de acero de un solo vano y de un solo nivel; mientras que los criterios de exclusión serán pórticos de cualquier otro material (acero, madera, etc.), pórticos sin fibras de acero, ni que tengan más de un vano y/o más de un nivel.

En el análisis de la Muestra se seleccionó 14 000 iteraciones, por criterio de los investigadores, teniendo en cuenta el tiempo de procesamiento computacional para el cálculo.

El Muestreo de la investigación utilizará un muestreo no probabilístico, lo cual el método de selección se fundamenta bajo criterio de los investigadores.

Técnicas e instrumento para la recolección de los datos de la presente investigación

se aplica una técnica de observación para la obtención de resultado de datos de la variable analizada. Con esta estrategia los investigadores dan sentido a la realidad del problema con el fin de obtener una comprensión sucinta del problema que se está examinando.

El diseño del pórtico se procesa mediante el método Simulated Annealing, utilizando los datos recibidos del proceso de observación. Por último, se utilizará una ficha de validación que ha sido verificada por la opinión de tres expertos.

El procedimiento de la presente investigación se analizará y desarrollará bajo criterios de diseño, donde el primer paso será hallar los valores de dimensionamiento de columnas y vigas, que unidas se convierten en un pórtico de hormigón armado al cual se le agregará un porcentaje de fibras de acero para un análisis de resistencia a la compresión. Todo ello para poder obtener el óptimo diseño del pórtico mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing.

El segundo paso será colocar los datos relevantes y de interés en un Excel para demostrar la geometría del pórtico, el recubrimiento de los elementos estructurales, la cantidad de Acero en dichos elementos, el porcentaje de fibras de acero recomendable según estudios realizados y la resistencia a la compresión en el hormigón armado el cual serán $f'c = 210, 280, 350$ y 420 kg/cm^2 . La fluencia del acero siempre será de $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Finalmente, se ejecuta el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing a través del lenguaje de programación Python, el cual se encuentra integrado a Microsoft Excel. Para la ejecución se considera los datos de dimensiones de columnas y vigas de hormigón armado teniendo en cuenta las resistencias a la compresión, la fluencia del acero corrugado y el porcentaje de fibras de acero.

Para analizar el pórtico se propuso las siguientes dimensiones según criterio de investigadores (ver figura 2).

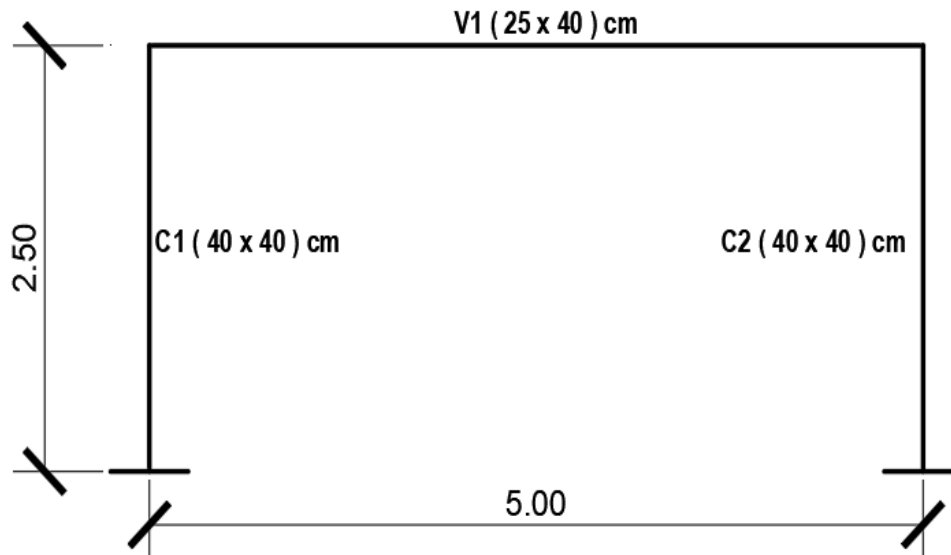


Figura 2. Características del pórtico.

Para realizar los análisis de verificación en las columnas C1 y C2 de dimensiones semejantes se propusieron los siguientes datos iniciales:

Tabla 1. Características iniciales de la columna

Características	Valores	Unidades
$f'c =$	210	kgf/cm ²
$f_y =$	4200	kgf/cm ²
$\emptyset =$	0.9	
$\beta_1 =$	0.85	$\leq f'c = 280$ kgf/cm ²
$a =$	40	cm
$a =$	40	cm
Recub. =	4	cm

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Características del acero

\emptyset	\emptyset (cm)	a (cm ²)
6 mm	0.6	0.28
8 mm	0.8	0.5
3/8"	0.95	0.71
1/2"	1.27	1.29
5/8"	1.59	1.99
3/4"	1.91	2.84
1"	2.54	5.1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Cálculos del eje neutro

Características	Valores	Unidades
Ref. princ. =	5/8"	
Estribos =	3/8"	
d1 =	5.71	cm
d2 =	14.50	cm
d3 =	25.50	cm
d4 =	34.30	cm
c =	20.15	cm
r =	4	cm
a =	17.13	cm
Ey =	0.0021	
Ecu =	0.003	

Fuente: elaboración propia.

Para hallar el refuerzo longitudinal de la columna se usó la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Cuantía de refuerzo longitudinal

$$p = \frac{Ast}{Ag}$$

Consideramos refuerzo de 5/8":

$$p = \frac{10 \times 1.99}{40 \times 40}$$

$$p = 0.01244 \approx 1.24\%$$

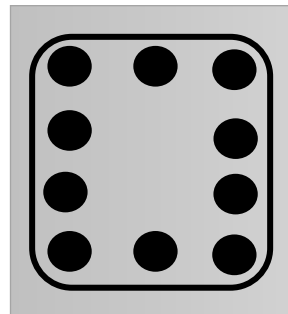
Por lo tanto:

$$As1 = 3 \text{ } \varnothing \text{ 5/8"}$$

$$As2 = 2 \text{ } \varnothing \text{ 5/8"}$$

$$As3 = 2 \text{ } \varnothing \text{ 5/8"}$$

$$As4 = 3 \text{ } \varnothing \text{ 5/8"}$$



$$As \text{ de refuerzo total} = 19.90 \text{ cm}^2$$

Ahora, para obtener el punto Pno de compresión pura lo haremos mediante la ecuación 2:

Ecuación 2. Compresión pura

$$Pno = 0.85x f_c x (Ag - Ast) + (f_y x Ast)$$

$$Pno = 459.6438 \text{ tonf}$$

$$Mno = 0 \text{ tonf-m}$$

Para hallar la falla balanceada se calculó el eje neutro:

Ecuación 3. Cálculo de eje neutro

$$C_b = \frac{E_{cu} * d}{E_{cu} + E_y}$$

$$C_b = 20.18 \text{ cm}$$

$$a = 17.150 \text{ cm}$$

Para el cálculo de las deformaciones se usó la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Deformaciones

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu} (C_b - d_1) / c_b$$

$$\epsilon_{s1} = 0.002152478 \text{ **Está en fluencia**}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu} x (C_b - d_2) / C_b$$

$$\epsilon_{s2} = 0.000844023 \text{ **No fluye**}$$

$$\epsilon_{s3} = \epsilon_{cu} x (d_3 - c_b) / C_b$$

$$\epsilon_{s3} = 0.000791545 \text{ **No fluye**}$$

$$\epsilon_{s4} = \epsilon_{cu} x (d_4 - C_b) / C_b$$

$$\epsilon_{s4} = 0.00210 \text{ **Está en fluencia**}$$

Se usará la siguiente ecuación para el cálculo de esfuerzos:

$$E_s = 2.00E+06$$

Ecuación 5. Esfuerzos

Si $\epsilon_{sn} < \epsilon_y$, por tanto, se considera $f_{sn} = E_s x \epsilon_{sn}$.

Si $\epsilon_{sn} > \epsilon_y$, por tanto, se considera $f_{sn} = 4200$

$$f_{s1} = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{s2} = E_s x \epsilon_{s2}$$

$$f_{s2} = 1688 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{s3} = E_s x \epsilon_{s3}$$

$$f_{s3} = 1583 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{s4} = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de fuerzas en columna:

Ecuación 6. Cálculo de fuerzas

$$F1 = fs1 * As1$$

$$F2 = fs2 * As2$$

$$F3 = fs3 * As3$$

$$F4 = fs4 * As4$$

$$F1 = 4200 \times (3 \times 1.99) = 25.074 \text{ tn}$$

$$F2 = 1688 \times (2 \times 1.99) = 6.718 \text{ tn}$$

$$F3 = 1583 \times (2 \times 1.99) = 6.301 \text{ tn}$$

$$F4 = 4200 \times (2 \times 1.99) = 25.074 \text{ tn}$$

Ecuación 7. Cálculo de Cc

$$Cc = 0.85 \times f'c \times a \times b$$

$$Cc = 163.268 \text{ ton}$$

Ecuación 8. P balanceado

$$Pn = F1 + F2 + F3 + F4 + Cc$$

$$Pn = -163.6857 \text{ tonf}$$

Se halló el centroide plástico de la columna con los datos anteriores:

Ecuación 9. Centroide plástico

$$Yo = (0.85 * f'c * Ag * h/2) + (fy * \Sigma Asi * di) / (0.85 * f'c * Ag + fy \Sigma Asi)$$

$$Yo = 20.0 \text{ cm}$$

Posteriormente se calculó los momentos:

Ecuación 10. Cálculo de los momentos

$$Msn = Fs1 * Yo - dn$$

$$Ms1 = 3.58558 \text{ tonf-m}$$

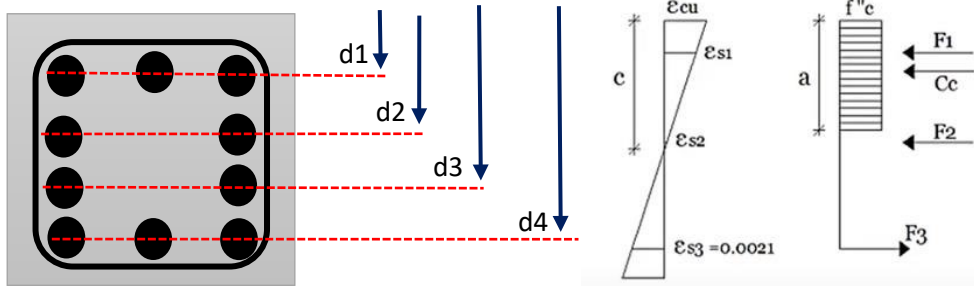
$$Ms2 = 0.36951 \text{ tonf-m}$$

$$Ms3 = 0.34654 \text{ tonf-m}$$

$$Ms4 = 3.58558 \text{ tonf-m}$$

$$Mc = 18.6534 \text{ tonf-m}$$

$$M_{nb} = 26.54058 \text{ tonf-m}$$



Para la falla frágil se siguió el siguiente procedimiento, teniendo como datos:

$$C_b = 14.50 \text{ cm}$$

$$a = 12.325 \text{ cm}$$

Como primer paso, se halló las deformaciones:

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu} (C_b - d_1) / c_b$$

$$\epsilon_{s1} = 0.00182069 \text{ **No fluye**}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu} \times (C_b - d_2) / C_b$$

$$\epsilon_{s2} = 0.000000000 \text{ **No fluye**}$$

$$\epsilon_{s3} = \epsilon_{cu} \times (d_3 - c_b) / C_b$$

$$\epsilon_{s3} = 0.002275862 \text{ **Está en fluencia**}$$

$$\epsilon_{s4} = \epsilon_{cu} \times (d_4 - C_b) / C_b$$

$$\epsilon_{s4} = 0.004096552 \text{ **Está en fluencia**}$$

Luego, se calculó los esfuerzos:

$$E_s = 2.00E+06$$

Si $\epsilon_{sn} < \epsilon_y$, por tanto, se considera $f_{sn} = E_s \times \epsilon_{sn}$.

Si $\epsilon_{sn} > \epsilon_y$, por tanto, se considera $f_{sn} = 4200$

$$f_{s1} = E_s \times \epsilon_{s1}$$

$$f_{s1} = 3641.38 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{s2} = E_s \times \epsilon_{s2}$$

$$f_{s2} = 0 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{s3} = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s4 = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Posteriormente, se realizó el cálculo de las fuerzas en la columna:

$$F1 = f_{s1} * A_{s1}$$

$$F2 = f_{s2} * A_{s2}$$

$$F3 = f_{s3} * A_{s3}$$

$$F4 = f_{s4} * A_{s4}$$

$$F1 = 3641.38 \times (3 \times 1.99) = 21.739 \text{ tn}$$

$$F2 = 0 \times (2 \times 1.99) = 0.00 \text{ tn}$$

$$F3 = 4200 \times (2 \times 1.99) = 16.716 \text{ tn}$$

$$F4 = 4200 \times (2 \times 1.99) = 25.074 \text{ tn}$$

$$C_c = 117.334 \text{ ton}$$

Se halló el P balanceado:

$$P_n = F1 + F2 + F3 + F4 + C_c$$

$$P_n = - 97.2830 \text{ tonf}$$

El penúltimo cálculo para esa condición de falla frágil fue hallar el centroide plástico:

$$Y_o = \frac{(0.85 * f'_c * A_g * h/2) + (f_y * \sum A_{si} * d_i)}{(0.85 * f'_c * A_g + f_y \sum A_{si})}$$

$$Y_o = 20.0 \text{ cm}$$

Finalmente, se halló los momentos:

$$M_n = F_{s1} * Y_o - d_n$$

$$M_{s1} = 3.11 \text{ tonf-m}$$

$$M_{s2} = 0.00 \text{ tonf-m}$$

$$M_{s3} = 0.92 \text{ tonf-m}$$

$$M_{s4} = 3.59 \text{ tonf-m}$$

$$M_c = 16.236 \text{ tonf-m}$$

$$M_{nb} = 23.85 \text{ tonf-m}$$

Los siguientes cálculos fueron para verificar el diseño de columna por la condición de falla dúctil:

$$C_b = 25.50 \text{ cm}$$

$$a = 21.675 \text{ cm}$$

Se halló las deformaciones:

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu} (C_b - d_1) / c_b$$

$$\epsilon_{s1} = 0.002329412 \text{ **Está en fluencia**}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu} \times (C_b - d_2) / C_b$$

$$\epsilon_{s2} = 0.001294118 \text{ **No fluye**}$$

$$\epsilon_{s3} = \epsilon_{cu} \times (d_3 - c_b) / C_b$$

$$\epsilon_{s3} = 0.0000000 \text{ **No fluye**}$$

$$\epsilon_{s4} = \epsilon_{cu} \times (d_4 - C_b) / C_b$$

$$\epsilon_{s4} = 0.001035294 \text{ **No fluye**}$$

Cálculo de esfuerzos:

$$E_s = 2.00E+06$$

Si $\epsilon_{sn} < \epsilon_y$, por tanto, se considera $f_{sn} = E_s \times \epsilon_{sn}$.

Si $\epsilon_{sn} > \epsilon_y$, por tanto, se considera $f_{sn} = 4200$

$$f_{s1} = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{s2} = E_s \times \epsilon_{s2}$$

$$f_{s2} = 2588.24 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{s3} = E_s \times \epsilon_{s3}$$

$$f_{s3} = 0.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{s4} = E_s \times \epsilon_{s4}$$

$$f_{s4} = 2070.59 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de fuerzas en la columna:

$$F1 = f_{s1} * A_{s1}$$

$$F2 = f_{s2} * A_{s2}$$

$$F3 = f_{s3} * A_{s3}$$

$$F4 = f_{s4} * A_{s4}$$

$$F1 = 4200 \times (3 \times 1.99) = 25.074 \text{ tn}$$

$$F2 = 2588.24 \times (2 \times 1.99) = 10.301 \text{ tn}$$

$$F3 = 0.00 \times (2 \times 1.99) = 0.00 \text{ tn}$$

$$F4 = 2070.59 \times (2 \times 1.99) = 12.361 \text{ tn}$$

$$C_c = 206.346 \text{ ton}$$

Se halló el P balanceado:

$$P_n = F1 + F2 + F3 + F4 + C_c$$

$$P_n = - 229.3598 \text{ tonf}$$

Se cálculo el centroide plástico:

$$Y_o = \frac{(0.85 * f'_c * A_g * h/2) + (f_y * \sum A_{si} * d_i)}{(0.85 * f'_c * A_g + f_y \sum A_{si})}$$

$$Y_o = 20.0 \text{ cm}$$

Para culminar se calculó los momentos de la columna:

$$M_n = F_{s1} * Y_o - d_n$$

$$M_{s1} = 3.59 \text{ tonf-m}$$

$$M_{s2} = 0.57 \text{ tonf-m}$$

$$M_{s3} = 0.00 \text{ tonf-m}$$

$$M_{s4} = 1.77 \text{ tonf-m}$$

$$M_c = 18.906 \text{ tonf-m}$$

$$M_{nb} = 24.83 \text{ tonf-m}$$

Por último, se calculó la condición de falla por tracción pura en la columna:

Ecuación 11. Cálculo de P para tracción pura

$$Pnt = \Sigma FyAsi$$

$$Ast = 19.90 \text{ cm}^2$$

$$Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$Pnt = 83.58 \text{ tonf}$$

$$Mnt = 0 \text{ tonf-m}$$

Una vez realizada la verificación en las columnas por las diferentes condiciones, se elabora el diagrama de interacción:

Tabla 4. Coordenadas para diagrama de interacción

Descripción	cm	Mn	Pn	ϕ Mn	ϕ Pn
Compresión Pura	0	0	459.644	0.00	321.75
Falla Balanceada	20.18	26.54	163.686	18.58	114.58
Falla frágil	14.5	23.85	97.283	16.69	68.10
Falla dúctil	25.5	24.83	229.360	17.38	160.55
Tracción Pura	0	0	-83.580	0.00	-58.51
Falla frágil	5.7	13.53	12.382	9.47	8.67
Falla dúctil	34.30	19.56	319.408	13.69	223.59

Fuente: elaboración propia.

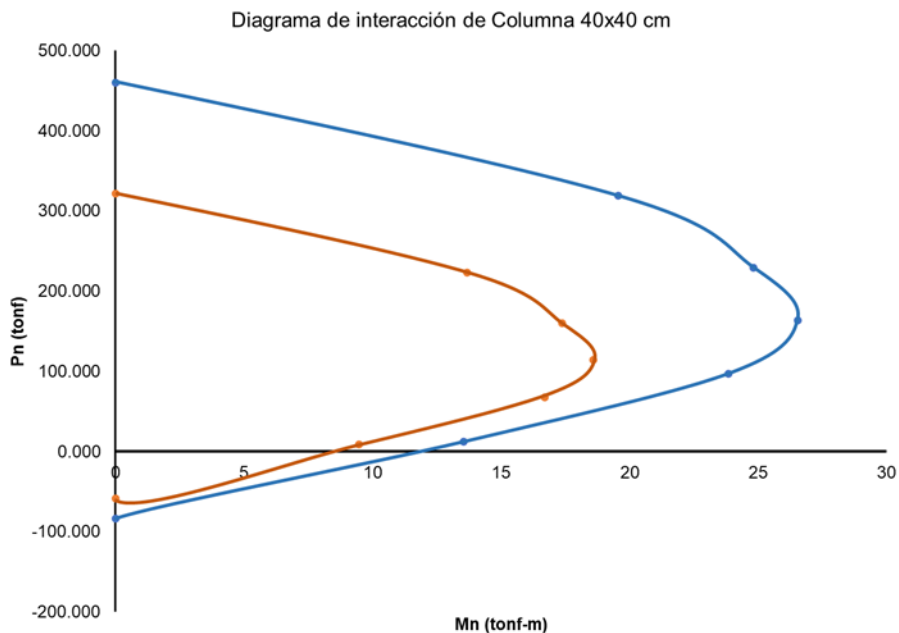


Figura 3. Diagrama de interacción.

El diagrama de interacción busca definir la carga y el momento de falla en la columna en diferentes intervalos respecto a su excentricidad de manera que aborda desde el cero hasta un número infinito, lo cual se utilizan los valores de Pn y Mn que provocaran una falla inminente (Neyra et al. 2022).

Se continuó con los cálculos para la verificación del diseño de la viga del pórtico y para ello se propuso los siguientes valores:

Tabla 5. Características iniciales de la viga

Características	Valores	Unidades
f'c =	210	kgf/cm ²
fy =	4200	kgf/cm ²
Ø =	0.9	
β1 =	0.85	≤ f'c = 280 kgf/cm ²
b =	25	cm
h =	40	cm
Recub. =	4	cm

Fuente: elaboración propia.

Asumimos que la viga tendrá un Mu de:

$$\text{Mu} = 10 \text{ Tn-m}$$

$$\text{Ø estribo} = 3/8''$$

$$\text{Ø barra long.} = 5/8''$$

$$\# \text{ de capas} = 1$$

Ecuación 12. Peralte efectivo

$$d = h - (r + \text{Ø estribo} + \text{Ø barra long.}/2)$$

$$d = 34.26 \text{ cm}$$

Ecuación 13. Cuantía mínima

$$P_{min} = \frac{0.7 \times \sqrt{f'c}}{fy} \times \left(\frac{6000}{6000 + fy} \right)$$

$$P_{min} = \frac{0.7 \times \sqrt{210}}{4200} \times \left(\frac{6000}{6000 + 4200} \right)$$

$$P_{min} = 0.0024$$

Ecuación 14. Cuantía balanceada

$$Pb = \frac{\beta_1 * 0.85 * f'c}{f'y} * \left(\frac{6000}{6000 + f'y} \right)$$

$$Pb = \frac{0.85 * 0.85 * 210}{4200} * \left(\frac{6000}{6000 + 4200} \right)$$

$$Pb = 0.02125$$

Ecuación 15. Cuantía Máxima

$$P_{max} = 0.75 * Pb$$

$$P_{max} = 0.75 * 0.02125$$

$$P_{max} = 0.0159$$

Luego, se calculó el acero de la viga:

Ecuación 16. Cálculo de acero

$$As = \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy} - \sqrt{\frac{1.7 * f'c * b}{fy^2} * \left(\frac{0.85 * f'c * b * d^2}{2} - \frac{Mu}{\phi} \right)}$$

$$As = \frac{0.85 * 210 * 25 * 34.26}{4200} - \sqrt{\frac{1.7 * 210 * 25}{(4200)^2} * \left(\frac{0.85 * 210 * 25 * (34.26)^2}{2} - \frac{10}{\phi} \right)}$$

$$As = 8.78 \text{ cm}^2$$

También se calculó el acero mínimo

$$As_{min} = b * d * P_{min}$$

$$As_{min} = 2.07 < As$$

Y el acero máximo:

$$As_{max} = b * d * P_{max}$$

$$As_{max} = 13.65 > As$$

El último cálculo fue el momento resistente máximo de la viga:

Ecuación 17. Cálculo de momentos máximos

$$a_{max} = \frac{As_{m\acute{a}x} * f' y}{0.85 * f' c * b}$$

$$a_{max} = \frac{13.65 * 4200}{0.85 * 210 * 25}$$

$$a_{max} = 12.846$$

$$Mu Rmax = \phi * As_{m\acute{a}x} * f' y * (d - \frac{a_{m\acute{a}x}}{2})$$

$$Mu Rmax = 0.90 * 13.65 * 4200 * (34.26 - \frac{12.846}{2})$$

$$Mu Rmax = 14.36 \text{ Tn} - \text{m}$$

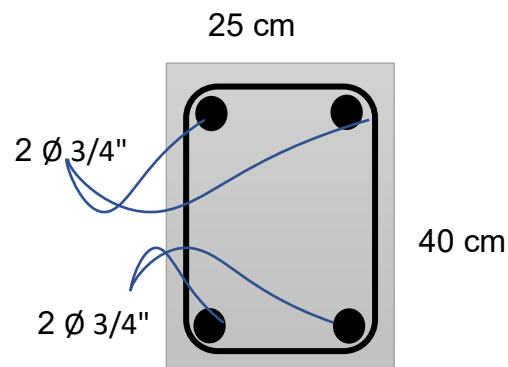
$Mu R_{m\acute{a}x} > Mu \rightarrow$ DSR: Diseño Simplemente Reforzada

$14.36 > 10 \rightarrow$ Diseño Simplemente Reforzada

$Mu R_{m\acute{a}x} < Mu \rightarrow$ DDR: Diseño Doblemente Reforzada

$14.36 < 10 \rightarrow$ No cumple

Finalmente:



Por lo tanto, la verificación de la viga con Diseño simplemente Reforzada si cumple con las dimensiones aplicadas.

Además de los cálculos de los elementos estructurales del pórtico, se usó ETABS para realizar el análisis estructural y modelar el pórtico. Para ello, se propuso los siguientes criterios para un análisis de una Vivienda:

Tabla 6. Datos para un análisis sísmico

DATOS	
CATEGORÍA DE EDIFICACIÓN	C
ZONA SÍSMICA	4
TIPO DE SUELO	S2
PERIODO FUNDAMENTAL C_T	1
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN (m)	2.50

C_T	1	<i>Elementos resistentes en la dirección de los pórticos</i>
	2	<i>Elementos resistentes pórticos, cajas de ascensores y escaleras</i>
	3	<i>Elementos sismorresistentes por muros de corte</i>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Cálculos para el análisis en ETABS

CÁLCULOS	
U =	1.00
Z =	0.45
T_p (s) =	0.60
TL (s) =	2.00
S =	1.05
CT =	35.00
T =	0.071
C =	2.50
ZUCS =	1.18
K =	1.00
la =	1.00
lp =	1.00
Ro =	8.00
R =	8.00
Cb x =	0.15
Cb y =	0.15

Fuente: elaboración propia.

Se continuó con el análisis cortante por sismo, fuerza cortante en la base y aceleración espectral:

Tabla 8. *Cálculo de Cortante, Aceleración Espectral y Fuerza Cortante*

Cortante por sismo	
$V_s = ZUCS \times P_e$	
Fuerza Cortante en la Base	
$V = ZUCS * P / R$	
P =	3000 kgf
V =	442.96875
V min =	354.375
Aceleración espectral	
$S_a = ZUCS * g / R$	
Sa =	1.45
α =	1.00
F =	0.443 Tn

Fuente: elaboración propia.

Se realizó un análisis del desplazamiento en función de Periodo de vibración (T):

Tabla 9. *Periodo Fundamental de Vibración (T)*

T	C	SC	
0.00	2.50	2.63	T < T _P C = 2.5
0.10	2.50	2.63	
0.20	2.50	2.63	
0.30	2.50	2.63	
0.40	2.50	2.63	
0.50	2.50	2.63	
0.60	2.50	2.63	
0.70	2.14	2.25	T _P < T < T _L C = 2.5 x (T _P /T)
0.80	1.88	1.97	
0.90	1.67	1.75	
1	1.50	1.58	
1.10	1.36	1.43	
1.20	1.25	1.31	
1.30	1.15	1.21	
1.40	1.07	1.13	
1.50	1.00	1.05	

1.60	0.94	0.98	
1.70	0.88	0.93	
1.80	0.83	0.88	
1.90	0.79	0.83	
2	0.75	0.79	
2.10	0.71	0.75	$T > T_L$ $C = 2.5 \times (T_P \times T_L / T^2)$
2.20	0.68	0.72	
2.30	0.65	0.68	
2.40	0.63	0.66	
2.50	0.60	0.63	
2.60	0.58	0.61	
2.70	0.56	0.58	
2.80	0.54	0.56	
2.90	0.52	0.54	
3	0.50	0.53	

Fuente: elaboración propia.

Se aplica un sismo estático y posteriormente un sismo dinámico:

Tabla 10. Análisis Estático y Dinámico en ETABS

Output Case	Case Type	Step Type	FX kgf	FY kgf	FZ kgf	MX kgf-m	MY kgf-m	MZ kgf-m
SISESTXX	LinStatic		-348.05	0	0	0	-870.12	0
SISESTYY	LinStatic		0	-348.05	0	870.12	0	-870.12
DIN XX	LinRespSpec	Max	332.96	0	0	0	835.67	0
DIN YY	LinRespSpec	Max	0	332.97	0	832.41	0	832.41

Fuente: ETABS

Nota. Se obtuvo los análisis estáticos y dinámicos del pórtico para poder calcular el valor de escalamiento.

En la siguiente tabla se aprecia los datos del análisis para el cumplimiento del escalamiento para Fuerza Cortante Mínima ≥ 1 :

Tabla 11. Análisis de fuerza cortante mínima

	Sis. estático	Sis. dinámico	80% sis. estático	Escalamiento
XX	348.05	332.96	278.44	1
YY	348.05	332.97	278.44	1

Fuente: elaboración propia.

Nota. Se obtuvo el valor de los desplazamientos con el fin de evaluarlos para verificar el cumplimiento de las derivas en función de los Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles, siendo como máxima distorsión del entrepiso 0.007.

Evaluación en función de $CM = 0.40 Tn$, $CV = 0.20 Tn$ en Pórtico para Edificación y $FH = 1Tn/m$:

Tabla 12. Evaluaciones de Desplazamientos bajo cargas asignadas

Story	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Ux m	Uy m	Uz m	Rx rad	Ry rad
Story1	2	DESPLAZA MIENTO EN XX	Combination	Max	0.000624	0	2.00E-06	0	0.000248
Story1	2	DESPLAZA MIENTO EN XX	Combination	Min	- 0.000624	0	- 2.00E-06	0	- 0.000248
Story1	2	DESPLAZA MIENTO EN YY	Combination	Max	0	0.001192	0	0.000702	0
Story1	2	DESPLAZA MIENTO EN YY	Combination	Min	0	- 0.001192	0	- 0.000702	0
Story1	4	DESPLAZA MIENTO EN XX	Combination	Max	0.000624	0	2.00E-06	0	0.000248
Story1	4	DESPLAZA MIENTO EN XX	Combination	Min	- 0.000624	0	- 2.00E-06	0	- 0.000248
Story1	4	DESPLAZA MIENTO EN YY	Combination	Max	0	0.001192	0	0.000702	0
Story1	4	DESPLAZA MIENTO EN YY	Combination	Min	0	- 0.001192	0	- 0.000702	0

Fuente: ETABS.

Nota. En la Tabla 12 se obtiene los desplazamientos con el fin de evaluarlos para verificar el cumplimiento de las derivas en función de los Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles, siendo como máxima distorsión del entrepiso 0.007.

Tabla 13. Evaluación de los desplazamientos relativos admisible

Para la dirección XX					
Puntos	Desplazamiento con $0.75*r$	Altura	Distorsión	Deriva max	Para deriv. Max
2	0.000624	2.5	0.0002496	0.007	Cumple

4	0.000624	2.5	0.0002496	0.007	Cumple
Para la dirección YY					
Puntos	Desplazamiento c/ 0.75*r	Altura	Distorsión	Deriva max	Para deriv. Max
2	0.001192	2.5	0.0004768	0.007	Cumple
4	0.001192	2.5	0.0004768	0.007	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Nota. En la Tabla 13 se obtuvo los desplazamientos y se procedió al cálculo de la distorsión siendo este < 0.007 , lo que se llega a la conclusión de que cumple con los parámetros establecidos anteriormente.

Se realizó el presupuesto inicial a través del programa S10 para conocer el costo inicial del pórtico.

Tabla 14. Análisis del presupuesto en S10

Item	Código	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1		Concreto armado				3,825.05
1.01		Columnas				2,071.19
01.01.01	010105010402-0105001-01	Concreto columnas f'c=210 kg/cm ²	M3	0.8	286.87	229.5
01.01.03	010107010104-0105001-01	Acero corrugado fy=4200 kg/cm ² grado 60 para columna	Kg	79.9	23.05	1,841.70
1.02		Vigas				1,753.86
01.02.01	010105010502-0105001-01	Concreto vigas f'c=210 kg/cm ²	M3	0.5	179.3	89.65
01.02.03	010107010107-0105001-01	Acero corrugado fy=4200 kg/cm ² grado 60 para viga	Kg	72.2	23.05	1,664.21

Fuente: Análisis en S10

Nota. En la Tabla 14 se realizó un presupuesto en el programa del S10 donde se obtuvo un costo de S/. 3825.05, solo se consideró materiales, es decir sin mano de obra, lo cual se buscó a través del algoritmo optimizar el costo.

El código introducido a Python fue el siguiente:

```
import pandas as pd
```

```

import numpy as np
import random
import csv
import math
#Parámetros fijos (datos)
lado_columna=40
lado_viga_b=25
lado_viga_h=40
numero_de_columnas=2
#Parámetros a estimar:
# 1) altura_columna
# 2) longitud_viga
# 3) resistencia_concreto
# 4) cuantia_portico
# 5) El resto de parámetros se calculan como consecuencia de estimar los
parámetros anteriores
#5.1 Área columna
#5.2 Área viga
#5.3 Número barras columna
#5.4 Barra escogida para columna
#5.5 Número barras viga
#5.6 Barra escogida para viga
#5.7 Costo total de barras
#5.8 Costo total de concreto
#5.9 Costo total
#Creamos la función para determinar el costo unitario de cada barra según su
grosor
def costo_unitario_barras_por_grosor(grosor_barra):
    if str(grosor_barra)=='3/8':
        costo_unitario_barras_por_grosor=22.47
    elif str(grosor_barra)=='1/2':
        costo_unitario_barras_por_grosor=40.04
    elif str(grosor_barra)=='5/8':
        costo_unitario_barras_por_grosor=62.36

```

```

elif str(grosor_barra)=='3/4':
    costo_unitario_barras_por_grosor=93.64
else:
    costo_unitario_barras_por_grosor=93.64
return costo_unitario_barras_por_grosor
#Creamos la función para calcular el número de barras y el grosor de las barras
empleadas en cada columna según el área de acero
def cantidad_grosor_barras_columna(cuantia_portico):
    area_columna=(lado_columna)**2
    area_acero_columna=area_columna*cuantia_portico
    #if
    #area_acero_columna <= 16.00:
    #numero_barras_columna=14
    #grosor_barras_columna="1/2"
    #return 14, 1/2
    if area_acero_columna <= 20.00:
        numero_barras_columna=10
        grosor_barras_columna="5/8"
        #return 10, "5/8"
    elif 20.00 < area_acero_columna <= 24.00:
        numero_barras_columna=8
        grosor_barras_columna="3/4"
        #return 8, "3/4"
    elif 24.00 < area_acero_columna <= 28.00:
        numero_barras_columna=4
        grosor_barras_columna="1"
        #return 4, "1"
    elif 28.00 < area_acero_columna <= 32.00:
        numero_barras_columna=6
        grosor_barras_columna="1"
        #return 6, "1"
    else:
        numero_barras_columna=8
        grosor_barras_columna="3/4"

```

```

#return 8, "3/4"
return numero_barras_columna,grosor_barras_columna
#Creamos la función para calcular el número de barras y el grosor de las barras
empleadas en la viga según el área de acero
def cantidad_grosor_barras_viga(cuantia_portico):
    area_viga=(lado_viga_b)*(lado_viga_h)
    area_acero_viga=area_viga*cuantia_portico
    if area_acero_viga <= 2.07:
        numero_barras_viga=8
        grosor_barras_viga="1/2"
        #return 8, "1/2"
    elif 2.07 < area_acero_viga <= 13.65:
        numero_barras_viga=4
        grosor_barras_viga="5/8"
        #return 4, "5/8"
    else:
        numero_barras_viga=4
        grosor_barras_viga="5/8"
    return numero_barras_viga , grosor_barras_viga
#Creamos la función para calcular el número total de barras utilizadas en las
columnas y en las vigas
def
numero_total_barras_comprar(altura_columna,longitud_viga, cuantia_portico):
    numero_total_barras_columna_comprar =
math.ceil((altura_columna*cantidad_grosor_barras_columna(cuantia_portico)[0])/9)
    numero_total_barras_viga_comprar =
math.ceil((longitud_viga*cantidad_grosor_barras_viga(cuantia_portico)[0])/9)
    return
numero_total_barras_columna_comprar,numero_total_barras_viga_comprar
#Creamos la función para calcular el costo total de barras
def costo_total_barras(altura_columna,longitud_viga, cuantia_portico):
numero_total_barras_columna_comprar=numero_total_barras_comprar(altura_colu
mna,longitud_viga, cuantia_portico)[0]

```

```

numero_total_barras_viga_comprar=numero_total_barras_comprar(altura_columna, longitud_viga, cuantia_portico)[1]
    tipo_barra_columnas=cantidad_grosor_barras_columna(cuantia_portico)[1]
    tipo_barra_viga=cantidad_grosor_barras_viga(cuantia_portico)[1]
costo_unitario_barra_columna=costo_unitario_barras_por_grosor(tipo_barra_columnas)
    costo_unitario_barra_viga=costo_unitario_barras_por_grosor(tipo_barra_viga)
costo_total_barras_columna=numero_total_barras_columna_comprar*costo_unitario_barra_columna
costo_total_barra_viga=numero_total_barras_viga_comprar*costo_unitario_barra_viga
#costo_total_barras=costo_total_barras_columna+costo_total_barra_viga
    return costo_total_barras_columna+costo_total_barra_viga
#Creamos la función para calcular el costo del concreto por metro cúbico
def costo_concreto_m3(resistencia_concreto):
    if resistencia_concreto==210:
        costo_concreto=350
    elif resistencia_concreto==280:
        costo_concreto=600
    elif resistencia_concreto==350:
        costo_concreto=640
    else:
        costo_concreto=740
    return costo_concreto
#Creamos la función para calcular el costo total del concreto
def costo_total_concreto(altura_columna, longitud_viga, resistencia_concreto):
    area_cubica_columna = ((lado_columna/100)*(lado_columna/100)*altura_columna*numero_de_columnas)
    area_cubica_viga = ((lado_viga_b/100)*(lado_viga_h/100)*longitud_viga)
    costo_total_concreto=(area_cubica_1+area_cubica_2)*costo_concreto_m3(resistencia_concreto)
    return
(area_cubica_columna+area_cubica_viga)*costo_concreto_m3(resistencia_concreto)

```



```

def costo_fibras_acero(fibras_acero):
    if fibras_acero==10:
        costo_fibras_acero=172.40
    elif fibras_acero==20:
        costo_fibras_acero=344.80
    elif fibras_acero==30:
        costo_fibras_acero=517.12
    return costo_fibras_acero
#Definimos la función objetivo
def funcion_objetivo(X):
    x1=X[0]#altura_columna
    x2=X[1]#longitud_viga
    x3=X[2]#cuantia
    x4=X[3]#resistencia_concreto
    x5=X[4]#fibras_acero
    return
1*(costo_total_barras(x1,x2,x3)+costo_total_concreto(x1,x2,x4)+costo_fibras_acero(
x5))
#Los rangos establecidos para hacer variar los parámetros a estimar son los
siguientes
def generate_initial_solution():
    altura_columna = random.choice([2.5, 2.6, 2.7, 2.8])
    longitud_viga = random.choice([5.0])
    cuantia = round(random.uniform(0.01, 0.04), 3)
    resistencia_concreto = random.choice([210, 280, 350, 420])
    fibras_acero = random.choice([10, 20, 30])
generate_initial_solution=[altura_columna,longitud_viga,cuantia,resistencia_concreto,f
ibras_acero]
    return generate_initial_solution
#Generamos un nuevo set de parámetros
def generate_neighbor_solution():
    return generate_initial_solution()
#Creamos la función del algoritmo simulating annealing
def simulating_annealing(funcion_objetivo):

```

```

cooling_rate=0.999
nro_iteraciones=14000
parametros_Óptimos = generate_initial_solution()
parametros = parametros_Óptimos.copy()
mejor_funcion_objetivo = fobj = funcion_objetivo(parametros)
temperature = 1.0
iteracion=[]
costo_iteracion=[]
costo_Óptimo=[]
parametros_f=[]
vector_ans=[]
parametros_f.append(parametros)
costo_iteracion.append(abs(fobj))
costo_Óptimo.append(abs(fobj))
for i in range(nro_iteraciones):
    temperature = cooling_rate
    #Creamos un nuevo vector de parámetros haciéndolos variar de acuerdo con
los rangos establecidos
    nuevos_parametros = generate_neighbor_solution()
    #Evaluamos la función objetivo usando el vector de nuevos parámetros
    nueva_funcion_objetivo = funcion_objetivo(nuevos_parametros)
    delta=nueva_funcion_objetivo-mejor_funcion_objetivo
    try:
    ans = math.exp(-delta / temperature)
    except OverflowError:
    ans = float('inf')
    if (nueva_funcion_objetivo > mejor_funcion_objetivo
or ans > random.random()):
    parametros, fobj = nuevos_parametros, nueva_funcion_objetivo
    if nueva_funcion_objetivo > mejor_funcion_objetivo:
    parametros_Óptimos, mejor_funcion_objetivo = parametros, fobj
    iteracion.append(i)
    vector_ans.append(ans)
    parametros_f.append(nuevos_parametros)

```

```

costo_iteracion.append(abs(nueva_funcion_objetivo))
costo_Óptimo.append(abs(mejor_funcion_objetivo))
iteracion=np.array(iteracion)
costo_iteracion=np.array(costo_iteracion)
costo_Óptimo=np.array(costo_Óptimo)
return
parametros_Óptimos[0],parametros_Óptimos[1],parametros_Óptimos[2],parametros_
_Óptimos[3],parametros_Óptimos[4],abs(mejor_funcion_objetivo),iteracion,costo_ite
racion,costo_Óptimo,parametros_f,vector_ans

```

Se obtuvo como resultados las Características geométricas después de haber realizado las 14000 iteraciones.

Tabla 15. Características Optimizadas para el pórtico

<i>Pórtico</i>	<i>Valores</i>	<i>Unidades</i>
Costo óptimo	1,236.32	soles
Altura columna	2.5	m
Longitud viga	5.0	m
Cuantía Viga	1.0	%
Cuantía de Columna	1.25	%
Resistencia concreto	210	kg/cm ²
Fibra de acero	20	kg/m ³
Area columna	0.16	m ²
Numero de barras columna	10	varillas
Barra escogida para columna	5/8	"
Area viga	0.10	m ²
Numero de barras viga	6	varillas
Barra escogida para viga	5/8	"

Fuente: elaboración propia.

Nota. En la tabla 15 el proceso iterativo donde se consideró 14000 iteraciones arrojó las siguientes características geométricas del Pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero aplicando el Simulated Annealing.

El Simulated Annealing lo que realiza en su análisis se basa en el siguiente Flujograma.

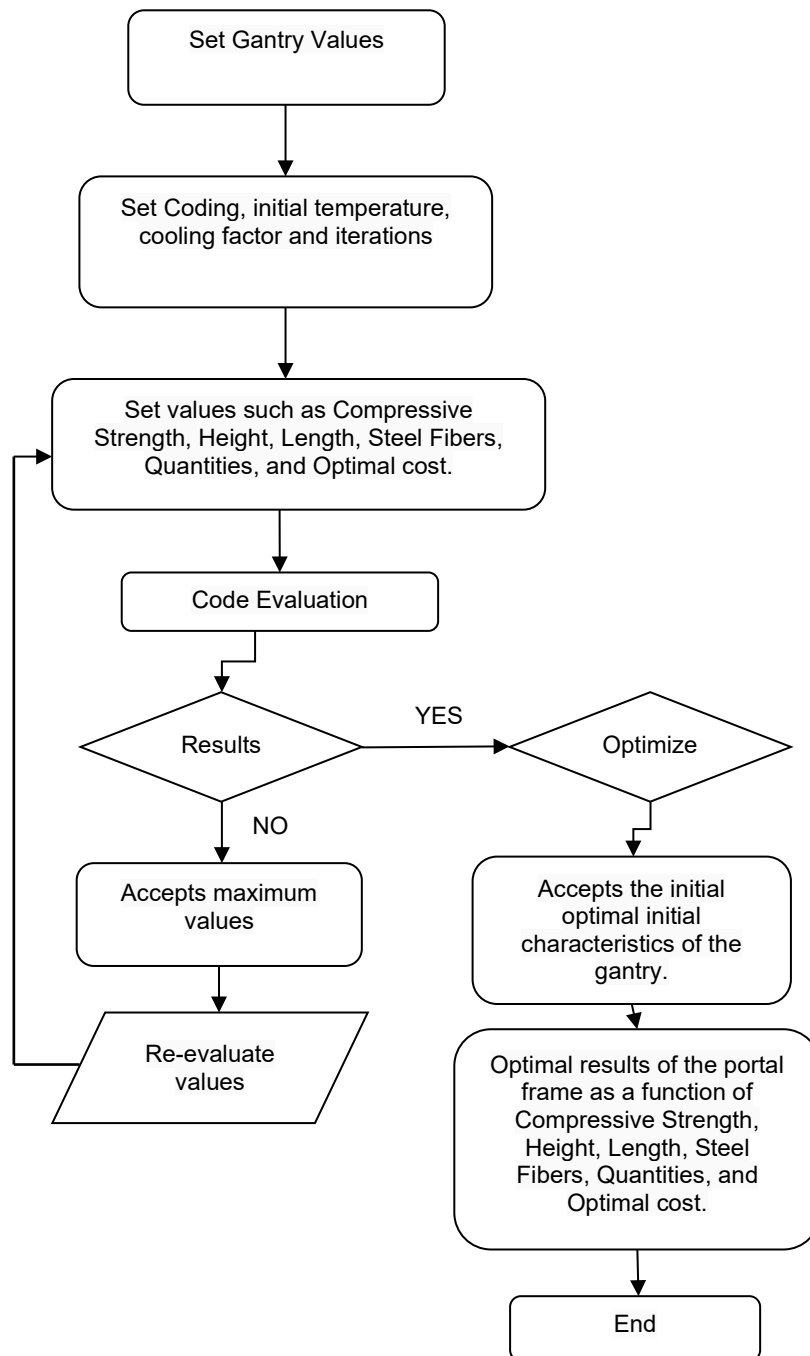


Figura 4. Flujograma Simulated Annealing.

Nota. En la Figura 4, se obtuvo el recorrido que el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing está diseñado para que a partir de ella pueda buscar la característica óptima del Pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero con las dimensiones presentadas (columnas: 40x40 cm y viga: 25x40 cm).

En cuanto al método para el análisis de datos se aplicó un instrumento para la recolección de los datos en el programa Microsoft Excel, en donde ya se encuentra unificado el sistema de programación Python. Para lo cual, el uso y entendimiento del lenguaje de programación fue utilizado correctamente con los datos previamente seleccionados y analizados.

Finalmente, dicho análisis fue aplicado bajo métodos de investigación en el algoritmo metaheurístico, que por medio de los datos ingresados aplicando las normas vigentes las cuales son E 020, E 030, E 060 del Reglamento Nacional de Edificaciones fueron verificados dichos resultados. Por tanto, nos permitió conocer una base de datos para su posterior análisis de diseño en ETABS y costo del pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero.

Los aspectos éticos son parte fundamental de todo proyecto de investigación, ya que hace referencia a pautas y códigos que no pueden ser infringidos (Neyra Julcamoro, et al. 2022).

Por ello, en la presente investigación se respetará la originalidad de los datos obtenido del proceso de optimización mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing, como también la normativa peruana que se describe a continuación:

- NORMA E.0.60: Concreto Armado (2020) los siguientes puntos a tratar: 8.8 Columnas; 10.7 Vigas de Gran Peralte; 10.9 Límites de refuerzo de elementos a compresión; 10.15 Trasmisión de cargas de las columnas a través de las losas de piso.
- NORMA E.0.20: Cargas (2020) Tabla I.
- NORMA E.0.30: Diseño Sismorresistente (2020) Artículo 10, Artículo 13, Artículo 14, Artículo 15, Artículo 16, Artículo 17, etc.

III. RESULTADOS

3.1. Objetivo Específico 1:

3.1.1. Fibras de acero optimizadas

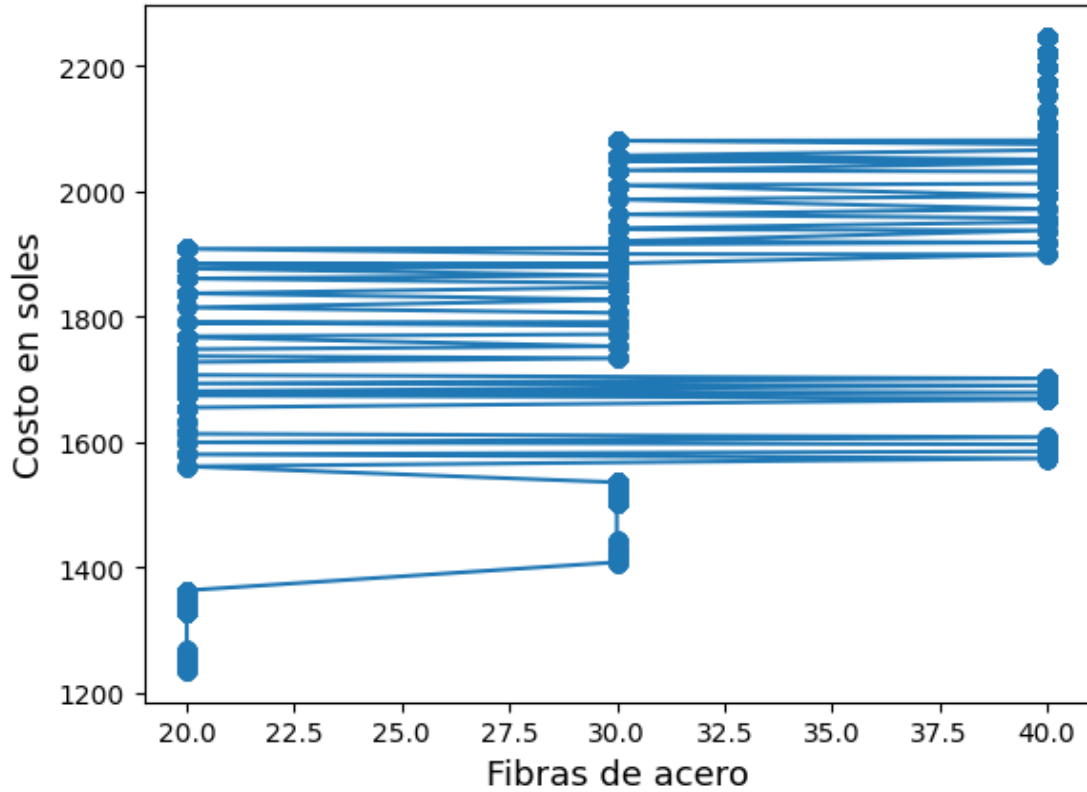


Figura 5. Relación Fibras de Acero vs Costo

Nota. En la Figura 5, el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing determinó que las fibras de acero Óptimo son de 20 kg/m³ en función del costo optimizado.

3.2. Objetivo Específico 2:

3.2.1. Costo optimizado

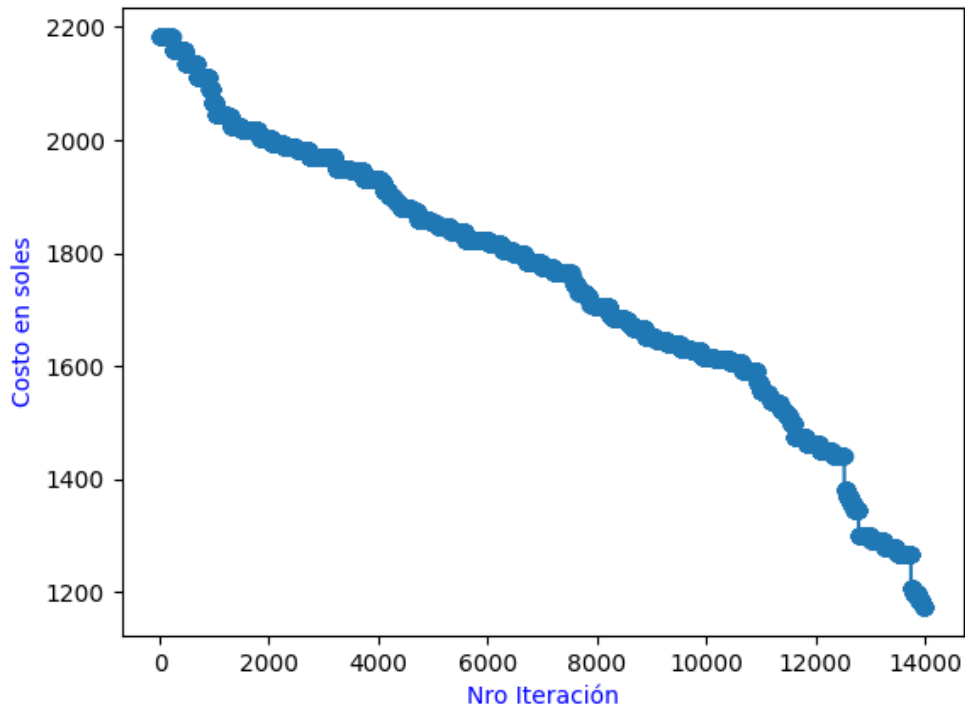


Figura 6. Costo vs Iteración.

Nota. En la Figura 6, el costo optimizado del Pórtico varió según la serie de iteraciones analizadas, para lo cual las dimensiones obtenidas son dos columnas de 40 cm x 40 cm, una viga peraltada de 25 cm x 40 cm, las varillas de acero teniendo una cuantía para columnas 1.25% y vigas el 1% aplicando fibras de acero de 20kg/m³ se optimizó a S/. 1,236.32 nuevos soles sin considerar la mano de obra reduciendo así un 67.68 % del Costo máximo.

3.2.2. Relación de Resistencia a la compresión, cuantía y Costo Óptimo

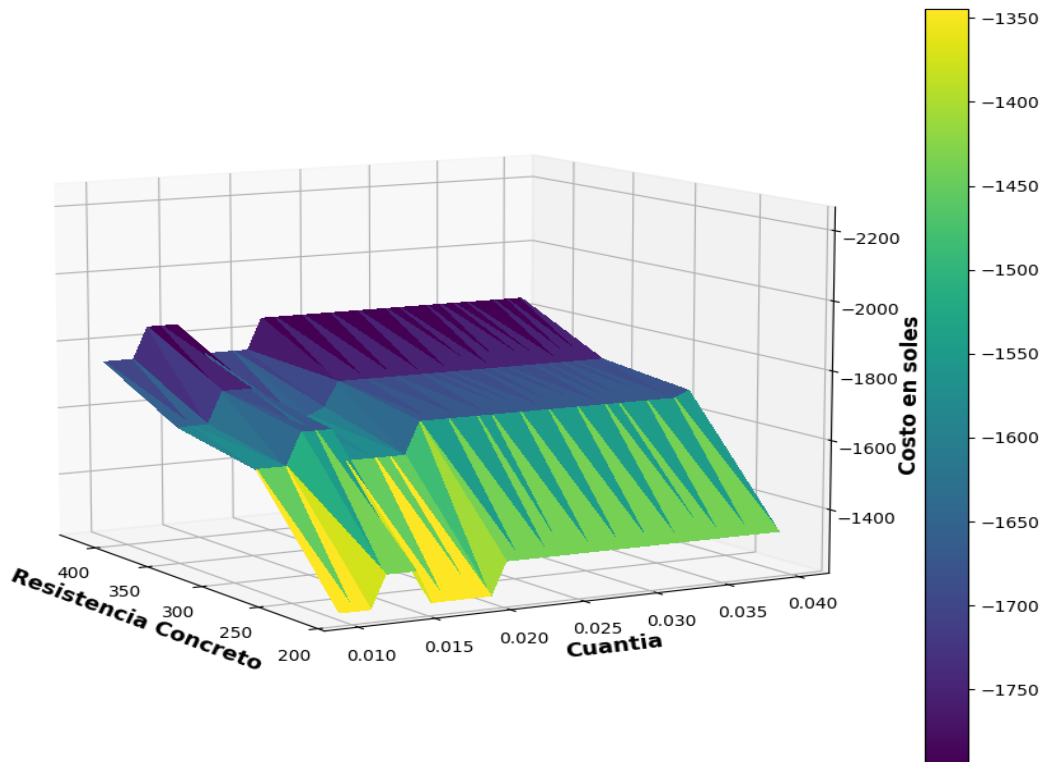


Figura 7. Relación F'c vs Cuantía vs Costo

Nota. En la figura 7, se obtuvo una relación entre la Resistencia a la compresión de 210 kg/cm², cuantía de acero del 1.25% para columnas y 1% para vigas y un costo optimizado de S/. 1,236.32, lo que se expresó como que el p^ortico si logró ser optimizado mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing buscando el mejor Óptimo en relación de estas tres variables.

3.2.3. Cuantía optimizada

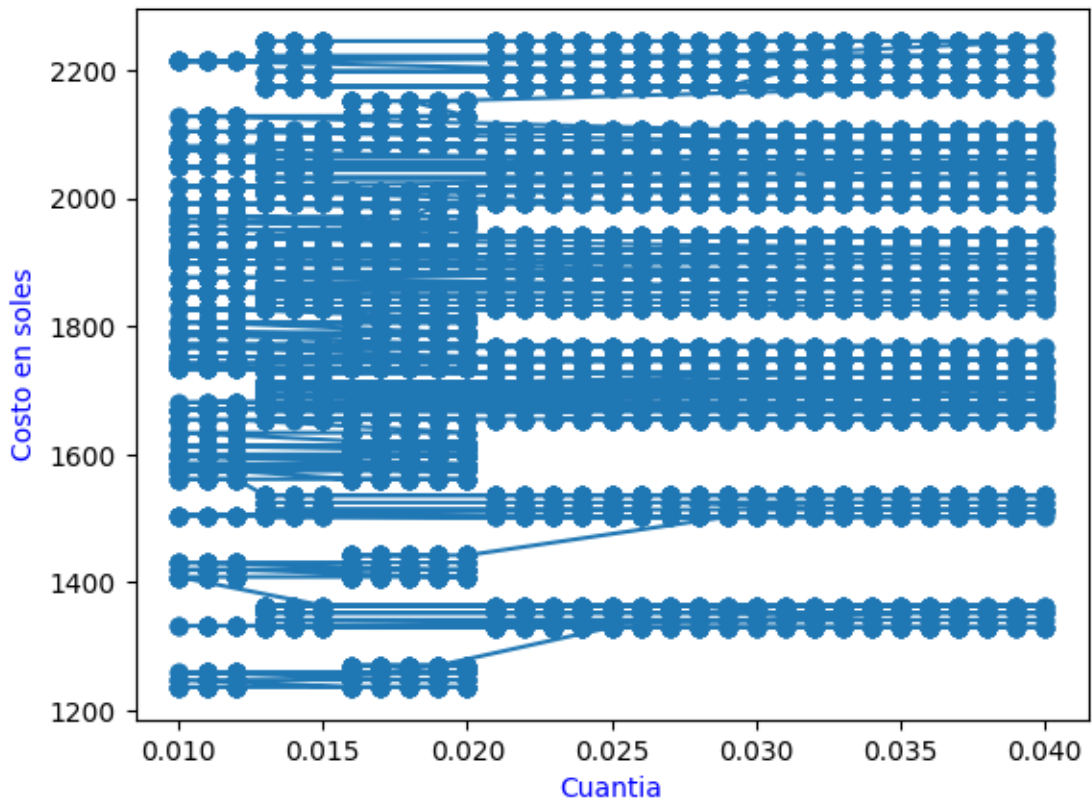


Figura 8. Relación Cuantía vs Costo

Nota. En la Figura 8, la optimización redujo costos y a su vez propuso un aumento en la eficiencia en la construcción, para lo cual se buscó con el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing determinar el porcentaje Óptimo, lo cual propone entre el 1.25% para columnas de 40x40 cm y 1% para viga de 25x40 cm.

3.3. Objetivo Específico 3:

3.3.1. Resistencia a la compresión Optimizada

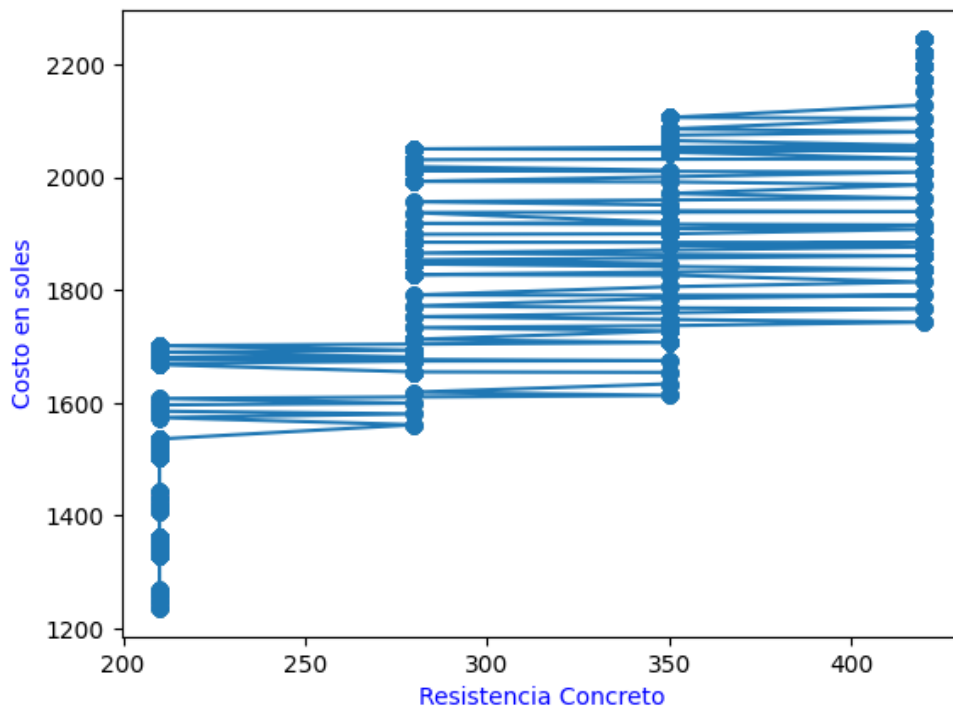


Figura 9. Relación F'c vs Costo

Nota. En la Figura 9, se determinó mediante el Simulated Annealing que la f'_c óptima es 210 kg/cm² para el diseño del pórtico que consiste en dos columnas 40x40 cm y una viga de 25x40 cm.

3.4. Objetivo Específico 4:

3.4.1. Análisis de ETABS

- Cortante para una CM = 0.40 Tn y FH = 1 Tn/m

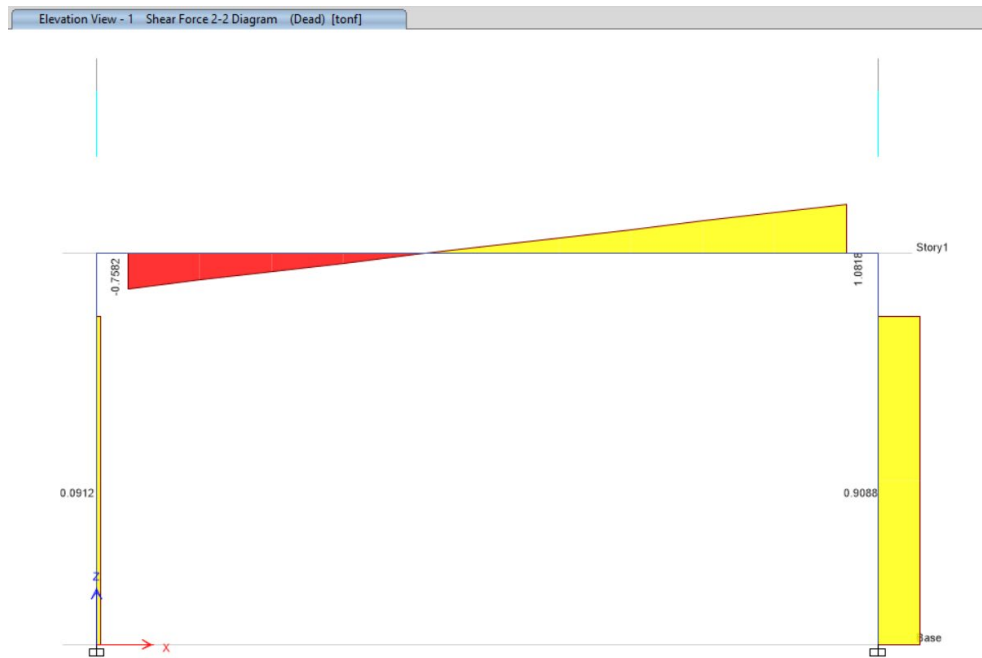


Figura 10. Cortante para carga muerta del pórtico

Nota. La viga con diseño de $b= 25$ cm y $h= 40$ cm con una longitud de 5 m, cuenta con una cortante máxima en la Carga Muerta de 1.0818 tnf, en la Columna de 40x40cm C1 cuenta con una cortante en la Carga Muerta 0.0912 tonf y para la columna C2 con una cortante máxima 0.9088 tonf.

- Momentos para una CM = 0.40 Tn y FH = 1 Tn/m

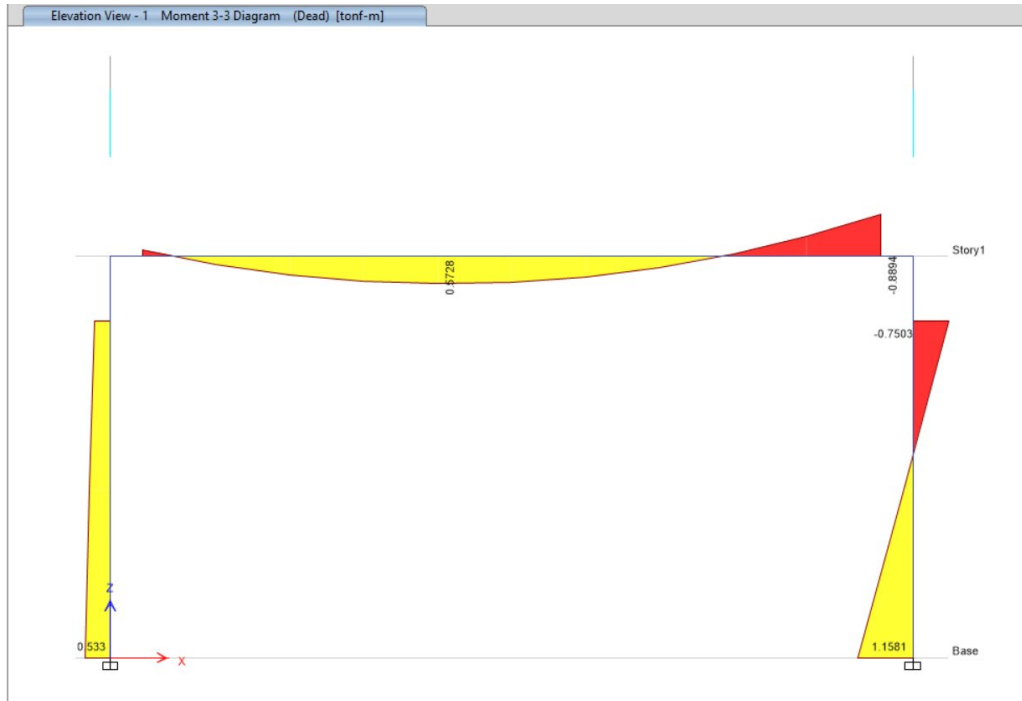


Figura 11. Momento para carga muerta del Pórtico.

Nota. La viga con diseño de $b = 25$ cm y $h = 40$ cm con una longitud de 5 m, cuenta con un momento máxima de la Carga Muerta de 0.5728 Tnf-m, en la Columna de 40x40cm C1 cuenta con un momento máxima de la Carga Muerta 0.533 tonf-m y para la columna C2 con una momento máxima de 1.1581 tonf-m.

- Cortante para una CV= 0.20 Tn y FH = 1 Tn/m

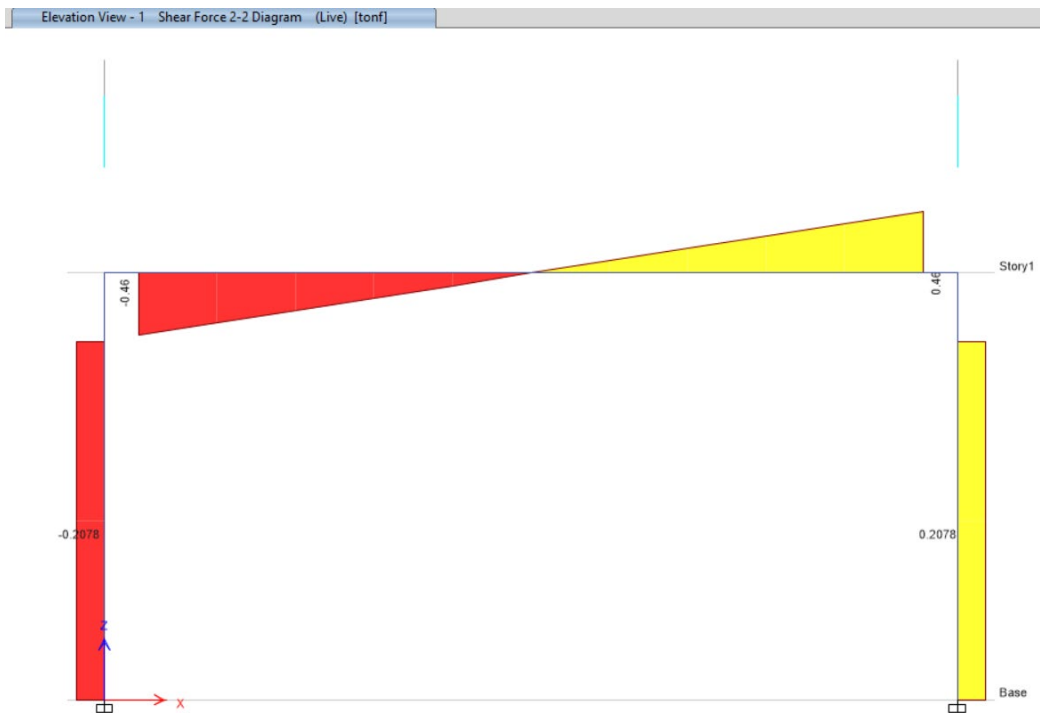


Figura 12. Cortante para carga viva del pórtico.

Nota. La viga con diseño de $b= 25$ cm y $h= 40$ cm con una longitud de 5 m, cuenta con una cortante máxima de la Carga Viva de 0.46 tnf, en la Columna de 40x40cm C1 cuenta con una cortante máxima de la Carga Viva negativa de -0.2078 tonf y para la columna C2 con una cortante máxima de 0.2078 tonf.

- Momentos para una CV= 0.20 Tn y FH = 1 Tn/m

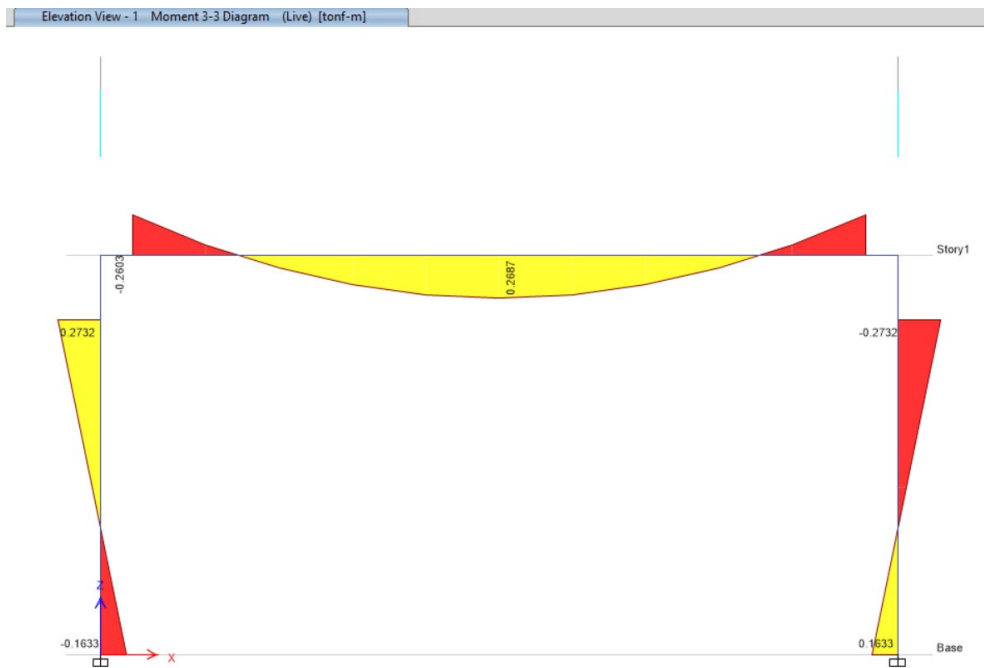


Figura 13. Momento para carga viva del pórtico.

Nota. La viga con diseño de $b = 25$ cm y $h = 40$ cm con una longitud de 5 m, cuenta con un momento máxima de la Carga Viva de 0.2687 tnf-m, en la Columna de 40x40cm C1 cuenta con un momento máxima de la Carga Viva 0.2732 tonf-m y para la columna C2 con un momento máximo de -0.2732 tonf-m.

- Desplazamientos máximos en XX

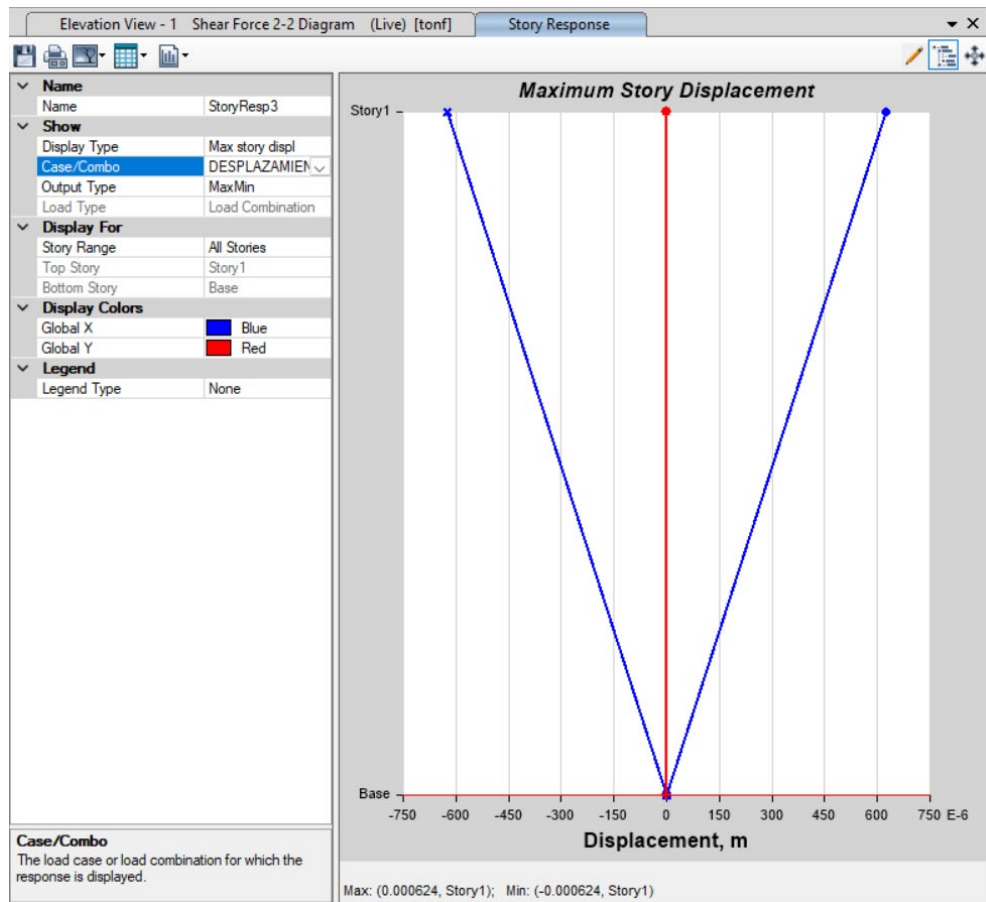


Figura 14. Verificación de Desplazamientos en XX del Pórtico.

Nota. Se analizó el desplazamiento del pórtico en el Eje XX, lo que se expresa que tiene un desplazamiento máximo de 0.000624 m siendo menor al cálculo estimado de la deriva siendo este de 0.0002496 siendo menor a la deriva máxima cumpliendo así con la norma E030, capítulo 5, artículo 5.2.

- Áreas de acero para los elementos estructurales

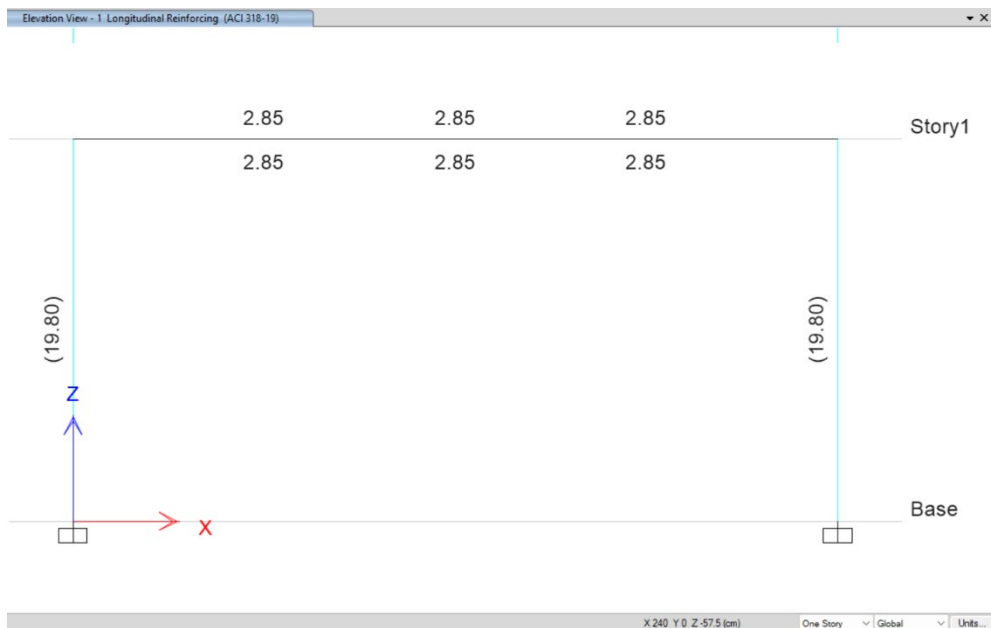


Figura 15. Área de acero para la viga y las columnas.

Nota. Se obtuvo el área de acero bajo normativa ACI 318-19 y la normativa E060, mostrando que la viga de 25 x 40 cm cuenta acero total de 11.40 cm², para las columnas cuentan con 19.80 cm².

- **Interacciones para las columnas de 40 cm x 40 cm**

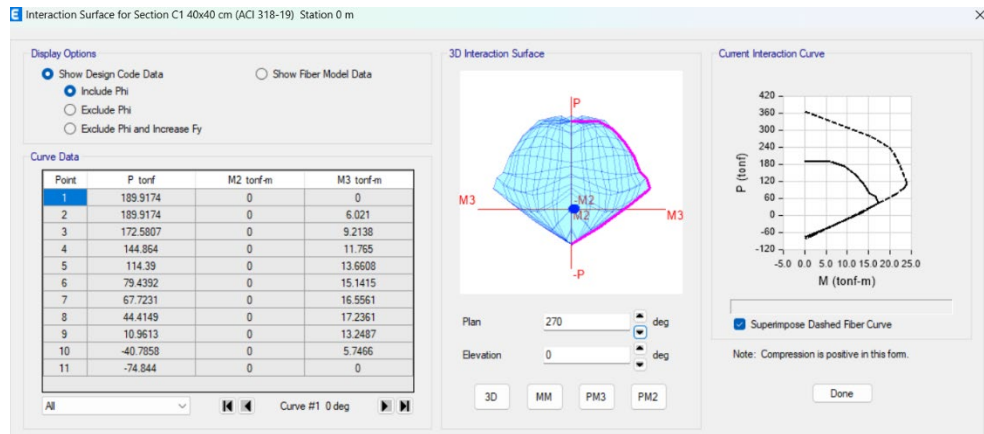


Figura 16. Diagrama de Interacción de la Columna C1.

Nota. El análisis de interacciones de la columna C1 se presenta una falla dúctil cumpliendo con los parámetros de cálculo de la normativa vigente ACI 318-19.

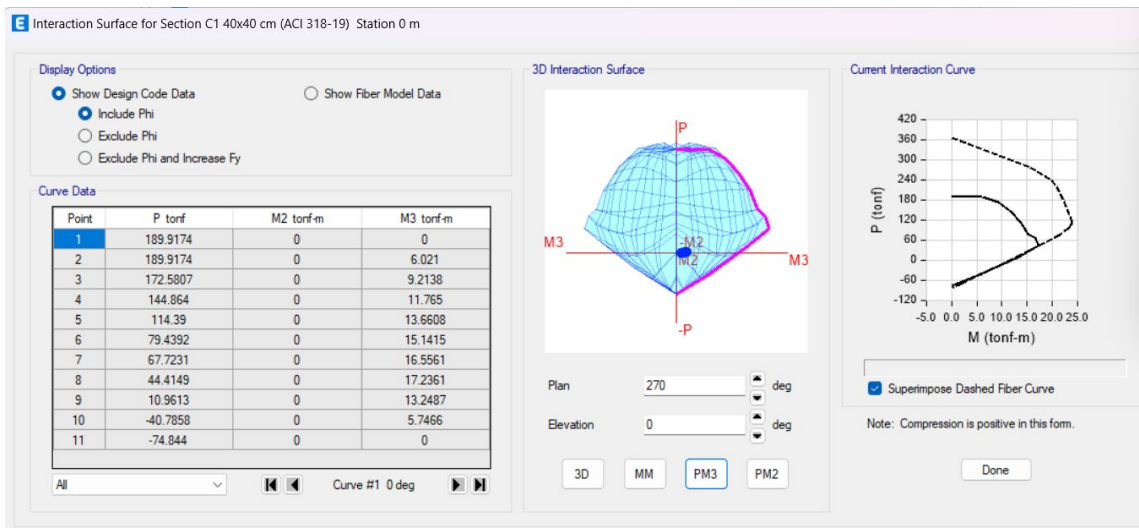


Figura 17. Diagrama de Interacción de la Columna C2.

Nota. El análisis de interacciones de la columna C2 presenta una falla dúctil cumpliendo con los parámetros de cálculo de la normativa vigente ACI 318-19.

IV. DISCUSIÓN

La Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing, valida la hipótesis establecida en la presente investigación, de manera que, se permite disminuir el costo de un pórtico utilizando una cuantía óptima y conservando la resistencia propuesta inicialmente, mostrando una reducción de S/. 3,825.05 a S/. 1,236.32 nuevos soles sin considerar la mano de obra, de esta manera en la Figura 4, se observa el flujograma que el Simulated Annealing sigue para poder analizar los datos obteniendo así los valores óptimos.

Para lo cual, dando el objetivo específico 1, se puede observar que Farfán et al. (2018) evaluaron los efectos que contiene la fibra de acero probetas de concreto considerando la resistencia a la compresión, obteniendo como resultado un alto rendimiento aplicando entre los 20 kg/m³ a 30 kg/m³ de fibras de acero agregados a la probeta, obteniendo una resistencia a la compresión de 212,39 kg/cm² con una cantidad de 25k g/m³ con el diseño de 210 kg/cm², por ello en la Figura 5, para el análisis de la optimización buscamos reducir costos de manera que la cantidad de fibras para el procesamiento se utilizaron 20 kg/m³, 30 kg/m³ y 40 kg/m³ obteniendo como resultado la cantidad de fibras de acero óptimas de 20kg/m³.

En respuesta al objetivo específico 2, en el que Neyra et al. (2022) una vez realizada la aplicación del Simulated Annealing obtuvo una reducción del costo de una columna en un 47.72%, teniendo un impacto en de s/. 413.18 a s/197.00, esto nos permitió tener un alcance del costo al que se sometía nuestro elemento estructural, porque lo que en la Tabla 14 se puede observar el análisis en el programa del S10 para tener el costo de un Portico de hormigón armado reforzado con fibras de acero, obteniendo así un costo inicial de S/. 3,825.05, este sin considerar mano de obra con el fin de procesarlo por medio del Simulated Annealing, por ello, en la Figura 6, se puede observar el costo optimizado del Pórtico varió según la serie de iteraciones analizadas, para lo cual las dimensiones obtenidas son dos columnas de 40 cm x 40 cm, una viga peraltada de 25 cm x 40 cm, las varillas de acero teniendo una cuantía para columnas 1.25% y vigas el 1%, aplicando fibras de acero de 20kg/m³ se optimizó a S/. 1,236.32 nuevos soles sin considerar la mano de obra reduciendo así un 67.68 % del Costo máximo.

Así mismo, en la figura 7, se obtuvo una relación entre la Resistencia a la compresión

de 210 kg/cm², cuantía de acero del 1.25% para columnas y 1% para vigas y un costo optimizado de S/. 1,236.32, lo que se expresó como que el pórtico si logró ser optimizado mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing buscando el mejor Óptimo en relación de estas tres variables. Donde la optimización redujo costos y a su vez propuso un aumento en la eficiencia en la construcción, para lo cual se buscó con el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing determinar el porcentaje Óptimo, lo cual propone entre el 1.25% para columnas de 40x40 cm y 1% para viga de 25x40 cm. Lo cual podemos ver en Negrín et al. (2019) donde demostró que el sistema estructural obtenido se encuentra diseñados y construidos bajo diferentes condiciones como el costos y análisis en función del país en el que se encuentre propuesto el diseño del sistema estructural, en este caso en cuba se presentan los siguientes parámetros analizados: para vigas, dimensiones geométricas óptimas del acero en tensión varían de 0,6 a 1,5% respecto a valores pequeños, en columnas. De esta manera que se concluye que estos resultados obtenidos de los elementos estructurales sen encuentran en condiciones óptimas para su construcción.

Lo que nos lleva al objetivo específico 3, donde Noriega (2021) en su análisis del algoritmo Simulated Annealing determinó las múltiples propuestas en relación a la resistencia a la compresión ($f'c$) el cual compró con la normativa ACI 318-19, lo que finalmente obtuvo como resultado la fabricación de una viga de concreto armado de $f'c = 280$ kgf/cm², lo cual en nuestro análisis de la resistencia al concreto se utilizó 210, 280, 420, 350 kg/cm², por tanto en la Figura 9, nos muestra mediante el Simulated Annealing que la $f'c$ optima es 210 kg/cm² para el diseño del pórtico que consiste en dos columnas 40x40 cm y una viga de 25x40 cm, con el fin de optimizar costos.

Finalmente, obtenido estos resultados dando respuesta al objetivo 4, se analizó en el programa Etabs con el fin de verificar que los resultados obtenidos por el Simulated Annealing, para lo cual en la Figura 10 se observan los siguiente, las cortantes cuando $cm = 0.4$ tn y $Fh = 1$ tn La viga con diseño de $b = 25$ cm y $h = 40$ cm con una longitud de 5 m, cuenta con una cortante máxima en la Carga Muerta de 1.0818 tnf, en la Columna de 40x40cm C1 cuenta con una cortante en la Carga Muerta 0.0912 tonf y para la columna C2 con una cortante máxima 0.9088 tonf. Para Figura 11 donde los Momentos cuando $cm = 0.40$ tn y $Fh = 1$ tn se obtiene que la viga tiene una Carga Muerta de 0.5728 Tnf-m, en la Columna de 40x40cm C1 cuenta con un momento máxima de la Carga Muerta 0.533 tonf-m y para la columna C2 con un momento máximo de 1.1581 tonf-m. En Figura 12 donde la obtención de cortante cuando $cv =$

0.2 tn y $F_h = 1$ tn se obtienen que la viga cuenta con una cortante máxima de la Carga Viva de 0.46 tnf, en la Columna de 40x40cm C1 cuenta con una cortante máxima de la Carga Viva negativa de -0.2078 tonf y para la columna C2 con una cortante máxima de 0.2078 tonf. Y la Figura 13 en el que se muestran los momentos donde $c_v = 0.2$ tn y $f_h = 1$ tn la viga cuenta con un momento máxima de la Carga Viva de 0.2687 tnf-m, en la Columna de 40x40cm C1 cuenta con un momento máxima de la Carga Viva 0.2732 tonf-m y para la columna C2 con un momento máximo de -0.2732 tonf-m.

Y finalmente, en la Figura 14 se analizó el desplazamiento del pórtico en el Eje XX, lo que se expresa que tiene un desplazamiento máximo de 0.000624 m siendo menor al cálculo estimado de la deriva siendo este de 0.0002496 siendo menor a la deriva máxima cumpliendo así con la norma E030, capítulo 5, artículo 5.2. Posterior a ello en la Figura 15 se obtuvo el área de acero bajo normativa ACI 318-19 y la normativa E060, mostrando que la viga de 25 x 40 cm cuenta con 2.85 cm² de área de acero en positivo y negativo, para las columnas cuentan con 19.80 cm² cada una, comparando con los resultados de la optimización donde se obtiene para la viga con área de acero total de 11.40 cm² y para las columnas C1 y C2 de 19.90 cm² cada una, demostrando así que solamente se necesita realizar la optimización metaheurística. En la Figura 16 y Figura 17 el análisis de interacciones de la columna C1 y C2 se presenta una falla dúctil cumpliendo con los parametros de cálculo de la normativa vigente ACI 318-19. Lo que se confirma por Ochoa-Guerrero et al. (2024) donde su análisis obtuvo las derivas y desplazamientos a medida que el corte basal aumenta progresivamente hasta la capacidad máxima el cual tuvo respuestas favorables en la aplicación del programa de ETABS cumpliendo las normativas vigentes para el sistema estructural analizado. Concluyendo que la verificación de sus resultados cumple con las derivas mínimas no menores a 0.007.

La presente investigación tiene limitaciones debido a que se utilizó un código de programación que contienen distintas características donde se evaluó 14000 pórticos, para lo cual, debido a que el algoritmo metaheurístico de Simulated Annealing no es tan aplicado por los ingenieros civiles a cargo de proyectos, debido a que presentan limites en cuanto al conocimiento de la aplicación de los diferentes métodos de optimización, se les propone seguir investigando y diseñando optimizaciones estructurales bajo la aplicación de la Inteligencia artificial mediante el algoritmo propuesto.

En base al resultado obtenido de la optimización de pórticos reforzados con fibras de

acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing darán pase para la continuidad de futuras investigaciones lo cual se ha propuesto el Código para que los programadores especialistas en ciencia de datos busquen mejorar el este de la mano de la inteligencia artificial.

De manera que, se busca facilitar al ingeniero Civil el Predimensionamiento del pórtico, es decir, se considera el Predimensionamiento de columnas, Predimensionamiento de vigas con sus respectivas verificaciones, costo, resistencia a la compresión del concreto, la altura y la longitud para su posterior optimización dándole al Código valores respectivos para obtener la solución óptima del Predimensionamiento del pórtico.

Finalmente, la presente investigación que buscó la Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing concluye con un costo optimizado para un pórtico que contiene dos columnas de 0.40 x 0.40 cm y una viga de 0.25x0.40 cm, resistencia a compresión de 210 kg/cm², cuantía del 1.25% a las columnas y 1% a viga, adicionando 20kg/m³ de fibras de acero, obteniendo una reducción del 67.68 % en el costo de S/. 3,825.05 a S/. 1,236.32.

V. CONCLUSIONES

- En relación al objetivo general, se logró Optimizar el diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing, respetando las normativas existentes para la verificación de los elementos estructurales como la N.T.P E.060 y la normativa ACI 319-19, concluyendo que se obtuvo el costo optimizado, las características geométricas ideales del pórtico, los refuerzos longitudinales de los elementos estructurales y las fibras de acero optimas del pórtico.
- Por otro lado, se determinó el Peso (Kg/m³) óptimo de fibras de acero en un pórtico de hormigón armado mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing, siendo este 20kg/m³ favoreciendo al costo Óptimo del pórtico.
- Por consiguiente, se obtuvo el cálculo del costo optimizado de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing, siendo este un valor de S/. 1,236.32 nuevos soles sin considerar mano de obra teniendo como reducción un 67.68 % del costo máximo.
- De forma que se Identificó la resistencia a compresión optimizada de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing, el cual nos arrojó un f'_c de 210 kg/cm² en cual beneficia al costo Óptimo.
- Finalmente, se analizó en el programa ETABS obteniendo áreas de aceros menores a los optimizados de manera que la optimización del pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated annealing donde se obtuvo una diferencia de 0.761% para viga entre el calculado y la optimización metaheurística, en columnas es el 0.003 % con el calculado por el ETABS con el Simulado recocido, llegando a la conclusión que la configuración metaheurística con el recocido simulado logró optimizar el diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero, el costo del pórtico y la resistencia a la compresión, generando así soluciones iniciales aleatorias con el fin de minimizar el costo inicial.

VI. RECOMENDACIONES

- Para investigaciones futuras, se deberá tener en cuenta que las secciones que se quieran ser optimizadas deberán ser definidas y evaluadas siguiendo los parámetros establecidos por las normativas vigentes como la N.T.P E 060, de la mano de la normativa ACI 319-19, de manera que, los elementos estructurales no tengan un sobredimensionamiento. Adicionalmente, se deberá tener en cuenta el costo del concreto que varía según el diseño y la cantidad, el costo del acero que varía según la pulgada y cantidad de las varillas y las fibras de acero según lo requerida, lo cual se deberá buscar el más económico sin perder la calidad del material para que la estructura a diseñar cumpla con los parámetros exigidos y que su cuantía de acero no exceda lo establecido. Por consiguiente, se deberá tener en cuenta el precio de los materiales sumado a esto el personal con quienes se trabajará, para dar con mayor exactitud el costo de la construcción del pórtico reforzado con fibras de acero.
- Para diseños de pórticos con más de un piso se deberá considerar un análisis minucioso en cuanto a mejorar las resistencias a la compresión a partir de un f'_c de (280, 350 o 420 kg/cm²) ello para mejorar el desempeño de la estructura, de manera que, el pórtico pueda cumplir no solo con la calidad del material, si no también, pueda ser capaz de brindar seguridad a los beneficiarios.
- En la recopilación de las investigaciones se encontraron artículos donde nos muestran el desempeño de la optimización mediante el Simulated Annealing en sistemas estructurales lo cual se muestran detallado la codificación para desarrollo de la optimización, es importante mencionar que la tecnología que se aplica está siendo integrada en Latinoamérica por medio de proyectos o capacitadores con el fin de poder generar nuevos conocimientos de la mano de la inteligencia artificial.
- Los resultados de la optimización deberán ser verificados antes de la creación de la codificación para obtener resultados favorables y mejores que las arrojadas en el ETABS.

REFERENCIAS

ADUVIRI, Robert Alonso. Algoritmo Genético Multiobjetivo para la Optimización de la Distribución de Ayuda Humanitaria en Caso de Desastres Naturales en el Perú. Tesis (Titulación en Ingeniería). Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2018. Disponible en <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15478>

ALVAREZ, Aldo. Clasificación de las Investigaciones [en línea]. Lima: Universidad de Lima, 2020. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Clasificaci%C3%B3n-de-las-investigaciones-Alvarez-Risco/feb8d883178e155af48e52bf1b429025582bd8be>

ARIAS, José Luis. Guía para elaborar la operacionalización de variables. Espacio I+D: Innovación más Desarrollo [en línea]. Octubre 2021, Vol. 10, no. 28. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en <https://espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/article/view/274>
ISSN: 2007-6703

AROTUMA, Ismael y PUMAYAURI, Josselin. Análisis comparativo del diseño sismorresistente empleando los softwares ETABS y SAP2000 en una edificación de concreto armado, Ica, 2022. Tesis (Titulación en Ingeniería). Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2022. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21750>

BAUTISTA, Lucero Mercedes. Diseño Sismico de Centro Educación Superior de cuatro niveles empleando pórticos de concreto armado con fibras de acero en Cajamarca, 2020. Tesis (Titulación en Ingeniería). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021. Disponible en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65821/Bautista_ALM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BELTRÁN, Luis y ÑAUPARI, Zocimo. Sintonización de un Controlador PID para un Péndulo Invertido Mediante Algoritmos Meta-Heurísticos: Luciérnaga y Recocido Simulador. Tecnia [En línea]. Noviembre 2020, vol. 30, no. 2. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en <https://www.revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnica/article/view/623>

ISSN: 0375-7765

BLUM, Avrim, DAN, Chen y SAEED, Seddighin. Learning Complexity of Simulated Annealing. Proceedings of Machine Learning Research [En línea]. 2021, Vol.130. [Fecha de consulta: 25 de agosto del 2023]. Disponible en <https://proceedings.mlr.press/v130/blum21a.html>
ISSN: 1540-1548

CASADO, Francisco. Optimización Estructural Mediante Algoritmos Computacionales Inspirados en la Naturaleza. Tesis (Magíster en Ingeniería). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2022. Disponible en <https://oa.upm.es/70277/>

CEMEX Perú. [s.n.]. 19 de junio del 2019. Disponible en <https://www.cemex.com.pe/-/hablando-de-cementos-portland>

Comparing Analysis of Earthquake-Resistant Housing Construction Methods in Ecuador: Frames vs. Walls por Ochoa-Guerrero, Domenica [et al]. Abril 2024. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2024]. Disponible en https://avestia.com/CSEE2024_Proceedings/files/paper/ICSECT/ICSECT_120.pdf

Construcción de problemas de investigación: Diálogos entre el interior y el exterior por Eschenhagen, María [et al.]. Medellín: Digitalia Hispánica [en línea]. Enero 2018. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.digitaliapublishing.com/viewepub/?id=59739>
ISBN: 9789585413689

ESTRADA, Ana Luisa. Operacionalización de variablesde investigación. CISA [en línea]. Agosto 2023, Vol. 5, no. 5. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2023]. Disponible en <https://revista-cisa.com/index.php/cisa/article/view/35> ISSN: 2954-4009

Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado por Mucha-Hospinal, Luis [et al]. Desafíos [en línea]. Enero 2021, Vol. 12, no. 1. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en <http://revistas.udh.edu.pe/index.php/udh/article/view/253e>
ISSN: 2307 - 6100

Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto por Farfan Córdova, Marlon [et al]. Revista Gaceta Técnica [en línea]. Julio 2019 , Vol. 20, no. 2. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2023]. Disponible en <https://revistas.uclave.org/index.php/gt/article/view/2221>

ISSN: 2477-9539

GALLEGO, Micael, PANTRIGO, Juan José y DUARTE, Abraham. Metaheurísticas [en línea]. Madrid: DYKINSON, S.L., 2007. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.digitaliapublishing.com/a/48608/metaheuristicas>

ISBN: 9788498490169

GUEVARA, Gladys, VERDESOTO, Alexis y CASTRO, Nelly. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Revista Recimundo [en línea]. Julio 2020, Vol. 4, no. 3. [Fecha de consulta: 10 de agosto de 2023]. Disponible en <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/860>

ISSN: 2588-073X

HARMSSEN, Teodoro. Diseño de Estructuras de Concreto Armado [En línea]. 2.a ed. Lima: Fondo Editorial PUCP, 2017. [Fecha de consulta: 10 de agosto de 2023]. Disponibel en: <https://www.digitaliapublishing.com/a/51234/disenodeestructurasdeconcretoarmado--5aed.->

ISBN: 9786123172978

HERNÁNDEZ, Leonor. Predicción y optimización de emisores y consumo mediante redes neuronales en motores diésel [En línea]. Barcelona: Editorial Reverté S. A, 2006. [Fecha de consulta: 10 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.digitaliapublishing.com/viewepub/?id=103376>

ISBN: 788429147087

MARTÍ, José, MARTÍNEZ, David y YEPES, Víctor. Diseño de experimentos para la calibración de la heurística de optimización de muros de contrafuertes. Revista Hormigón y Acero [en línea]. 2022. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2023]. Disponible en <http://congresoache.com/descargas2022/2099.pdf>

MEHTA, Kumar y MONTEIRO, Paulo. Concreto: estructura, propiedades y materiales portland [en línea]. 2014. https://www.academia.edu/50834616/CONCRETO_ESTRUCTURA_PROPIEDADES_Y_MATERIALES_IMCYC

MEJÍA, William y OROZCO, Javier. Optimización en el Diseño Estructural de Pórticos de Concreto usando SAP2000. Revista colombiana de tecnologías de avanzada (rcta)

[en línea]. Octubre 2020, Vol. 1, no. 33. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2023]. Disponible en <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcta/article/view/91>
ISSN: 1692-7257

MILLAN, Carlos y ARRIETA, Jair. Optimización del Diseño de Muros de Contención empleando Algoritmo Simulated Annealing Modificado. Universidad, Ciencia y Tecnología [En línea]. Octubre 2019, vol. 22, no. 87. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/187>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente. Lima: 2019. Disponible en https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/299950/d289856_opt.pdf?v=1553120958

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma Técnica E060 Concreto Armado. Lima: 2009. Disponible en <https://drive.google.com/file/d/1VRokdwZWZkbtC-FN0iXcw4i5rDBo51W2/view>

NEGRIN, Iván, CHAGOYÉN, Ernesto y NEGRIN, Alejandro. Parameter tuning in the process of optimization of reinforced concrete structures. Dyna [En línea]. Febrero 2021, vol. 88, no. 216. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en <https://www.proquest.com/docview/2593050142/abstract/B42F2F538C874813PQ/1?accountid=37408&sourcetype=Scholarly%20Journals>
ISSN: 0012 - 7353

NEGRIN, Iván, NEGRIN, Alejandro y CHAGOYÉN, Ernesto. Optimization of reinforced concrete plane frames using a hybridization of genetic algorithms and the Nelder-Mead algorithm. [en línea]. 2019, Vol. 26. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-28132019000200074&script=sci_abstract&tlng=en

NEYRA, Noemi y CABANILLAS, Juan. Optimización del diseño de una columna de concreto armado mediante el algoritmo de simulated annealing, Perú. Tesis (Titulación en ingeniería). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2022. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/126976>

NOLASCO, Jorge Santiago. Python Aplicaciones prácticas [En línea]. Madrid: Rama Editorial, 2018 [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en

<https://www.digitaliapublishing.com/a/110121/python-aplicaciones-practicas>

ISBN: 9788499647890

NORIEGA, Eduardo. Optimización del Diseño de una Viga de Concreto Armado mediante Simulated Annealing, Perú. Tesis (Titulación en Ingeniería). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2021. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30298/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

OYOLA-GARCÍA, Alfredo. La variable. Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo [en línea]. Marzo 2021, vol. 14, no. 1. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-47312021000100016

ISSN:2227- 4731

Optimización De Marcos Articulados Prefabricados De Hormigón Armado Mediante Recocido Simulado Híbrido por Ruiz, Andrés [et al]. Revista Ciatec-Upf [En línea]. 2022. Disponible en <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=161641514&lang=es&site=ehost-live>

PANTOJA, Miriam, ARCINIEGAS, Olga y ÁLVAREZ, Sary Del Rocío. Desarrollo de una investigación a través de un plan de estudio. [en línea]. 2022, vol. 18, no.3. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/2649>

PÉREZ, Tezozomoc. Concreto armado, Caracterización y alteraciones. Publicaciones Digitales ENCRyM [En línea]. Junio 2015. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/digitales/article/view/5422>

PIÑERO, Lorena y PEROZO, Lorheny. Theoretical construction: synonym, operational definition and systematization of variables [en línea]. 2020, Vol. 16, no. 47, págs. 16-30. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023].

SANCHEZ, Mildred y VIDAL, Pool. Optimización de las dimensiones de placas mediante el uso de IA para reducir los costos en edificios de 6 pisos en el distrito de Miraflores. Tesis (Titulación en ingeniería). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020. Disponible en

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/652826>

Simulated annealing for optimization of graphs and sequences por Liu, Xianggen [et al]. Neurocomputing [En línea]. Noviembre 2021, vol. 465. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.proquest.com/working-papers/simulated-annealing-optimization-graphs-sequences/docview/2579214779/se-2?accountid=37408>

ISSN: 2331-8422

TAHA, Hamdy. Investigación de Operaciones [en línea]. 9na ed. Pearson educación: 2012. Disponible en [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. <https://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/investigacic3b3n-de-operaciones-9na-edicic3b3n-hamdy-a-taha-fl.pdf>

ISBN: 9786073207966.

VISBAL, Jorge y DA COSTA, Alessandro. Algoritmo de recocido simulado generalizado para Matlab. Ingeniería y Ciencia [En línea]. Julio 2019, vol. 15, no. 30. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en <https://www.proquest.com/docview/2333943833/abstract/A1AC5A49878D47FFPQ/1>

ISSN: 1794 - 9165

WATTS, Jonathan. Cemento: el material más destructivo de la Tierra [en línea]. elDiario.es. 4 de marzo de 2019. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en: https://www.eldiario.es/internacional/theguardian/cemento-material-destructivo-tierra_1_1675968.html

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Antecedentes	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Tipo y diseño de investigación	Población y muestra
¿Cuál es la Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing?	<p>General: Optimizar el diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing.</p> <p>Específicos: 1. Determinar el Peso (Kg/m³) óptimo de fibras de acero en un pórtico de hormigón armado mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing. 2. Calcular el costo optimizado de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing. 3. Identificar la resistencia a la compresión optimizada de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing. 4. Analizar la optimización del diseño de un Portico de hormigón armado reforzado con fibras de Acero en ETABS.</p>	<p>(Sánchez et al. 2020) Usaron las redes neuronales con el objetivo de mejorar las secciones de los muros de corte de edificaciones sin irregularidad de 6 niveles en Lima. Esta investigación permitió a la red neuronal predecir la longitud y el espesor de la placa con un error del 10%.</p> <p>(Martí, et al. 2020) lograron reducir el tiempo de cálculo y obtener mejores resultados en el diseño de un muro de contrafuerte de 11 m de altura. La reducción de costos está asociada a la mejora ambiental.</p>	Con la utilización del algoritmo Heurístico Simulated Annealing se podría Optimizar el diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero.	Independiente Diseño de un pórtico de hormigón armado	Fibras de Acero. Costos Resistencia a la Compresión	<p>Tipo de Investigación.- Básica</p> <p>Diseño de Investigación.- No Experimental</p>	<p>Población.- Todo tipo de pórtico ya sea de concreto armado, que pueda ser analizado mediante el algoritmo Simulated Annealing.</p> <p>Muestra.- La muestra a analizar será de 14000 pórticos.</p>

Anexo 2. Tabla de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala/niveles de medición
Diseño de un pórtico de hormigón armado	Es un sistema de columnas y vigas que unidas son capaces de resistir todo tipo de cargas. Como mínimo el 80% de la fuerza cortante en la base debe actuar en las columnas de los pórticos. (Ministerio de Vivienda, E030, 2019)	Implica dimensionar los elementos estructurales (columnas y vigas) de tal manera que se forme un marco rígido que puedan soportar las cargas del peso propio, el peso de los materiales, el viento y los sismos.	Fibras de Acero	20 Kg/m3, 30 Kg/m3 y 40 Kg/m3	RAZÓN
			Costos	Costo Optimizado de un pórtico	SOLES
			Resistencia a la Compresión	$f'c = \frac{F}{A}$	en Kg/cm2

Anexo 3. Validación de instrumento del primer experto.



CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a):

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

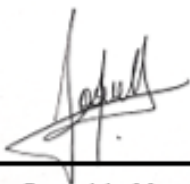
Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería civil de la UCV, en la sede Trujillo, promoción 2024-1, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de ingenieros civiles colegiados, para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia profesional.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.



Josue Oswaldo Mendiburu Alván

DNI: 71028853



Sarita Mariela Pizán García

DNI: 71060379



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Variables y operacionalización

(Arias González, 2021) citado en (Estrada Esquivel, 2023) se le conoce operacionalización de variable como conjuntos de técnicas, métodos o actividades que realizará el investigador para medir la o las variables de estudio de una investigación, separando y analizando sus componentes para establecer el proceso de medición de los datos recolectados.

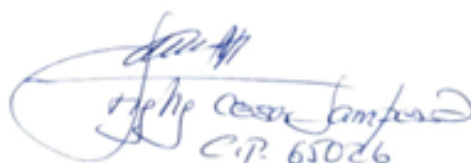
Variable Independiente: Diseño de un pórtico de hormigón armado

Definición conceptual:

Es un sistema de columnas y vigas que unidas son capaces de resistir todo tipo de cargas. Como mínimo el 80% de la fuerza cortante en la base debe actuar en las columnas de los pórticos. (Ministerio de Vivienda, Norma E030, 2019)

Definición operacional:


Implica dimensionar los elementos estructurales (columnas y vigas) de tal manera que se forme un marco rígido que puedan soportar las cargas del peso propio, el peso de los materiales, el viento y los sismos.


Juan Carlos Jarama
C.P. 65026



MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala/niveles de medición
Diseño de un pórtico de hormigón armado	Es un sistema de columnas y vigas que unidas son capaces de resistir todo tipo de cargas. Como mínimo el 80% de la fuerza cortante en la base debe actuar en las columnas de los pórticos. (Ministerio de Vivienda, E030, 2019)	Implica dimensionar los elementos estructurales (columnas y vigas) de tal manera que se forme un marco rígido que puedan soportar las cargas del peso propio, el peso de los materiales, el viento y los sismos.	Fibras de Acero	20 kg/m ³ , 30 Kg/m ³ y 40 Kg/m ³	RAZÓN
			Costos	Costo Optimizado de un pórtico	SOLES
			Resistencia a la Compresión	$f'c = \frac{F}{A}$	en Kg/cm ²


C.P. 65026

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

N°	VARIABLE - DIMENSIONES- INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Diseño de un pórtico de hormigón armado							
	DIMENSIÓN 1: FIBRAS DE ACERO	Si	No	Si	No	Si	No	
1	20 Kg/m ³ , 30 Kg/m ³ y 40 Kg/m ³	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: COSTOS	Si	No	Si	No	Si	No	
2	Costo Optimizado de un pórtico	X		X		X		
	DIMENSIÓN 3: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN OPTIMA	Si	No	Si	No	Si	No	
3	Aplicación a 210, 280, 350, 420 kg/cm ² .	X		X		X		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [X] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador:

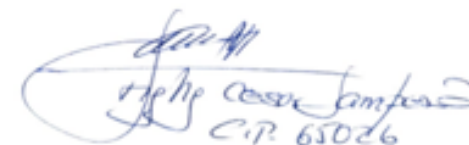
DNI:

Especialidad del Validador:

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo



C.P. 65026

Firma del Experto Informante.

Anexo 3

Ficha de Validación de Instrumento

Título de la Investigación:

“Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing”

Investigadores:

- Mendiburu Alván, Josue Oswaldo
- Pizán García, Sarita Mariela

DISEÑO DE PÓRTICO DE HORMIGÓN ARMADO

Columnas

Datos de entrada (eje x)		Datos de entrada (eje y)	
hx(m)		hx(m)	
bx(m)		bx(m)	
d'x(m)		d'x(m)	
dx(m)		dx(m)	
F'c (MPa)		F'c (MPa)	
Fy (MPa)		Fy (MPa)	
εy		εy	
εcu		εcu	
Estribos		Estribos	
k		k	

Factores de reducción	
Φ Compresión	
Φ Tracción	

Josue Oswaldo Mendiburu Alván
C.I.P. 65026

Refuerzo eje X				
Capas	Cantidad	Barra #	As (mm ²)	d(m)
Capa 1				
Capa 2				
Capa 3				
Capa 4				
Capa 5				
Capa 6				
Total	0			

Vigas

Datos de entrada (eje x)		Datos de entrada (eje y)	
hx(m)		hx(m)	
bx(m)		bx(m)	
d'x(m)		d'x(m)	
dx(m)		dx(m)	
F'c (MPa)		F'c (MPa)	
Fy (MPa)		Fy (MPa)	
εy		εy	
εcu		εcu	
Estribos		Estribos	
k		k	

Factores de reducción	
Φ Compresión	
Φ Tracción	

Juan M. Cesar Vallejo
C.P. 65026



Refuerzo eje X				
Capas	Cantidad	Barra #	As (mm ²)	d(m)
Capa 1				
Capa 2				
Capa 3				
Capa 4				
Capa 5				
Capa 6				
Total	0			


César Vallejo
C.P. 65026

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Antecedentes	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Tipo y diseño de investigación	Población y muestra
¿Cuál es la Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing?	<p>General: Optimizar el diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing.</p> <p>Específicos: 1. Determinar el Peso (Kg/m³) óptimo de fibras de acero en un pórtico de hormigón armado mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing. 2. Calcular el costo optimizado de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing. 3. Identificar la resistencia a la compresión optimizada de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing. 4. Analizar la optimización del diseño de un Pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de Acero en ETABS.</p>	(Sánchez Maguifía, y otros, 2020) Usaron las redes neuronales con el objetivo de mejorar las secciones de los muros de corte de edificaciones sin irregularidad de 6 niveles en Lima. Esta investigación permitió a la red neuronal predecir la longitud y el espesor de la placa con un error del 10%. (Martí, y otros, 2020) lograron reducir el tiempo de cálculo y obtener mejores resultados en el diseño de un muro de contrafuerte de 11 m de altura. La reducción de costos está asociada a la mejora ambiental.	Con la utilización del algoritmo Heurístico Simulated Annealing se podría Optimizar el diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero.	Independiente Diseño de un pórtico de hormigón armado	Fibras de Acero. Costos Resistencia a la Compresión	Tipo de Investigación.- Básica Diseño de Investigación.- No Experimental	<p>Población.- Todo tipo de pórtico ya sea de concreto armado, que pueda ser analizado mediante el algoritmo Simulated Annealing.</p> <p>Muestra.- La muestra a analizar será de 14000 pórticos.</p>

Juan
Orlando Cesar Jimenez
 C.I. 65026

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS					
Título de la investigación		Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing.			
Línea de Investigación		Diseño Sísmico y Estructural			
Tipo de Instrumento (Marcar con X)	Cuestionario	Guía de Entrevista	Guía de Observación	Ficha de Análisis Documental	Otro Instrumento
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. Tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcadas con una "x" en las columnas de SI o NO; Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.					
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones	
		Si	No		
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X			
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?	X			
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X			
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X			
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X			
6	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X			
7	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgados? (Cuestionario)	X			
8	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? (cuestionario)	X			
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? (Cuestionario)	X			
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para que de esta manera se obtenga los datos requeridos?	X			

Sugerencias:

Sugiero en el título cambiar Hormigón Armado por Concreto Armado. Al menos en el Perú, así lo denominamos.

Nombres y Apellidos completos:



DNI:

16700582

Especialidad y Grado:

Máster Gestión Organizativa



Firma del Experto

Anexo 4. Validación de Instrumento del segundo experto



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Variables y operacionalización

(Arias González, 2021) citado en (Estrada Esquivel, 2023) se le conoce operacionalización de variable como conjuntos de técnicas, métodos o actividades que realizará el investigador para medir la o las variables de estudio de una investigación, separando y analizando sus componentes para establecer el proceso de medición de los datos recolectados.


Variable Independiente: Diseño de un pórtico de hormigón armado

Definición conceptual:

Es un sistema de columnas y vigas que unidas son capaces de resistir todo tipo de cargas. Como mínimo el 80% de la fuerza cortante en la base debe actuar en las columnas de los pórticos. (Ministerio de Vivienda, Norma E030, 2019)

Definición operacional:

Implica dimensionar los elementos estructurales (columnas y vigas) de tal manera que se forme un marco rígido que puedan soportar las cargas del peso propio, el peso de los materiales, el viento y los sismos.



Luis César Cerda Romoza
Ing. Civil
CIP. N° 123512



MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala/niveles de medición	
Diseño de un pórtico de hormigón armado	Es un sistema de columnas y vigas que unidas son capaces de resistir todo tipo de cargas. Como mínimo el 80% de la fuerza cortante en la base debe actuar en las columnas de los pórticos. (Ministerio de Vivienda, E030, 2019)	Implica dimensionar los elementos estructurales (columnas y vigas) de tal manera que se forme un marco rígido que puedan soportar las cargas del peso propio, el peso de los materiales, el viento y los sismos.	Fibras de Acero	20 Kg/m ³ , Kg/m ³ y Kg/m ³	30 40	RAZÓN
			Costos	Costo Optimizado de un pórtico		SOLES
			Resistencia a la Compresión	$f'c = \frac{F}{A}$		en Kg/cm ²


 Luis Carlos Carrasco
 Ing. Civil
 CIP. N° 123512

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

N°	VARIABLE - DIMENSIONES- INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Diseño de un pórtico de hormigón armado							
	DIMENSIÓN 1: FIBRAS DE ACERO	Si	No	Si	No	Si	No	
1	20 Kg/m ³ , 30 Kg/m ³ y 40 Kg/m ³	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: COSTOS	Si	No	Si	No	Si	No	
2	Costo Optimizado de un pórtico	X		X		X		
	DIMENSIÓN 3: RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN OPTIMA	Si	No	Si	No	Si	No	
3	Aplicación a 210, 280, 350, 420 kg/cm ² .	X		X		X		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [X] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador:

DNI:

Especialidad del Validador:

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo



Luis Cesar Cerro Alonzo
Ing. Civil
CIP. N° 123512

Firma del Experto Informante.



Anexo 3

Ficha de Validación de Instrumento

Título de la Investigación:

“Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing”

Investigadores:

- Mendiburu Alván, Josue Oswaldo
- Pizán García, Sarita Mariela

DISEÑO DE PÓRTICO DE HORMIGÓN ARMADO

Columnas

Datos de entrada (eje x)		Datos de entrada (eje y)	
hx(m)		hx(m)	
bx(m)		bx(m)	
d'x(m)		d'x(m)	
dx(m)		dx(m)	
F'c (MPa)		F'c (MPa)	
Fy (MPa)		Fy (MPa)	
ϵ_y		ϵ_y	
ϵ_{cu}		ϵ_{cu}	
Estribos		Estribos	
k		k	

Factores de reducción	
Φ Compresión	
Φ Tracción	

Luis Pizarro García, 16/07/2024
Ing. Civil
CIP. N° 123512

Refuerzo eje X				
Capas	Cantidad	Barra #	As (mm ²)	d(m)
Capa 1				
Capa 2				
Capa 3				
Capa 4				
Capa 5				
Capa 6				
Total	0			

Vigas

Datos de entrada (eje x)		Datos de entrada (eje y)	
hx(m)		hx(m)	
bx(m)		bx(m)	
d'x(m)		d'x(m)	
dx(m)		dx(m)	
F'c (MPa)		F'c (MPa)	
Fy (MPa)		Fy (MPa)	
εy		εy	
εcu		εcu	
Estribos		Estribos	
k		k	

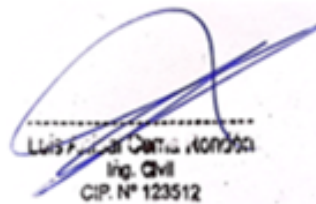
Factores de reducción	
Φ Compresión	
Φ Tracción	



Luis César Vallejo
 Ing. Civil
 CIP. N° 123512



Refuerzo eje X				
Capas	Cantidad	Barra #	As (mm ²)	d(m)
Capa 1				
Capa 2				
Capa 3				
Capa 4				
Capa 5				
Capa 6				
Total	0			



Luis Carlos Carrizosa
Ing. Civil
CIP. N° 123512

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Antecedentes	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Tipo y diseño de investigación	Población y muestra
¿Cuál es la Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing?	<p>General: Optimizar el diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing.</p> <p>Específicos: 1. Determinar el Peso (Kg/m3) óptimo de fibras de acero en un pórtico de hormigón armado mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing. 2. Calcular el costo optimizado de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing. 3. Identificar la resistencia a la compresión optimizada de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing. 4. Analizar la optimización del diseño de un Pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de Acero en ETABS.</p>	(Sánchez Maguiña, y otros, 2020) Usaron las redes neuronales con el objetivo de mejorar las secciones de los muros de corte de edificaciones sin irregularidad de 6 niveles en Lima. Esta investigación permitió a la red neuronal predecir la longitud y el espesor de la placa con un error del 10%. (Martí, y otros, 2020) lograron reducir el tiempo de cálculo y obtener mejores resultados en el diseño de un muro de contrafuerte de 11 m de altura. La reducción de costos está asociada a la mejora ambiental.	Con la utilización del algoritmo Heurístico Simulated Annealing se podría Optimizar el diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero.	Independiente Diseño de un pórtico de hormigón armado	Fibras de Acero. Costos Resistencia a la Compresión	Tipo de Investigación.- Básica Diseño de Investigación.- No Experimental	<p>Población.- Todo tipo de pórtico ya sea de concreto armado, que pueda ser analizado mediante el algoritmo Simulated Annealing.</p> <p>Muestra.- La muestra a analizar será de 14000 pórticos.</p>



Luis Carlos Carrizosa
Ing. Civil
CIP. N° 123512

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS					
Título de la investigación		Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing.			
Línea de Investigación		Diseño Sísmico y Estructural			
Tipo de Instrumento (Marcar con X)	Cuestionario	Guía de Entrevista	Guía de Observación	Ficha de Análisis Documental	Otro Instrumento
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. Tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcadas con una "x" en las columnas de SI o NO; Asimismo, le exhortamos en la corrección de los Ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.					
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones	
		Si	No		
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X			
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?	X			
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X			
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X			
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X			
6	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X			
7	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgados? (Cuestionario)	X			
8	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? (cuestionario)	X			
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? (Cuestionario)	X			
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para que de esta manera se obtenga los datos requeridos?	X			

Sugerencias:

Nombres y Apellidos completos:

Luis Anibal Cerna Rondon

DNI:

18200275

Especialidad y Grado:

Inq. Civil. Magister



Luis Anibal Cerna Rondon
Inq. Civil
CIP. N° 123512

Firma del Experto

Anexo 5. Validación de instrumento del tercer experto



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Variables y operacionalización

(Arias González, 2021) citado en (Estrada Esquivel, 2023) se le conoce operacionalización de variable como conjuntos de técnicas, métodos o actividades que realizará el investigador para medir la o las variables de estudio de una investigación, separando y analizando sus componentes para establecer el proceso de medición de los datos recolectados.

Variable Independiente: Diseño de un pórtico de hormigón armado

Definición conceptual:

Es un sistema de columnas y vigas que unidas son capaces de resistir todo tipo de cargas. Como mínimo el 80% de la fuerza cortante en la base debe actuar en las columnas de los pórticos. (Ministerio de Vivienda, Norma E030, 2019)

Definición operacional:

Implica dimensionar los elementos estructurales (columnas y vigas) de tal manera que se forme un marco rígido que puedan soportar las cargas del peso propio, el peso de los materiales, el viento y los sismos.



GENARO ALFREDO JESUS
DELGADO CONTRERAS
Ingeniero Civil
CIP 020782



MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala/niveles de medición
Diseño de un pórtico de hormigón armado	Es un sistema de columnas y vigas que unidas son capaces de resistir todo tipo de cargas. Como mínimo el 80% de la fuerza cortante en la base debe actuar en las columnas de los pórticos. (Ministerio de Vivienda, Norma E030, 2019)	Implica dimensionar los elementos estructurales (columnas y vigas) de tal manera que se forme un marco rígido que puedan soportar las cargas del peso propio, el peso de los materiales, el viento y los sismos.	Fibras de Acero	20 Kg/m ³ , 30 Kg/m ³ y 40 Kg/m ³	RAZÓN
			Costos	Costo Optimizado de un pórtico	SOLES
			Resistencia a la Compresión	$f'c = \frac{F}{A}$	en Kg/cm ²

GENARO ALFREDO JESUS
DELGADO CONTRERAS
Ingeniero Civil
CIP 020782

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

N°	VARIABLE - DIMENSIONES- INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Diseño de un pórtico de hormigón armado							
	DIMENSIÓN 1: FIBRAS DE ACERO	Si	No	Si	No	Si	No	
1	20 Kg/m ³ , 30 Kg/m ³ y 40 Kg/m ³	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: COSTOS	Si	No	Si	No	Si	No	
2	Costo Optimizado de un pórtico	X		X		X		
	DIMENSIÓN 3: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN OPTIMA	Si	No	Si	No	Si	No	
3	Aplicación a 210, 280, 350, 420 kg/cm ² .	X		X		X		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [X] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad del Validador:

DNI:



GENARO ALFREDO JESUS
DELGADO CONTRERAS
Ingeniero Civil
CIP 020782

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Firma del Experto Informante.

Anexo 3

Ficha de Validación de Instrumento

Título de la Investigación:

“Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing”

Investigadores:

- Mendiburu Alván, Josue Oswaldo
- Pizán García, Sarita Mariela

DISEÑO DE PÓRTICO DE HORMIGÓN ARMADO

Columnas

Datos de entrada (eje x)		Datos de entrada (eje y)	
hx(m)		hx(m)	
bx(m)		bx(m)	
d'x(m)		d'x(m)	
dx(m)		dx(m)	
F'c (MPa)		F'c (MPa)	
Fy (MPa)		Fy (MPa)	
ϵ_y		ϵ_y	
ϵ_{cu}		ϵ_{cu}	
Estribos		Estribos	
k		k	



GENARO ALFREDO JESUS
DELGADO CONTRERAS
Ingeniero Civil
CIP 020782

Factores de reducción	
Φ Compresión	
Φ Tracción	

Refuerzo eje X				
Capas	Cantidad	Barra #	As (mm ²)	d(m)
Capa 1				
Capa 2				
Capa 3				
Capa 4				
Capa 5				
Capa 6				
Total	0			

Vigas

Datos de entrada (eje x)		Datos de entrada (eje y)	
hx(m)		hx(m)	
bx(m)		bx(m)	
d'x(m)		d'x(m)	
dx(m)		dx(m)	
F'c (MPa)		F'c (MPa)	
Fy (MPa)		Fy (MPa)	
εy		εy	
εcu		εcu	
Estribos		Estribos	
k		k	



GENARO ALFREDO JESUS
DELGADO CONTRERAS
Ingeniero Civil
CIP 020782

Factores de reducción	
Φ Compresión	
Φ Tracción	



Refuerzo eje X				
Capas	Cantidad	Barra #	As (mm ²)	d(m)
Capa 1				
Capa 2				
Capa 3				
Capa 4				
Capa 5				
Capa 6				
Total	0			

GENARO ALFREDO JESUS
DELGADO CONTRERAS
Ingeniero Civil
CIP 020782

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Antecedentes	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Tipo y diseño de investigación	Población y muestra
¿Cuál es la Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing?	<p>General: Optimizar el diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing.</p> <p>Específicos: 1. Determinar el Peso (Kg/m³) óptimo de fibras de acero en un pórtico de hormigón armado mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing. 2. Calcular el costo optimizado de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing. 3. Identificar la resistencia a la compresión optimizada de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing. 4. Analizar la optimización del diseño de un Pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de Acero en ETABS.</p>	(Sánchez Maguiña, y otros, 2020) Usaron las redes neuronales con el objetivo de mejorar las secciones de los muros de corte de edificaciones sin irregularidad de 6 niveles en Lima. Esta investigación permitió a la red neuronal predecir la longitud y el espesor de la placa con un error del 10%. (Martí, y otros, 2020) lograron reducir el tiempo de cálculo y obtener mejores resultados en el diseño de un muro de contrafuerte de 11 m de altura. La reducción de costos está asociada a la mejora ambiental.	Con la utilización del algoritmo Heurístico Simulated Annealing se podría Optimizar el diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero.	Independiente Diseño de un pórtico de hormigón armado	Fibras de Acero. Costos Resistencia a la Compresión	<p>Tipo de Investigación.- Básica</p> <p>Diseño de Investigación.- No Experimental</p>	<p>Población.- Todo tipo de pórtico ya sea de concreto armado, que pueda ser analizado mediante el algoritmo Simulated Annealing.</p> <p>Muestra.- La muestra a analizar será de 14000 pórticos.</p>



GENARO ALFREDO JESUS
DELGADO CONTRERAS
Ingeniero Civil
CIP 020782

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS					
Título de la investigación		Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo Metaheurístico Simulated Annealing.			
Línea de Investigación		Diseño Sísmico y Estructural			
Tipo de Instrumento (Marcar con X)	Cuestionario	Guía de Entrevista	Guía de Observación	Ficha de Análisis Documental	Otro Instrumento

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. Tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcadas con una "x" en las columnas de SI o NO; Asimismo, le exhortamos en la corrección de los Items, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		Si	No	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
7	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgados? (Cuestionario)	X		
8	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? (cuestionario)	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? (Cuestionario)	X		
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para que de esta manera se obtenga los datos requeridos?	X		

Sugerencias:

Nombres y Apellidos completos:

Gerardo Delgado Contreras

DNI:

06621687

Especialidad y Grado:

*Magister en Gestión y Desarrollo
Especialidad Estructural*

Firma del Experto



Anexo 6. Reporte de turnitin

Feedback Studio - Google Chrome
ev.turnitin.com/app/carta/es/?u=1068032488&lang=es&lc=1&ro=103&co=2417871382

feedback studio SARITA MARIELA PIZAN GARCÍA Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico S... /100 2 de 26

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Optimización del diseño de un pórtico de hormigón armado reforzado con fibras de acero mediante el algoritmo metaheurístico Simulated Annealing

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:
Mendiburu Alván, Josue Oswaldo (ORCID:0000-0002-4235-4240)
Pizán García, Sarita Mariela (ORCID:0000-0003-4127-4836)

ASESOR:
Mg. Ing. Noriega Vidal, Eduardo Manuel (ORCID:0000-0001-7674-7125)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:
Innovación, Tecnología y Desarrollo Sostenible

TRUJILLO - PERÚ

2024

Resumen de coincidencias

14 %

Se están viendo fuentes estándar
Ver fuentes en inglés

Coincidencias

1	hdl.handle.net	4 %
2	Entregado a Universi...	2 %
3	repositorio.ucv.edu.pe	1 %
4	upo.aws.openrepositor...	1 %
5	repositorio.undac.edu.pe	1 %
6	www.grafiate.com	<1 %
7	es.scribd.com	<1 %
8	www.tadat.org	<1 %
9	KAREN ELENA CABALL...	<1 %
10	Entregado a Pontificia ...	<1 %
11	documentop.com	<1 %

Página: 1 de 61 Número de palabras: 13984 Versión solo texto del informe Alta resolución Activado

Escribe aquí para buscar.

14:33 16/07/2024