



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Elaboración de software para optimización del diseño de  
un muro de contención (km 0+000 al 0+029) en  
Lurigancho-Chosica, 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Salvatierra Alvarado, Christopher Enrique (orcid.org/0000-0003-1735-4959)

**ASESOR:**

Mg. Ing. Luis Alfonso Juan Barrantes Mann (orcid.org/0000-0002-2026-0411)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida y guiarme. A mis padres que me apoyan en todo momento.

A todos aquellos que me acompañan y acompañarán en la carrera de Ingeniería Civil.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme llegar y seguir avanzando en mi vocación; y a mis padres por darme la motivación e impulso para estudiar y llegar a ser un profesional.

A mis compañeros y profesores de la Universidad por brindar su apoyo durante el transcurso de la carrera.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, BARRANTES MANN LUIS ALFONSO JUAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "ELABORACIÓN DE SOFTWARE PARA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN MURO DE CONTENCIÓN (km 0+000 AL 0+029) EN LURIGANCHO-CHOSICA, 2023", cuyo autor es SALVATIERRA ALVARADO CHRISTOPHER ENRIQUE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 26.00%, 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.

LIMA, 16 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
BARRANTES MANN LUIS ALFONSO JUAN <b>DNI:</b> 07795005 <b>ORCID:</b> 0000-0002-2026-0411	Firmado electrónicamente por: ABARRANTESMA el 18-07-2023 12:11:06

Código documento Trilce: TRI - 0594622



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, SALVATIERRA ALVARADO CHRISTOPHER ENRIQUE estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "ELABORACIÓN DE SOFTWARE PARA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN MURO DE CONTENCIÓN (km 0+000 AL 0+029) EN LURIGANCHO-CHOSICA, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He 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 asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
SALVATIERRA ALVARADO CHRISTOPHER ENRIQUE <b>DNI:</b> 70651275 <b>ORCID:</b> 0000-0003-1735-4959	Firmado electrónicamente por: CSALVATIERRAA el 05-12-2023 19:32:23

Código documento Trilce: INV - 1370924

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	18
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Variables y operacionalización	20
3.3. Población, muestra y muestreo	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
3.5. Procedimientos	23
3.6. Método de análisis de datos	28
3.7. Aspectos éticos	28
IV. RESULTADOS	30
V. DISCUSIÓN	37
VI. CONCLUSIONES	41
VII. RECOMENDACIONES	42
REFERENCIAS	43

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Expresiones para calcular presiones y cargas sobre un muro de contención	10
<b>Tabla 2.</b> Valores comunes para el ángulo de fricción interna de diferentes tipos de suelo	11
<b>Tabla 3.</b> Parámetros del suelo y los ensayos o pruebas que las determinan	13
<b>Tabla 4.</b> Disposiciones de la norma del Reglamento NTE E.060 sobre el diseño de concreto armado de un muro de contención	14
<b>Tabla 5.</b> Elementos principales del paradigma de la Programación Orientada a Objetos	17
<b>Tabla 6.</b> Técnicas e instrumentos de recopilación de datos e información para la presente tesis	23
<b>Tabla 7.</b> Actividades planteadas para la realización de la investigación	25
<b>Tabla 8.</b> Resultados de las medidas de las dimensiones de la sección del muro	30
<b>Tabla 9.</b> Resultados de las comprobaciones de estabilidad del diseño propuesto	32
<b>Tabla 10.</b> Resultados de los cálculos para determinar las áreas de acero	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variantes de muros de retención en concreto armado.	10
Figura 2. Cargas que actúan sobre la sección de un muro y suelo o relleno.	12
Figura 3. Método empírico para estimar en campo de la capacidad de carga de un suelo.	13
Figura 4. Diagrama de compatibilidad y equilibrio de deformaciones, esfuerzos y fuerzas en un elemento simple de concreto armado sometido a esfuerzos de flexión.	14
Figura 5. Fases importantes y básicos a considerar en el desarrollo de un programa.	16
Figura 6. Esquema de diseño de la presente investigación, este es del subtipo preexperimental y con pruebas pre y post test (antes y después de la intervención).	20
Figura 7. Proyección propuesta del muro en la Asociación Vecinal La Nueva Era, ubicado en Jicamarca Anexo 09/Ñaña.	22
Figura 8. Esquema de localización y excavación de la calicata en la zona a intervenir.	24
Figura 9. Métodos empíricos que se emplearon para estimar los datos necesarios del suelo.	24
Figura 10. Diagrama de flujo que muestra los procesos y actividades para el desarrollo del Proyecto de Investigación (tesis).	27
Figura 11. Prueba de hipótesis para los resultados de las áreas de las secciones.	31
Figura 12. Pruebas de hipótesis para los resultados de las comprobaciones de estabilidad.	33
Figura 13. Pruebas de hipótesis para las áreas de acero obtenidas.	35

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo optimizar mediante un software de elaboración propia el diseño de un muro de contención (km 0+000 al 0+029) en Lurigancho-Chosica, 2023. El tipo de estudio fue aplicado (tecnológico) y de diseño experimental del tipo preexperimental con prueba antes y después, tuvo un enfoque cuantitativo; la población fue un muro de contención del km 0+000 al 0+029 ubicado en la Asociación Vecinal La Nueva Era – Ñaña – Lurigancho-Chosica; la muestra fueron dos tramos de dicho muro (km 0+000 al 0+005 y km 0+005 al 0+011); se utilizó como técnica de investigación la observación y como instrumento la ficha de investigación. Los principales resultados fueron, que el software realizó el diseño del muro de contención; incrementando las dimensiones del predimensionamiento hasta un tamaño ideal, mejorando los valores de estabilidad frente al deslizamiento y al volteo, y calculando las áreas de acero requeridas. Se concluyó que el software elaborado logró realizar un óptimo diseño del muro de contención con las condiciones iniciales que fueron estimadas para los fines de este estudio.

**Palabras clave:** diseño, muro de contención, software, Python

## ABSTRACT

The present investigation aimed to optimize the design of a retaining wall (km 0+000 to 0+029) in Lurigancho-Chosica, 2023, using a self-developed software. The study type was applied (technological) and the research design was experimental of pre-experimental type with a pre-test and post-test, with a quantitative approach. The population consisted in a retaining wall located in the La Nueva Era Neighborhood Association - Ñaña - Lurigancho-Chosica, spanning from km 0+000 to 0+029. The sample included two sections of that wall (km 0+000 to 0+005 and km 0+005 to 0+011). The research technique used was observation, and the research form served as the instrument. The main results were that the software designed the retaining wall by increasing the dimensions from the pre-design stage to an ideal size, improving stability values against sliding and overturning, and calculating the required steel areas. It was concluded that the software developed by the researcher successfully achieved an optimal design of the retaining wall based on the initial conditions estimated for the purposes of this study.

**Keywords:** design, retaining wall, software, Python

## I. INTRODUCCIÓN

El tema principal de esta investigación son los muros de contención, elementos fundamentales en la ingeniería civil y la construcción, desempeñan un papel esencial en la estabilidad y seguridad de diversas estructuras y terrenos. En relación a esto último mencionado, estos constituyen estructuras idóneas para contener posibles deslizamientos de masas de suelo con poca o ninguna estabilidad propia.

Al abordar y configurar un diseño geométrico y estructural de estos muros, es esencial tener en cuenta varias consideraciones. Por esta razón, surge el interés en crear un programa informático que facilite dicho proceso, con el propósito de que los muros diseñados sean un beneficio para las comunidades que necesitan esta solución.

Además de su función puramente técnica, los muros de contención pueden adaptarse a entornos urbanos, paisajísticos o industriales, transformándose en elementos con impacto estético y funcional. En esta perspectiva, se exploran metodologías y enfoques que buscan no solo asegurar su estabilidad, sino también maximizar su integración con el entorno circundante.

En un alcance a nivel mundial, se tienen casos como, Kumar, Krishna y Prasad (2020), ellos indican: los muros de retención constituyen una clase de estructuras de gran envergadura, por lo tanto, su integridad debería ser planificada y comprobada con un análisis mediante software de acuerdo a la normativa de práctica para concreto armado IS:456-2000, (estándar de la India); dicho análisis puede efectuarse mediante la aplicación de las teorías de distribución de las presiones estática del suelo, por ejemplo: la teoría de Rankine o la teoría de Coulomb; ciertos criterios de un muro de contención, como las verificaciones de los factores de seguridad frente al deslizamiento y frente al volteo, y la presión en la base pueden ser cumplidos sin ser necesario un elemento de llave de cortante (p. 1).

Como parte del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Concha y Astete (2018) realizaron un estudio de evaluación de daños por deslizamientos de

masas de suelo, indica, entre varios factores que originaron el suceso estudiado, se identificaron como condicionantes, una excavación en el terreno en ladera realizado por un colegio del área investigada, ello debilitó la ladera y tuvo como consecuencia su debilitación, haciéndola más vulnerable a fenómenos como la erosión (p. 26).

Aquellas personas pertenecientes a grupos que poseen pocos recursos económicos y que provienen de distintas partes de nuestro país, migran hacia la ciudad, frecuentemente hacia la capital del país, en la búsqueda de potenciales oportunidades y alternativas para progresar, no obstante, por lo general ocupan la periferia de la capital, tal es el caso en el distrito de Lurigancho-Chosica, ubicándose en áreas de gran riesgo, es decir, en las laderas de cerro con terrenos muy inestables en una gran parte, siendo expuestos a los desastres tanto naturales como de origen humano.

Basándonos en lo previamente discutido, podemos formular el problema general de la siguiente manera: ¿utilizando un software propio se optimiza el diseño de un muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023? Además, surgen los problemas específicos a partir de lo anterior: ¿a través del programa es factible conseguir la optimización de las dimensiones del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023?; ¿con el programa podremos obtener mejores valores para la estabilidad del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023? y; ¿usando la aplicación es posible optimizar las áreas de acero de diseño del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023?

Como justificación teórica que respalda este presente estudio, se introduce un innovador software para asistir en el diseño de muros de retención de concreto armado en voladizo. Este software se distingue de sus contrapartes actuales debido a su procedimiento operativo único y su accesibilidad para los potenciales usuarios. Al mismo tiempo, este software ejemplifica la aplicación concreta de teorías ya existentes en el ámbito del diseño para estas estructuras.

También se tiene la justificación práctica, que radica en el método implementado por el programa desarrollado. Dicho método podría emplearse tanto en ambientes

educativos como en el ejercicio profesional, brindando una aplicación tangible de las teorías relevantes. Además, se contempla la ampliación y extensión del alcance del software, permitiendo que abarque un mayor número de casos. Esta expansión podría ser llevada a cabo a través de la autoría individual con actualizaciones continuas por cuenta propia del autor, o bien, mediante la contribución de terceros.

La justificación metodológica tiene base en la creación y uso de un software, ya que con este, es posible agilizar los procedimientos requeridos para un diseño, esto mediante el uso de algoritmos (secuencias y pasos de instrucciones para las computadoras) llegando a la automatización hasta cierto punto de acuerdo a los parámetros que se tienen como punto de inicio para diseñar, aquellos como los parámetros del suelo o las dimensiones previas estimadas de un muro.

La justificación social se relaciona con personas que vienen de diferentes partes del país, fuera de Lima, y buscan oportunidades en las ciudades. Ellos eligen establecerse y construir sus casas en áreas peligrosas. Con el paso del tiempo, el riesgo aumenta, ya que enfrentan amenazas como terremotos o incluso su propia actividad humana. Por eso, es crucial encontrar una solución viable y que pueda ser aplicada en un futuro cercano. Una posible opción para satisfacer esta necesidad son las estructuras de muros de contención. Por lo tanto, se busca desarrollar nuevas formas de diseñar estos muros de manera eficiente, para ahorrar recursos y tiempo.

El propósito y objetivo general del presente estudio es emplear un programa elaborado y realizar el diseño de un muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023. Considerando aquello, los objetivos específicos del trabajo son: usar el programa para determinar las medidas del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023; efectuar mediante el programa las comprobaciones de estabilidad del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023 y; a través de la aplicación determinar el área de acero de diseño del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023.

Por último en esta parte introductoria, de acuerdo a los problemas y a los objetivos, generales y específicos redactados, la hipótesis general es: usando software

elaborado se logra optimizar el diseño de un muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023. Las hipótesis específicas que se tienen son: con el software se logró optimizar las dimensiones del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023; mediante el programa se llega a mejorar los valores de estabilidad del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023 y; con el programa se obtienen resultados óptimos de las áreas de acero de diseño del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

Relacionados a la temática, se ha revisado diversos antecedentes de carácter nacional e internacional, también considerándose aquellos en lenguaje extranjero, la búsqueda fue realizada principalmente a través de la plataforma de Google Académico ya que este mostró mejores resultados sobre la temática, además de este, se encontraron fuentes de bases como Ebsco, Scielo y otras revistas.

Entre los artículos y documentos hallados algunos fueron únicamente consultados, y otros se citan en este trabajo tales como:

Primeramente, tenemos a Ventocilla (2021), quién llevó a cabo una investigación con el propósito de evaluar la fiabilidad y precisión de un diseño computarizado de un muro de contención en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Sullana mediante el empleo de RAM Elements. El enfoque de su trabajo fue no experimental y de carácter descriptivo-transversal. Respecto a la muestra, se centró exclusivamente en un muro de contención y su diseño utilizando el programa mencionado; y como herramienta de recolección de datos se utilizaron los resultados generados por el software, incluyendo informes y planos. Los hallazgos indicaron que el software se ejecutó de manera correcta y logró diseñar del muro, ello debido a la facilidad inherente a la modalidad de operación del programa. La conclusión principal fue que la precisión del diseño llegó a un valor del 100 % en relación a las dimensiones geométricas, y logró el 88.89 % para los cálculos del refuerzo de acero requerido, demostrando la confiabilidad del programa y su capacidad para generar documentos detallados en diversos formatos.

Por su parte, Sam (2021) se propuso desarrollar una herramienta de cálculo para diseñar muros de retención y que abarcara una diversidad de condiciones de suelos y cargas. Utilizando el lenguaje Python para programar (este también es el empleado en la creación del software en esta investigación), logró elaborar el programa. Los resultados alcanzados demostraron que la herramienta consideró de manera adecuada las características físicas propias del terreno, los datos del sitio, generando una alternativa económicamente viable en lo referente a los

materiales. La verificación de los casos reveló que el software efectuó los cálculos correctamente y con precisión, esto se dio en cada una de las etapas del procedimiento de diseño, en consonancia con los resultados obtenidos manualmente conforme a las referencias bibliográficas.

En la perspectiva de Azam, Riaz, Shakeel y Shihata (2022), su investigación tenía la meta principal de examinar el diseño de manera óptima de muros de contención hechos de concreto armado a través de una revisión de la literatura. Se analizaron un total de 86 documentos de investigación, incluyendo artículos y otros tipos de documentación relevante. Los resultados resaltaron que 73 de estos documentos emplearon la normativa del American Concrete Institute (ACI) como referencia y que, además, 74 de ellos se enfocaron en la minimización de costos. Se observó una tendencia hacia el uso de métodos de optimización específicos, adaptados a cada caso. La conclusión reveló una preferencia hacia el uso de algoritmos metaheurísticos para optimización, dada su robustez en comparación con métodos tradicionales. Además, se identificó una carencia en la optimización de múltiples objetivos, y se subrayó la necesidad de incorporar detalles sobre refuerzos de acero en las restricciones.

El estudio realizado por Chogueur, Reiffsteck y Zadjoui (2018) se centró en comparar la simulación numérica y el análisis del comportamiento que presenta un muro de retención construido para contener arena. Este análisis involucró la comparación entre el método tradicional de cálculo que incorpora coeficientes de reacción de subgrado y el enfoque numérico utilizando los conceptos de elementos finitos. El diseño adoptado para esta investigación fue de naturaleza experimental, utilizando un modelo de tamaño reducido en una proporción de 1 a 50 de un muro colocado dentro de un caja contenedora equipada con componentes sensoriales. Los hallazgos destacaron que la teoría de Rankine mostró la mayor correlación en lo referente a los valores de la presión activa del suelo y su distribución sobre el muro. Esta teoría demostró una fuerte concordancia con los análisis realizados a través de programas como Plaxis y Cesar-Lcpc, así como una notable congruencia con los análisis de elementos finitos, en comparación con otras teorías existentes (p. 12).

Los autores Cahuana y Yanqui (2019) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de determinar de manera experimental la distribución de la presión del suelo de material granular ejercida de manera lateral sobre un prototipo de muro de retención que es sometido al desplazamiento de traslación horizontal y rotación en relación a su tope. Su enfoque se basó en un diseño experimental, utilizando muestras de suelo granular como población de estudio. La herramienta principal empleada fue un depósito de prueba, diseñado con componentes móviles para facilitar la observación de deformaciones. Los resultados indicaron que el terreno, en este caso de material arenoso, además de ello, se exhibió una distribución de presión que presenta similitud a la teoría de Rankine, mientras que en el caso de los suelos con una mayor densidad demostraron una respuesta de tipo no lineal, manifestando valores puntuales altos en la distribución de presión. La conclusión principal radica en que la distribución de las presiones del suelo se muestra lineal en el estado suelto, pero no lineal cuando están densos o compactados, y esta variación está influenciada por la cinemática del muro.

Por su parte, Aroche, Luna, Ramírez y Sánchez (2019) llevaron a cabo un estudio el cual tuvo por objetivo analizar y diseñar un muro de retención, además de presentar una guía y una aplicación de software que fue diseñado específicamente para la optimizar de los materiales requeridos para la construcción de muros de contención. Su enfoque se centró en aquellos de concreto armado y con materiales de rellenos sin estratificación, llegando a tomar en cuenta los parámetros del suelo y utilizando la normativa ACI 318. Los resultados obtenidos indicaron que el diseño de menor costo se logró al emplear un suelo cohesivo-friccionante. La conclusión resalta la importancia de considerar este tipo de suelo en los diseños para evitar la necesidad de dimensiones excesivas en el muro, ya que ofrece propiedades físico-mecánicas favorables que resultan en una reducción el empuje activo.

En el estudio realizado por Lemus L., Lemus R. y Moraga (2017), se buscó analizar la estabilidad física en el terreno de un muro de contención que presenta un relleno de material arenoso con niveles de compactación del 80 %, 90 % y 95 %, realizado a través de un análisis de los factores de seguridad en el comportamiento estructural estático. La investigación se orientó hacia un diseño experimental, donde se examinó un modelo en escala de la estructura sometido a diferentes

grados de compactación (DC %). Los resultados revelaron un incremento en la compresión del relleno, acompañado de una disminución en los esfuerzos estáticos y dinámicos en los casos del 80 al 90 % y del 90 al 95 % de DC %, respectivamente. Se observó una reducción del esfuerzo del 13 %. El incremento en la compresión del relleno conllevó a un incremento en el ángulo de compresión, lo que resultó en el mejoramiento de la seguridad del muro, este fue de un 27 %. La conclusión destacada fue que la información como la densidad y el ángulo de compresión, suelen ejercer influencia sobre los cálculos para las respuestas a los comportamientos sísmicos y estáticos, impactando la estabilidad de la estructura interna. Como sugerencia, se recomienda optimizar las dimensiones geométricas del muro y llevar a cabo un análisis mediante software en casos donde la estabilidad no muestre mejoras, buscando así reducir el tiempo de cálculo.

En el estudio llevado a cabo por Atencio, Díaz, Herrera y Muñoz (2021), el objetivo central fue crear un programa de computadora para lograr el dimensionamiento correcto de muros de contención y que este se valiera del diseño generativo. La metodología empleada fue la Ciencia del Diseño. La investigación abarcó la realización de diversas pruebas, validaciones y análisis de usabilidad mediante cuestionarios. La implementación del programa se llevó a cabo en Dynamo, el cual es una extensión del software Revit. En los resultados clave se mostraron que, el 60% de las personas calificaron los procedimientos como "muy fáciles", mientras que en el cuestionario de salida, el 60% de las personas se sintieron "orientados" en lo que respecta al empleo del programa. La conclusión resaltó la viabilidad del diseño generativo como alternativa al diseño tradicional, haciendo hincapié en ventajas tales como la optimización del tiempo, la disponibilidad de diversas soluciones, además de mostrarse capaz de seleccionar una forma del muro que demandase las menores cantidades de material para cumplir con condiciones dadas por el diseñador.

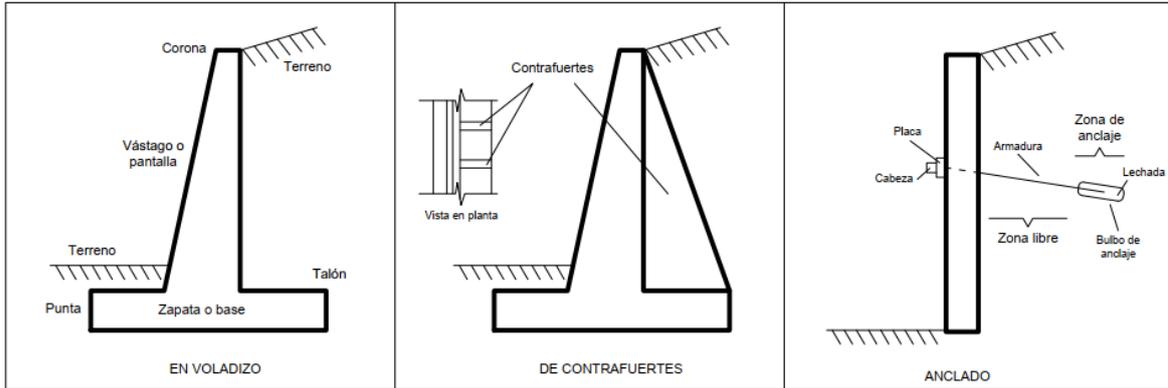
La investigación realizada por Angin, Dede, Ikizler y Kalemci (2020) tuvo como objetivo central el diseño de un muro de contención liviano hecho de concreto armado y con un elemento de refuerzo de llave de cortante. Para lograr esto, emplearon un algoritmo especializado para la optimización conocido por el nombre de "Grey Wolf Optimization", este programa fue codificado en el entorno de Matlab.

El enfoque adoptado en esta investigación se adoptó el tipo aplicado y comparativo, donde se compararon diferentes enfoques y métodos. El diseño del muro de retención fue considerado como una problemática de optimización, siguiendo las pautas del reglamento ACI 318, también tuvieron como fundamento la teoría de suelos de Rankine. Con el objetivo de evaluar la efectividad del algoritmo, se diseñaron dos ejemplos: uno con la inclusión de una llave de cortante y otro sin ella. A través de estos ejemplos, se buscó determinar qué tan bien se comportaba el algoritmo de optimización en relación a las distintas configuraciones del muro. El veredicto extraído de esta investigación resaltó la exitosa implementación del algoritmo "Grey Wolf Optimization". La simplicidad del método se consideró como un punto fuerte en su programación exitosa. Además, los resultados demostraron que este software se mantuvo competitivo en comparación con otros estudios similares en términos de rendimiento y eficacia. En conjunto, estos hallazgos apoyaron la validez del enfoque de optimización utilizado y su aplicabilidad en el diseño de muros de retención ligeros.

Luego de la revisión de antecedentes, en las páginas siguientes, se presentan las teorías más destacables acerca de los conceptos que se trataron en la investigación presente, estas son las de mayor relevancia para la tesis y fueron obtenidas de fuentes como libros, artículos, entre otros:

Gandomi et al. (2017) señalan que, su diseño consiste en tres criterios principales, estabilidad geotécnica, fuerza estructural y eficiencia económica; para satisfacer estos criterios simultáneamente se emplean métodos de prueba y error con iteraciones constantes (p. 1). Los muros también se presentan en diversas variantes y tipos, de diferentes formas, materiales y condiciones para las que son aplicables.

Figura 1. Variantes de muros de retención en concreto armado.



Fuente: propia del autor

Como se ha mencionado los muros están diseñados para poder soportar las cargas que ejerce el suelo producto de la presión, de acuerdo a McCormac y Brown (2017), para realizar el diseño se tienen las fórmulas siguientes:

Tabla 1. Expresiones para calcular presiones y cargas sobre un muro de contención

Expresiones	Terminología
$k_a = \cos \delta \left( \frac{\cos \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \varphi}}{\cos \delta + \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \varphi}} \right)$	<p><math>k_a</math>: coeficiente de presión activa del suelo según la teoría de Rankine.  <math>\delta</math>: inclinación del relleno  <math>\varphi</math>: ángulo de fricción del suelo</p>
$p_a = k_a wh; H_a = \frac{p_a h}{2}$	<p><math>p_a</math>: presión activa que ejerce el relleno  <math>H_a</math>: presiones horizontales totales.  <math>w</math>: peso unitario del suelo  <math>h</math>: altura del muro de retención</p>
$E_s = \frac{\text{Sobrecarga} \times k_a h}{2}$	<p><math>E_s</math>: empuje de la sobrecarga.</p>
$q = -\frac{R_v}{L} \left( 1 \pm \frac{6e}{L} \right)$	<p><math>q</math>: presión debajo de la zapata  <math>R_v</math>: Peso vertical total de la sección (muro y suelo)  <math>e</math>: excentricidad de <math>R_v</math> desde el centro de la zapata  <math>L</math>: longitud punta-talón</p>

Fuentes: elaboración propia adaptada de McCormac y Brown (2017).

La determinación del peso unitario puede llevarse a cabo a partir de la propiedad de la densidad. En cuanto al ángulo de fricción interna del suelo, su consideración puede realizarse de acuerdo a la tabla mostrada:

**Tabla 2.** Valores comunes para el ángulo de fricción interna de diferentes tipos de suelo

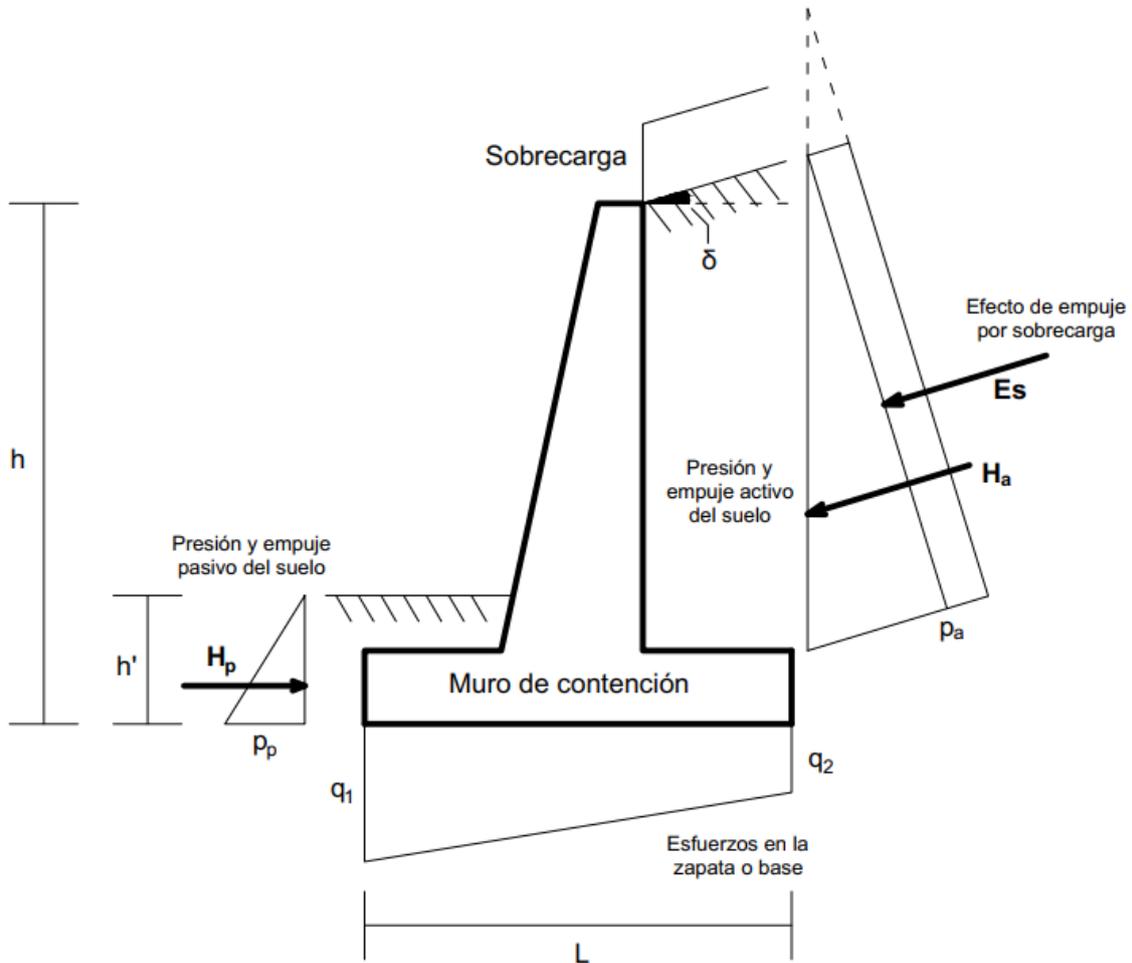
Tipo de material	Ángulo de fricción en grados (°)
Arcillas suaves (finos)	10 a 20
Materiales granulares (arena y grava)	30 a 40

*Fuente: propia del autor adaptada de McCormac y Brown (2017).*

La fuerza que resulta de las presiones del suelo bajo la zapata debe estar situada en la parte central de esta, más precisamente dentro del tercio y sexto central; este posicionamiento se basa en el área un ancho de muro de una unidad (1.00 m).

Por lo general, los cálculos no incorporan consideraciones relacionadas con la presión o el empuje pasivo que actúan contra el muro. Ello se atribuye a circunstancias en las que los factores mencionados no se encuentran constantemente presentes, en parte debido a fenómenos como la erosión del suelo en esa ubicación específica. También es importante resaltar que estos elementos suelen actuar favorablemente como un respaldo para preservar la estabilidad del muro ante las fuerzas activas del suelo.

Figura 2. Cargas que actúan sobre la sección de un muro y suelo o relleno.



Fuente: propia del autor

Para llevar a cabo el diseño de un muro de contención de manera precisa, es esencial determinar las propiedades del suelo pertinentes. Este proceso involucra la obtención y el análisis de muestras de suelo, así como la realización de ensayos en laboratorio o en el lugar de la obra. Estos ensayos pueden incluir análisis granulométricos, determinación de límites de plasticidad, clasificación del tipo de suelo, medición de la densidad en campo y ensayos de compresión.

No obstante, también existen metodologías empíricas que pueden utilizarse como una primera evaluación; sin embargo, es importante destacar que estos enfoques mencionados no deben reemplazar la realización de ensayos de laboratorio apropiados, ya que estos últimos son fundamentales para obtener información precisa y confiable.

**Tabla 3.** Parámetros del suelo y los ensayos o pruebas que las determinan

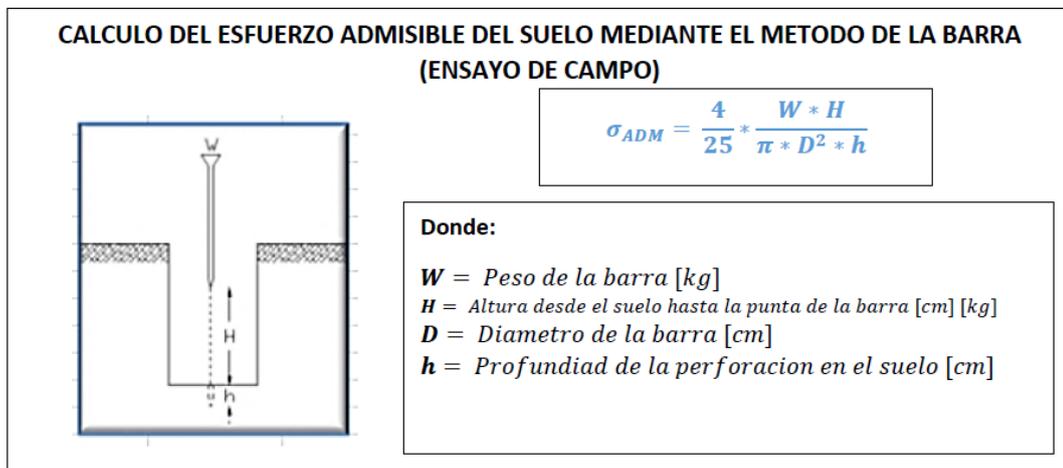
Parámetros del suelo	Ensayos de laboratorio	Ensayos empíricos
Tipo y comportamiento	Granulometría, límites de Atterberg (plasticidad) y clasificación mediante el sistema SUCS	Inspección visual y de textura
Densidad y relación del peso por volumen	Densidad de campo (cono de arena)	Método del cilindro
Resistencia a la cortante, capacidad de carga y ángulo de fricción interna	Ensayo de compresión triaxial	Método de la barra y valores teóricos proporcionados por la bibliografía.

*Fuente: propia del autor*

El enfoque del método del cilindro se basa en la definición y el cálculo de la densidad (relación entre la masa y el volumen). Para obtener una muestra, se utilizan equipos especializados o, como alternativa, se puede emplear un cilindro hueco con paredes delgadas, como una tubería, por ejemplo.

Por otro lado, el método de la barra se desarrolla de acuerdo a lo siguiente::

*Figura 3.* Método empírico para estimar en campo de la capacidad de carga de un suelo.



*Fuente: Construcciones UCE*

En el Perú, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) (2020) específicamente en la norma NTE E.060 Concreto Armado, da las indicaciones en la sección 14.8 Muros de Contención, mostrada a continuación para considerar en el diseño de muros:

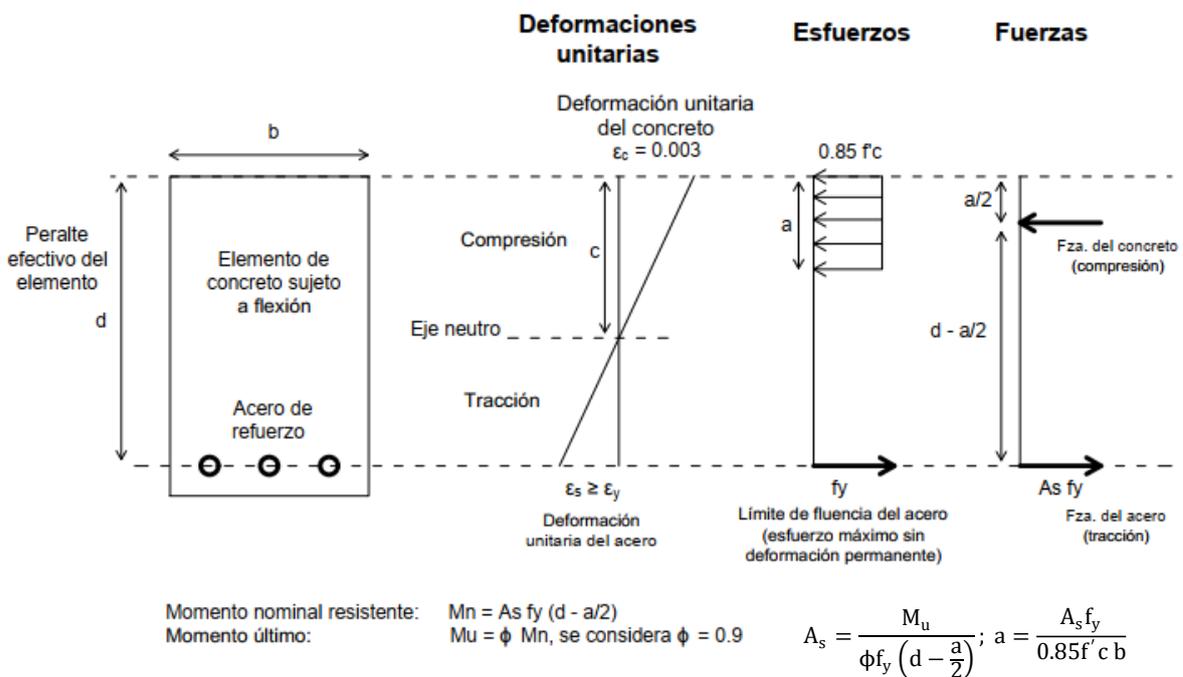
**Tabla 4.** Disposiciones de la norma del Reglamento NTE E.060 sobre el diseño de concreto armado de un muro de contención

Ítem	Descripción
14.8.1	Los diseños de muros, ya sea con o sin carga axial significativa, incorporarán consideraciones relativas al diseño de elementos sometidos a flexión y carga axial.
14.8.2	La cantidad mínima de refuerzo horizontal y vertical no será inferior a 0.002 y 0.0015 respectivamente. No obstante, es posible hacer excepciones en caso de que el Ingeniero Proyectista valore la utilización de juntas de contracción y técnicas constructivas capaces de mitigar los efectos de la temperatura y de la contracción del concreto.
14.8.3	En aquellos casos en los que el grosor del muro alcance o supere los 25.00 cm, será necesario disponer acero por efectos de temperatura y contracción en ambas caras del muro, con la posibilidad de incrementar su proporción en el intradós (cara expuesta).
14.8.4	Se establece como límite que los espaciamientos entre los refuerzos, tanto verticales como horizontales, no excederán el triple del espesor del muro ni los 40.00 cm.

Fuente: elaboración propia, adaptado del RNE (2020).

Siguiendo lo establecido por el American Concrete Institute (ACI) (2014), es necesario que los muros cumplan con los principios de equilibrio y compatibilidad de deformaciones. Estos conceptos se ilustran en la figura siguiente, que contiene los parámetros establecidos por el ACI:

Figura 4. Diagrama de compatibilidad y equilibrio de deformaciones, esfuerzos y fuerzas en un elemento simple de concreto armado sometido a esfuerzos de flexión.



Fuente: propia del autor

Introduciendo el tema del software o programas, el blog JavaTPoint (2021) indica que las aplicaciones o software son programas destinados a los usuarios finales con una funcionalidad específica (párr. 18). Es decir, es una herramienta que ayudará con una determinada metodología y procedimiento.

Un programa informático, o también conocido como software, es una entidad que engloba una serie de funcionalidades diseñadas para llevar a cabo tareas específicas. Según las palabras de Possati (2020), concebir un software implica un proceso continuo de escritura y reescritura que se desarrolla en dos niveles cruciales: el epistemológico, que se refiere a la estructuración interna del software y su explicación, y el ontológico, que implica la ejecución del software y la forma en que este llega a dar su interacción con el usuario (p. 9).

La programación consiste en proporcionar instrucciones precisas a la computadora para que realice ciertas funciones predefinidas. Como Hernández y Pérez (2019) señalan, el lenguaje de programación desempeña un papel vital en este proceso, ya que actúa como un puente que permite al programador transmitir sus ideas a la máquina de manera comprensible, facilitando así la asignación y ejecución de tareas específicas (p. 4).

La confección de un software involucra la expresión a través de lenguajes de programación, como indica Harper (2016). Estos lenguajes, de acuerdo con el autor, presentan una sintaxis específica que rige cómo se combinan elementos como expresiones, comandos y asignaciones para formar programas coherentes, traducibles tanto para usuarios como para máquinas (p. 3).

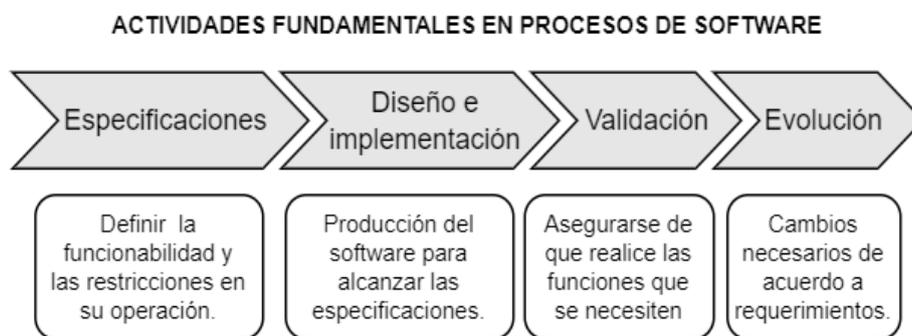
En consonancia con esta visión, Llerena (2020) enfatiza que antes de iniciar en el proceso de desarrollo de un programa, es crucial comprender en profundidad el problema que se busca resolver. El autor sugiere plasmar los algoritmos en un diagrama, capturando la secuencia lógica de pasos, y luego traducirlos a un lenguaje de programación adecuado (p. 11).

El desarrollo de un programa se compone de diversas fases interrelacionadas. Siguiendo a Sommerville (2016), el proceso de desarrollo de software abarca una serie de actividades que culminan en la producción de un programa funcional. Esta

dinámica varía según el tipo de programa que se busque y contempla los aspectos de: las especificaciones determinados, el desarrollo en sí mismo, validar el correcto funcionamiento y resultado deseado, y finalmente, el cambio continuo y adaptación del software (p. 28).

En resumen, la creación y el funcionamiento de un software implican un ciclo integral y colaborativo que va desde la comprensión del problema hasta la implementación y mantenimiento de las soluciones tecnológicas propuestas.

Figura 5. Fases importantes y básicos a considerar en el desarrollo de un programa.



Fuente: elaboración propia del autor, adaptado de Sommerville (2016).

La "programación orientada a objetos" (POO) representa uno de los paradigmas consolidados en el desarrollo de software, Gaugliano (2019) afirma que, esta se basa en una manera distinta de plantear los algoritmos siendo en esta metodología diferentes a pasos secuenciales, esta nueva perspectiva basada en objetos interconectados, se representan como soluciones y colaboran dinámicamente entre ellos., estos elementos, con funcionalidades distintas, manipulan los datos de entrada para generar los resultados deseados, creando así una simulación cercana a la realidad (p. 10).

Como uno de estos lenguajes de programación más extendidos es Python, destacando por su compatibilidad con la programación orientada a objetos, de acuerdo a Gaugliano (2019), este posee una naturaleza interpretada que, como su nombre indica un intérprete lo traduce de manera entendible para la computadora. (p. 9). Además, resalta la simplicidad característica de este lenguaje, ello debido a su sintaxis que emplea expresiones y términos comunes, permitiendo un código más conciso. La disponibilidad de sus bibliotecas también se destaca, ya que

ofrecen una variedad de funcionalidades incorporadas y también existe la posibilidad de añadir otras específicas según las necesidades de cada proyecto.

Para profundizar en la POO en Python se muestra a continuación que se tienen los conceptos de: clases, instancias, atributos y métodos, todos ellos referidos a los objetos:

**Tabla 5.** Elementos principales del paradigma de la Programación Orientada a Objetos

Elemento	Descripción
<b>Clase</b>	Definen las características y comportamientos que debe tener un tipo objeto, se conforman de un estado (datos y objetos relacionados en determinado momento) y atributos (características).
<b>Método</b>	Describen el comportamiento de los objetos de una clase y representan operaciones que se pueden ejecutar con dichos objetos.
<b>Instancia</b>	Son los objetos pertenecientes a una clase, teniendo las características en común de la clase y propias de cada uno.
<b>Atributo</b>	Son los datos que se le proporcionan y almacenan en los objetos.

*Fuente: elaboración propia del autor, adaptado de Gaugliano (2019).*

El enfoque de esta investigación se centra en simplificar el proceso de diseño de muros de contención de concreto armado en voladizo. Esta necesidad surge debido a que, la población que reside cerca o sobre laderas de cerro y se desplaza desde diferentes áreas del país hacia la ciudad capital, se encuentra en riesgo, ya que carece de estructuras que eliminen o mitiguen dicho peligro. Como resultado de esta situación, surge la demanda de diseñar adecuadamente estas estructuras. Sin embargo, dicho diseño debe ser eficiente y óptimo, tanto en su procedimiento como en sus resultados. Además, se enfrenta a la dificultad de que los programas informáticos disponibles para este propósito no siempre son viables debido a consideraciones económicas o a una falta de familiaridad con sus interfaces visuales y metodologías. Como resultado, se termina recurriendo a métodos convencionales que a menudo no son los más prácticos.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

Se tienen principalmente 2 tipos fundamentales de investigación, la investigación básica se centra en la generación de conocimiento teórico y fundamental, sin una aplicación directa inmediata. Por otro lado, la investigación aplicada tiene como objetivo resolver problemas prácticos o brindar soluciones a situaciones concretas utilizando el conocimiento existente.

Respecto a ello, el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) (s. f.) proporciona la siguiente definición para la investigación aplicada: tiene como objetivo determinar, mediante el conocimiento científico, las vías (metodologías, protocolos y tecnologías) a través de las cuales es posible abordar una necesidad específica y reconocida (p. 2).

De manera paralela, según la perspectiva de Esteban (2018), la investigación aplicada es conocida también como investigación tecnológica, debido a que su resultado no se reduce a conocimiento puro, sino que es de naturaleza tecnológica (p. 3).

En consecuencia, el presente estudio se clasifica como investigación aplicada tecnológica, ya que su enfoque radicó en la creación y utilización de un software con el fin de optimizar el diseño de un muro de contención de concreto armado. Este proceso de optimización se cimentó en el conocimiento teórico relacionado con el diseño de dicha estructura y tomó en consideración la realidad específica de la Asociación Vecinal de La Nueva Era, situada en una ladera de cerro en Jicamarca Anexo 09 – Lurigancho-Chosica.

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

Un diseño de investigación es la planificación que establece la estructura y los pasos a seguir para llevar a cabo un estudio. Define cómo se recolectarán, analizarán y presentarán los datos, así como las variables y métodos a utilizar, con el fin de responder a las preguntas de investigación de manera efectiva y rigurosa.

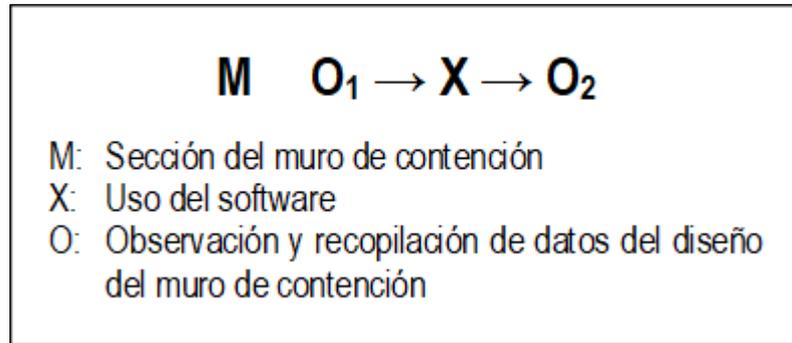
Las investigaciones experimentales involucran el control de variables para establecer relaciones de causa y efecto, mientras que las no experimentales se enfocan en observar y analizar fenómenos en su contexto natural sin intervenir directamente en las variables.

Respecto al diseño de esta investigación, Álvarez (2020) indica que, en el diseño experimental el investigador manipula una variable y se espera la respuesta de otra variable, pudiendo ser preexperimentales, cuasi experimentales y experimentales puros (p. 4).

Un estudio de diseño preexperimental es aquel donde se implementa una intervención o tratamiento específico en un grupo o sujeto sin un grupo de comparación equivalente (grupo de control). Aunque proporciona información inicial sobre el efecto potencial de la intervención, este diseño no está al nivel de un diseño experimental puro, pero si es adecuado en determinados casos.

Considerando lo expuesto, se tendrá un diseño experimental de tipo preexperimental, ya que, se aplicará el uso de software de diseño y se medirá la variable dependiente en 2 casos con y sin empleo del software, no se tendrá un grupo de control a comparación de un estudio de tipo experimental puro.

Figura 6. Esquema de diseño de la presente investigación, este es del subtipo preexperimental y con pruebas pre y post test (antes y después de la intervención).



*Fuente: propia del autor*

### 3.2. Variables y operacionalización

Para Gonzáles (2020), se definen las variables de investigación como las características de seres vivos, objetos o fenómenos que pueden manifestar cambios y son susceptibles de ser observadas, medidas, analizadas y/o controladas durante el proceso de investigación (párr. 1).

Arias (2021), por su parte, clasifica las variables según su función en independientes y dependientes. Las variables independientes generan cambios en las variables dependientes y su formulación suele omitirse en investigaciones de alcances exploratorios, descriptivos o correlacionales, y en otros casos específicos (p. 46).

Bilbao y Escobar (2020) explican que las variables pueden ser cuantitativas, expresadas en valores numéricos, o cualitativas, cuyas propiedades se describen con palabras.

Basándose en esta conceptualización, este trabajo aborda las variables a continuación, que incorporan indicadores tanto cuantitativos como cualitativos.

**Variable independiente** : Software

**Variable dependiente** : Diseño de muro de contención

Su operacionalización se desarrolló mediante la matriz de operacionalización de variables (ver anexo n.º 2).

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población

De acuerdo a Arias, Villasís y Miranda (2016), el concepto de población de investigación se refiere a un grupo específico de casos que se encuentra claramente definido, con límites precisos y accesible para su estudio. Esta noción no se limita únicamente a seres vivos, sino que también abarca elementos como muestras, documentación, objetos y organizaciones, entre otros (p. 202). Se resalta la importancia de establecer parámetros claros y criterios específicos al seleccionar el conjunto de casos que se analizará en una investigación.

Conforme con el párrafo anterior, la población en estudio consistió y abarcó la totalidad de la proyección de un muro de contención de 29.00 m, el cual consta de 5 tramos, situado en la Asociación Vecinal La Nueva Era - Jicamarca Anexo 09 en Lurigancho-Chosica. Esto se debió a que este muro es aquel que presenta la variable e indicadores relevantes del diseño.

- **Criterios de inclusión:** Toda la totalidad del muro de contención proyectado (del km 0+000 al 0+029).
- **Criterios de exclusión:** Otras proyecciones muros que ya existentes en la zona de estudio.

Figura 7. Proyección propuesta del muro en la Asociación Vecinal La Nueva Era, ubicado en Jicamarca Anexo 09/Ñaña.



Fuente: Google Maps y elaboración propia del autor

### 3.3.2. Muestra

Según la afirmación de Arias et al. (2016), en cualquier investigación es imperativo establecer la cantidad precisa de participantes (u otros elementos, en función de la población definida) requeridos para lograr los objetivos propuestos (p. 206).

En este caso la muestra fue de 2 tramos del muro proyectado, la primera del km 0+000 al 0+005 (5.00 m), y la segunda del km 0+005 al 0+011 (6.00 m).

### 3.3.3. Muestreo

De acuerdo con Hernández (2021), el muestreo no probabilístico se presenta en diversas variantes, como el muestreo por conveniencia, intencional, por cuota y bola de nieve. Cada una de estas variantes posee ventajas y limitaciones propias; la selección de la variante más adecuada dependerá de los encargados de la investigación. En el caso del muestreo

por conveniencia, como su nombre indica, la muestra se elige según el criterio del investigador, lo que le brinda la libertad de seleccionar de manera discrecional la cantidad de participantes que formarán parte del estudio.

Se utilizó la técnica de muestreo no probabilístico, es decir, no fue al azar, específicamente la modalidad de muestreo por conveniencia. Esta elección se realizó con el propósito de establecer dos estados iniciales distintas para el diseño del muro.

### 3.3.4. Unidad de análisis

Consiste en cada una de los tramos que conforman el muro, compuestos por una sección inicial de 5.00 metros de longitud, seguida por el resto de las secciones, las cuales tienen una extensión de 6.00 metros cada una.

## 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos del diseño concluido de ambas muestras se recopilaron utilizando la técnica e instrumento apropiados de la observación y la ficha de investigación respectivamente. Además de esto, se emplearon herramientas adicionales para la obtención de datos en el terreno, siendo estos una guía de observación de campo, así como el software desarrollado para obtener un diseño.

**Tabla 6.** Técnicas e instrumentos de recopilación de datos e información para la presente tesis

Técnicas	Instrumentos
Observación	Ficha de investigación

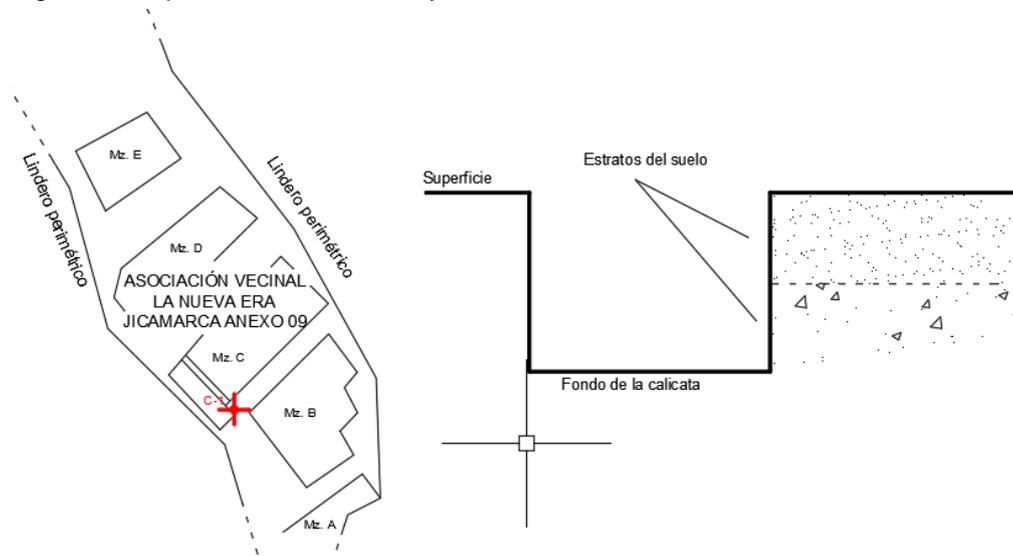
*Fuente: propia del autor*

## 3.5. Procedimientos

La información del suelo necesaria para el diseño del muro fue obtenida a partir de las actividades de campo pertinentes. El proceso de diseño se llevó a cabo en el entorno de oficina y se utilizó una ficha de investigación para recopilar los datos requeridos.

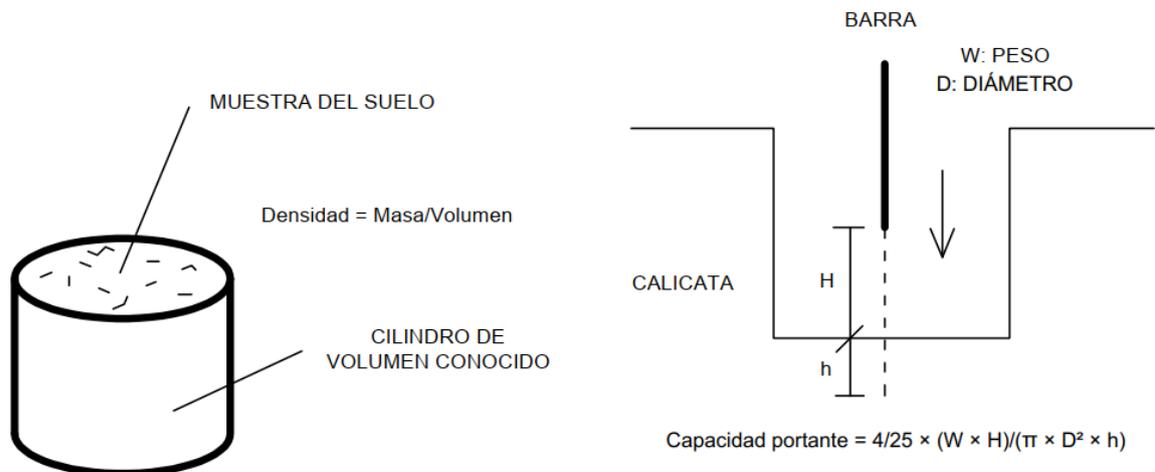
Los trabajos de campo fueron realizados de manera propia por el investigador utilizando los enfoques empíricos mencionados en la teoría. Estos métodos se aplicaron exclusivamente con el propósito de esta investigación y no se pretende que reemplacen a ensayos normalizados de laboratorio. Estas actividades de campo incluyeron la excavación de una calicata, considerando las limitaciones físicas del terreno y la realización manual del trabajo. Además, se emplearon los métodos del cilindro y de la barra para estimar las propiedades del suelo. Los detalles exhaustivos de la ejecución de los trabajos de campo se encuentran detallados en la sección de Anexos.

Figura 8. Esquema de localización y excavación de la calicata en la zona a intervenir.



Fuentes: propia del autor

Figura 9. Métodos empíricos que se emplearon para estimar los datos necesarios del suelo.



Fuentes: propia del autor

El control y manipulación de la variable independiente involucró la utilización de la aplicación desarrollada, con el propósito de identificar las diferencias en los resultados de diseño de muros de contención en comparación con el proceso manual, se mantuvo el control sobre los datos de entrada del programa.

La realización del software fue llevada a cabo utilizando el lenguaje de programación Python 3, y se el entorno de programación PyCharm, que está disponible de manera gratuita para el público en general (se usó la versión de comunidad). La creación del programa se basó en el paradigma de programación orientada a objetos, lo que permitió una organización efectiva del código y consideró la posibilidad de futuras actualizaciones y mantenimiento.

En el contexto de este trabajo, se quiso lograr la creación ágil del software, buscándose un enfoque dinámico que permita implementar la solución de manera eficiente y rápida. Este proceso involucró la identificación precisa de requisitos clave y la generar repetidamente funcionalidades, con el objetivo de proporcionar soluciones adaptadas a las necesidades actuales que podría tener un usuario.

En relación a las actividades de campo, se realizó una coordinación directa con Victoria Alvarado Castillo, cuyo cargo es el de presidenta de la Asociación Vecinal La Nueva Era, con el fin de obtener el permiso necesario para intervenir en el área. La correspondiente documentación que respalda dicha coordinación se encuentra adjunta en la sección de Anexos.

**Tabla 7.** Actividades planteadas para la realización de la investigación

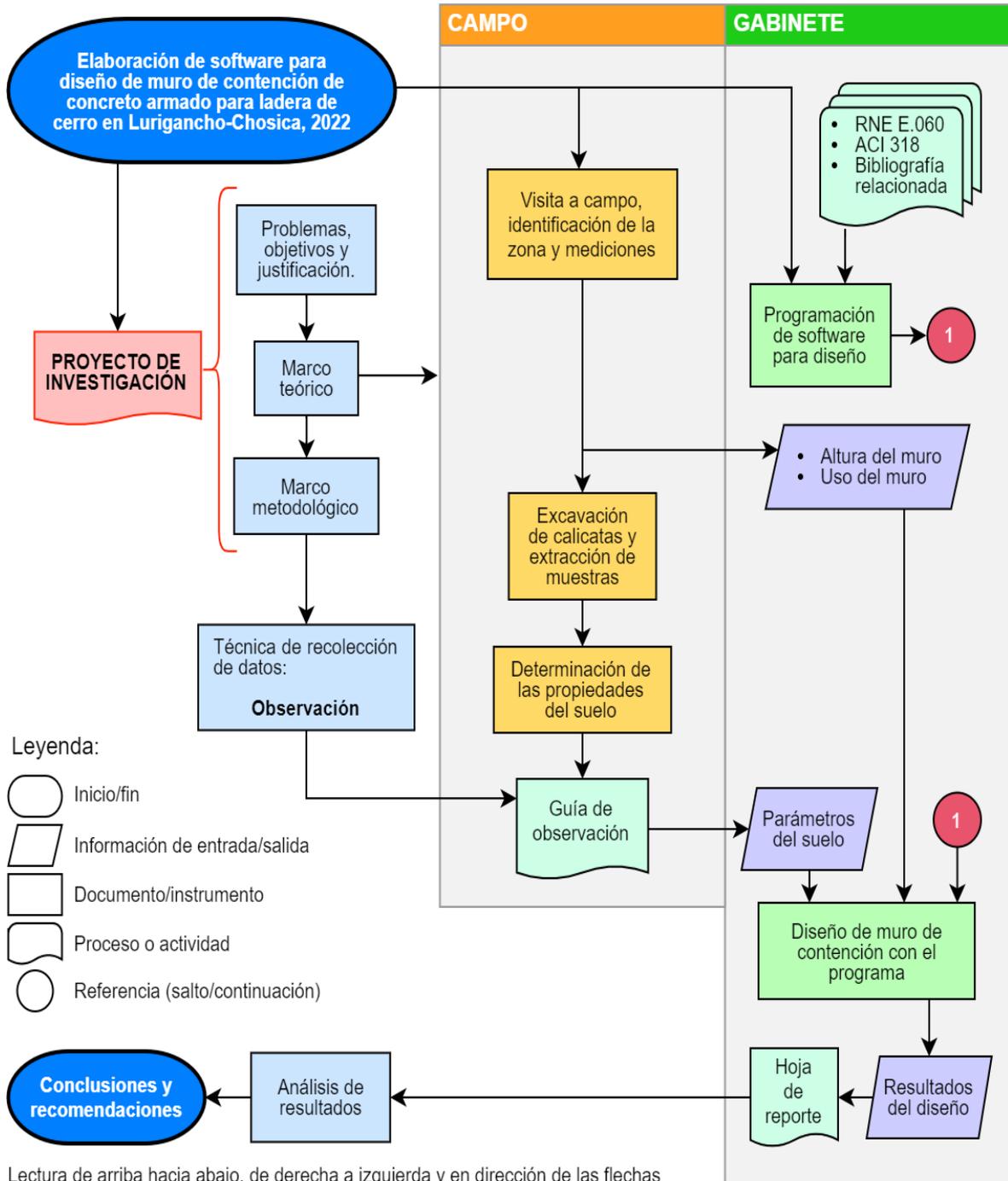
Entorno	Actividad	Herramientas y materiales
Campo	Visita, caracterización de la zona y mediciones	Wincha, estacas y cuaderno de campo.
	Excavación de la calicata	Pico, lampa u otras herramientas
	Estimación de las propiedades y parámetros del suelo	Tres secciones de tubos de PVC de medidas: 3" x 15 cm, una barreta de acero y la guía de observación.
Gabinete	Desarrollo del programa	Lenguaje de programación instalado, reglamentos (RNE y ACI) y otra bibliografía relacionada.
	Diseño del muro	Plantilla de Excel y el software elaborado

	Observación y registro de datos de la variable	<b>Ficha de investigación</b>
--	--	-------------------------------

*Fuente: propia del autor*

Las actividades y procedimientos se llevaron a cabo siguiendo el flujo establecido en el diagrama de la página siguiente, el cual se diseñó en la etapa de planteamiento del Proyecto de Investigación, con el propósito de asegurar una ejecución secuencial y organizada de las actividades a lo largo de la investigación:

Figura 10. Diagrama de flujo que muestra los procesos y actividades para el desarrollo del Proyecto de Investigación (tesis).



Fuente: propia del autor

### **3.6. Método de análisis de datos**

Siguiendo la explicación proporcionada por Fontaines, Pirela, Maza y Almarza (2020), la prueba t de Student, en términos generales, se basa en el análisis de una muestra que ha sido evaluada tanto antes como luego de alguna intervención, por ejemplo, la modificación de una variable (p. 195).

Siguiendo ese enfoque, se utilizó la prueba estadística t de Student, en este estudio, para muestras relacionadas. Esto se debió a que en el diseño de esta investigación se consideraron observaciones (mediciones) previas y posteriores dentro de las mismas muestras, con la finalidad de comparar los resultados que se pudieran obtener mediante el uso de cálculos manuales y los resultados generados por el software elaborado.

Se llevó a cabo una prueba estadística por cada dimensión considerando los indicadores respectivos y contemplado en las dimensiones presentadas de la variable dependiente (revisar la matriz de operacionalización de variables). El propósito de estas pruebas fue evaluar si se produjo algún cambio significativo en relación con la primera observación (cálculo previo) después de aplicar el software.

Para realizar estas pruebas y generar la matriz de datos, se utilizó el programa Microsoft Excel. La funcionalidad de análisis de datos dentro de Excel permitió realizar las pruebas estadísticas correspondientes.

### **3.7. Aspectos éticos**

Este proyecto fue elaborado exclusivamente por el autor. En su desarrollo, se tomaron en cuenta aspectos esenciales como la adecuación de las normativas de la Universidad César Vallejo, en particular la adaptación de la norma ISO para la citación de fuentes científicas y otras referencias, tanto directas como indirectas. También se consideró el respeto al Código de Ética de la institución.

Para asegurar la integridad del trabajo, se estableció que la investigación estuviera sujeta a evaluación mediante herramientas antiplagio, como Turnitin u otras equivalentes. Esta medida se implementa tanto durante el proceso de creación

como después de la culminación de la investigación, su presentación y su eventual publicación.

En el uso de los softwares, se mantuvo un estricto respeto por los derechos de autor. Los programas empleados fueron seleccionados considerando que fueran de acceso gratuito y que contaran con licencias de código abierto, lo que implica que están disponibles para el público en general.

Respecto a las actividades de campo, se obtuvo la autorización correspondiente para acceder y realizar intervenciones en la zona de estudio. Esto se llevó a cabo respetando los permisos necesarios y garantizando la legalidad y ética de los trabajos realizados en esa área.

## IV. RESULTADOS

En esta parte del trabajo se exhiben las tablas que contienen los resultados derivados del diseño. Las tablas mostradas fueron utilizadas para la verificación de las hipótesis propuestas que se plantearon al comienzo de la investigación. Así pues, se incorporan también los resultados de las pruebas de hipótesis correspondientes.

### 4.1. Dimensiones de la sección del muro

La tabla siguiente muestra la comparación entre los resultados previos y posteriores al diseño realizado a través del software desarrollado. Estos valores reflejan el área de la sección de los muros, tanto antes como después de ser dimensionados mediante el programa.

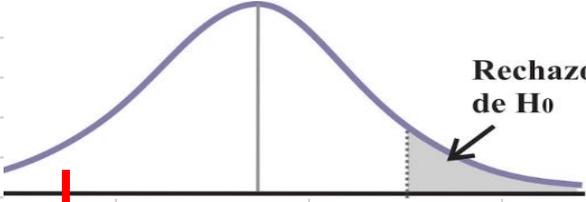
**Tabla 8.** Resultados de las medidas de las dimensiones de la sección del muro

Muestras	Antes	Después
km 0+000 – 0+005	2.98	3.55
km 0+005 – 0+011	2.98	3.52

*Fuente: elaboración propia*

Se evidencia un aumento en las dimensiones de las secciones después de la etapa de diseño, lo cual podría atribuirse a los requerimientos de garantizar la estabilidad. No se percibe una diferencia significativa entre las dos muestras (la única variación presente es la sobrecarga del terreno).

Figura 11. Prueba de hipótesis para los resultados de las áreas de las secciones.

Dimensiones de la sección		
Muestras	Área de la sección	
	Antes	Después
km 0+000 - 0+005	2.98	3.55
km 0+005 - 0+011	2.98	3.52
<b>Prueba de hipótesis para Área de la sección</b>		
$H_0: \mu_d \leq 0$	Área antes < Área después	
$H_a: \mu_d > 0$	Área antes > Área después	
	<i>Manual</i>	<i>Software</i>
Media	2.98	3.535
Varianza	0	0.00045
Observaciones	2	2
Grados de libertad	1	
<b>Estadístico t</b>	<b>-37.000</b>	
p-valor	0.009	
<b>Valor crítico</b>	<b>6.314</b>	
		
<b>Decisión:</b>	Se acepta $H_0$	
<b>Conclusión:</b>	El software incrementa el área de la sección del muro.	

Fuente: elaboración propia

**Hipótesis específica 1:** Con el software se logró optimizar las dimensiones del muro de contención.

Al incrementar la sección transversal del elemento, se logra satisfacer los requisitos mínimos de carga que fueron calculados por el software. Esto se debe a que el programa incorpora las funciones esenciales para establecer las dimensiones mínimas necesarias y, si es necesario, ajustarlas en función de las condiciones requeridas.

## 4.2. Verificaciones de estabilidad

Las comprobaciones de estabilidad involucran los factores de seguridad, es decir, el Factor de Seguridad ante Deslizamiento (FSD) y el Factor de Seguridad ante Volteo (FSV), los cuales fueron definidos antes del diseño; la finalidad era lograr valores más elevados en estos factores. Otro punto clave se centró en reducir las presiones que actúan bajo la zapata, asegurando que estas no excedan la capacidad portante del suelo circundante.

**Tabla 9.** Resultados de las comprobaciones de estabilidad del diseño propuesto

<b>Muestras</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>
<b>Factor de seguridad al deslizamiento</b>		
km 0+000 – 0+005	1.25	2.29
km 0+005 – 0+011	1.25	2.29
<b>Factor de seguridad al volteo</b>		
km 0+000 – 0+005	1.50	3.82
km 0+005 – 0+011	1.50	3.77
<b>Presión máxima bajo la zapata</b>		
km 0+000 – 0+005	19.36	10.76
km 0+005 – 0+011	14.52	10.77

*Fuente: elaboración propia*

Se observó un incremento en el valor del Factor de Seguridad ante Deslizamiento (FSD); no obstante, no se evidenció una diferencia significativa entre ambos tramos. En cuanto al Factor de Seguridad ante Volteo (FSV), es el que experimentó la mayor variación después del proceso de diseño y entre ambas muestras. Además, se registró una disminución en la presión máxima en ambos casos.



### 4.3. Áreas de acero de diseño requeridas

El diseño del refuerzo de la pantalla abarca la determinación de las cuantías y áreas de acero para las varillas de acero en posición vertical y horizontal. De manera análoga, el proceso para determinar el acero de la zapata sigue un enfoque similar e incorpora las verificaciones necesarias para este componente. En este contexto, el refuerzo principal (expuesto a flexión) de cada elemento se consideró como el resultado de mayor importancia, y se contrastó con un área inicial de acero antes de la realización de iteraciones por parte del software, estas iteraciones se efectuaron con el fin de determinar las áreas de acero de diseño finales.

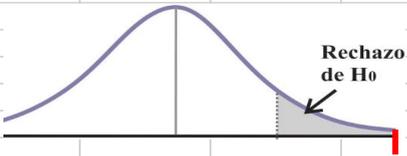
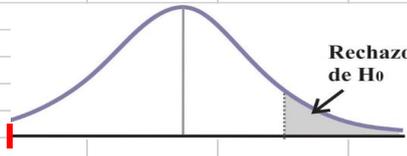
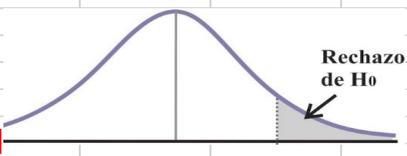
**Tabla 10.** Resultados de los cálculos para determinar las áreas de acero

<b>Muestras</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>
<b>Acero vertical de la pantalla</b>		
km 0+000 – 0+005	13.79	12.90
km 0+005 – 0+011	15.15	14.23
<b>Acero longitudinal en la zapata (punta)</b>		
km 0+000 – 0+005	4.88	10.07
km 0+005 – 0+011	4.92	10.07
<b>Acero longitudinal en la zapata (talón)</b>		
km 0+000 – 0+005	7.40	10.07
km 0+005 – 0+011	7.43	10.77

*Fuente: elaboración propia*

Se denota que en varios casos se obtienen cifras muy similares para ambos tramos, exceptuándose en el acero de la pantalla. En cuanto a las áreas de otros elementos, se observa una tendencia al aumento en comparación con el valor inicial obtenido.

Figura 13. Pruebas de hipótesis para las áreas de acero obtenidas.

Áreas de acero de diseño requeridas							
Muestras	Pantalla [cm <sup>2</sup> ]		Punta [cm <sup>2</sup> ]		Talón [cm <sup>2</sup> ]		
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
km 0+000 - 0+005	13.79	12.90	4.88	10.07	7.40	10.07	
km 0+005 - 0+011	15.15	14.23	4.92	10.07	7.43	10.07	
<b>Prueba de hipótesis para área de acero de la pantalla</b>				<b>Prueba de hipótesis para área de acero de la punta</b>			
$H_0: \mu_d \leq 0$	Acero antes < Acero después			$H_0: \mu_d \leq 0$	Acero antes < Acero después		
$H_a: \mu_d > 0$	Acero antes > Acero después			$H_a: \mu_d > 0$	Acero antes > Acero después		
		Manual	Software			Manual	Software
Media		14.47	13.565	Media		4.9	10.07
Varianza		0.9248	0.88445	Varianza		0.0008	0
Observaciones		2	2	Observaciones		2	2
Grados de libertad		1		Grados de libertad		1	
<b>Estadístico t</b>		<b>60.333</b>		<b>Estadístico t</b>		<b>-258.500</b>	
p-valor		0.005		p-valor		0.001	
<b>Valor crítico</b>		<b>6.314</b>		<b>Valor crítico</b>		<b>6.314</b>	
							
<b>Decisión:</b>	Se rechaza $H_0$			<b>Decisión:</b>	Se acepta $H_0$		
<b>Conclusión:</b>	El software reduce el área de acero inicial de la pantalla			<b>Conclusión:</b>	El software no reduce el área de acero de la punta		
<b>Prueba de hipótesis para área de acero del talón</b>							
$H_0: \mu_d \leq 0$	Acero antes < Acero después						
$H_a: \mu_d > 0$	Acero antes > Acero después						
		Manual	Software				
Media		7.415	10.07				
Varianza		0.00045	0				
Observaciones		2	2				
Grados de libertad		1					
<b>Estadístico t</b>		<b>-177.000</b>					
p-valor		0.002					
<b>Valor crítico</b>		<b>6.314</b>					
							
<b>Decisión:</b>	Se acepta $H_0$						
<b>Conclusión:</b>	El software no reduce el área de acero del talón						

Fuente: propia del autor

**Hipótesis específica 3:** Con el programa se obtienen resultados óptimos de las áreas de acero de diseño del muro de contención.

La evaluación reveló que para la pantalla, efectivamente se logra disminuir el área de acero en comparación con el valor inicial obtenido. Se entiende que dicho valor ha variado para asegurar que se cumplan las ecuaciones pertinentes.

También se destaca que los valores finales de las áreas de acero de la zapata son idénticos. En este contexto específico, ello se debe al requisito de un área mínima establecido por las regulaciones de las Normas. En consecuencia, este valor ya representa la opción óptima que puede ser obtenida.

## V. DISCUSIÓN

Una vez confirmadas las hipótesis, es posible afirmar que el software desarrollado ha sido capaz de proporcionar resultados altamente satisfactorios. Estos resultados no solo cumplen con los requisitos mínimos establecidos para las condiciones específicas, sino que también pueden ser considerados como una solución adecuada.

Sam (2021) llevó a cabo una iniciativa similar, desarrollando una aplicación con la misma finalidad. Al igual que en esta investigación, también utilizó el lenguaje de programación Python. La concepción de esta herramienta dio como fruto un instrumento que no solo abarca las características físicas del entorno, sino que también propone un enfoque económico en relación a los materiales utilizados en el diseño. El veredicto extraído de esta labor indica que su software efectúa un cálculo meticuloso durante el procedimiento de diseño en cada una de sus fases, todo ello en contraposición a los resultados derivados de cálculos realizados de manera manual y basados en la documentación de referencia existente.

La existencia de este antecedente permite comparar el programa desarrollado en este estudio. En términos de cálculos, el programa se ejecuta sin dificultades. Sin embargo, la versión resultado de este estudio carece de la capacidad de incorporar y manejar una amplia variedad de condiciones. Inicialmente, resulta útil para este caso específico. Es acordado que, en comparación con los resultados obtenidos manualmente, se presenta como una ventaja por su metodología y velocidad. No obstante, todavía existe margen para mejorar tanto la eficiencia como la precisión. Se está de acuerdo en que en comparación con los resultados obtenidos de manera manual, constituye una ventaja por su procedimiento y rapidez. Sin embargo, aún existe espacio para mejorar la precisión y sobre todo, la eficiencia.

Como ya se ha señalado previamente, las limitaciones fundamentales abarcaron la ausencia de alternativas para abordar una gama diversa de situaciones o condiciones. Resulta de vital importancia destacar que para un proyecto futuro que se presenta como factible, la adquisición de datos de campo apropiados a través de ensayos y procesos estandarizados se volverá indispensable para asegurar una mayor precisión en los resultados. Además, es necesario proseguir con la evolución

de la aplicación, con el propósito de llegarse a tomar en cuenta como una herramienta legítima en la formulación de proyectos que requieran formalidad y rigor.

Por otra parte, se tiene a Atencio, Díaz, Herrera y Muñoz (2021), también buscaron elaborar un software, el cual particularmente, entre sus implicaciones, se tiene que el software no únicamente toma en cuenta las condiciones iniciales dadas, sino que, además de ello, se toman en cuenta las decisiones tomadas por los usuarios en cada una de las fases del proceso de diseño. Esta particularidad otorga una ventaja sustancial en comparación con otros análisis.

En el contexto de este estudio, la interacción con el usuario se da mediante el uso de un panel con la información del diseño, además de una ventana para el ingreso de datos y control de las funciones. Sin embargo, surge una limitación en cuanto a la amplitud de control otorgada al usuario sobre el proceso. En lugar de ello, se encuentra restringido a examinar los resultados suministrados por el programa y a ejecutar comandos que automatizan gran parte del proceso. Esta situación puede presentar ventajas o desventajas dependiendo del escenario. Por ejemplo, no posibilita la verificación de los procedimientos ni la consideración de aspectos que trasciendan lo programado. Además, la carencia de flexibilidad en ciertos valores predefinidos restringe las opciones disponibles para el usuario.

Respecto a lo anterior expuesto, también es importante mencionar la disponibilidad del código fuente del programa, siendo en este caso, una nueva posibilidad de que el usuario pueda comprobar el funcionamiento adecuado del programa en incluso modificarlo si fuera necesario.

Entre las características más destacables del software desarrollado, se encuentra su enfoque en la metodología de la programación orientada a objetos (POO). En palabras de Gaugliano (2019), este enfoque se define en una alternativa en la manera de disponer los algoritmos, pasando de secuencias lineales de instrucciones hacia un conjunto de objetos que resuelven problemas y en comunicación constante entre ellos.

En este contexto, el diseño y la implementación del código del programa se basaron en la conceptualización de un muro de contención como un objeto real. Este objeto

posee atributos propios, como sus medidas y la carga que puede soportar. Además, se incorporaron métodos y comportamientos que le permiten cambiar sus propias dimensiones. Estos métodos no solo se aplicaron al proceso de diseño, sino también a la interfaz visual que sirve como un medio de comunicación entre la computadora y el usuario.

Una de las ventajas clave de este método de programación radica en la organización modular del código fuente de un software, en este caso siendo organizado en bloques, a la vez que estos son compuestos de líneas de definiciones, asignaciones y funciones, lo que facilita su comprensión a nivel de lenguaje. La abstracción del muro como un objeto también contribuye a esta ventaja. La interfaz gráfica implementada permite personalizar los objetos preexistentes que maneja el lenguaje (como botones y entradas), facilitando su reutilización en futuras expansiones. Esta característica también impacta en el mantenimiento y las actualizaciones del programa.

El lenguaje seleccionado fue Python en su versión 3. Gaugliano (2019) señala que Python es un lenguaje que puede llegar a ser muy sencillo, entre los principales motivos, ello se debe en parte a la sintaxis, la cual maneja expresiones y palabras de uso común. Esto permite una escritura más concisa, además de contar con una amplia biblioteca que abarca diversas aplicaciones.

Estas consideraciones influyeron en la elección de un lenguaje para el desarrollo de la investigación. La implementación inicial resultó funcional, y considerando el comportamiento de Python, es plausible plantear la elaboración de funcionalidades adicionales para la futura versión de la aplicación, ya sean de autoría propia o de terceros.

Aunque no se hayan utilizado todas las librerías y características disponibles para este lenguaje, esto no es necesariamente una desventaja, ya que se ha buscado programar la aplicación con las funcionalidades adecuadas para este caso particular; también tomando en cuenta los cambios, modificaciones, e implementaciones que se pudieran dar para ser empleado en distintos escenarios con condiciones similares o totalmente diferentes. Por lo tanto, la posibilidad de incorporar en el futuro una variedad adicional de bibliotecas, atributos, capacidades

y otros elementos proporcionados por este lenguaje en constante evolución, no se encuentra excluida.

Sintetizando esta sección de la investigación, el software realizado, aunque cumplió satisfactoriamente los objetivos que se plantearon para el presente trabajo, posee ciertas limitaciones importantes, ello implica la responsabilidad de su desarrollo y mejora sucesiva y también pudiera darse el caso de su derivación en diferentes aplicaciones, entre los más importantes puntos para ello, se tiene el incluir una mayor capacidad de decisión por parte del usuario en el diseño del muro, sin que esto necesariamente implique una reducción de las automatizaciones del procedimiento; también se buscará constantemente el refinamiento del código, para que este se oriente hacia la capacidad de replicar de manera cercana el comportamiento auténtico de una estructura de muro de contención. Este proceso de optimización buscará abarcar una diversidad de situaciones y modificaciones que puedan surgir en casos prácticos, cada una de ellas con sus particulares circunstancias y limitaciones individuales.

Finalmente, el programa resultado en esta investigación utiliza la licencia Apache, la cual es una licencia de código abierto ampliamente reconocida en el ámbito del software. Esta ofrece una flexibilidad considerable a los desarrolladores y usuarios, permitiéndoles utilizar, modificar y distribuir el software de acuerdo con sus necesidades. Además, fomenta la colaboración y la innovación al permitir que el código fuente sea accesible y compartido.

## VI. CONCLUSIONES

Se exponen las conclusiones fundamentales que sintetizan los datos obtenidos y lo tratado en la sección de discusión:.

1. El software que se elaboró logró ejecutar un diseño, de manera óptima, del muro de contención con la situación observada y datos estimados para las características del suelo y geometría preliminar.
2. Con este programa se llegó a optimizar las dimensiones del muro, en este caso particular las secciones del muro aumentaron desde el valor del predimensionamiento de 2.98 m<sup>2</sup> para ambos tramos estudiados según corresponde, de 3.55 y 3.52 m<sup>2</sup>, necesarios para el soporte de cargas y estabilidad en el suelo de la estructura determinada.
3. El programa también realizó correctamente las verificaciones de estabilidad conforme a la teoría, en lo que respecta a los factores para seguridad contra el deslizamiento (FSD) y contra el volteo (FSV) iniciales (1.25 y 1.50 respectivamente) el factor de seguridad contra el deslizamiento se incrementó a 2.29 en los dos tramos, y el factor de seguridad contra el volteo a 3.82 y 3.77. Además, la distribución de la presión máxima debajo de la zapata disminuyó de 19.36 y 19.52 ton/m<sup>2</sup> a 10.76 y 10.77 ton/m<sup>2</sup> respectivamente, estas desde el valor inicial antes de ejecutar la función correspondiente de la aplicación.
4. Las áreas de acero que fueron obtenidas tuvieron valores de 12.90 y 14.23 cm<sup>2</sup> para cada una de las secciones, las cifras para el área del acero longitudinal de la zapata tuvieron un valor, en todas las observaciones, de 10.07 cm<sup>2</sup>, esto debido a que estos corresponden al área de acero mínimo requerido por los reglamentos, por lo cual, las áreas que se calcularon inicialmente fueron menores, y estos nuevos valores constituyen las óptimas.

## VII. RECOMENDACIONES

Se presentan a continuación unas recomendaciones finales, las cuales brindan una orientación y consideraciones que puedan mejorar los planteamientos futuros:

1. Este programa va a seguir manteniéndose y actualizándose con cambios y expansiones futuras, por lo cual es recomendable realizar un seguimiento y verificar las versiones disponibles que se encuentran en el momento de su descarga y utilización.
2. Cuando se realiza un diseño se debe tener en consideración y obligación de realizar los ensayos de campo y laboratorio, aquellos que sean más adecuados, para determinar los parámetros solicitados del suelo y del terreno que más se aproximen a la realidad, también en este punto, la primera versión de este software solamente puede considerar un único material homogéneo como punto de inicio para el diseño por lo que será uno de los principales cambios que se implementarán.
3. Se debe tener siempre presente realizar y comprobar las verificaciones de estabilidad repetidamente en distintas etapas del diseño, motivo por el cual se recomienda efectuar dichas verificaciones especialmente al dimensionar el elemento de la zapata, ya que sus dimensiones constituyen uno de los parámetros que mayormente influyen en los resultados de las comprobaciones respectivas.
4. Es importante considerar que las áreas de acero que se han obtenido del programa fueron calculadas utilizando datos ya previamente establecidos, principalmente la medidas de las barras de acero comerciales, ello es considerable al momento de realizar las comprobaciones respectivas, finalmente, el criterio para diseñar debe ser de parte del usuario o diseñador, y no de los resultados de este o cualquier otro software, sin darle una mayor relevancia al cumplimiento o no de los cálculos realizados.

## REFERENCIAS

ACI 318S-14 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. EUA, 29 de agosto de 2014.

AFANADOR, Nelson, SANJUÁN, Yalitza y MEDINA, David. Diseño sísmico de muros de contención en gravedad y voladizo. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA) [en línea]. Junio 2012, vol. 2, n.o 20. [Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2022].

Disponible en:

<https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/rcta/article/view/1965>

ISSN: 1692-7257

ARIAS, Jesús, VILLASÍS, Miguel y MIRANDA, María. El protocolo de investigación III: la población de estudio. Revista Alergia México [en línea]. 2016, vol. 63, n.o 2. [Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2022].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011>

ISSN: 0002-5151

ARIAS, José. Diseño y metodología de la investigación [en línea]. Perú: Enfoques Consulting, 2021. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2022].

ISBN: 978-612-48444-2-3

ÁLVAREZ, Aldo. Clasificación de las Investigaciones [en línea]. 2020 [fecha de consulta: 15 de noviembre de 2022].

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/10818>

BILBAO, Jorge y ESCOBAR, Piter. Investigación y educación superior [en línea]. 2020 [fecha de consulta: 17 de noviembre de 2022], 130 pp.

Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=W67WDwAAQBAJ>

ISBN: 9781678103903

CAHUANA, Jerson y YANQUI Calixtro. Determinación experimental del empuje activo contra muros de contención que sufren traslación y rotación respecto al tope. Gaceta Técnica [en línea]. Julio-diciembre 2019, vol. 20, n.º 2. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=570362486003>

ISSN: 1856-9560

CAMACHO, Greysi. Determinación del factor de seguridad para comparar técnicas de estabilización de taludes utilizando GEO5 caso: parque El Milagro, Huaraz, Áncash, 2020. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2021, 179 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/60818>

CUZCO, Julio. Comparación del comportamiento estructural de muros de contención en gravedad, voladizo y contrafuertes. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018, 97 pp.

Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2533>

DESIGN of reinforced concrete cantilever retaining wall using Grey wolf optimization algorithm por Kalemci Elif [et al]. Structures [en línea]. 2020, vol. 23. [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2019.09.013>

ISSN: 2352-0124

DESIGN Optimization of Reinforced Concrete Cantilever Retaining Walls: A State-of-the-Art Review por Shakeel Mansoor [et al]. Advances in Civil Engineering [en línea]. Septiembre 2022. [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2022].

Disponible en:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=159290995&lang=es&site=ehost-live>

ISSN: 1687-8086

DONKADA, Shravya y MENON, Devdas. Optimal design of reinforced concrete retaining walls. The Indian Concrete Journal [en línea]. 2012. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2022].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/295607695\\_Optimal\\_design\\_of\\_reinforced\\_concrete\\_retaining\\_walls](https://www.researchgate.net/publication/295607695_Optimal_design_of_reinforced_concrete_retaining_walls)

ESTEBAN, Nicomedes. Tipos de investigación [en línea]. Junio 2018. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2022].

Disponible en: <http://repositorio.usdq.edu.pe/handle/USDG/34>

GENERATIVE Design for Dimensioning of Retaining Walls por Díaz Gabriel [et al]. Mathematics [en línea]. 2021, vol. 9, n.o 16. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/math9161918>

GAUGLIANO, Celeste. Programación en Python I: Entorno de programación – Sintaxis .- Estructuras [en línea], 2019. 91 pp.

Disponible en:

<https://books.google.es/books?id=Cd2sDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 978-987-4958-09-9

GAUGLIANO, Celeste. Programación en Python II: Programación orientada a objetos [en línea], 2019. 86 pp.

Disponible en:

[https://books.google.es/books?id=y1yzDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_atb#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=y1yzDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false)

ISBN: 978-987-4958-19-8

HARPER, Robert. Practical Foundations for Programming Languages [en línea]. 2.a ed. Reino Unido: Cambridge University Press, 2016 [fecha de consulta: 5 de diciembre de 2022], 512 pp.

Disponible en:

[https://books.google.es/books?id=J2KcCwAAQBAJ&dq=programming+language&lr=&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.es/books?id=J2KcCwAAQBAJ&dq=programming+language&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

ISBN: 978-1-107-15030-0

INSTITUTO Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Evaluación geológica y geodinámica del deslizamiento de Chacanclayo.. A - Informes técnicos INGEMMET [en línea]. Octubre 2020, informe técnico A6812. [Fecha de consulta: 3 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1684>

KOTTARY, Ankith y AHMED, Shaik. Soil-Structure Interaction and Retaining walls: A Review Paper. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) [en línea]. Junio 2022, vol. 10, n.o 6. [Fecha de consulta: 3 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.43804>

ISSN: 2321-9653

KUMAR, K., KRISHNA, B. y PRASAD T. Cantilever Retaining Wall using GEO5 Software - A REVIEW. Proceeding of National Conference on Emerging Trends in Civil Engineering [en línea]. 2020.

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/344487089\\_Proceeding\\_of\\_National\\_Conference\\_on\\_Emerging\\_Trends\\_in\\_Civil\\_Engineering\\_Cantilever\\_Retaining\\_Wall\\_using\\_GEO5\\_Software\\_-\\_A\\_REVIEW](https://www.researchgate.net/publication/344487089_Proceeding_of_National_Conference_on_Emerging_Trends_in_Civil_Engineering_Cantilever_Retaining_Wall_using_GEO5_Software_-_A_REVIEW)

LEMUS, Luis, MORAGA, Nelson y LEMUS, Roberto. Influence of backfill soil shear strength parameters on retaining walls stability. Revista de la Construcción. Journal of Construction [en línea]. 2017, vol. 16, n.o 2. [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.7764/RDLC.16.2.175>

MCCORMAC, Jack y BROWN, Russel. Diseño de Concreto Reforzado. 10.a ed. Colombia: Alfaomega Grupo Editor, 2017, 672 pp.

ISBN: 978-607-622-970-5

MALAVAR, Marco. Comparación de un software desarrollado con matlab y aplicaciones desarrolladas con Microsoft excel para el diseño de muros de contención en voladizo y de gravedad. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2015, 148 pp.

Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/375>

MONTENEGRO, Kevin. Diseño de muros de contención para el mejoramiento de la estabilidad de taludes a fin de construir casas de concreto en el AA. HH Las

Minas, Comas-Lima - 2019. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2019, 163 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/40124>

POSSATI, Luca. Towards a hermeneutic definition of software. Humanities and Social Sciences Communications [en línea]. Agosto 2020, vol. 7, n.o 71. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1057/s41599-020-00565-0>

RAMOS, Carlos. Diseño de investigación experimental. CienciAmérica [en línea], 2021, vol. 10., n.o 1.

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/7890336.pdf>

ISSN: 1390-9592

REGLAMENTO Nacional de Edificaciones. Norma E.060 Concreto Armado [en línea]. Lima: Gerencia de Investigación y Normalización del SENCICO, 2020 [fecha de consulta: 18 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://www.gob.pe/sencico>

ISBN: 978-612-48427-4-0

REGLAMENTO de calificación, clasificación y registro de los investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - Reglamento RENACYT [en línea]. Perú [fecha de consulta: 15 de noviembre de 2022].

Disponible en:

[https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento\\_renacyt\\_version\\_final.pdf](https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf)

SOMMERVILLE, Ian. Software Engineering. 9.a ed. EUA: Pearson Education, 2011, 792 pp.

ISBN: 978-0-13-703515-1

VARIABLES de investigación: tipos, características y ejemplos [en línea]. González Gabriela, (12 de mayo de 2020). [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2022].

Recuperado de:

<https://www.lifeder.com/variables-de-investigacion/>

## **ANEXOS**

## Anexo 01. Matriz de consistencia

Título: ELABORACIÓN DE SOFTWARE PARA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN MURO DE CONTENCIÓN (km 0+000 AL 0+029) EN LURIGANCHO-CHOSICA, 2023						
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente (x)	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Utilizando un software propio se optimiza el diseño de un muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023?	Emplear un programa elaborado y realizar el diseño de un muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023.	Usando software elaborado se logra optimizar el diseño de un muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023.	SOFTWARE	Automatización de operaciones	Ejecución de las verificaciones de estabilidad Diseño del acero de refuerzo de los elementos	<b>Tipo de estudio:</b> Aplicado (tecnológico) <b>Diseño de investigación:</b> Experimental <b>Método de investigación:</b> Enfoque cuantitativo Preexperimental con pruebas antes y después <b>Población:</b> Muro de contención del km 0+000 al 0+029 en la Asociación Vecinal La Nueva Era – Ñaña, Lurigancho-Chosica <b>Muestra:</b> Dos secciones del muro del 0+000 al 0+005 y del 0+005 al 0+011.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable dependiente (y)	Dimensiones	Indicadores	
¿A través del programa es factible conseguir la optimización de las dimensiones del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023?	Usar el programa para determinar las medidas del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023.	Con el software se logró optimizar las dimensiones del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023.	DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN	Dimensiones del muro	Área de la sección	
¿Con el programa podremos obtener mejores valores para la estabilidad del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023?	Efectuar mediante el programa las comprobaciones de estabilidad del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023.	Mediante el programa se llega a mejorar los valores de estabilidad del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023.		Verificaciones de estabilidad	Factor de seguridad frente al deslizamiento	
¿Usando la aplicación es posible optimizar las áreas de acero de diseño del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023?	A través de la aplicación determinar el área de acero de diseño del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023.	Con el programa se obtienen resultados óptimos de las áreas de acero de diseño del muro de contención en Lurigancho-Chosica, 2023.			Áreas de acero de diseño requeridas	Acero vertical de la pantalla
						Ancho longitudinal del talón de la zapata

## Anexo 02. Matriz de operacionalización de variables

Título: ELABORACIÓN DE SOFTWARE PARA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN MURO DE CONTENCIÓN (km 0+000 AL 0+029) EN LURIGANCHO-CHOSICA, 2023					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<b>Variable independiente (x):</b> Software	JavaTPoint (2021) indica que los aplicaciones o software son programas destinados a los usuarios finales con una funcionalidad específica (párr. 18). Es decir, es una herramienta que ayudará con una determinada metodología y procedimiento.	Descripción de las funciones y objetivo del programa, interacción con el usuario, además el cómo fue desarrollado y cuáles son sus características.	Introducción de datos iniciales variables	Sobrecarga del terreno	De razón
			Automatización de operaciones	Ejecución de verificaciones de estabilidad	Nominal
				Diseño del acero del refuerzo de los elementos	Nominal
<b>Variable dependiente (y):</b> Diseño de muro de contención	Gandomi et al. (2017) señalan que, uno de los métodos más difundidos para estabilizar taludes es el muro de contención; su diseño consiste en tres criterios principales, estabilidad geotécnica, fuerza estructural y eficiencia económica; para satisfacer estos criterios simultáneamente se emplean métodos de prueba y error con iteraciones constantes (p. 1).	El diseño se rige por las capacidades frente a las cargas, los requerimientos de comportamiento dúctil y los refuerzos máximos y mínimos; adicional a ello, se controlan y verifican: el volteo, el desplazamiento y la capacidad de carga del muro según el peso propio, los mismos esfuerzos, y las características del suelo.	Dimensiones del muro	Área de la sección	De razón
			Verificaciones de estabilidad	Factor de seguridad frente al deslizamiento	De razón
				Factor de seguridad frente al volteo	De razón
				Presión máxima bajo la zapata	De razón
			Áreas de acero de diseño requeridas	Acero vertical de la pantalla	De razón
				Acero longitudinal de la punta de la zapata	De razón
Acero longitudinal del talón de la zapata	De razón				

### Anexo 03. Instrumento de recolección de datos

#### FICHA DE INVESTIGACIÓN



Elaboración de software para optimización del diseño de un muro de contención (km 0+000 al 0+0029) en Lurigancho-Chosica, 2023

Ubicación: ASOCIACIÓN VECINAL LA NUEVA ERA – ÑAÑA  
Investigador: SALVATIERRA ALVARADO, CHRISTOPHER ENRIQUE

#### INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN

Sección:

#### Información inicial del diseño:

Componente	Descripción	Valor
Concreto armado	Resistencia a la compresión del concreto [kg/cm <sup>2</sup> ]	210.00
	Fluencia del acero [kg/cm <sup>2</sup> ]	4200.00
	Peso específico del concreto [ton/m <sup>3</sup> ]	2.40
Material del suelo/relleno	Peso específico del suelo/relleno [ton/m <sup>3</sup> ]	1.84
	Ángulo de fricción interna del suelo [°]	40.00
	Capacidad portante del suelo [kg/cm <sup>2</sup> ]	1.08
	Sobrecarga del terreno [ton/m]	
Altura inicial del muro	Altura (pantalla) [m]	5.55
Factores de seguridad de estabilidad iniciales	Factor de seguridad contra el deslizamiento	1.50
	Factor de seguridad contra el volteo	1.75

#### OBSERVACIONES DE LA VARIABLE (DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN):

Indicadores	Observación	
	Antes	Después
<b>DIMENSIONES DE LA SECCIÓN</b>		
Área de la sección (pantalla + zapata) [m <sup>2</sup> ]		
<b>VERIFICACIONES DE ESTABILIDAD</b>		
Factor de seguridad frente al deslizamiento		
Factor de seguridad frente al volteo		
Presión máxima bajo la zapata [ton/m]		
<b>ÁREAS DE ACERO DE DISEÑO REQUERIDAS</b>		
Acero vertical de la pantalla [cm <sup>2</sup> ]		
Acero longitudinal de la punta de la zapata [cm <sup>2</sup> ]		
Acero longitudinal del talón de la zapata [cm <sup>2</sup> ]		

## Anexo 04. Reporte de similitud con Turnitin

### Resumen general del reporte de similitud:

Similarity Report	
PAPER NAME	AUTHOR
<b>TESIS_TURNITIN</b>	-
WORD COUNT	CHARACTER COUNT
<b>6877 Words</b>	<b>37555 Characters</b>
PAGE COUNT	FILE SIZE
<b>35 Pages</b>	<b>44.3KB</b>
SUBMISSION DATE	REPORT DATE
<b>Jul 10, 2023 12:21 PM GMT-5</b>	<b>Jul 10, 2023 12:22 PM GMT-5</b>
<b>● 12% Overall Similarity</b> The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.	
<ul style="list-style-type: none"><li>• 9% Internet database</li><li>• 8% Submitted Works database</li><li>• 1% Publications database</li></ul>	

## Vista de detalles de fuentes encontradas con similitud:

### Similarity Report

#### ● 12% Overall Similarity

Top sources found in the following databases:

- 9% Internet database
- 8% Submitted Works database
- 1% Publications database

#### TOP SOURCES

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	<b>repositorio.unp.edu.pe</b> Internet	1%
2	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2017-07-05</b> Submitted works	<1%
3	<b>hdl.handle.net</b> Internet	<1%
4	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Internet	<1%
5	<b>Universidad Alas Peruanas on 2020-11-01</b> Submitted works	<1%
6	<b>es.scribd.com</b> Internet	<1%
7	<b>researchgate.net</b> Internet	<1%
8	<b>repositorio.unjfsc.edu.pe</b> Internet	<1%
9	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2016-02-27</b> Submitted works	<1%

10	<b>portal.amelica.org</b> Internet	<1%
11	<b>slideshare.net</b> Internet	<1%
12	<b>repositorio.uti.edu.ec</b> Internet	<1%
13	<b>CONSORCI MAR PARC DE SALUT DE BARCELONA on 2023-05-30</b> Submitted works	<1%
14	<b>Universidad Ricardo Palma on 2021-09-28</b> Submitted works	<1%
15	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-11-08</b> Submitted works	<1%
16	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2023-06-20</b> Submitted works	<1%
17	<b>coursehero.com</b> Internet	<1%
18	<b>Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO on 2022-11-06</b> Submitted works	<1%
19	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2017-12-11</b> Submitted works	<1%
20	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2023-03-06</b> Submitted works	<1%
21	<b>scribd.com</b> Internet	<1%

22	<b>Universidad Privada Antenor Orrego on 2022-08-01</b>	<1%
	Submitted works	
23	<b>construccionesuce.wordpress.com</b>	<1%
	Internet	
24	<b>de.slideshare.net</b>	<1%
	Internet	
25	<b>es.slideshare.net</b>	<1%
	Internet	
26	<b>Universidad EAN on 2022-10-31</b>	<1%
	Submitted works	
27	<b>Universidad Andina del Cusco on 2018-06-27</b>	<1%
	Submitted works	
28	<b>dspace.unitru.edu.pe</b>	<1%
	Internet	
29	<b>Montoya Contreras, Daniel Antonio. "Porous Medium Approach for Aer..."</b>	<1%
	Publication	
30	<b>Universidad Católica de Santa María on 2016-04-22</b>	<1%
	Submitted works	
31	<b>issuu.com</b>	<1%
	Internet	
32	<b>trevinca.ei.uvigo.es</b>	<1%
	Internet	
33	<b>1library.co</b>	<1%
	Internet	

34	<b>Universidad Católica de Santa María on 2016-09-02</b> Submitted works	<1%
35	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2018-07-03</b> Submitted works	<1%
36	<b>eprints.ucm.es</b> Internet	<1%
37	<b>garoe.lsi.uned.es</b> Internet	<1%
38	<b>repositorio.pucp.edu.pe</b> Internet	<1%
39	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2016-02-27</b> Submitted works	<1%
40	<b>cip.org.pe</b> Internet	<1%
41	<b>unhuancavelica on 2023-07-08</b> Submitted works	<1%
42	<b>Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2022-10-25</b> Submitted works	<1%

**Anexo 05.** Solicitud y permiso para autorización de acceso a la zona de estudio

**SOLICITUD DE PERMISO**

Lima 15 de mayo de 2023

**Sra. Victoria Alvarado Castillo**

**Presidenta de la Asociación Vecinal La Nueva Era**

Yo, **Christopher Enrique Salvatierra Alvarado**, identificado con **DNI 70651275**, estudiante del **X ciclo** de la carrera de **Ingeniería Civil** en la **Universidad César Vallejo** – Sede Ate, me dirijo a Ud. para solicitar permiso para acceder al área correspondiente a la Asociación Vecinal La Nueva Era – Jicamarca Anexo 09, Lurigancho-Chosica/San Antonio de Huarochirí, con la intención de realizar trabajos de campo para el desarrollo de la investigación titulada **“Elaboración de software para optimización del diseño de un muro de contención (km 0+000 al 0+029) en Lurigancho-Chosica, 2023”**, habiéndole previamente informado los detalles de las actividades a realizar en la zona.

Sin nada más que señalar me despido cordialmente, agradeciendo de antemano su respuesta manifestando conformidad mediante firma.

Yo, **Victoria Alvarado Castillo**, presidenta de la Asociación Vecinal La Nueva Era, identificada con **DNI 07686416** otorgo el permiso para ingresar e intervenir en la zona, reconozco que he sido informada de los trabajos que se realizarán para esta investigación y el permiso será únicamente para los fines de esta.

Firma: 	Firma: 
<b>SOLICITANTE</b> Christopher Enrique Salvatierra Alvarado DNI 70651275	<b>PRESIDENTA DE LA A. V. LA NUEVA ERA</b> Victoria Alvarado Castillo DNI 07686416

## Anexo 06. Panel fotográfico de los trabajos de campo



Fotografía de la zona, se observa un pasaje y una vivienda en la parte baja expuesta al talud, durante la visita de campo se presentaron pequeños desprendimientos de material al paso de las personas por el pasaje.



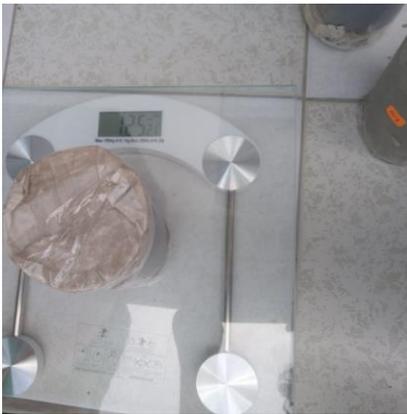
El investigador en la realización de mediciones para determinar una proyección del muro de contención.



Determinación de una altura para el muro, basándose en la distancia hacia de la inclinación visual y la altura de la vivienda, se considera hasta la altura del pasaje para que pueda desempeñar la misma función en un posible futuro proyecto.



Excavación de una abertura en el terreno para recolectar muestras; y realización de las pruebas (recordando que estas fueron estimaciones empíricas para los objetivos de la investigación y no ensayos formales).



Muestras M-1, 2 y 3, siendo pesadas para estimar el peso específico del suelo de la zona.

## Anexo 07. Resultados de los trabajos de campo y gabinete (resultados del diseño)

### GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA TRABAJOS DE CAMPO

Elaboración de software para optimización del diseño de un muro de contención (km 0+000 al 0+029) en Lurigancho-Chosica, 2023



Ubicación:   
  
 Investigador:

Fecha:

CALICATA:  PROFUNDIDAD:

Descripción: *El terreno, en su superficie presenta tierra y grava de diferentes tamaños (material granular) muy difi cultades en su excavación debido a la presencia de raíces grandes, combinadas con el resto de material. Los materiales más finos se mezclan con material rocoso.*

**Densidad aparente – Método del cilindro**

PESO DEL TUBO (Wt):  g  
 VOLUMEN DEL TUBO (Vt):  cm<sup>3</sup>

Peso de la muestra:  $W_m = W_{tm} - W_t$   
 Densidad aparente:  $d = W_m/V_t$

MUESTRAS	M-1	M-2	M-3
PESO DE TUBO + MUESTRA (W <sub>tm</sub> )	1250	1400	1450
PESO DE MUESTRA (W <sub>m</sub> )	1180	1330	1380
DENSIDAD APARENTE (d)	1.72	1.94	1.87

PROMEDIO:  $1.84 \text{ g/cm}^3$   
 ton/m<sup>3</sup>

**Capacidad portante – Método de la barra**

PESO DE LA BARRA (W<sub>b</sub>):  g  
 DIÁMETRO DE LA BARRA (D):  cm  
 ALTURA DE CAÍDA (H):  cm

Capacidad portante:  $q = 4/25 \times (W \times H) / (\pi \times D^2 \times h)$

NÚMERO DE PRUEBA	1	2	3
PROFUNDIDAD DE PERFORACIÓN (h)	3 cm	5 cm	2 cm
CAPACIDAD PORTANTE (q)	1049.68	629.81	1574.52

PROMEDIO:  $1084.61 \text{ g/cm}^2$   
 kg/cm<sup>2</sup>

## FICHA DE INVESTIGACIÓN



**Elaboración de software para optimización del diseño de un muro de contención (km 0+000 al 0+0029) en Lurigancho-Chosica, 2023**

**Ubicación:** ASOCIACIÓN VECINAL LA NUEVA ERA – ÑAÑA  
**Investigador:** SALVATIERRA ALVARADO, CHRISTOPHER ENRIQUE

### INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN

**Sección:** 0+000 - 0+005

**Información inicial del diseño:**

Componente	Descripción	Valor
Concreto armado	Resistencia a la compresión del concreto [kg/cm <sup>2</sup> ]	210.00
	Fluencia del acero [kg/cm <sup>2</sup> ]	4200.00
	Peso específico del concreto [ton/m <sup>3</sup> ]	2.40
Material del suelo/relleno	Peso específico del suelo/relleno [ton/m <sup>3</sup> ]	1.84
	Ángulo de fricción interna del suelo [°]	40.00
	Capacidad portante del suelo [kg/cm <sup>2</sup> ]	1.08
	Sobrecarga del terreno [ton/m]	0
Altura inicial del muro	Altura (pantalla) [m]	5.55
Factores de seguridad de estabilidad iniciales	Factor de seguridad contra el deslizamiento	1.25
	Factor de seguridad contra el volteo	1.50

**OBSERVACIONES DE LA VARIABLE (DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN):**

Indicadores	Observación	
	Antes	Después
<b>DIMENSIONES DE LA SECCIÓN</b>		
Área de la sección (pantalla + zapata) [m <sup>2</sup> ]	2.98	3.55
<b>VERIFICACIONES DE ESTABILIDAD</b>		
Factor de seguridad frente al deslizamiento	1.25	2.29
Factor de seguridad frente al volteo	1.50	3.82
Presión máxima bajo la zapata [ton/m]	19.36	10.76
<b>ÁREAS DE ACERO DE DISEÑO REQUERIDAS</b>		
Acero vertical de la pantalla [cm <sup>2</sup> ]	13.79	12.90
Acero longitudinal de la punta de la zapata [cm <sup>2</sup> ]	4.88	10.07
Acero longitudinal del talón de la zapata [cm <sup>2</sup> ]	7.40	10.07

## FICHA DE INVESTIGACIÓN



**Elaboración de software para optimización del diseño de un muro de contención (km 0+000 al 0+0029) en Lurigancho-Chosica, 2023**

**Ubicación:** ASOCIACIÓN VECINAL LA NUEVA ERA – ÑAÑA  
**Investigador:** SALVATIERRA ALVARADO, CHRISTOPHER ENRIQUE

### INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN PARA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN

**Sección:** 0+005 - 0+011

**Información inicial del diseño:**

Componente	Descripción	Valor
Concreto armado	Resistencia a la compresión del concreto [kg/cm <sup>2</sup> ]	210.00
	Fluencia del acero [kg/cm <sup>2</sup> ]	4200.00
	Peso específico del concreto [ton/m <sup>3</sup> ]	2.40
Material del suelo/relleno	Peso específico del suelo/relleno [ton/m <sup>3</sup> ]	1.84
	Ángulo de fricción interna del suelo [°]	40.00
	Capacidad portante del suelo [kg/cm <sup>2</sup> ]	1.08
	Sobrecarga del terreno [ton/m]	0.50
Altura inicial del muro	Altura (pantalla) [m]	5.55
Factores de seguridad de estabilidad iniciales	Factor de seguridad contra el deslizamiento	1.25
	Factor de seguridad contra el volteo	1.50

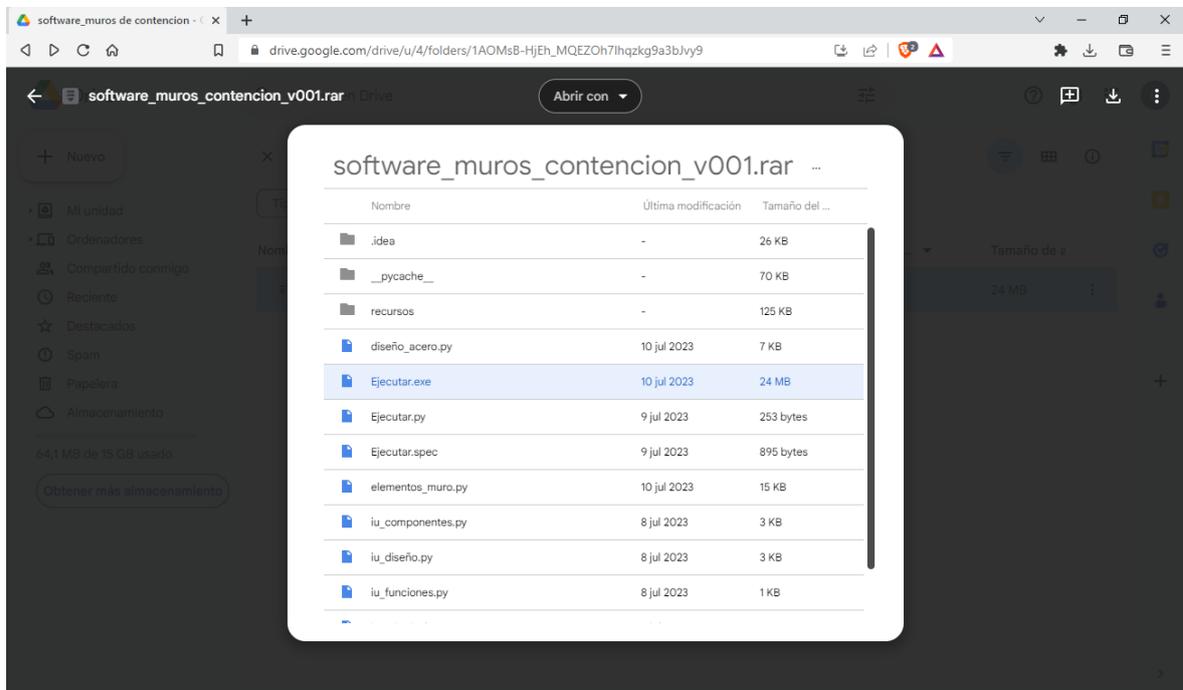
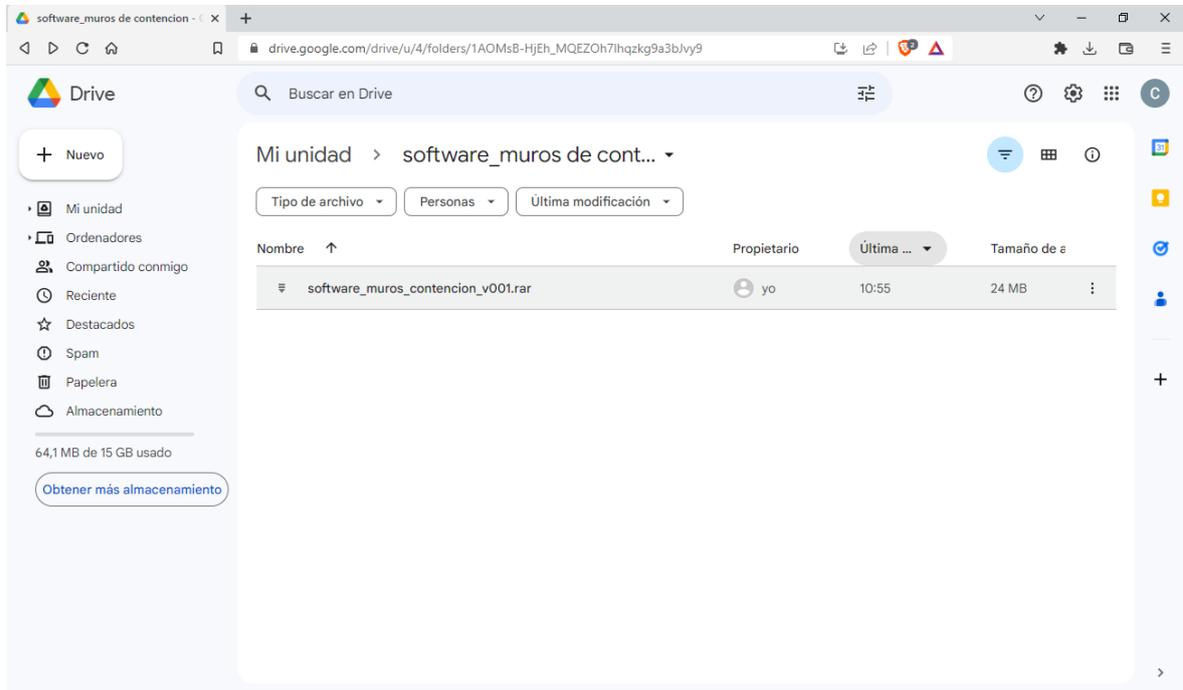
**OBSERVACIONES DE LA VARIABLE (DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN):**

Indicadores	Observación	
	Antes	Después
<b>DIMENSIONES DE LA SECCIÓN</b>		
Área de la sección (pantalla + zapata) [m <sup>2</sup> ]	2.98	3.52
<b>VERIFICACIONES DE ESTABILIDAD</b>		
Factor de seguridad frente al deslizamiento	1.25	2.29
Factor de seguridad frente al volteo	1.50	3.77
Presión máxima bajo la zapata [ton/m]	19.52	10.77
<b>ÁREAS DE ACERO DE DISEÑO REQUERIDAS</b>		
Acero vertical de la pantalla [cm <sup>2</sup> ]	15.15	14.23
Acero longitudinal de la punta de la zapata [cm <sup>2</sup> ]	4.92	10.07
Acero longitudinal del talón de la zapata [cm <sup>2</sup> ]	7.43	10.07

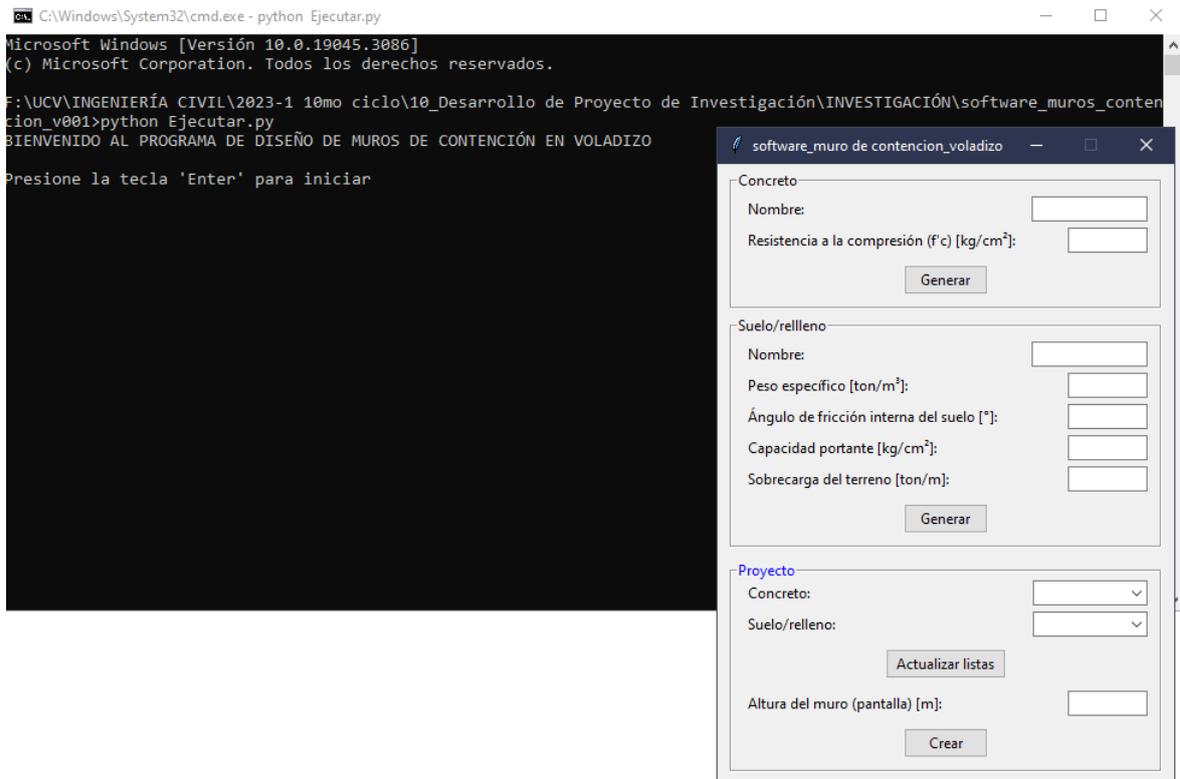
## Anexo 08. Enlace a carpeta de Google Drive con el software elaborado

Enlace:

[GDrive SALVATIERRACHRISTOPHER SOFTWARE V001](https://drive.google.com/drive/u/4/folders/1AOMsB-HjEh_MQEZO7lhqzkg9a3bJvy9)



## Anexo 09. Ejemplo del procedimiento del diseño del muro de contención con el programa



Al ejecutar el programa mediante el archivo “Ejecutar” de extensión “.py” o “.exe” (según corresponda, si la computadora no tiene instalado el lenguaje Python se puede usar el ejecutable “.exe”, caso contrario se ejecuta desde la consola de Windows con la secuencia: “ubicación/python Ejecutar.py”), se muestra el mensaje de bienvenida en la ventana de fondo negro (consola del Sistema Windows) y la ventana “software\_muro de contención\_voladizo”, esta sirve para introducir los datos iniciales.

C:\Windows\System32\cmd.exe - python Ejecutar.py

```
NUEVO CONCRETO:
C_210
Resistencia a la compresión:  $f'c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$ 
Cuantías:
  mínima: 0.0024
  balanceada: 0.0212
  máxima: 0.0106
NUEVO SUELO:
S_0
Peso específico:  $\gamma_s = 1.84 \text{ ton/m}^3$ 
Ángulo de fricción interna:  $\phi = 40.00^\circ$ 
Capacidad portante:  $\sigma = 1.08 \text{ kg/cm}^2$ 
Sobrecarga del terreno:  $sc = 0.00 \text{ ton/m}$ 
Parámetros
Coeficiente de fricción por deslizamiento:  $\mu = 0.600$ 
Coeficiente de presión activa del suelo:  $ka = 0.217$ 
NUEVO SUELO:
S_05
Peso específico:  $\gamma_s = 1.84 \text{ ton/m}^3$ 
Ángulo de fricción interna:  $\phi = 40.00^\circ$ 
Capacidad portante:  $\sigma = 1.08 \text{ kg/cm}^2$ 
Sobrecarga del terreno:  $sc = 0.50 \text{ ton/m}$ 
Parámetros
Coeficiente de fricción por deslizamiento:  $\mu = 0.600$ 
Coeficiente de presión activa del suelo:  $ka = 0.217$ 
```

software\_muro de contencion\_voladizo

Concreto

Nombre:

Resistencia a la compresión ( $f'c$ ) [ $\text{kg/cm}^2$ ]:

Generar

Suelo/relleno

Nombre:

Peso específico [ $\text{ton/m}^3$ ]:

Ángulo de fricción interna del suelo [ $^\circ$ ]:

Capacidad portante [ $\text{kg/cm}^2$ ]:

Sobrecarga del terreno [ $\text{ton/m}$ ]:

Generar

Proyecto

Concreto:

Suelo/relleno:

Actualizar listas

Altura del muro (pantalla) [m]:

Crear

Mediante el ingreso de una denominación a los materiales correspondientes y sus valores (estos deberán ser números) se mostrará en la consola que un material nuevo ha sido “creado” al pulsar el botón generar de cada marco. De haber datos vacíos no se creará ningún material y se mostrará una advertencia

C:\Windows\System32\cmd.exe - python Ejecutar.py

PROYECTO CREADO:

Concreto: C\_210  
Suelo: S\_0

Altura (pantalla): hm = 5.55 m

PANTALLA:

Cargas y momentos sobre la pantalla

Carga del suelo: P = 6.16 ton  
Sobrecarga: Psc = 0.00 ton  
Momento: Mo = 11.40 ton-m  
Momento último: Mu = 19.38 ton

Predimensionamiento:

Recubrimiento: r = 4.00 cm  
Peralte efectivo: d1 = 36.68 cm  
Garganta calculada: t2 calc. = 41.47 cm

Corona: t1 = 0.25 m  
Garganta: t2 = 0.45 m

DIMENSIONAMIENTO DE LA GARGANTA:

Inicio

Garganta: t2 = 45.00 cm  
Peralte corregido: d2 = 40.20 cm

Verificación por cortante:

Fuerza cortante última: Vu = 9.19 ton  
Resistencia a cortante del concreto: Vc = 22.98 ton  
Vu < Vc: True

Dimensiones finales:

Garganta: t2 = 0.45 m

Peralte efectivo corregido: d2 = 40.20 cm

software\_muro de contencion\_voladizo

Concreto

Nombre: C\_210

Resistencia a la compresión (f'c) [kg/cm²]: 210

Generar

Suelo/relleno

Nombre: S\_05

Peso específico [ton/m³]: 1.84

Ángulo de fricción interna del suelo [°]: 40

Capacidad portante [kg/cm²]: 1.08

Sobrecarga del terreno [ton/m]: 0.5

Generar

Proyecto

Concreto: C\_210

Suelo/relleno: S\_0

Actualizar listas

Altura del muro (pantalla) [m]: 5.55

Crear

Para empezar con el diseño se deberá crear un proyecto, este consiste en la creación virtual de un muro de contención. Luego pulsar el botón actualizar listas, en ellas aparecerán disponibles los materiales creados con los nombres que fueron ingresados, según se elija, este contendrá todas las características ingresadas y resultados que fueron mostrados anteriormente, finalmente se le deberá dar una altura al muro.

Junto con la creación del muro, automáticamente se calculan las cargas sobre la pantalla y se realiza su predimensionamiento y dimensionamiento, ello se programó de esta manera ya que las dimensiones están mayormente relacionadas a las cargas del suelo y no es común variarlas para cumplir con las verificaciones de estabilidad.

ZAPATA:

Altura inicial:  $h_z = 0.50$  m

PARÁMETROS DEL MURO:

Altura total:  $h_t = 6.05$  m

Carga de la presión activa del suelo:  $H_a = 7.32$  ton

Momento de la presión activa:  $M_a = 14.77$  ton-m

Predimensionamiento:

Altura:  $h_z = 0.50$  m

Talón + garganta mín.:  $b_1$  mín. = 1.05 m

$b_1$  calculado:  $b_1$  calc. = 1.15 m

$b_1$  establecido:  $b_1 = 1.20$  m

Talón:  $tal = 0.75$  m

Punta mínima:  $b_2$  mín. = 0.85 m

Punta calculada:  $b_2$  calc. = 0.85 m

Punta:  $b_2 = 0.90$  m

Ancho total:  $b_t = 2.10$  m

Cargas de los elementos de la sección:

Pesos (muro: 7.18, relleno: 7.66 y sc: 0.00)

Peso total:  $P_t = 14.84$  ton

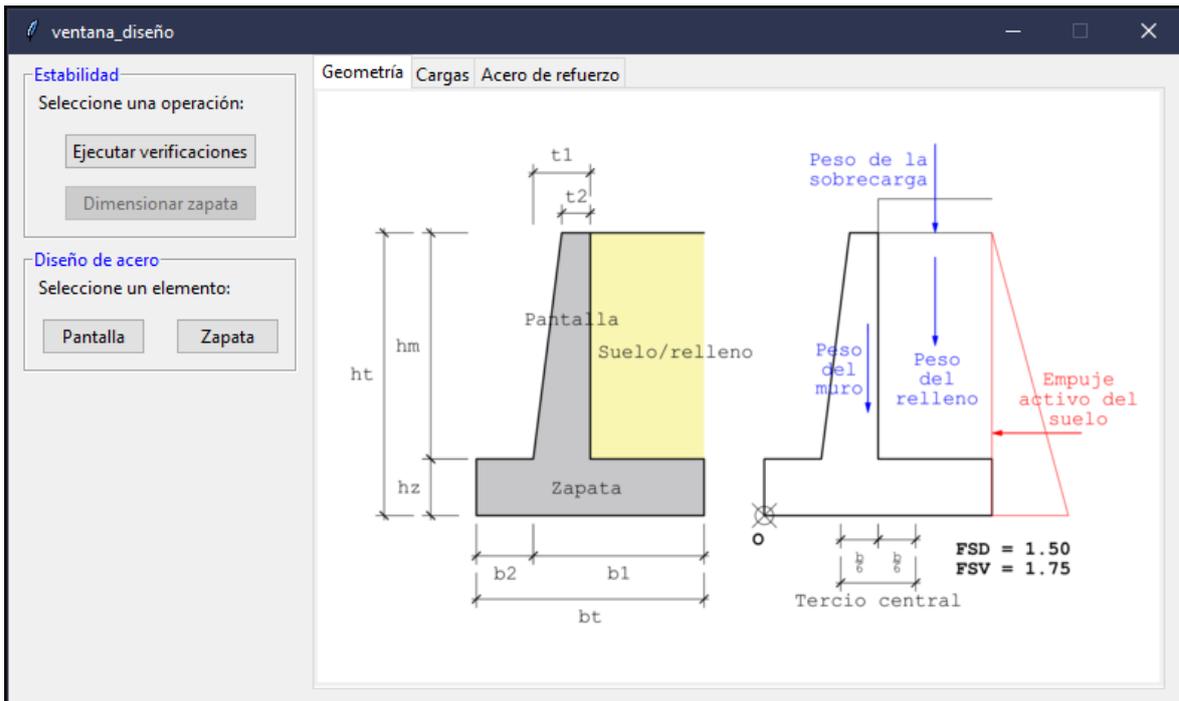
Ubicación:  $x_o = 0.44$  m

Excentricidad:  $e = 0.61$  m

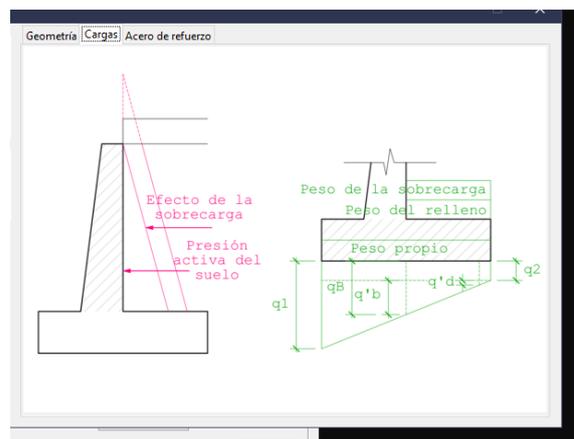
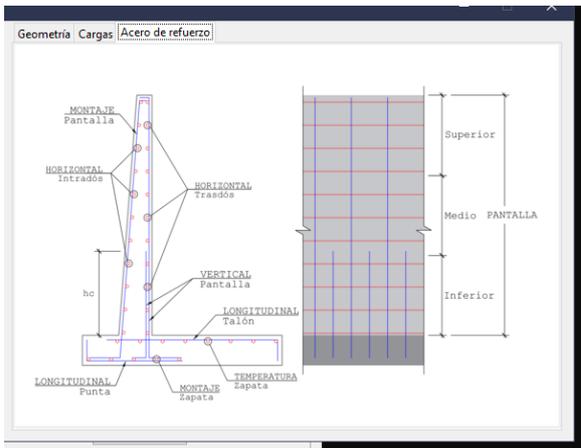
Momentos (muro: 8.10, relleno: 13.21 y sc: 0.00)

Momento total:  $M_{ot} = 21.31$  ton-m

En conjunto y luego de la creación de la pantalla, se genera una zapata con el predimensionamiento inicial y a continuación se calculan los resultados del peso totales del muro (muro + suelo + sobrecarga).



Además de la información previa, aparecerá esta ventana, a la izquierda se encuentran los comandos mediante botones para realizar el diseño del muro, a la derecha se muestran imágenes organizadas en pestañas, su función es a modo de “leyenda” o guía para los resultados que se mostrarán, siendo un esquema de los componentes físicos del muro, el usuario podrá cambiar entre qué imagen visualizar en cualquier momento según le sea conveniente.



El procedimiento a seguir será el siguiente:

Se pulsán los botones en el orden a continuación:

1. “Ejecutar verificaciones”
2. “Dimensionar zapata”
3. “Pantalla”
4. “Zapata”

Se recomienda ejecutar las verificaciones una segunda vez luego de realizar el dimensionamiento de la zapata para comprobar que efectivamente se cumplen las verificaciones luego de dicha operación.

C:\Windows\System32\cmd.exe - python Ejecutar.py

Cargas de los elementos de la sección:

Pesos (muro: 7.18, relleno: 7.66 y sc: 0.00)

Peso total: Pt = 14.84 ton  
Ubicación: xo = 0.44 m  
Excentricidad: e = 0.61 m

Momentos (muro: 8.10, relleno: 13.21 y sc: 0.00)

Momento total: Mot = 21.31 ton-m

VERIFICACIONES DE ESTABILIDAD:

Verificaciones frente al deslizamiento y al volteo:

Factor de seguridad calculado: FSD calc. = 1.22  
Factor de seguridad establecido: FSD = 1.25  
FSD calc. > FSD: False

Factor calculado: FSV calc. = 1.44  
Factor establecido: FSV = 1.50  
FSV calc. > FSV: False

Ubicación de la resultante del peso en el tercio central:

Excentricidad del peso: e = 0.61 m  
Sexta parte de la zapata: B/6 = 0.35 m  
e < B/6: False

Presiones bajo la zapata:

Capacidad portante del suelo:  $\sigma = 10.80 \text{ ton/m}^2$   
Presión en la punta (máx.): q1 = 19.36 ton/m<sup>2</sup>  
Presión en el talón (mín.): q2 = -5.23 ton/m<sup>2</sup>  
q1 <  $\sigma$ : False

ventana\_diseño

Estabilidad

Seleccione una operación:

Ejecutar verificaciones

Dimensionar zapata

Diseño de acero

Seleccione un elemento:

Pantalla Zapata

```
C:\Windows\System32\cmd.exe - python Ejecutar.py
CORRECCIONES PARA LAS VERIFICACIONES DE ESTABILIDAD:

Modificando las dimensiones de la zapata...

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA:

Verificación por cortante:

    Fuerza cortante última:          Vu = 10.88 ton
    Resistencia a cortante del concreto: Vc = 28.83 ton
    Vu < Vc: True

Dimensiones finales:

    Altura: hz = 0.50 m

    Talón + garganta: b1 = 2.35 m
    Talón:            tal = 1.90 m
    Punta:           b2 = 0.90 m
    Ancho total:     bt = 3.25 m

VERIFICACIONES DE ESTABILIDAD:

Verificaciones frente al deslizamiento y al volteo:

    Factor de seguridad calculado:  FSD calc. = 2.29
    Factor de seguridad establecido: FSD = 1.25
    FSD calc. > FSD: True

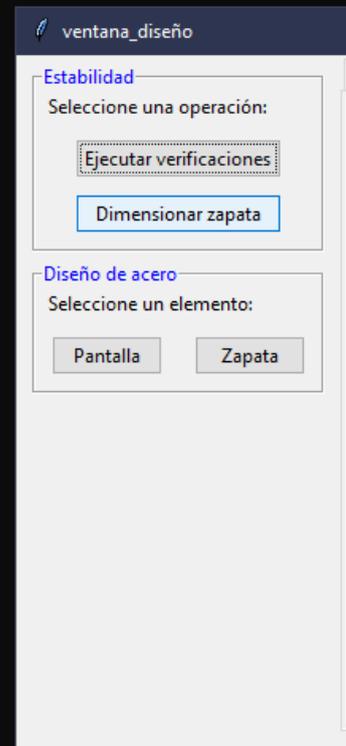
    Factor calculado: FSV calc. = 3.82
    Factor establecido: FSV = 1.50
    FSV calc. > FSV: True

Ubicación de la resultante del peso en el tercio central:

    Excentricidad del peso:  e = 0.14 m
    Sexta parte de la zapata: B/6 = 0.54 m
    e < B/6: True

Presiones bajo la zapata:

    Capacidad portante del suelo:  $\sigma = 10.80 \text{ ton/m}^2$ 
    Presión en la punta (máx.):  q1 = 10.76 ton/m2
    Presión en el talón (mín.):  q2 = 6.45 ton/m2
    q1 <  $\sigma$ : True
```



“True” indica el cumplimiento de la verificación efectuada, mientras “False” se mostrará en el caso contrario.

```

C:\Windows\System32\cmd.exe - python Ejecutar.py
DISEÑO DE ACERO DE LA PANTALLA:

Acero vertical:

Áreas de acero:

Mínima: As mín. = 9.71 cm²
Balanceada: As bal. = 85.44 cm²
Máxima: As máx. = 42.72 cm²

As de diseño: Asd = 13.27

Acero: 6 Ø 5/8" @ 0.15 m
Altura de corte para Mu/2: hc = 1.06 m

Acero de montaje:

Área de acero: Asm = 34.20 cm²
Acero: Ø 3/8" @ 0.35 m

Acero horizontal:

Áreas de acero y espaciamiento:

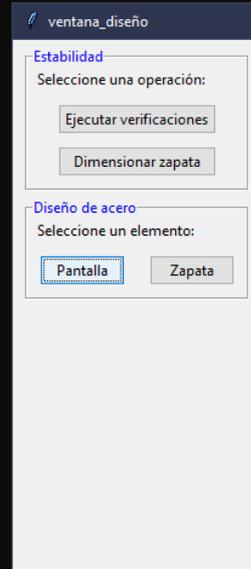
TRASDÓS:

Superior: Ash = 1.67 cm²; Ø 3/8" @ 0.43 m
Medio: Ash = 2.33 cm²; Ø 3/8" @ 0.31 m
Inferior: Ash = 3.00 cm²; Ø 3/8" @ 0.24 m

INTRADÓS:

Superior: Ash = 3.33 cm²; Ø 3/8" @ 0.22 m
Medio: Ash = 4.67 cm²; Ø 3/8" @ 0.16 m
Inferior: Ash = 6.00 cm²; Ø 3/8" @ 0.12 m

```



```

C:\Windows\System32\cmd.exe - python Ejecutar.py
DISEÑO DE ACERO DE LA ZAPATA:

ACERO LONGITUDINAL

Área de acero mínima: As mín.: = 10.07 cm²

PUNTA:

As de diseño: Asd = 10.07 cm²
Acero: Ø 5/8" @ 0.20 m

TALÓN:

As de diseño: Asd = 10.07 cm²
Acero: Ø 5/8" @ 0.20 m

ACERO TRANSVERSAL:

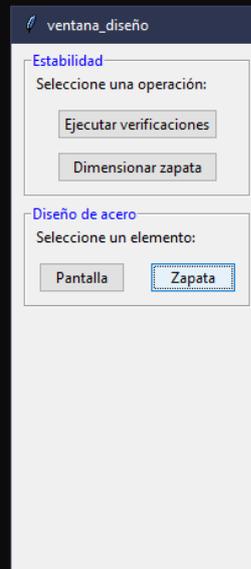
Acero de temperatura:

Área de acero: Ast = 7.51 cm²
Acero: Ø 3/8" @ 0.10 m

Acero de montaje:

Área de acero: Asm = 34.20 cm²
Acero: Ø 3/8" @ 0.35 m

```



Respecto al dimensionamiento, solo se destaca el resultado del área de acero de diseño correspondiente a cada elemento, la distribución de las barras de acero se dan con una acero ya establecido de manera predeterminada.

C:\Windows\System32\cmd.exe - python Ejecutar.py

PROYECTO CREADO:

Concreto: C\_210  
Suelo: S\_05

Altura (pantalla): hm = 5.55 m

PANTALLA:

Cargas y momentos sobre la pantalla

Carga del suelo: P = 6.16 ton  
Sobrecarga: Psc = 0.60 ton  
Momento: Mo = 12.52 ton-m  
Momento último: Mu = 21.28 ton

Predimensionamiento:

Recubrimiento: r = 4.00 cm  
Peralte efectivo: d1 = 38.43 cm  
Garganta calculada: t2 calc. = 43.23 cm

Corona: t1 = 0.25 m  
Garganta: t2 = 0.45 m

DIMENSIONAMIENTO DE LA GARGANTA:

Inicio

Garganta: t2 = 45.00 cm  
Peralte corregido: d2 = 40.20 cm

Verificación por cortante:

Fuerza cortante última: Vu = 9.19 ton  
Resistencia a cortante del concreto: Vc = 22.98 ton  
Vu < Vc: True

Dimensiones finales:

Garganta: t2 = 0.45 m  
Peralte efectivo corregido: d2 = 40.20 cm

software\_muro de contencion\_voladizo

Concreto

Nombre: C\_210  
Resistencia a la compresión (f'c) [kg/cm²]: 210  
Generar

Suelo/relleno

Nombre: S\_05  
Peso específico [ton/m³]: 1.84  
Ángulo de fricción interna del suelo [°]: 40  
Capacidad portante [kg/cm²]: 1.08  
Sobrecarga del terreno [ton/m]: 0.5  
Generar

Proyecto

Concreto: C\_210  
Suelo/relleno: S\_05  
Actualizar listas

Altura del muro (pantalla) [m]: 5.55  
Crear

Al cerrar la ventana con los controles para el diseño, se podrá continuar ya sea seleccionando otro material creado previamente o creando uno nuevo, recordando que se deben a actualizar las listas cada vez que se realice, luego podrá crearse otro proyecto.

Al cerrar la consola el programa finalizará.