UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

"DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN BASADA EN MATLAB PARA EL CÁLCULO DE MUROS A GRAVEDAD, MUROS EN VOLADO O CANTILÉVER, MUROS CON CONTRAFUERTES."

AUTOR: LUIS EDUARDO ZAVALA CÓRDOVA

TUTOR: Ing. Mg. CARLOS NAVARRO

Ambato – Ecuador

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Carlos Navarro, certifico que el trabajo experimental con el tema: **"DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN BASADA EN MATLAB PARA EL CÁLCULO DE MUROS A GRAVEDAD, MUROS EN VOLADO O CANTILÉVER, MUROS CON CONTRAFUERTES"**, es de autoría del Sr. Luis Eduardo Zavala Córdova egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, el mismo que fue realizado bajo mi supervisión y tutoría, siendo éste un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, 09 de junio de 2017

Ing. Mg. Carlos Navarro

TUTOR

AUTORÍA

Yo, Luis Eduardo Zavala Córdova, portador de la CI: 180365572–7, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo experimental bajo el tema: **"DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN BASADA EN MATLAB PARA EL CÁLCULO DE MUROS A GRAVEDAD, MUROS EN VOLADO O CANTILÉVER, MUROS CON CONTRAFUERTES"**. Es de mi completa autoría a excepción de las citas bibliográficas.

Ambato, 09 de junio de 2017

Luis Eduardo Zavala Córdova

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 09 de junio de 2017

Luis Eduardo Zavala Córdova

AUTOR

APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES

Los suscritos Profesores Calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de Investigación, sobre el tema: **"DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN BASADA EN MATLAB PARA EL CÁLCULO DE MUROS A GRAVEDAD, MUROS EN VOLADO O CANTILÉVER, MUROS CON CONTRAFUERTES"**, del Sr. Luis Eduardo Zavala Córdova, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman

Ing. Mg. Lorena Pérez
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Galo Nuñez
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, por haberme dado vida, por darme la fuerza y sabiduría para estar presente en este día tan importante y así de esta manera ver contemplado una de mis metas.

De manera especial este trabajo de tesis va dedicado a la mujer más importante de mi vida: mi madre Alicia Córdova, la persona que me ha sabido guiar moral y espiritualmente. Ese ser sublime que siempre ha estado a mi lado en los buenos y malos momentos.

A mi segunda madre, mi abuelita Luz, mi tía Ruth y mi tía Mariana, mi tío Víctor y mi prima Sofía, por quererme y considerarme un hijo y un hermano más.

A mi familia, amigos y demás personas que conforman mi entorno, quienes, en el transcurso de esta etapa de mi vida, me han acompañado en mi desarrollo personal y profesional.

Luis Eduardo Zavala Córdova

AGRADECIMIENTO

Primordialmente quiero dar gracias a Dios, por ser el creador y autor de la vida, por darme la fuerza y sabiduría para luchar en cada uno de mis objetivos y llegar de esta manera a finalizar con humildad este éxito de formación profesional.

De manera especial un agradecimiento al pilar fundamental de mi vida: mi madre Alicia Córdova, la persona que ha sabido guiar mi vida inculcándome valores y principios, factores que me han motivado a esforzarme y entregarme con pasión en cada actividad realizada. Agradecerle por estar presente y pendiente en cada paso de mi vida, alentándome y apoyándome para alcanzar cada una de las metas planteadas.

A mi segunda madre, mi abuelita Luz, quien, con su cariño y consejos durante la vida, han hecho de mi un hombre de bien.

También me gustaría agradecer a mi tía Ruth, mi tía Mariana y mi tío Víctor y mi prima Sofía, por no dejarme solo en los momentos complicados, por brindarme palabras de aliento, abrazos y motivarme a seguir adelante.

Agradezco a mi tutor, el ingeniero Carlos Navarro por su guía durante la realización de este trabajo. A todos mis docentes, que desde el inicio de mi vida académica han sabido compartir con asertividad sus conocimientos en el proceso de aprendizaje, y que hoy en este día tan importante llegan a cultivarse.

A todos los integrantes de mi familia, y personas que conforman mi entorno, quienes, en el transcurso de esta etapa de mi vida, siempre estuvieron pendientes en cada escalón de mi vida que alcanzaba y me han acompañado en mi desarrollo personal y profesional.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO I

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR II

AUTORÍA III

DERECHOS DE AUTOR IV

APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES V

DEDICATORIA VI

AGRADECIMIENTO VII

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS VIII

ÍNDICE DE TABLAS XII

ÍNDICE DE FIGURAS XIII

RESUMEN EJECUTIVO XV

SUMMARY XVI

CAPÍTULO I 1

1. ANTECEDENTES 1

1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL 1

1.2. ANTECEDENTES 1

1.3. JUSTIFICACIÓN 2

1.4. OBJETIVOS 3

1.4.1. General 3

1.4.2. Específicos 3

CAPÍTULO II 4

2. FUNDAMENTACIÓN 4

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 4

2.1.1. Principales términos usados en los muros de contención 5

2.1.2. Tipos de muros de contención 6

2.1.2.1. Muros a gravedad 6
2.1.2.2. Muros en volado o cantiléver 7
2.1.2.3. Muros con contrafuertes 8
2.1.3. Teoría para empujes de tierras 9
2.1.4. Análisis estático 10
2.1.4.1. Teoría de Rankine 11
2.1.5. Peso propio 16
2.1.6. Fricción interna 17
2.1.7. Material de relleno 18
2.1.7.1. Suelos friccionantes 18
2.1.7.2. Suelos cohesivos 19
2.1.7.3. Suelos Cohesivos – Friccionantes 19
2.1.7.4. Materiales recomendados para relleno 19
2.1.8. Capacidad de carga última 19
2.1.8.1. Determinación de la capacidad de carga última 20
2.1.9. Modos de falla 24
2.1.10. Análisis de resistencia interna de la estructura 25
2.1.10.1. Verificación de los esfuerzos a corte 25
2.1.10.2. Verificación de los esfuerzos a flexión 26
2.1.11. Mayoración de cargas 29
2.1.12. Estabilidad de muros 30
2.1.12.1. Estabilidad al Volcamiento 31
2.1.12.2. Estabilidad al Desplazamiento 33
2.1.12.3. Estabilidad por Capacidad de Carga 37
2.1.13. Procedimiento a seguir en el diseño de muros 41
2.2. HIPÓTESIS 41

2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....42
2.3.1. Variable independiente.....42
2.3.2. Variable dependiente.....42
CAPÍTULO III 43
3. METODOLOGÍA 43
3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....43
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....43
3.2.1. Población 43
3.2.2. Muestra.....43
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 44
3.3.1. Variable independiente.....44
3.3.2. Variable dependiente.....45
3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 46
3.5. PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS 46
CAPÍTULO IV 47
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 47
4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS.....47
4.1.1. Diseño de muros de gravedad.....47
4.1.1.1. Pasos para el diseño de muros a gravedad 47
4.1.1.2. Pre dimensionar los muros de gravedad. 49
4.1.1.3. Ejemplo de muro de gravedad.....51
4.1.1.4. Método con la aplicación desarrollada 61
4.1.2. Diseño de muros en volado o cantiléver 63
4.1.2.1. Pasos para el diseño muros en volado o cantiléver. 64
4.1.2.2. Pre dimensionar los muros en volado o cantiléver. 65
4.1.2.3. Ejemplo de muro en volado o cantiléver 68

4.1.2.4. Método con la aplicación desarrollada 96
4.1.3. Diseño de muros con contrafuertes 100
4.1.3.1. Pasos para el diseño de muros con contrafuertes 101
4.1.3.2. Pre dimensionamiento de muros con contrafuertes.....102
4.1.3.3. Ejemplo de muro con contrafuertes.....104
4.1.3.4. Método con la aplicación desarrollada 147
4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS 153
4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS 154
CAPÍTULO V 155
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 155
5.1. CONCLUSIONES 155
5.2. RECOMENDACIONES 156
BIBLIOGRAFÍA 158
ANEXOS.....160

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de Coeficiente de Presión Activa 12
Tabla 2. Valores de Coeficiente de Presión Pasiva 16
Tabla 3. Peso Específico dado por el tipo de suelo [10] 17
Tabla 4. Ángulo de fricción interna en grados dado por el tipo de suelo 18
Tabla 5. Valores de factores de carga 22
Tabla 6. Refuerzo mínimo a flexión 27
Tabla 7. Resumen de los factores de carga especificados por el código ACI. 29
Tabla 8. Procedimiento para calcular el Momento Resistente 33
Tabla 9. Operacionalización de la variable independiente.....44
Tabla 10. Operacionalización de la variable dependiente.....45
Tabla 11. Plan de recolección de información 46
Tabla 12. Recomendaciones para proceso de diseño de Muro a Gravedad 48
Tabla 13. Pasos a seguir en el diseño de muros en voladizo o cantiléver para estabilizar deslizamientos y taludes.....64
Tabla 14. Pasos a seguir en el diseño de muros con contrafuertes 101
Tabla 15. Comparación de resultados en el cálculo realizado de un muro a gravedad. 153
Tabla 16. Comparación de resultados en el cálculo realizado de un muro en volado o cantiléver 153
Tabla 17. Comparación de resultados en el cálculo de muros con contrafuerte 154

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos del muro 5
Figura 2. Tipos de muro a gravedad 7
Figura 3. Tipos de muro en voladizo 8
Figura 4. Tipos de muros con contrafuertes 9
Figura 5. Modos de falla 24
Figura 6. Modos de falla en muro cantiléver 25
Figura 7. Fallas de un muro de retención.....30
Figura 8. Revisión por volcamiento.....31
Figura 9. Revisión por deslizamiento bajo la base del muro 36
Figura 10. Revisión de falla por capacidad de carga. 38
Figura 11. Muros a gravedad, Dimensiones Aproximadas de acuerdo a la altura 50
Figura 12. Muro de gravedad Ejercicio 1 53
Figura 13. Formación de áreas en el muro de gravedad 56
Figura 14. Muros en voladizo, Perfiles comunes 63
Figura 15. Muros en volado o cantiléver, Dimensiones aproximadas de acuerdo a la altura 66
Figura 16. Muro en volado o cantiléver Ejercicio 2 70
Figura 17. Formación de áreas en el muro en volado o cantiléver 72
Figura 18. Presiones y momentos por dovelas 78
Figura 19. Armado de la pantalla de muro en volado.....82
Figura 20. Diseño a Corte de la pantalla del muro en volado 82
Figura 21. Diseño del dedo del muro en volado.....84
Figura 22. Armado del dedo del muro en volado 88
Figura 23. Diseño del Talón del Muro en volado.....89
Figura 24. Diagrama de presiones resultante del Muro en volado 90
Figura 25. Armado del Talón del Muro en volado 94
Figura 26. Armado general del Muro en volado 95
Figura 27. Muros con contrafuertes exteriores.....100
Figura 28. Muro con contrafuertes, Dimensiones aproximadas de acuerdo a la altura 103
Figura 29. Muro con contrafuertes, Ejercicio 3.....106

Figura 30. Formación de áreas en el muro con contrafuertes 109
Figura 31. Presiones por dovelas 115
Figura 32. Diagrama de momento y corte.....118
Figura 33. Armado de la pantalla de muro con contrafuerte.....124
Figura 34. Diagrama de diseño entre el contrafuerte y la pantalla 125
Figura 35. Armado del contrafuerte.....126
Figura 36. Diseño del dedo del muro con contrafuerte.....127
Figura 37. Armado del dedo del muro con contrafuerte 130
Figura 38. Diseño del Talón del muro con contrafuerte 131
Figura 39. Presiones que actúan en el talón del muro con contrafuerte 133
Figura 40. Presiones distribuidas por dovelas en el talón del muro con contrafuerte 134
Figura 41. Armado del talón del muro con contrafuerte.....138
Figura 42. Presiones que actúan en el talón para el armado de horquilla 139
Figura 43. Armado de la horquilla talón contrafuerte 140
Figura 44. Diseño del contrafuerte del muro con contrafuertes 141
Figura 45. Armado del muro con contrafuerte. 144
Figura 46. Armado del muro con contrafuerte. 145
Figura 47. Armado del muro con contrafuerte. 146

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: "DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN BASADA EN MATLAB PARA EL CÁLCULO DE MUROS A GRAVEDAD, MUROS EN VOLADO O CANTILÉVER, MUROS CON CONTRAFUERTES."

AUTOR: Luis Eduardo Zavala Córdova

TUTOR: Ing. Mg. Carlos Navarro

FECHA: Junio 2017

En el presente proyecto de investigación se realizó la codificación y la interfaz gráfica de una aplicación para el cálculo y el diseño de muros de contención utilizando la aplicación del programa MATLAB, el cual permite obtener resultados de forma rápida y segura, mediante el ingreso de datos como: dimensiones de los muros y características de los materiales. Los tipos de muros a realizar en este trabajo son: muros a gravedad, muros en volado o cantiléver y muros con contrafuertes.

Para el desarrollo de la aplicación fue necesario realizar un análisis a los diferentes métodos de cálculo y diseño de muros de contención, aprobados por normas técnicas nacionales e internacionales como son: la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2105) y el American Concrete Institute (ACI 2014), en base a este análisis se escogió los métodos de cálculo y diseño que facilitaron la codificación del software.

Una vez seleccionados los métodos de cálculos se procedió al desarrollo del código de programación de la aplicación para a continuación realizar la interfaz gráfica del mismo.

Para la eficacia de la aplicación se comprobó a través de un cotejo de resultados obtenidos mediante la aplicación y a través de cálculos manuales, logrando obtener un margen de error menor al 1.00%, con lo que se verifica que los valores que se obtienen a través de la aplicación de cálculo son confiables.

SUMMARY

TOPIC: "DEVELOPMENT OF AN APPLICATION BASED ON MATLAB FOR THE CALCULATION OF WALLS TO GRAVITY, WALLS IN VOLADIZE OR CANTILÉVER, WALLS WITH BUTTRESSES."

AUTHOR: Luis Eduardo Zavala Córdova

TUTOR: Ing. Mg. Carlos Navarro

DATE: June 2017

In this research project, the coding and graphical interface of an application for the calculation and design of retaining walls is carried out using the application of the program MATLAB; it allows you to obtain results quickly and safely, by entering data such as dimensions of the walls and characteristics of the materials. The types of walls to be realized in this work are walls to gravity, walls in voladize or cantilever, walls with buttresses.

For the development of the application, it was necessary to make an analysis to the different methods of calculation and design of retaining walls, approved by national and international technical standards such as: The Ecuadorian Standard of Construction (NEC 2105) and the American Concrete Institute (ACI 2014), based on this analysis, we chose the calculation and design methods that facilitated the coding of the software.

After selecting the methods of calculations, it proceeded to develop the programming code of the application to then perform the same graphical interface.

For the effectiveness of the application was verified through a comparison of results obtained through the application and through manual calculations, achieving a margin of error of less than 1.00%, with which it is verified that the values that are obtained through the calculation application are reliable

.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1.TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN BASADA EN MATLAB PARA EL CÁLCULO DE MUROS A GRAVEDAD, MUROS EN VOLADO O CANTILÉVER, MUROS CON CONTRAFUERTES.

1.2.ANTECEDENTES

Según Moreno Estuardo en la investigación realizada acerca de programa en Visual Basic para el cálculo y diseño de muros de contención y estribos menciona que el desarrollo de la aplicación servirá para el cálculo y diseño, de una manera más rápida y óptima, para la obtención de resultados que estén acoplados a las necesidades. Los muros de contención son estructuras que resisten cargas horizontales y cargas verticales las que son transmitidas a la cimentación, el diseño es un proceso repetitivo de cálculo, por lo que puede ser programado y generar la optimización de tiempo. [1]

Debido a que este programa es de un proceso repetitivo de cálculo las opciones de auto dimensionar facilita la obtención de las medidas óptimas de la estructura esto permite que el usuario pueda evitar el redimensionamiento manual de los elementos.

Gallegos Christian menciona que en el trabajo de investigación se ha procurado tratar de desarrollar de manera ordenada y sistemática todos los pasos a seguir en el análisis y diseño de estos elementos estructurales. Los muros de contención sean éstos muros

a Gravedad, muros en Cantiléver o muros con Contrafuertes, son elementos estructurales utilizados para dar soporte lateral a una masa de suelo. [2]

1.3.JUSTIFICACIÓN

El suelo es un elemento fundamental que se utiliza y tiene una gran importancia en la ingeniería civil ya que sobre éste se apoyan todas las obras civiles construidas, además se lo utiliza como elemento de construcción como en el caso de terraplenes o como relleno en varias estructuras. El suelo es uno de los factores que más influye en el diseño y construcción de cualquier obra civil, por lo que el estudio de sus propiedades mecánicas es fundamental para brindar estabilidad y seguridad a la estructura. [1]

En el mundo, debido a la necesidad de contar con software para la resolución de muros se han creado varios de ellos que pueden ser descargados de internet, como GeoWalls 2.0 que es una suite de aplicaciones que permite realizar el proyecto completo de muros de contención de terrenos. Las verificaciones de estabilidad comprenden la verificación al volcamiento, al deslizamiento y las presiones máximas en el terreno, entre otras muchas más aplicaciones. [3]

Para el desarrollo de esta aplicación se optará por usar el programa de Matlab ya que cuenta con un entorno de programación visual disponible para realizar y ejecutar programas que necesitan ingreso continuo de datos. Tiene las características básicas de todos los programas visuales como Visual Basic. [4]

Según el Plan Nacional del Buen Vivir en el objetivo cuatro indica fortalecer las capacidades y potencialidades de la ciudadanía proponer, el establecimiento de una formación integral a fin de alcanzar la sociedad socialista del conocimiento. Es preciso centrar los esfuerzos para garantizar a todos los derechos a la educación, bajo condiciones de calidad y equidad, teniendo como centro al ser humano y el territorio. [5]

En la actualidad en nuestro medio no existe un software específico para el cálculo exclusivo de muros a gravedad, muros en volado o cantiléver, muros con contrafuertes de manera que se trata de llegar a conseguir el funcionamiento de un producto de calidad.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. General

Desarrollar una aplicación basada en Matlab para el cálculo de muros a gravedad, muros en volado o cantiléver y muros con contrafuertes.

1.4.2. Específicos

- Determinar las diferencias entre los resultados que se obtienen en la aplicación desarrollada en Matlab y los resultados del cálculo manual de los muros.

- Obtener diseños óptimos en pocos minutos, reportes claros y precisos sobre el diseño de los elementos que se presentan en los muros.

- Obtener a la interfaz gráfica que muestre la información de los cálculos realizados para cada tipo de muros.

.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En términos generales, la ingeniería de las cimentaciones es el arte de elegir, proyectar y construir los elementos que transmiten el peso de una estructura a las capas inferiores de suelo o de roca.

Los muros de contención son estructuras que proporcionan soporte lateral a una masa de suelo y deben su estabilidad principalmente a su propio peso y al peso del suelo que este situado directamente arriba de su base. [6] Los muros de contención constituyen partes propias de muchas cimentaciones y su proyecto es una de las funciones del ingeniero especialista en cimentaciones.

Al diseñar muros de contención, un ingeniero debe suponer algunas de las longitudes, lo que se llama proporciona miento o dimensionamiento, que permite al ingeniero revisar las secciones de prueba de los muros por estabilidad. Si las revisiones por estabilidad dan resultados no deseados, las secciones se cambian y vuelven a revisarse.

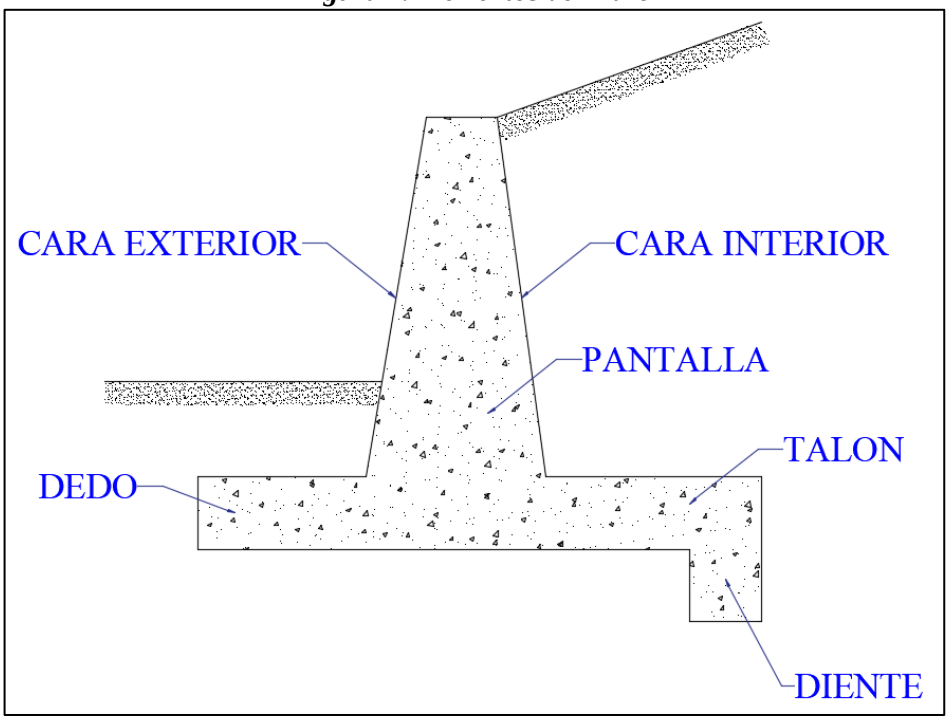
El diseño se inicia con la sección de dimensiones tentativas las cuales se analizan por requerimiento de estabilidad y requerimiento estructural, revisándose luego las dimensiones. Este es un proceso de iteraciones sucesivas, que se optimiza mediante programas de computacionales.

2.1.1. Principales términos usados en los muros de contención

Tomando el caso más común de un muro de contención se mencionarán y representarán las partes que se emplean, se indican en la figura 1.

- **Dedo. –** Parte de la base del muro se encuentra en el cimiento que queda debajo de la cara exterior y no introducida bajo el terreno contenido.
- **Diente. –** Parte del cimiento que se introduce en el suelo para ofrecer una mayor sujeción.
- **Talón. –** Parte del cimiento opuesta al dedo, queda por debajo de la cara interior y bajo el terreno contenido.
- **Pantalla. –** Parte del muro que se levanta a partir de los cimientos de éste, y que tiene una altura y un grosor determinado en función de la carga a soportar.
- **Cara exterior. –** Superficie externa de la pantalla.
- **Cara interior. –** Superficie interna de la pantalla, está en contacto con el terreno contenido.

Figura 1. *Elementos del muro*



Fuente: *Luis Zavala*

2.1.2. Tipos de muros de contención

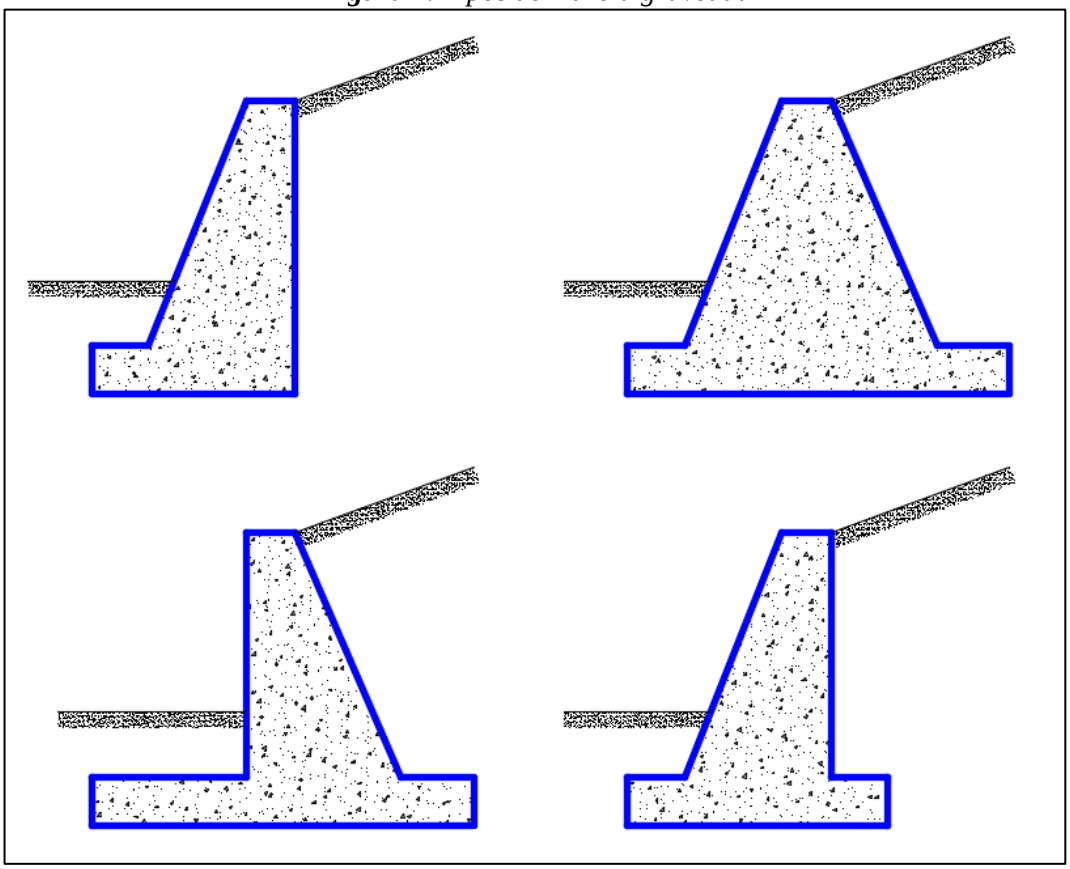
Los tipos más frecuentes se describen a continuación:

2.1.2.1.Muros a gravedad

Se construyen con concreto simple o con mampostería de piedra. Este tipo de construcción no es económica para muros altos y longitudes muy grandes. [6] El muro de gravedad depende para su estabilidad completamente del peso de la mampostería o concreto y del suelo que se apoye en ellos.

Su ventaja fundamental es que no van armados, con lo cual no aparece en obra el acero de refuerzo, a continuación, se muestra.

Figura 2. *Tipos de muro a gravedad*



Fuente: *Luis Zavala*

2.1.2.2.Muros en volado o cantiléver

Están hechos de concreto reforzado y consisten en un cuerpo o alzado delgado y una losa de base. Este tipo de muro es económico hasta una altura de aproximadamente ocho metros. [6] Es un tablero y una base formada por una losa de concreto; ambos son relativamente delgados y están completamente reforzados para resistir los momentos y fuerzas cortantes a que están sujetos. [7]

En este tipo de muros el momento al vuelco, producido por el empuje de las tierras, es contrarrestado por el peso de relleno de la tierra sobre la zapata. La presión transmitida al cimiento suele ser reducida, por lo que su aplicación más conveniente es cuando la cimentación es mala.

Figura 3. *Tipos de muro en voladizo*

Fuente: *Luis Zavala*

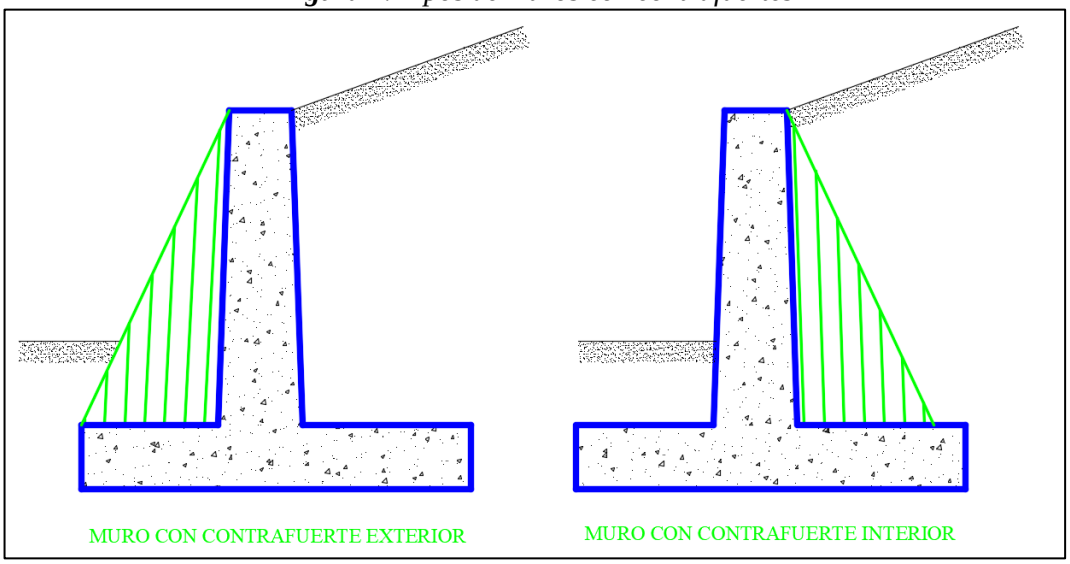
2.1.2.3.Muros con contrafuertes

Son similares a los muros en volado. Sin embargo, a intervalos regulares tienen losas de concreto vertical delgadas conocidas como contrafuertes, que anclan entre si el muro y la base. El propósito de los contrafuertes es reducir los momentos cortantes y flexionante. [6]

Consiste en una delgada losa exterior, usualmente vertical, apoyada a intervalos en la cara interior, en losas verticales o contrafuertes que cortan en ángulo recto la losa exterior. Tanto la losa exterior como los contrafuertes están conectados a la losa de la base y el espacio que queda arriba de la base y entre los contrafuertes se rellena de suelo. [7]

Constituyen en que crecer la altura y por lo tanto los espesores de hormigón, compensa en aligerar las piezas. Consiste en aligerar un muro de gravedad suprimiendo hormigón en las zonas que colaboran muy poco en el efecto estabilizador. Estos muros resultan económicos para alturas a partir de los 10 o 12 metros de altura esto sirve como una solución.

***Figura 4**. Tipos de muros con contrafuertes*



***Fuente:** Luis Zavala*

2.1.3. Teoría para empujes de tierras

La presión que está siendo ejercida por un material de relleno o tierra contra un muro de contención puede ser calculado en las condiciones que se conozca qué tipo de material es que se va a utilizar para el relleno.

El empuje es la presión ejercida por el suelo contra el muro de contención o viceversa y depende de la inclinación del muro, las propiedades del suelo, y la ubicación del nivel freático. [8]

Presión Activa (P_A): es el empuje o presión ejercida por el suelo contra el muro de contención.

Presión Pasiva (P_P): es el empuje o presión ejercida por el muro de contención contra el suelo.

Existen diversas teorías para la determinación de estas presiones, entre las que destacan las debidas a Coulomb y Rankine. En ambas teorías se establecen diversas hipótesis simplificadas para el problema, que conducen a cierto grado de error, pero producen valores de empuje que entran dentro de los márgenes de seguridad.

En el estado actual de conocimientos se pueden calcular los empujes del terreno con razonable precisión en el caso de suelo granulares. Para otros tipos de suelo la precisión es poco satisfactoria.

Consideraremos a la cohesión de las tierras que es una de las características de los terrenos arcillosos y que está en función de las condiciones de estabilización en las arcillas, y de la cantidad de agua que contienen. Esta característica no es constante, por lo que es mejor no tomarla en cuenta, y calcular el muro en función de las características constantes del suelo o relleno como son su densidad y el ángulo de talud natural.

Los empujes o presiones pasivas (P_P), ocurren en la parte delantera de los muros y en los dientes; en el cálculo es preferible no tomarlos en cuenta debido a que es posible que el relleno de la parte delantera del muro sufra una erosión, o que ocurran fuerzas de corte que eliminen la presión pasiva. Al no tomarlos en cuenta se está por el lado de la seguridad.

Para este trabajo estará basado en la teoría de Rankine debido que esta teoría sirve para obtener valores considerablemente precisos.

2.1.4. Análisis estático

La teoría de equilibrio límite es ampliamente utilizada en el análisis estático de las estructuras de contención debido a la simplificación matemática, como también a la experiencia en el uso de esta teoría, entre las cuales se citan las teorías más usadas.

2.1.4.1. Teoría de Rankine

La teoría de Rankine (1857) constituye uno de los métodos más simples para calcular empujes sobre estructuras de contención y se basa en los siguientes supuestos: [9]

- El suelo es una masa isótropa y homogénea.
- No existe fricción entre el suelo y el muro.
- La cara interna del muro es vertical ($\alpha = 90°$).
- La resultante del empuje de tierras está ubicada en el extremo del tercio inferior de la altura.
- El empuje de tierras es paralelo a la inclinación de la superficie del terreno, es decir, forma un ángulo β con la horizontal.
- El paramento del muro es vertical y la superficie del relleno de trasdós es horizontal.

Para el caso de suelos sin cohesión, que conforma un relleno inclinado en un ángulo β respecto de la horizontal, pueden usarse soluciones de taludes infinitos (Terzaghi, 1943; Taylor, 1948) para obtener el valor de $\boldsymbol{K_A}$ como:

Ecuación 1. *Coeficiente de presión activa con ángulo de fricción interna del relleno*

$$\boldsymbol{K_A = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}}$$

Donde:

- $\boldsymbol{K_A}$ = Coeficiente de Presión Activa
- $\emptyset$ = Ángulo de Fricción Interna del Suelo
- $\boldsymbol{\beta}$ = Ángulo de Fricción Interna del Relleno

Tabla 1. *Valores de Coeficiente de Presión Activa*

$\emptyset(°)$

$\boldsymbol{\beta}(°)$	***10***	***15***	***20***	***25***	***30***	***35***	***40***	***45***	***50***
0	0.7041	0.5888	0.4903	0.4059	0.3333	0.2710	0.2174	0.1716	0.1325
1	0.7052	0.5894	0.4907	0.4061	0.3335	0.2711	0.2175	0.1716	0.1325
2	0.7087	0.5912	0.4917	0.4068	0.3339	0.2714	0.2177	0.1718	0.1326
3	0.7146	0.5943	0.4936	0.4079	0.3347	0.2719	0.2181	0.1720	0.1328
4	0.7233	0.5987	0.4962	0.4096	0.3358	0.2726	0.2186	0.1723	0.1330
5	0.7352	0.6046	0.4996	0.4117	0.3372	0.2736	0.2192	0.1728	0.1333
6	0.7511	0.6120	0.5039	0.4144	0.3389	0.2747	0.2200	0.1733	0.1337
7	0.7726	0.6213	0.5091	0.4176	0.3410	0.2761	0.2209	0.1740	0.1341
8	0.8023	0.6326	0.5153	0.4214	0.3435	0.2778	0.2220	0.1747	0.1346
9	0.8476	0.6465	0.5226	0.4258	0.3463	0.2796	0.2233	0.1755	0.1352
10	0.9848	0.6636	0.5312	0.4309	0.3495	0.2818	0.2247	0.1765	0.1358

Fuente: *Luis Zavala*

Por otro lado, si la inclinación del terreno es nula $(\boldsymbol{\beta = 0°})$, el coeficiente de empuje activo $\boldsymbol{K_A}$ está dado en función del ángulo de fricción interna de suelo $\emptyset$. [7]

Ecuación 2. *Coeficiente de presión activa sin ángulo de fricción interna del relleno*

$$\boldsymbol{K_A = \frac{1 - sen\ \emptyset}{1 + sen\ \emptyset} = \tan^2\left(45 - \frac{\emptyset}{2}\right)}$$

Donde:

- $\boldsymbol{K_A}$ = Coeficiente de Presión Activa
- $\emptyset$ = Ángulo de Fricción Interna del Suelo

En la teoría de Rankine, se supone que la cara interna del muro es vertical $(\boldsymbol{\alpha = 90°})$, y el empuje de tierras es paralelo a la inclinación de la superficie del terreno, es decir, forma un ángulo $\boldsymbol{\beta}$ con la horizontal, es este sentido, esta fuerza no es siempre

horizontal. Las componentes horizontal y vertical del $\boldsymbol{P_A}$ se obtiene adecuando expresión.

Ecuación 3. *Presión activa horizontal*

$$\boldsymbol{P_{Ah} = \left(\frac{1}{2} * \gamma * H^2\right) * Ka * cos\ \beta}$$

Ecuación 4. *Presión activa vertical*

$$\boldsymbol{P_{Av} = \left(\frac{1}{2} * \gamma * H^2\right) * Ka * sen\ \beta}$$

Donde:

- $\boldsymbol{P_{Ah}}$ = Presión Activa Horizontal
- $\boldsymbol{P_{Av}}$ = Presión Activa Vertical
- $\boldsymbol{K_A}$ = Coeficiente de Presión Activa
- $\boldsymbol{\gamma}$ = Peso Específico del Suelo
- $\boldsymbol{H}$ = Altura del Muro
- $\boldsymbol{\beta}$ = Ángulo de Fricción Interna del Relleno

Nota: Para valores de $\boldsymbol{\beta = 0°}$, resulta $\boldsymbol{P_{Ah} = P_A}$ y $\boldsymbol{P_{Av} = 0}$

En muros de contención con cara vertical que retiene suelo granular de peso específico γ, y talud horizontal, el método de Rankine establece una distribución triangular de esfuerzos horizontales sobre la cara vertical que contiene el suelo granular, con una resultante denominada empuje activo, $\boldsymbol{P_A}$ localizada en el centroide de la distribución triangular, a H/3 desde la base de la estructura siendo H la altura del muro. [7]

Ecuación 5. *Presión activa*

$$\boldsymbol{P_A = \frac{1}{2} K_A * \gamma * H^2}$$

Donde:

- $\boldsymbol{P_A}$ = Presión Activa
- $\boldsymbol{K_A}$ = Coeficiente de Presión Activa
- $\boldsymbol{\gamma}$ = Peso Específico del Suelo
- $\boldsymbol{H}$ = Altura del Muro

Para el caso de un relleno de trasdós seco, homogéneo y sin cohesión, la teoría de Rankine nuevamente entrega una distribución de empuje pasivo triangular, paralela a la orientación de la superficie del relleno. La resultante por unidad de longitud, P_P, actúa a una altura de H/3 medida desde la base del muro, y tiene por valor [7].

Ecuación 6. *Presión pasiva*

$$\boldsymbol{P_P = \frac{1}{2} K_P * \gamma * HF^2}$$

Donde:

- $\boldsymbol{P_P}$ = Presión Pasiva
- $\boldsymbol{K_P}$ = Coeficiente de Presión Pasiva
- $\boldsymbol{\gamma}$ = Peso Específico del Suelo
- $\boldsymbol{HF}$ = Altura de Cimentación del Muro

En este caso, $\boldsymbol{K_P}$ corresponde al coeficiente de empuje pasivo. Para el caso de un muro vertical que contiene un relleno horizontal, este coeficiente se calcula según la ecuación.

Ecuación 7. *Coeficiente de presión activa sin ángulo de fricción interna del relleno*

$$\boldsymbol{K_P = \frac{1 + sen\ \emptyset}{1 - sen\ \emptyset} = \tan^2\left(45 + \frac{\emptyset}{2}\right)}$$

Donde:

- $\boldsymbol{K_P}$ = Coeficiente de Presión Pasiva
- $\emptyset$ = Ángulo de Fricción Interna del Suelo

Por otro lado, para el caso de un suelo sin cohesión, que conforma un relleno inclinado en un ángulo $\boldsymbol{\beta}$ respecto de la horizontal, pueden usarse soluciones de taludes infinitos (Terzaghi, 1943; Taylor, 1948) para obtener el valor de $\boldsymbol{K_P}$ como:

Ecuación 8. *Coeficiente de presión activa con ángulo de fricción interna del relleno*

$$\boldsymbol{K_P = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}}$$

Donde:

- $\boldsymbol{K_P}$ = Coeficiente de Presión Pasiva
- $\emptyset$ = Ángulo de Fricción Interna del Suelo
- $\boldsymbol{\beta}$ = Ángulo de Fricción Interna del Relleno

Tabla 2. *Valores de Coeficiente de Presión Pasiva*

$\emptyset(°)$

$\boldsymbol{\beta}(°)$	***10***	***15***	***20***	***25***	***30***	***35***	***40***	***45***	***50***
0	1.4203	1.6984	2.0396	2.4639	3.0000	3.6902	4.5989	5.8284	7.5486
1	1.4176	1.6961	2.0375	2.4618	2.9977	3.6877	4.5960	5.8250	7.5445
2	1.4094	1.6894	2.0311	2.4553	2.9909	3.6801	4.5874	5.8148	7.5320
3	1.3956	1.6780	2.0205	2.4446	2.9795	3.6675	4.5730	5.7979	7.5113
4	1.3759	1.6621	2.0056	2.4295	2.9635	3.6499	4.5530	5.7742	7.4824
5	1.3499	1.6415	1.9864	2.4103	2.9431	3.6274	4.5272	5.7439	7.4453
6	1.3168	1.6160	1.9629	2.3867	2.9182	3.5999	4.4959	5.7069	7.4002
7	1.2752	1.5856	1.9352	2.3590	2.8888	3.5676	4.4590	5.6634	7.3471
8	1.2223	1.5501	1.9031	2.3270	2.8551	3.5305	4.4167	5.6135	7.2861
9	1.1509	1.5089	1.8667	2.2909	2.8171	3.4887	4.3690	5.5572	7.2174
10	0.9848	1.4616	1.8257	2.2506	2.7748	3.4422	4.3161	5.4948	7.1411

Fuente: *Luis Zavala*

2.1.5. Peso propio

Como su nombre lo indica el peso propio es el peso del material con que es construido el muro y el peso del suelo o relleno que actúa sobre el muro.

Los pesos aproximados de los diferentes macizos son:

- Hormigón en masa $2.20\ Ton/m^3$ o $2200\ kg/m^3$
- Hormigón armado $2.40\ Ton/m^3$ o $2400\ kg/m^3$

Para el cálculo por métodos empíricos se tomará en cuenta el tipo de material de relleno. Según Terzaghi se indicarán los siguientes pesos específicos de acuerdo al tipo de suelo de relleno.

***Tabla 3**. Peso Específico dado por el tipo de suelo [10]*

TIPO DE SUELO	PESO ESPECÍFICO γ	
	(Ton/m^3)	(kg/m^3)
Arenas de granulometría cerrada poco compactas	1.89	1890
Arenas de granulometría cerrada compactas	2.09	2090
Arenas de granulometría abierta poco compactas	1.99	1990
Arenas de granulometría abierta compactas	2.16	2160
Arcilla glaciar blanda	1.77	1770
Arcilla glaciar dura	2.07	2070
Bentonita blanda	1.27	1270

***Fuente:** Terzaghi K. y Peck R.*

El peso se aplicará en el centro de gravedad del macizo y junto con la componente vertical del empuje tenderá a la estabilización del muro.

2.1.6. Fricción interna

Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad. Como los suelos granulares tienen superficies de contacto mayores y sus partículas, especialmente si son angulares, presentan una buena trabazón, tendrán fricciones internas altas. En cambio, los suelos finos las tendrán bajas. Los valores de este ángulo de fricción interna, varían de prácticamente 0° para arcillas plásticas, cuya consistencia esté aproximada a su límite líquido, hasta 45° o más, para gravas y arenas secas, compactas y de partículas angulares. Generalmente, el ángulo fricción interna para arenas se encuentra alrededor de 30° [10] y [11]

Tabla 4. *Ángulo de fricción interna en grados dado por el tipo de suelo*

Tipos de suelos		Ángulo de fricción interna en grados
Granulares o no cohesivos	Arena suelta	30
	Arena de compacidad media	32.50
	Arena densa	35
	Grava	35
	Grava arenosa heterogénea	35
	Bloques de piedra escolleras	35
Suelos cohesivos	Arcilla semidura	15
	Arcillas firmes	16
	Arcillas blandas	17
	Arcilla arenosa firme	22.5
	Arcilla arenosa blanda	23.5
	Limo firme	24.5
	Limo blando	25.5
	Arcilla orgánica, limo y cieno, no fibroso	10.0
	Turba	15

Fuente: *Everard. N., Tanner. J.*

2.1.7. Material de relleno

2.1.7.1.Suelos friccionantes

Son suelos de partículas relativamente grandes, por lo cual no tienden a juntarse ni a adherirse, presentando resistencia al corte, es decir, que la cohesión no está presente en dichos suelos. Está presente en su mayoría en gravas limpias y arenas limpias y limos. [12]

2.1.7.2.Suelos cohesivos

Son suelos de partículas muy pequeñas que poseen la propiedad de la atracción intermolecular predominan los efectos electroquímicos superficiales, presentan resistencia al corte sin presión normal de exterior. Las partículas tienden a juntarse en presencia del agua. Está presente en su mayoría en arcillas y limos. [12]

2.1.7.3.Suelos Cohesivos – Friccionantes

Son suelos de partículas grandes que contienen pequeñas cantidades de materiales aglutinantes cuya resistencia al corte está constituida por cohesión y fricción entre sus partículas, como en una arena arcillosa o en un limo arenoso no saturado.

2.1.7.4.Materiales recomendados para relleno

De toda la variedad de tipos de suelos se podrá mencionar a aquellos que desempeñaran bien su papel como material de relleno. Los suelos de grano grueso como gravas, arenas, gravas y arenas con limos son los tipos de suelos de mejor desempeño como materiales de relleno por sus propiedades físicas y mecánicas que brindan una gran estabilidad y seguridad al relleno.

Por otro lado, las arcillas y las arcillas limosas son suelos que se deben evitar al momento de elegir materiales de relleno, esencialmente la arcilla, al saturarse incrementan su volumen y por lo tanto la presión ejercida sobre su estructura de contención provocando así la falla de la misma.

2.1.8. Capacidad de carga última

Una forma de distribuir las cargas al suelo de una estructura de contención es a través de una cimentación superficial, y se utilizan por lo general en suelos con buena resistencia, siendo las zapatas los tipos de cimentaciones superficiales más empleados.

Para que una cimentación superficial se comporte satisfactoriamente, hay que diseñarla a través de la determinación de la capacidad de carga admisible del suelo. Esto se refiere a la capacidad que tiene un suelo de soportar una estructura y las presiones que ésta genere. Para obtener este valor, se determina primero la denominada capacidad de carga última bruta, la cual es la carga por unidad de área que ocasionaría falla por cortante en el suelo (Cheng Liu. 2004) y sobre ésta la aplicación de un factor de seguridad.

Ecuación 9. *Capacidad de carga admisible*

$$\boldsymbol{q_{adm} = \frac{q_u}{FS}}$$

Donde:

- $\boldsymbol{q_{adm}}$ = Capacidad de carga admisible.
- $\boldsymbol{q_u}$ = Capacidad de carga última bruta.
- $\boldsymbol{FS}$ = Factor de seguridad

Si se considera que en los muros de contención el ancho de zapata es grande, por lo que la carga última $\boldsymbol{q_u}$, ocurrirá para un asentamiento bastante grande de la cimentación. Por lo que se sugiere que se considere un factor de seguridad de 3, aunque no garantiza completamente que la estructura tenga un asentamiento dentro de los límites tolerables. [7]

2.1.8.1.Determinación de la capacidad de carga última

Un muro de contención tiene una zapata rectangular $\left(\mathbf{0} < \frac{\boldsymbol{B}}{\boldsymbol{L}} < \mathbf{1}\right)$, que se encuentra sometida a momentos, cargas verticales excéntricas generando una distribución de presiones no uniformes, por lo que el mejor método que toma en cuenta todas estas deficiencias, es el método sugerido por Meyerhof (1963), denominado como el método del área efectiva. La ecuación general propuesta por Meyerhof para determinar la capacidad de carga última, es la siguiente [7]

***Ecuación 10**. Capacidad de carga ultima*

$$\boldsymbol{q_u = c_2{}'N_C F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}}$$

***Ecuación 11.** Esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación*

$$\boldsymbol{q = \gamma D}$$

Donde:

- $\boldsymbol{c'}$ = Cohesión del suelo
- $\boldsymbol{q}$ = Esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación
- $\boldsymbol{\gamma}$ = Peso específico del suelo de cimentación
- $\boldsymbol{D}$ = Profundidad de cimentación
- $\boldsymbol{B}$ = Ancho de la cimentación
- $\boldsymbol{F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}}$ = Factores de profundidad
- $\boldsymbol{F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}}$ = Factores por la inclinación de la carga
- $\boldsymbol{N_C, N_q, N_\gamma}$ = Factores de capacidad de carga

Factores de capacidad de carga

Los factores de capacidad de carga $\boldsymbol{N_C, N_q, N_\gamma}$ se definen por las siguientes ecuaciones:

La ecuación de $\boldsymbol{N_q}$ fue representada por *Reissner* (1924)

$$\boldsymbol{N_q = tan^2\left(45 + \frac{\emptyset'}{2}\right) e^{\pi \tan \emptyset'}}$$

Donde

- $\emptyset'$ = Ángulo de fricción del suelo de cimentación

La ecuación de $\boldsymbol{N_C}$ fue obtenida por *Prandtl* (1921)

$$\boldsymbol{N_c = \left(N_q - 1\right) \cot \emptyset'}$$

Y la ecuación de $\boldsymbol{N_\gamma}$ fue propuesta por *Caquot* y *Kerisel* (1953) y *Vesic* (1973)

$$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan \emptyset'$$

Tabla 5. *Valores de factores de carga*

Ø´	Nc	Nq	Nγ	Ø´	Nc	Nq	Nγ
1	5.3793	1.0939	0.0731	**21**	15.8149	7.0708	6.1962
2	5.6316	1.1967	0.1534	**22**	16.8829	7.8211	7.1279
3	5.8998	1.3092	0.2420	**23**	18.0486	8.6612	8.2019
4	6.1850	1.4325	0.3402	**24**	19.3235	9.6034	9.4419
5	6.4888	1.5677	0.4493	**25**	20.7205	10.6621	10.8763
6	6.8126	1.7160	0.5709	**26**	22.2544	11.8542	12.5388
7	7.1582	1.8789	0.7070	**27**	23.9422	13.1991	14.4697
8	7.5274	2.0579	0.8595	**28**	25.8033	14.7199	16.7168
9	7.9222	2.2547	1.0310	**29**	27.8605	16.4433	19.3380
10	8.3449	2.4714	1.2242	**30**	30.1396	18.4011	22.4025
11	8.7981	2.7102	1.4424	**31**	32.6711	20.6308	25.9942
12	9.2846	2.9735	1.6892	**32**	35.4903	23.1768	30.2147
13	9.8075	3.2642	1.9689	**33**	38.6383	26.0920	35.1875
14	10.3701	3.5856	2.2866	**34**	42.1637	29.4398	41.0638
15	10.9765	3.9411	2.6480	**35**	46.1236	33.2961	48.0288
16	11.6309	4.3351	3.0596	**36**	50.5855	37.7525	56.3107
17	12.3381	4.7721	3.5294	**37**	55.6296	42.9199	66.1921
18	13.1037	5.2576	4.0665	**38**	61.3518	48.9333	78.0243
19	13.9336	5.7977	4.6813	**39**	67.8668	55.9575	92.2465
20	14.8347	6.3994	5.3863	**40**	75.3131	64.1952	109.4105

Fuente: *Zavala Luis*

Factores de profundidad

Las ecuaciones para determinar el factor de profundidad fueron propuestas por Hansen (1970).

$$F_{cd} = 1 + 0.4\left(\frac{D}{B'}\right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan\emptyset'(1 - sen\emptyset')^2 \frac{D}{B'}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Pero estas ecuaciones son solo validad si $\frac{D}{B'} \leq 1$. Si $\frac{D}{B'} > 1$ las ecuaciones tienen que modificarse:

$$F_{cd} = 1 + 0.4\tan^{-1}\left(\frac{D}{B'}\right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan\emptyset'(1 - sen\emptyset')^2 \tan^{-1}\left(\frac{D}{B'}\right)$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Donde:

- D = Profundidad de cimentación de la zapata
- B' = Ancho de la zapata menos dos veces la excentricidad $(B - 2e)$

Factor de inclinación

Meyerhof (1963) y Hanna y Meyerhof (1981) sugirieron las siguientes ecuaciones para determinar el factor de inclinación:

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi°}{90°}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi°}{\phi'}\right)^2$$

$$\psi° = \tan^{-1}\left(\frac{P_a \cos\alpha}{\sum V}\right)$$

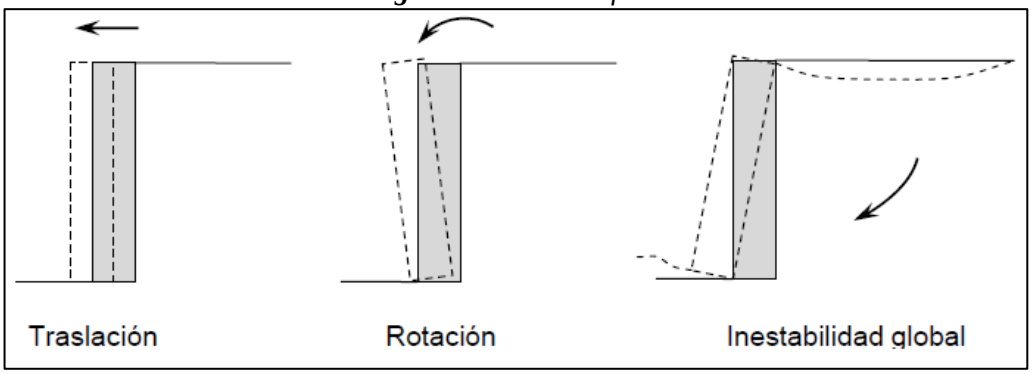
Donde

- P_a = Empuje activo del suelo
- $\sum V$ = Sumatoria de fuerzas verticales

2.1.9. Modos de falla

Un aspecto de vital importancia en el diseño de una estructura de contención, tiene que ver con el conocimiento de la forma en que ésta puede fallar. En los muros a gravedad, generalmente fallan debido a movimientos de cuerpo rígido, es decir, por traslaciones y/o rotaciones. Sin embargo, también pueden presentar una falla global debido a insuficiencia en la capacidad de soporte del suelo.

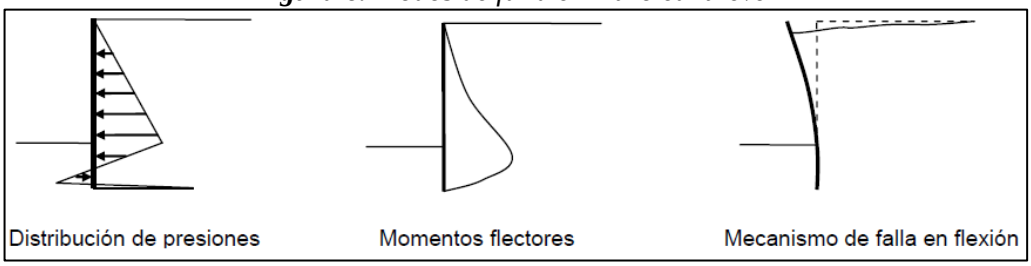
Figura 5. *Modos de falla*



En el caso de inestabilidad global o deslizamiento profundo del muro se debe a la formación de una superficie de deslizamiento profunda, de forma aproximadamente circular. Este tipo de falla puede presentarse si existe una capa de suelo blando a una profundidad aproximada y ha media la altura del muro, contada desde el plano de cimentación.

Los muros cantiléver o en voladizo, además de los mecanismos de traslación, rotación y falla global, pueden presentar modos de falla en flexión. Esto se produce cuando los momentos flectores inducidos por efecto de los empujes laterales del suelo exceden la resistencia a flexión del muro. La Figura 6 muestra de forma esquemática la distribución de presiones, momentos flectores y el mecanismo de falla flexural de un muro cantiléver.

Figura 6. *Modos de falla en muro cantiléver*



2.1.10. Análisis de resistencia interna de la estructura

En el mundo de la ingeniería el elemento más usado en las construcciones de estructuras de contención es el concreto, éste se lo puede encontrar en dos tipos dentro de las estructuras: el concreto armado y el concreto simple. El concreto simple no es más que un material pétreo artificial que se obtiene al mezclar en porciones determinadas cemento, agregados y agua, su mezcla genera un material de gran durabilidad en el momento que endurece, pero su mayor debilidad es que tiene gran resistencia a fuerzas a compresión, pero tiene poca resistencia a fuerzas de tracción. Para compensar este desbalance se le incluye barras de acero que adsorben fuerzas a tracción y evitan la formación de grietas, a este concreto con barras se le conoce como concreto armado [9].

Por lo que dentro de una estructura de contención es necesario verificar los esfuerzos generados tanto por compresión como por flexión (tracción), para que a través de este análisis se pueda establecer la resistencia interna de la estructura y poder establecer que sus dimensiones o material de construcción son las mejores opciones para la estabilización.

2.1.10.1. Verificación de los esfuerzos a corte

Los esfuerzos por corte son parciamente resistidos por el concreto y el acero transversal (estribos). En donde la resistencia al corte de las secciones transversales según el Código ACI 318S-14 en la sección 11.5.1 debe estar basada en:

$$\boldsymbol{V_u \leq \emptyset V_n}$$

Donde, V_u es la fuerza cortante mayorada en la sección considerada y V_n es la resistencia a la corte nominal calculada mediante:

$$\boldsymbol{V_n = V_c + V_s}$$

Donde, V_c es la resistencia nominal al corte proporcionada por el concreto, y V_s es la resistencia al corte proporcionada por el acero de refuerzo, se considera que la resistencia al corte la aporta solo el concreto, ya que en los muros de contención no se suele usar el acero de refuerzo por corte, es decir, $V_s = 0$.

$$\boldsymbol{V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * bw * d}$$

Donde:

- $\boldsymbol{f'c}$ = Resistencia del concreto a la compresión a los 28 días (kg/cm^2).
- $\boldsymbol{bw}$ = Ancho del alma de la sección, en éste caso como se analizarán los muros en fajas de 1 metro de ancho, $bw = 100\ cm$.
- $\boldsymbol{d}$ = Espesor útil medido en cm.
- $\emptyset$ = Factor de minoración a la resistencia por corte, según el ACI 318S-14 en la sección 21.2.1 este valor es 0.75

2.1.10.2. Verificación de los esfuerzos a flexión

Al igual que la resistencia por corte la resistencia a flexión de las secciones transversales debe estar basada en:

$$\boldsymbol{M_u \leq \emptyset M_n}$$

Donde

- $\boldsymbol{M_u}$ = Momento flector mayorada en la sección considerada $(kg - m)$.
- $\boldsymbol{M_n}$ = Momento nominal resistente $(kg - m)$.
- $\emptyset$ = Factor de minoración a la resistencia por tracción, según el ACI 318S-14 en la sección 21.2.1 este valor es 0.90

En losas estructurales en donde el acero de refuerzo por flexión sea en un sentido solamente, se debe proporcionar acero normal por flexión para resistir los esfuerzos por contracción y temperatura, según el código ACI 318S-14 en la sección 7.6.1, el acero mínimo puede estar dado por:

Tabla 6. *Refuerzo mínimo a flexión*

Tipo de refuerzo	$\boldsymbol{fy, Kg/cm^2}$	$\boldsymbol{As_{min}}$
Barras corrugadas	< 4200	$0.0020 * bw * d$
Barras corrugadas o refuerzo de alambre electrosoldado	≥ 4200	$\frac{0.0018 * 420}{fy} * bw * d$
		$0.0014 * bw * d$

Fuente: *ACI 318S-14*

El esfuerzo de retracción y temperatura no debe colocarse nunca con una separación mayor a 5 veces el espesor de la losa ni de $450\ mm$.

Por equilibrio, la fuerza de tracción es igual a la fuerza de compresión:

$$\boldsymbol{Asfy = 0.858 * f'c * bw * a}$$

Despejando la profundidad del bloque de compresión a:

$$\boldsymbol{a = \frac{Asfy}{0.85 * f'c * bw}}$$

Donde:

$$\frac{\boldsymbol{Mu}}{\emptyset} = \boldsymbol{As} * \boldsymbol{fy} * \left(\boldsymbol{d} - \frac{\boldsymbol{a}}{\mathbf{2}}\right)$$

El acero de refuerzo requerido As se puede determinar iterando entre las ecuaciones, asumiendo inicialmente un valor para a. Es una expresión que proporciona el acero de refuerzo en secciones rectangulares directamente:

$$\boldsymbol{As} = \boldsymbol{a'} * \boldsymbol{d} - \sqrt{(\boldsymbol{a'} * \boldsymbol{d})^{\mathbf{2}} - \frac{\mathbf{2} * \boldsymbol{Mu} * \boldsymbol{a'}}{\emptyset \boldsymbol{fy}}}$$

$$\boldsymbol{a'} = \frac{\mathbf{0.85} * \boldsymbol{f'c} * \boldsymbol{bw}}{\boldsymbol{fy}}$$

La altura útil efectiva en una sección considerada, en zonas no sísmicas:

Ecuación 12. *Peralte Efectivo en zonas no sísmicas*

$$\boldsymbol{d} \geq \sqrt{\frac{\boldsymbol{Mu}}{\mathbf{0.263} * \emptyset * \boldsymbol{f'c} * \boldsymbol{bw}}}$$

La altura útil efectiva en una sección considerada, en zonas sísmicas:

Ecuación 13. *Peralte Efectivo en zonas sísmicas*

$$\boldsymbol{d} \geq \sqrt{\frac{\boldsymbol{Mu}}{\mathbf{0.189} * \emptyset * \boldsymbol{f'c} * \boldsymbol{bw}}}$$

2.1.11. Mayoración de cargas

La mayoración y minoración de cargas no es más que disposiciones de seguridad que recomienda el Código ACI, estos factores están basados hasta cierto punto en información estadística, pero confían en un alto grado en la experiencia, en el criterio ingenieril.

Las estructuras y los elementos estructurales deben ser diseñados para que tengan en cualquier sección una resistencia de diseño al menos igual a la resistencia requerida. En donde la resistencia requerida para un momento flector (M_U), a la fuerza cortante (V_U) se la representa por la letra U. La resistencia requerida U se calcula aplicando los factores de cargas apropiados a las cargas de servicio respectivas.

Tabla 7. *Resumen de los factores de carga especificados por el código ACI.*

Condición	**Carga o efecto de carga mayorada U**
Básica	$\boldsymbol{U = 1.4D + 1.7L}$
Viento	$\boldsymbol{U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.7W)}$
Sismo	$\boldsymbol{U = 0.9D + 1.3W}$ $U = 1.4D + 1.7L$ $U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.7W)$
Presión de tierras	$\boldsymbol{U = 0.9D + 1.43E}$ $U = 1.4D + 1.7L$ $U = (1.4D + 1.7L + 1.7W)$ $\boldsymbol{U = 0.9D + 1.7H}$

Fuente: *Arthur H. Nilson*

Donde:

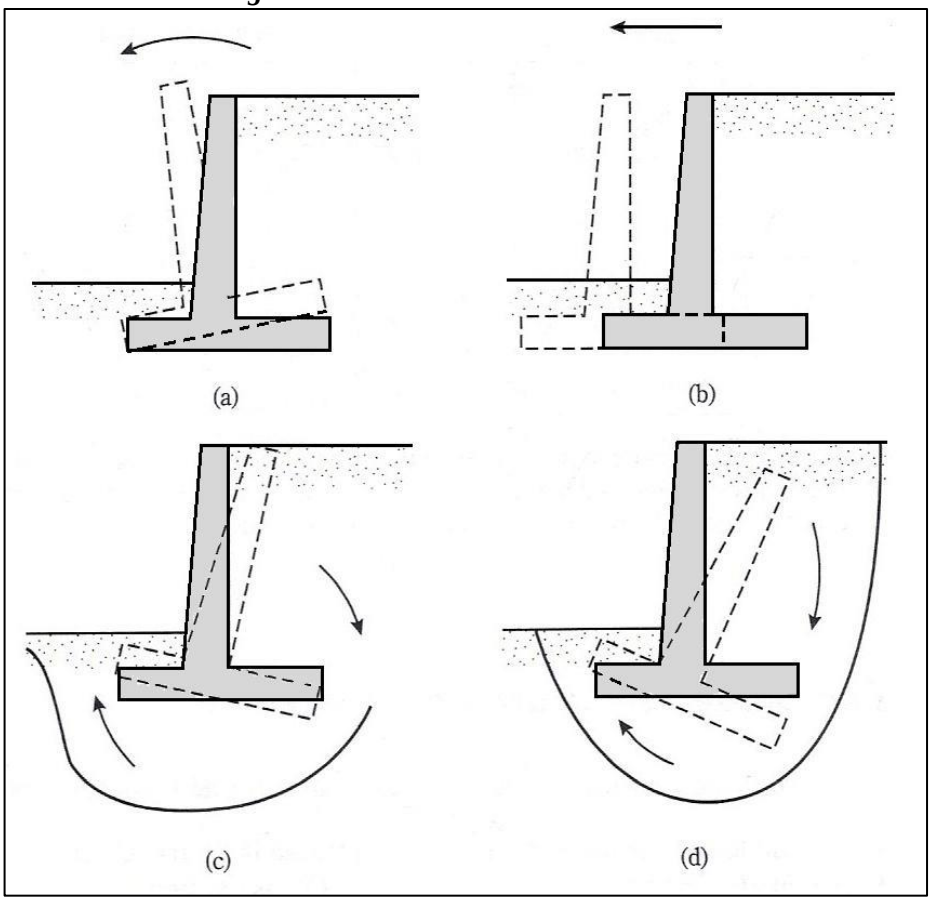
- $\boldsymbol{D}$ = Carga muerta
- $\boldsymbol{L}$ = Carga viva
- $\boldsymbol{W}$ = Carga de viento
- $\boldsymbol{E}$ = Carga sísmica
- $\boldsymbol{H}$ = Presión de tierras
- $\boldsymbol{F}$ = Presión de fluidos

- ***I*** = Impacto

2.1.12. Estabilidad de muros.

El diseño de los muros de contención busca que la estructura bajo las fuerzas que actúan sobre ella, tales como: el empuje de tierra, peso propio, peso de la tierra de relleno, cargas y sobrecargas, tenga una equilibro para garantizar su estabilidad.

Figura 7*. Fallas de un muro de retención*



Fuente: *Braja M. Das*

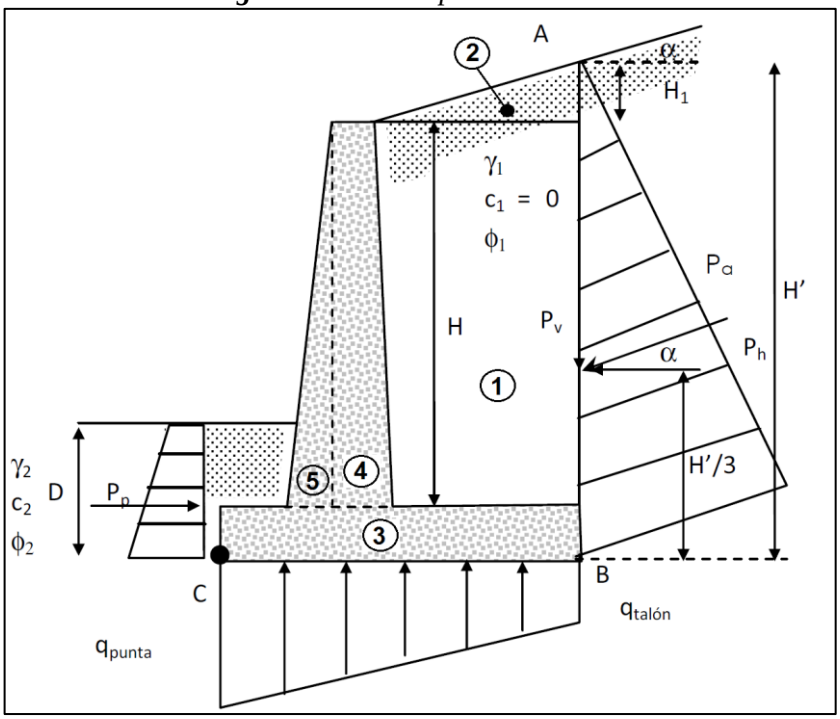
Un muro de contención puede fallar en cualquiera de las siguientes maneras [7].

- Se puede voltear respecto a su talón (ver figura 7a).
- Se puede deslizar a lo largo de su base (ver figura 7b).
- Puede fallar debido a la pérdida de la capacidad de carga del suelo que lo soporta la base (ver figura 7c).
- Por cortante del terreno a mayor profundidad (ver figura 7d).
- Por asentamiento excesivo.

2.1.12.1. Estabilidad al Volcamiento

Uno de los principales análisis que hay que realizar para que una estructura mantenga su estabilidad, es que ésta no sufra un volcamiento, si se observa la figura 7 (a) el muro tiende con respecto a un punto a girar al lado libre, en este momento se dice que el muro ha fallado por volcamiento. Las fuerzas que se producen que la estructura gire alrededor del punto C (ver figura 8) son principalmente el empuje del suelo que actúa sobre el muro y las fuerzas que se oponen a que ello ocurra son precisamente todas las fuerzas verticales capaces de producir momentos en sentido contrario respecto al mismo punto [7].

Figura 8. *Revisión por volcamiento*



Fuente: *Esparza Carmen*

Entonces el factor de seguridad contra el volteo respecto a la punta, es decir, respecto al punto C (ver figura 8) vendría dado con una simple ecuación:

Ecuación 14. *Factor de seguridad al volteo*

$$FS_{volteo} = \frac{\sum Momentos\ RESISTENTES}{\sum Momentos\ DESESTABILIZADORES} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O}$$

De acuerdo a la figura 8 la única fuerza horizontal que genera momentos que tienden a voltear el muro respecto al punto C es la presión activa del suelo, entonces:

Ecuación 15. *Momento resistente*

$$\sum \boldsymbol{M_O} = \boldsymbol{P_a} * \frac{\boldsymbol{H'}}{\mathbf{3}}$$

Según la figura 8 $\boldsymbol{P_a}$ presenta una inclinación igual a la inclinación del talud teniendo así:

$$\boldsymbol{P_h} = \boldsymbol{P_a} * \mathbf{cos} \propto$$

Donde:

- $\boldsymbol{M_R} =$ Momentos resistentes
- $\boldsymbol{M_O} =$ Momentos de las fuerzas que tienden a voltear el muro
- $\boldsymbol{H'} =$ Altura del muro más la altura de inclinación del talud
- $\propto =$ Ángulo de inclinación del talud
- $\boldsymbol{P_a} =$ Presión activa del suelo
- $\boldsymbol{P_h} =$ Componente horizontal de la presión activa del suelo

Mientras que para el cálculo de los momentos resistentes se va considerar todas las fuerzas verticales que actúan sobre el muro, principalmente el peso propio de la estructura, el peso del suelo que se encuentra sobre el talón y si fuera el caso la componente vertical de la presión activa del suelo.

Para el cálculo de la fuerza vertical del peso propio del muro y el peso del suelo: se considera que esta fuerza actúa en el centro de gravedad de la sección, y puede calcularse de manera fácil subdividiendo al muro y al suelo, en secciones de áreas parciales sencillas (ver figura 8) y de propiedades geométricas conocidas. Para el cálculo de $\sum \boldsymbol{M_R}$ se va utilizar la tabla 8

Tabla 8. *Procedimiento para calcular el Momento Resistente*

SECCIÓN	ÁREA	PESO/UNIDAD DE LONGITUD DE MURO	BRAZO DE MOMENTO RESPECTO A–C	MOMENTO CON RESPECTO A–C
1	A_1	$W_1 = \gamma_s * A_1$	X_1	$M_1 = W_1 * X_1$
2	A_2	$W_2 = \gamma_s * A_2$	X_2	$M_2 = W_2 * X_2$
3	A_3	$W_3 = \gamma_c * A_3$	X_3	$M_3 = W_3 * X_3$
4	A_4	$W_4 = \gamma_c * A_4$	X_4	$M_4 = W_4 * X_4$
5	A_5	$W_5 = \gamma_c * A_5$	X_5	$M_5 = W_5 * X_5$
		P_V	B	$M_V = P_V * X_B$
		$\sum \boldsymbol{V}$		$\sum \boldsymbol{M_R}$

Fuente: *Braja M. Das*

$$\boldsymbol{P_V} = \boldsymbol{P_a} * \mathbf{sin} \propto$$

Donde:

- $\boldsymbol{\gamma_s}$ = Peso específico del suelo de relleno
- $\boldsymbol{\gamma_c}$ = Peso específico del hormigón
- $\boldsymbol{P_V}$ = Componente vertical de la presión activa del suelo
- $\sum \boldsymbol{V}$ = Sumatoria de todas las fuerzas verticales

El valor mínimo deseable para el factor de seguridad con respecto al volteo es 2 o 3 [7].

2.1.12.2. Estabilidad al Desplazamiento

Cuando el muro experimenta un desplazamiento en la dirección libre (ver figura 7b), se dice que el muro ha fallado por deslizamiento. Al igual que el caso anterior existen

fuerzas horizontales que desplazan al muro y otras fuerzas horizontales que las resistentes. La fuerza que trata movilizar el muro es principalmente la componente horizontal del empuje activo de suelos, mientras que las fuerzas de oposición son: la fricción o rozamiento que existe entre el suelo y el muro, y la fuerza pasiva que se genera en la parte frontal de la punta del muro [7].

La fuerza de rozamiento es función tanto de la magnitud de las fuerzas verticales que ejercen presión en el terreno como del coeficiente de fricción entre el material del muro y el suelo de fundación; aunque lo correcto sería usar la resistencia de este al esfuerzo cortante.

Entonces el factor de seguridad contra el deslizamiento se expresa por la ecuación:

$$\boldsymbol{FS_{deslizamiento}} = \frac{\sum \boldsymbol{F'_R}}{\sum \boldsymbol{F_d}}$$

Donde:

- $\boldsymbol{FS_{deslizamiento}}$ = Factor de seguridad contra el deslizamiento.
- $\sum \boldsymbol{F'_R}$ = Suma de las fuerzas resistentes horizontales.
- $\sum \boldsymbol{F_d}$ = Suma de las fuerzas horizontales de empuje.

De acuerdo a la figura 9 la resistencia cortante del suelo debajo de la losa de base se representa como:

$$\boldsymbol{s = \sigma' \tan \delta + c_a}$$

Donde:

- $\boldsymbol{s}$ = Esfuerzo cortante del suelo
- $\boldsymbol{\delta}$ = Ángulo de fricción entre el suelo y la losa
- $\boldsymbol{c_a}$ = Adhesión del suelo y la base de la estructura de contención

La fuerza resistente máxima que se obtiene del suelo por unidad de longitud del muro a lo largo del fondo de la losa de base es:

$$\boldsymbol{R' = s * (\text{Área de la sección transversal})}$$

Al ser un muro de contención uniforme en su sección, el diseño se realiza siempre para un metro lineal de muro, entonces:

$$\boldsymbol{R' = s * (B * 1) = B\sigma' \tan\delta + Bc_a}$$

Donde:

- $\boldsymbol{B}$ = Ancho de la zapata (m)

Sin embargo $B\sigma' =$ es la suma de las fuerzas verticales $= \sum V$ ver tabla 8 entonces:

$$\boldsymbol{R' = \sum V \tan\delta + Bc_a}$$

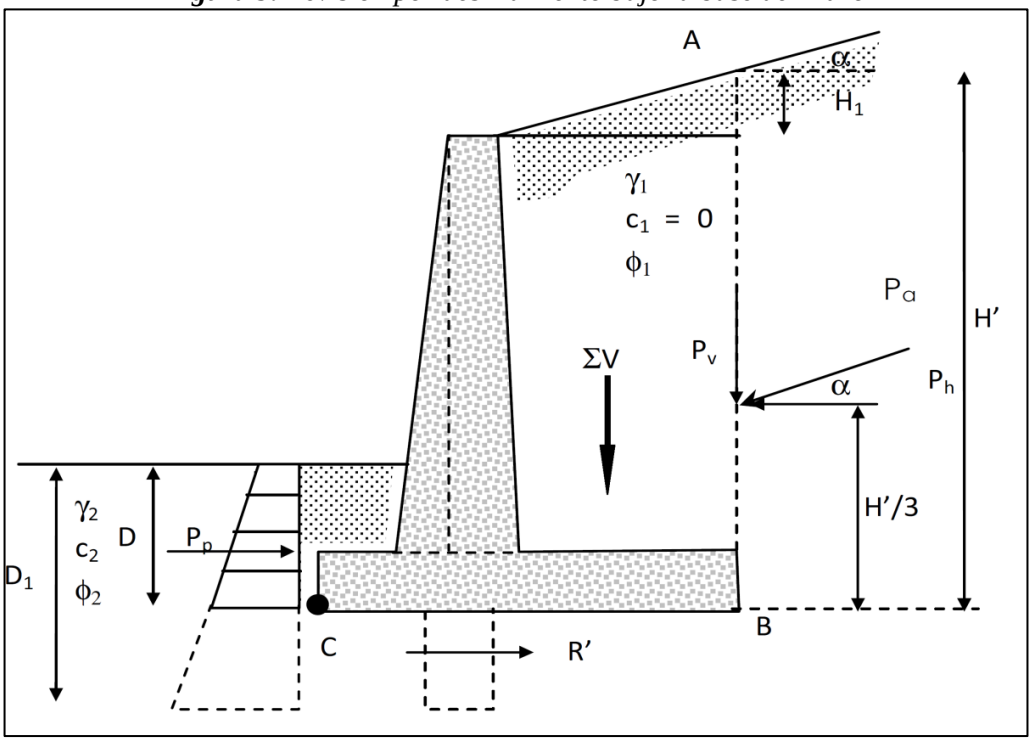
La ecuación de $\boldsymbol{R'}$ representa las fuerzas de fricción que impiden el deslizamiento, pero si se observa la figura 9 otra fuerza que contribuya a la resistencia del deslizamiento es la presión pasiva que se genera en la parte frontal de la punta, entonces al valor de R' habría que sumarle el valor de P_P:

$$\boldsymbol{R' = \sum V \tan\delta + Bc_a + P_P = \sum P_P}$$

Aunque la presión pasiva es una fuerza estabilizadora, esta consideración no es muy recomendable ya que algunas ocasiones no se puede mantener la profundidad de

cimentación estable y al reducir la profundidad se reduce la fuerza, pudiendo ocasionar un fallo en la estabilidad.

Figura 9. *Revisión por deslizamiento bajo la base del muro*



Fuente: *ESPARZA Carmen*

Mientras que la única fuerza que genera un deslizamiento es el empuje activo del suelo, pero su componente horizontal si fuera el caso:

$$\sum \boldsymbol{F_d} = \boldsymbol{P_a} = \boldsymbol{P_a} \cos \propto$$

Se remplazan los valores de las ecuaciones de $\boldsymbol{R'}$ y $\sum \boldsymbol{F_d}$ en la ecuación de $\boldsymbol{FS_{deslizamiento}}$, y se tiene:

$$\boldsymbol{FS_{deslizamiento}} = \frac{\sum \boldsymbol{V} \tan \boldsymbol{\delta} + \boldsymbol{B_{C_a}} + \boldsymbol{P_P}}{\boldsymbol{P_a} \cos \boldsymbol{\alpha}}$$

Los valores de δ y c_a son valores reducidos por seguridad, para lo cual se escribe: $\delta = k_1\emptyset$ y $c_a = k_2c_2$, en donde la mayoría de los casos k_1 y k_2 son valores que se encuentran entre $\frac{1}{2}$ a $\frac{2}{3}$.

Ecuación 16. *Factor de seguridad al deslizamiento*

$$\boldsymbol{FS_{deslizamiento} = \frac{\sum V \tan(k_1\emptyset) + B(k_2c_2) + P_P}{P_a \cos\alpha}}$$

El valor recomendado para $\boldsymbol{FS_{deslizamiento}}$ es de 1.50, pero en la mayoría de los casos esto no se cumple para lo cual se utiliza un dentellón, que no es más que una estructura de hormigón que se coloca en la parte inferior de la zapata. Para la consideración de las fuerzas resistentes generadas por el dentellón se hace a través de la altura del muro (H) se remplaza por la profundidad de cimentación, altura que se considera hasta donde llega el dentellón (ver figura 9).

Ecuación 17*. Presión pasiva*

$$\boldsymbol{P_P = \frac{1}{2}\gamma D_1^2 K_P + 2c' D_1\sqrt{K_P}}$$

Donde:

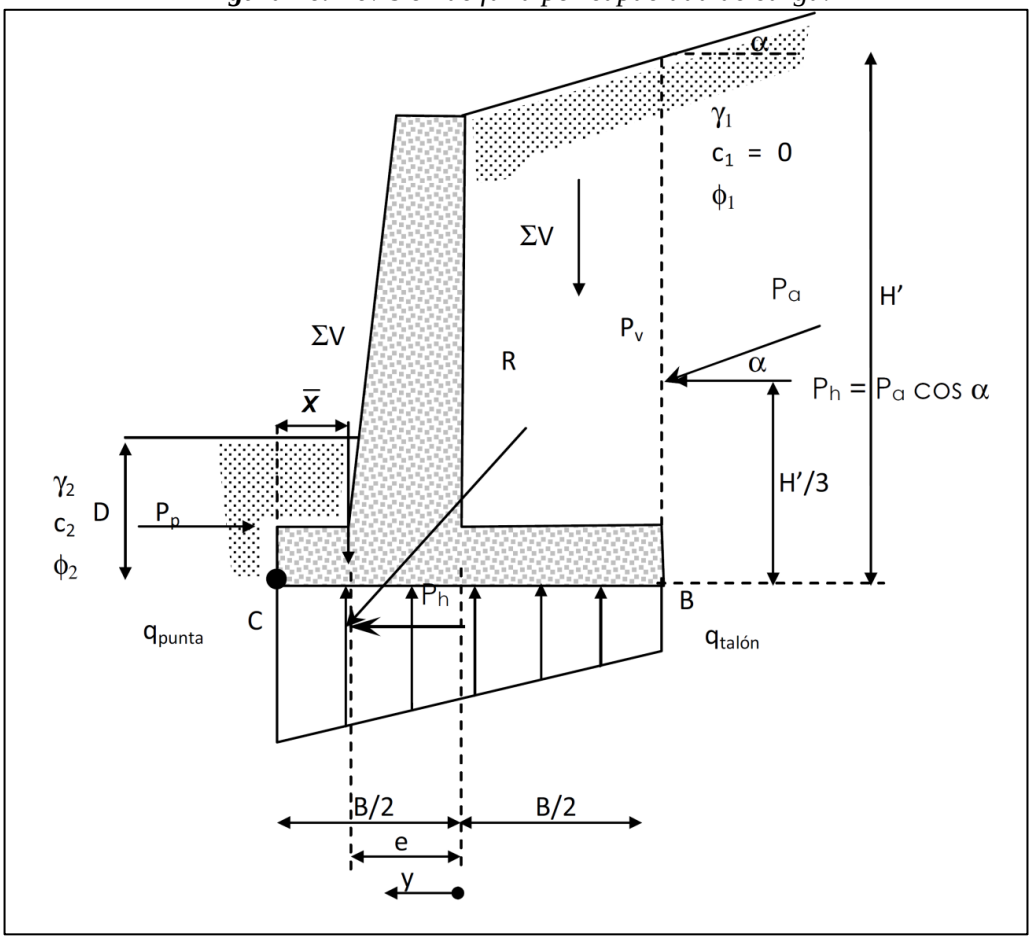
$D_1 =$ Profundidad de cimentación

2.1.12.3. Estabilidad por Capacidad de Carga

Como en toda estructura la zapata se encarga de transmitir las cargas verticales hacia el suelo, ésta misma recibe presión hacia arriba por parte del suelo sobre el cual descansa. Esta presión se la conoce como presión de contacto y se supone que se encuentra distribuida alrededor de la zapata, aunque en realidad la distribución de esta presión de contacto tiende a variar de acuerdo al tipo de suelo.

En la figura 10 se puede notar la distribución no uniforme de la presión de contacto, en donde existe una presión máxima que se genera en la punta del muro $(\boldsymbol{q_{punta}})$ y la mínima en el talón $(\boldsymbol{q_{talón}})$, lo que quiere decir que el muro se encuentra cargado excéntricamente, aunque esto no es recomendable porque se puede tener inclinaciones no deseadas es lo más común dentro de los diseños de muros de contención.

Figura 10. *Revisión de falla por capacidad de carga.*



Fuente: *Esparza Carmen*

Para determinar las magnitudes de q_{punta} y $q_{talón}$, lo primero que se debe tomar en cuenta que la suma de las fuerzas verticales que actúan en la zapata del muro y la componente horizontal del empuje activo da como resultado una fuerza resultante [7].

$$\boldsymbol{R} = \sum \boldsymbol{V} + \boldsymbol{P_a} \cos \propto$$

Al igual existe un momento neto de esas fuerzas:

$$\boldsymbol{M_{neto} = M_R - M_O}$$

El desplazamiento de la fuerza con respecto a centro también llamado excentricidad es igual a (ver figura 10):

$$\boldsymbol{e = \frac{B}{2} - \bar{X}}$$

En donde la distancia $\bar{X}$ viene dado por:

$$\boldsymbol{\bar{X} = \frac{M_{neto}}{R}}$$

La excentricidad e de la fuerza resultante vertical R, medida desde el centro de la base del muro B, no podrá y no deberá exceder del sexto del ancho de ésta. Si la excentricidad excede el sexto del ancho de la base (se sale del tercio medio), la presión máxima sobre el suelo debe recalcularse, ya van existir presiones de tensión y el suelo no es apto para resistir fuerzas de tracción [7].

$$\boldsymbol{e \leq \frac{B}{6}}$$

Si se utilizan los principios de mecánica de materiales se determinan las presiones bajo la losa:

$$\boldsymbol{q = \frac{\sum V}{A} + \frac{M_{neto} y}{I}}$$

Donde:

- $\sum V$ = Sumatoria de las fuerzas verticales.
- A = Área de la zapata
- M_{neto} = Momento neto
- y = B/2
- I = Inercia por unidad de longitud de la sección de la base

Si se sustituyen todos los anteriores en la ecuación, se tiene:

$$\boldsymbol{q = \frac{\sum V}{B * 1} + \frac{(\sum V * e) * \frac{B}{2}}{\frac{1}{12} 1 * B^2} = \frac{\sum V}{B} * \left(1 + \frac{6e}{B}\right)}$$

Similarmente:

$$\boldsymbol{q_{mín} = \frac{\sum V}{B} * \left(1 - \frac{6e}{B}\right)} \qquad \boldsymbol{q_{máx} = \frac{\sum V}{B} * \left(1 + \frac{6e}{B}\right)}$$

El factor de seguridad contra falla por capacidad de carga se determina:

Ecuación 18. *Factor de seguridad de capacidad de carga*

$$\boldsymbol{FS_{capacidad\ de\ carga} = \frac{q_u}{q_{max}}}$$

Donde:

- $\boldsymbol{FS_{capacidad\ de\ carga}}$ = Factor de seguridad de capacidad de carga este valor no puede ser menor de 3
- $\boldsymbol{q_u}$ = Capacidad de carga última.

2.1.13. Procedimiento a seguir en el diseño de muros

El procedimiento a seguir en el diseño de muros de contención consiste en:

a) Selección tentativa de las dimensiones del muro.
b) Análisis de la estabilidad del mismo frente a las fuerzas que lo solicitan.

En el caso de que el análisis indique que la estructura no es satisfactoria, se alteran sus dimensiones y se efectúan nuevos tanteos hasta lograr que la estructura sea capaz de resistir los esfuerzos a que se encuentra sometida.

Para llevar a cabo el análisis es necesario determinar las magnitudes de las fuerzas que actúan por encima de la base de la cimentación tales como: empuje del suelo, sobrecargas, peso propio del muro y peso del suelo de relleno, y luego se investiga su estabilidad con respecto a:

1) Volteo
2) Deslizamiento
3) Presiones sobre el terreno
4) Resistencia como estructura

El análisis de resistencia como estructura de los muros se realizará en forma independiente de acuerdo a su tipo, lo cual será tratado en los capítulos siguientes.

2.2.HIPÓTESIS

El desarrollo de una aplicación basada en Matlab influye significativamente en el tiempo de cálculo de muros a gravedad, muros en volado o cantiléver, muros con contrafuertes.

2.3.SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1. Variable independiente

Desarrollo de la aplicación basada en Matlab.

2.3.2. Variable dependiente

Cálculo de muros a gravedad, muros en volado o cantiléver, muros con contrafuertes.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1.NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Los niveles de investigación que se utilizarán en este proyecto serán: explicativa y aplicada.

Será explicativa debido a que se busca la relación causa-efecto que se genera en el cálculo de muros a gravedad, muros en volado o cantiléver, muros con contrafuertes. La causa será determinar si cumple con la estabilidad interna (vuelco, desplazamiento, capacidad portante del suelo de cimentación), lo cual genera un efecto sobre el entorno de suelo del muro.

Será elaborada ya que se emplearán los conocimientos sobre muros para el desarrollo de la aplicación que permita facilitar y disminuir el tiempo para el cálculo de muros a gravedad, muros en volado o cantiléver y muros con contrafuertes, esto proporcionará una herramienta útil para ingenieros y estudiantes.

3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Profesionales, docentes y estudiantes de Ingeniería Civil

3.2.2. Muestra

Ejercicios sobre muros a gravedad, muros en volado o cantiléver, muros con contrafuertes aplicando análisis estático y dinámico para lo cual se utilizarán teorías para cada análisis.

3.3.OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Variable independiente

Desarrollo de la aplicación basada en MATLAB.

Tabla 9. *Operacionalización de la variable independiente*

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
La aplicación utilizando el programa de Matlab es una secuencia de instrucciones y procesos que permiten la realización de determinadas tareas en el computador.	Lenguaje de programación	▪ Código de programación ▪ Método de cálculo	¿Cómo aplicar el lenguaje de programación para codificar correctamente el método de cálculo?	Investigación bibliográfica
	Agilitar el proceso de cálculo	▪ Rapidez de los resultados ▪ Precisión de los resultados	¿Cómo la aplicación permitirá agilitar y optimizar el proceso de cálculo?	Investigación bibliográfica

Fuente: *Zavala Luis*

3.3.2. Variable dependiente

Cálculo de muros a gravedad, muros en volado o cantiléver, muros con contrafuertes.

Tabla 10. *Operacionalización de la variable dependiente*

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Un muro de contención es una estructura que proporciona soporte lateral a una masa de suelo y deben su estabilidad principalmente a su propio peso y al peso del suelo que servirá para relleno arriba de su base.	Teoría de empujes de tierras	▪ Análisis estático	¿Cuáles son las teorías que se aplican y las ecuaciones que se van a utilizar para calcular el análisis estático?	Investigación bibliografía
	Material de relleno	▪ Suelos friccionantes ▪ Suelos cohesivos ▪ Suelos cohesivos-friccionantes	¿Cuáles son los suelos óptimos para material de relleno?	Investigación bibliografía
	Estabilidad del muro	▪ Estabilidad al volcamiento ▪ Estabilidad al desplazamiento ▪ Estabilidad por capacidad de carga	¿Cómo se calcula la estabilidad del muro? ¿Cuáles con los factores límites de estabilidad?	Investigación bibliografía
	Diseño de los muros	▪ Dimensionamiento del muro ▪ Dimensionamiento de la estructura interna del muro ▪ Comparación de factores de seguridad	¿Cuáles serían las secciones óptimas para cada elemento del muro?	Investigación bibliografía

Fuente: *Zavala Luis*

3.4.PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla 11. *Plan de recolección de información*

Preguntas básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para facilitar el proceso de cálculo de muros a gravedad, muros en volado o cantiléver, muros con contrafuertes, de tal manera que se puedan obtener resultados de una forma rápida y precisa.
2. ¿De qué personas u objetos?	Para profesionales, docentes y estudiantes de Ingeniería Civil.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Análisis estático y dinámico, material de relleno, estabilidad del muro, diseño del muro definitivo.
4. ¿Quién?	Luis Eduardo Zavala Córdova
5. ¿Dónde?	Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
6. ¿Cómo?	Investigación bibliográfica

Fuente: *Zavala Luis*

3.5.PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Se seguirá un plan estructurado de la siguiente manera:

1) Revisión de la bibliografía
2) Identificación del lenguaje de programación
3) Desarrollo de la aplicación
4) Resolución de ejercicios de manera manual
5) Resolución de ejercicios con la aplicación desarrollada
6) Análisis y comparación entre resultados
7) Verificación de hipótesis

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.RECOLECCIÓN DE DATOS

Los ejercicios a resolver serán desarrollados mediante dos métodos: de forma manual, y con la aplicación para posteriormente realizar un análisis con los resultados obtenidos.

Para desarrollar los ejercicios de manera manual se utilizarán las definiciones y ecuaciones que se trataron en el capítulo II del presente escrito.

4.1.1. Diseño de muros de gravedad

Como se indicó en el capítulo 2, los muros de gravedad son aquellos muros que dependen para su estabilidad completamente de su propio peso y del suelo que se apoye en ellos, y son económicos para alturas menores que varían de tres a cinco metros.

Estos muros se construyen con dimensiones tales que el empuje de tierras se resiste solo por medio de su propio peso.

El proceso para diseñar un muro de contención como ya se indico es de comprobación, esto quiere decir que se asumirá ciertas dimensiones, y analizara la estabilidad y los requerimientos de la estructura para soportar las fuerzas y solicitaciones a las cuales será sometida.

4.1.1.1.Pasos para el diseño de muros a gravedad

Para diseñar este tipo de muros se seguirá la siguiente secuencia de pasos, tomando en cuenta que el diseño para este tipo de muros se lo realiza por un metro de longitud de muro:

Tabla 12. *Recomendaciones para proceso de diseño de Muro a Gravedad*

Paso 1	**Obtención de información Geotécnica** En este primer paso se debe iniciar conociendo Topografía, extensión lateral, perfil del suelo, niveles freáticos, parámetros para el análisis (propiedades y caracterización del suelo), superficie de falla, sismicidad, etc.
Paso 2	**Pre dimensionar el muro** De acuerdo a la experiencia y conociendo la altura del muro se dimensionara este, para lo cual se puede utilizar las relaciones antes mencionadas.
Paso 3	**Calcular los coeficientes de empujes de tierra** Con el ángulo de fricción del suelo, el ángulo de inclinación del talud, el ángulo de inclinación del paramento interno del muro calcular los coeficientes activos y pasivos aplicando las ecuaciones 1 y 8, de acuerdo al tipo de cálculo a realizar.
Paso 4	**Calcular los empujes de suelo** Hallar la magnitud resultante de P_a y P_p sobre el muro y sus respectivos puntos de aplicación, para lo cual se pueden hacer uso de las ecuaciones 5, 6 y 18 respectivamente
Paso 5	**Fuerzas verticales y Momentos** Con la ayuda de la tabla 8 se determinará la resultante V y el momento estabilizador que se generan por el peso del muro y del suelo. Al mismo tiempo determinar el momento de volcamiento con la aplicación de la ecuación 15.
Paso 6	**Evaluar factores de seguridad a deslizamiento, volcamiento, capacidad de soporte.** Calcular los factores de seguridad y modificar las dimensiones del muro hasta obtener los factores especificados para lo cual se deberá repetir

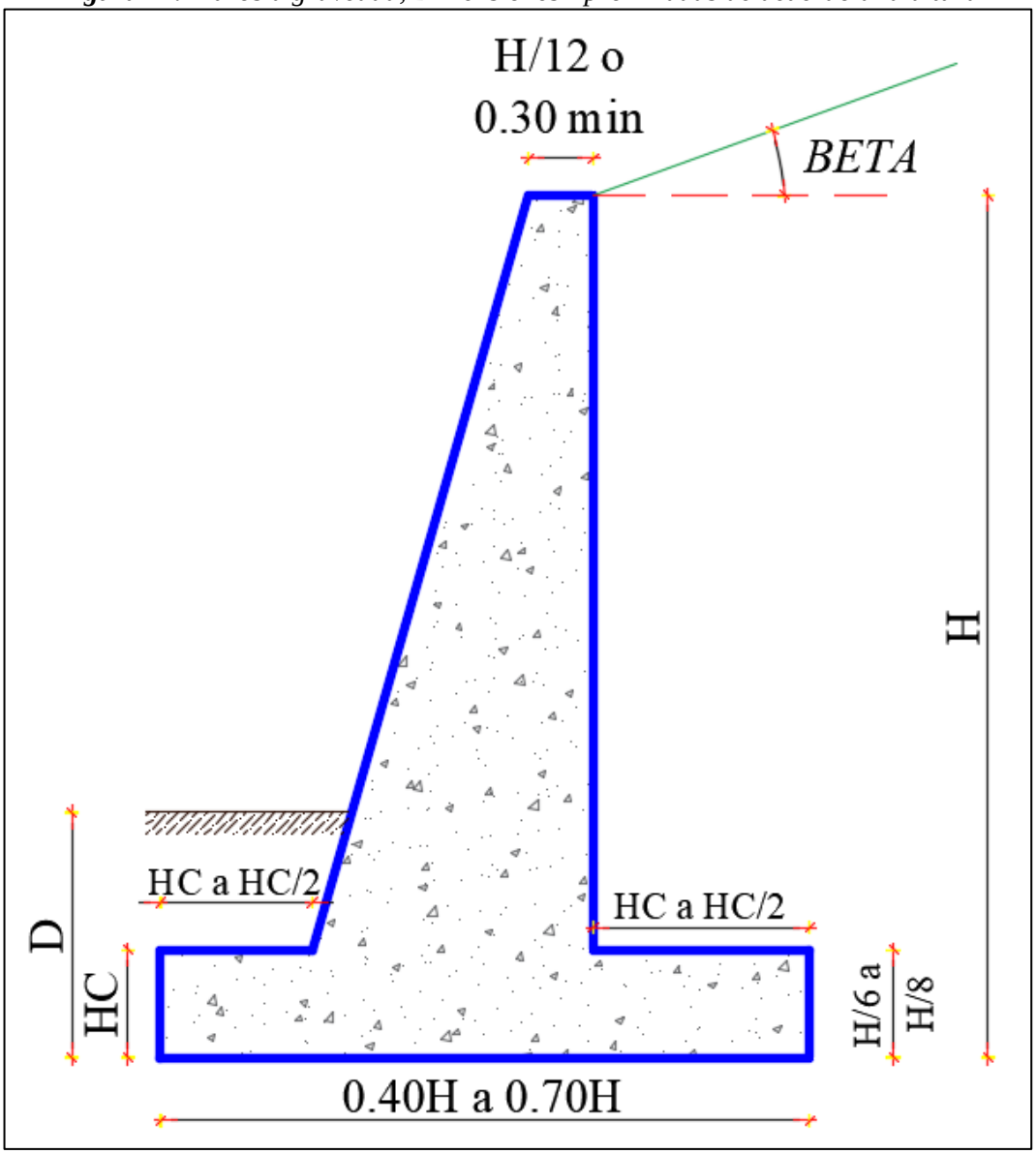
	desde el paso 3. Para la determinación de los factores de seguridad se hará uso de las ecuaciones 14, 16 y 18.
Paso 7	**Detalles especiales** Calcular sub-drenajes, drenajes, elementos de fachada, etc.

4.1.1.2.Pre dimensionar los muros de gravedad.

Las dimensiones tentativas para pre dimensionar estos muros son las siguientes:

- La dimensión de la base de estos muros debe oscilar alrededor de 0,4 a 0,7 de la altura.
- Por la economía, la base debe ser lo más angosta posible (1/6 a 1/8 de la altura), considerando siempre que ésta debe ser lo suficientemente ancha para proporcionar estabilidad contra el volcamiento y deslizamiento, y para originar presiones de contacto no mayores que las máximas permisibles.
- Por la facilidad de trabajo, la parte superior del cuerpo (corona) debe ser mayor que 0.30 m o puede oscilar entre 1/12 de la altura para la colocación apropiada del concreto.
- La dimensión tanto del talón como del dedo estará oscilando entre un valor igual a la altura base de la cimentación o 1/2 de la altura de la base de cimentación.

Figura 11. *Muros a gravedad, Dimensiones Aproximadas de acuerdo a la altura*



Fuente: *Zavala Luis*

4.1.1.3.Ejemplo de muro de gravedad

1) Datos del ejercicio:
   a) Suelo de cimentación
   - Peso específico $\boldsymbol{\gamma_2 = 2090\ kg/m^3}$
   - Ángulo de fricción $\boldsymbol{\emptyset_2 = 35.00°}$
   - Capacidad portante $\boldsymbol{c'_2 = 5000\ kg/m^2}$

   b) Suelo de relleno
   - Peso específico $\boldsymbol{\gamma_1 = 1770\ kg/m^3}$
   - Ángulo de fricción $\boldsymbol{\emptyset_1 = 22.50°}$
   - Inclinación del relleno $\boldsymbol{\beta = 10.00°}$

   c) Muro
   - Altura del muro $\boldsymbol{H = 4.50\ m}$
   - Esfuerzo máximo hormigón $\boldsymbol{F'c = 140.00\ Kg/cm^2}$
   - Peso específico hormigón $\boldsymbol{\gamma_c = 2400\ kg/m^3}$
   - Profundidad de cimentación $\boldsymbol{D = 0.80\ m}$

2) Pre dimensionamiento

El pre dimensionamiento para la sección del muro a gravedad estará basado en la figura en la cual se toma un pre diseño en función de la altura del muro.

- Base del muro

$$\boldsymbol{Base = 0.40 * H}$$

$$Base = 0.40 * 4.50 = 1.80\ m$$

$$\boldsymbol{Base = 0.70 * H}$$

$$Base = 0.70 * 4.50 = 3.15\ m$$

$$\boldsymbol{Base} = \frac{1.80 + 3.15}{2} = 2.48 \approx \boldsymbol{2.50\ m}$$

- Corona del muro

$$\boldsymbol{Corona = \frac{H}{12}}$$

$$Corona = \frac{4.50}{12} = 0.38 \approx 0.40\ m$$

$$0.40\ m > 0.30\ m \rightarrow Ok$$

- Peralte de cimentación del muro

$$\boldsymbol{hc = \frac{H}{8}}$$

$$hc = \frac{4.50}{8} = 0.56\ m$$

$$\boldsymbol{hc = \frac{H}{6}}$$

$$hc = \frac{4.50}{6} = 0.75\ m$$

$$\boldsymbol{hc = \frac{0.56 + 0.75}{2} = 0.65\ m}$$

- Dedo del muro

$$\boldsymbol{Dedo = \frac{hc}{2}}$$

$$Dedo = \frac{0.65}{2} = 0.33 \approx 0.35\ m$$

$$\boldsymbol{Dedo = \frac{0.35 + 0.65}{2} = 0.50\ m}$$

- Talón del muro

$$\boldsymbol{Talón = \frac{hc}{2}}$$

$$Talón = \frac{0.65}{2} = 0.33 \approx 0.35\ m$$

$$\boldsymbol{Talón} = \frac{0.35+0.65}{2} = \mathbf{0.50\ m}$$

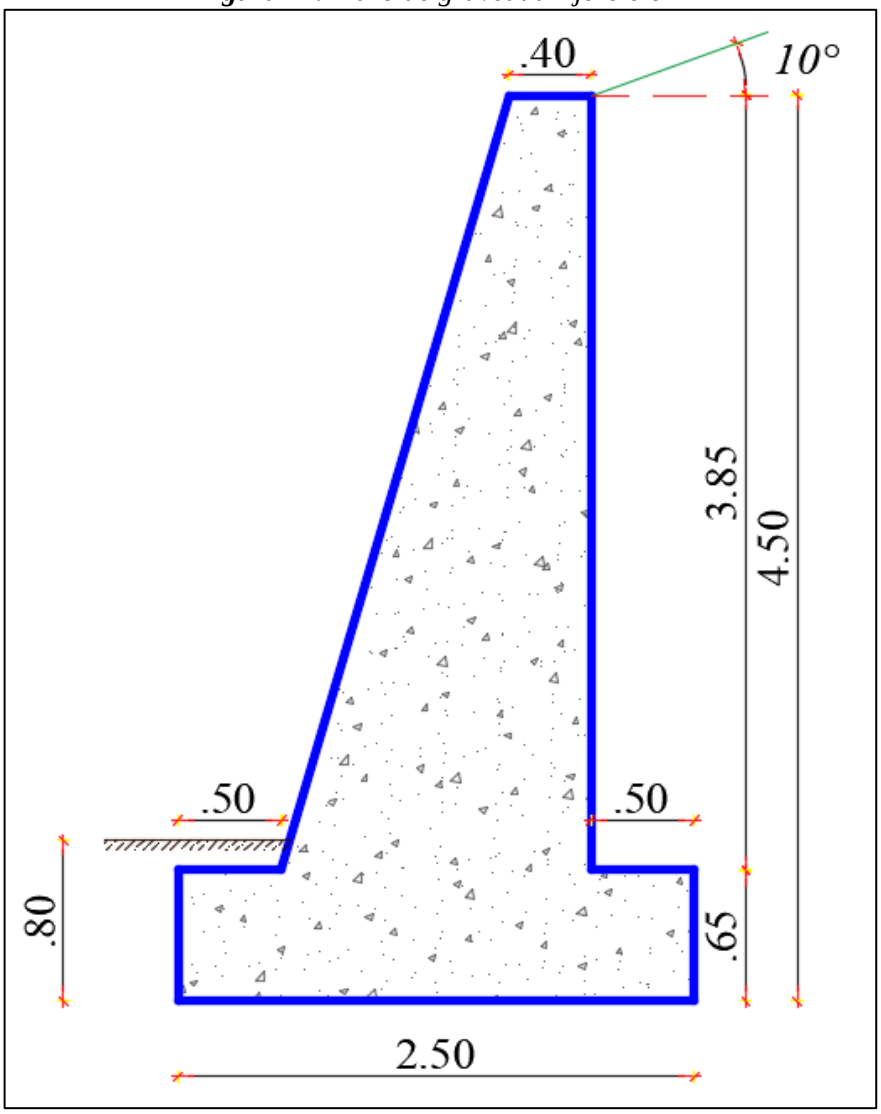
- Altura total

$$\boldsymbol{H' = H + H1}$$

$$H' = 4.50 + (0.50 * \tan 10°)$$

$$H' = 4.588$$

Figura 12. *Muro de gravedad Ejercicio 1*



Fuente: *Zavala Luis*

3) Presión lateral de tierras

En esta etapa del diseño se procede a determinar el empuje activo, presión activa, presión activa horizontal, presión activa vertical y empuje pasivo los cuales están en función del ángulo de inclinación del relleno, el ángulo de fricción del suelo de cimentación y el ángulo de fricción del suelo de relleno.

- Empuje activo

$$\boldsymbol{K_A = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}}$$

$$K_A = \cos 10° \frac{\cos 10° - \sqrt{\cos(10°)^2 - \cos(22.50°)^2}}{\cos 10° + \sqrt{\cos(10°)^2 - \cos(22.50°)^2}}$$

$$K_A = 0.478$$

- Presión activa

$$\boldsymbol{P_A = \frac{1}{2} K_A * \gamma * H^2}$$

$$P_A = \frac{1}{2} * 0.478 * 1770 * 4.50^2$$

$$P_A = 8569.942\ kg/m$$

- Presión en componente horizontal

$$\boldsymbol{P_h = P_A * \cos\beta}$$

$$P_h = 8569.94 * \cos(10°)$$

$$P_h = 8439.743\ kg/m$$

- Presión en componente vertical

$$\boldsymbol{P_v = P_A * sen\ \beta}$$

$$P_v = 8569.94 * \text{sen}(10°)$$

$$P_v = 1488.154\ kg/m$$

- Empuje pasivo

$$\boldsymbol{K_P = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}}$$

$$K_P = \cos 10° \frac{\cos 10° + \sqrt{\cos(10°)^2 - \cos(35°)^2}}{\cos 10° - \sqrt{\cos(10°)^2 - \cos(35°)^2}}$$

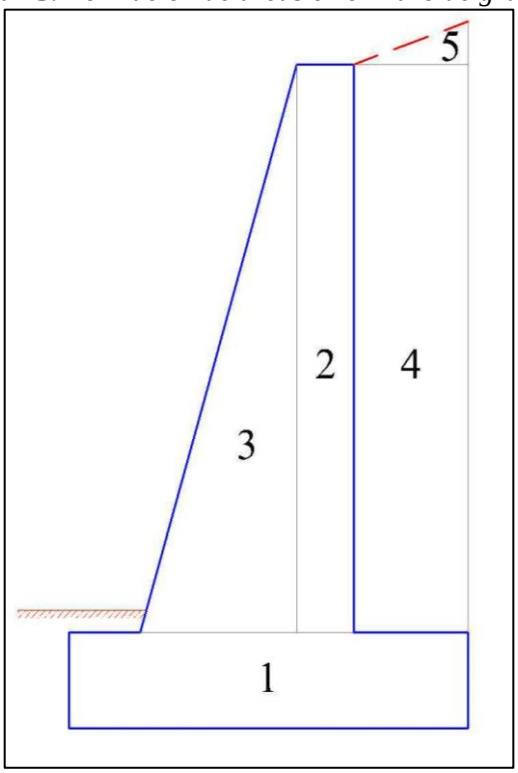
$$K_P = 3.442$$

4) Peso y momentos del muro

En este punto se procede a determinar el peso y momento del muro teniendo que se calculará para una longitud unitaria, los cuales servirán para determinar la estabilidad. El brazo de momento estará establecido como punto de referencia en la base del muro al lado izquierdo.

SECCIÓN	**ÁREA** $(\boldsymbol{m^2})$	**PESO/ LONGITUD UNITARIA** $(\boldsymbol{kg/m})$	**BRAZO DE MOMENTO** $(\boldsymbol{m})$	**MOMENTO** $(\boldsymbol{kg - m/m})$
1	1.625	3900.00	1.25	4875
2	1.540	3696.00	1.80	6652.800
3	2.118	5082.00	1.23	6250.860
4	1.925	3407.25	2.25	7666.313
5	0.022	38.94	2.33	90.730
		1488.154	2.50	3720.385
		17612.344		**29256.088**

Figura 13. *Formación de áreas en el muro de gravedad*



Fuente: *Zavala Luis*

5) Factores de seguridad
   - Factor de seguridad al volcamiento

$$\sum \boldsymbol{M_R = 29256.088\ kg - m/m}$$

$$\sum \boldsymbol{M_o = P_a * \frac{H'}{3}}$$

$$\sum M_o = 8569.942 * \frac{4.588}{3}$$

$$\sum M_o = 13106.298\ kg - m/m$$

$$\boldsymbol{FS_{volteo} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O}}$$

$$FS_{volteo} = \frac{29256.088}{13106.298} = 2.232$$

$$FS_{volteo} = 2.232 > 2 \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

- Factor de seguridad al desplazamiento

$$\boldsymbol{P_P = \frac{1}{2} K_P \gamma_2 D^2 + 2c'_2 D \sqrt{K_P}}$$

$$P_P = \frac{1}{2} * 3.442 * 2090 * 0.80^2 + 2 * 5000 * 0.80 * \sqrt{3.442}$$

$$P_P = 17144.112\ kg/m$$

$$\boldsymbol{FS_{deslizamiento} = \frac{\sum V \tan(k_1 \emptyset_2) + B(k_2 c_2) + P_P}{P_a \cos \alpha}}$$

$$FS_{deslizamiento} = \frac{17612.344 * \tan\left(\frac{1}{2} * 35\right) + 2.50 * \left(\frac{1}{2} * 5000\right) + 17144.112}{8439.743}$$

$$FS_{deslizamiento} = \frac{5553.151 + 6250 + 17144.112}{8439.743} = 3.429$$

$$FS_{deslizamiento} = 3.429 > 1.5 \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

- Factor de seguridad por capacidad de carga

$$\boldsymbol{e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_O}{\sum V}}$$

$$e = \frac{2.50}{2} - \frac{29256.088 - 13106.298}{17612.344}$$

$$e = 0.333\ m$$

$$\boldsymbol{e < \frac{B}{6}}$$

$$0.333 < \frac{2.50}{6}$$

$$0.333 < 0.417 \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

$$\boldsymbol{q_{máx} = \frac{\sum V}{B} * \left(1 + \frac{6e}{B}\right)}$$

$$q_{máx} = \frac{17612.344}{2.50} * \left(1 + \frac{6 * 0.333}{2.50}\right)$$

$$q_{máx} = 12675.252\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{q_{mín} = \frac{\sum V}{B} * \left(1 - \frac{6e}{B}\right)}$$

$$q_{mín} = \frac{17612.344}{2.50} * \left(1 - \frac{6 * 0.333}{2.50}\right)$$

$$q_{mín} = 1414.623\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{q_u = c_2{}'N_C F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}}$$

$$\boldsymbol{q = \gamma D}$$

$$q = 2090 * 0.80$$

$$q = 1672$$

$$\boldsymbol{N_q = tan^2\left(45 + \frac{\emptyset'}{2}\right) e^{\pi \tan \emptyset'}}$$

$$N_q = tan^2\left(45 + \frac{35}{2}\right) e^{\pi \tan 35}$$

$$N_q = 33.296$$

$$\boldsymbol{N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset'}$$

$$N_c = (33.296 - 1) \cot 35$$

$$N_c = 46.124$$

$$\boldsymbol{N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan \emptyset'}$$

$$N_\gamma = 2(33.296 + 1)\tan 35$$

$$N_\gamma = 48.029$$

$$\frac{\boldsymbol{D}}{\boldsymbol{B'}} = \frac{0.80}{2.50 - 2(0.333)} = 0.436 \leq 1$$

$$\boldsymbol{F_{cd} = 1 + 0.4\left(\frac{D}{B'}\right)}$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4\left(\frac{0.80}{2.50 - 2(0.333)}\right)$$

$$F_{cd} = 1.174$$

$$\boldsymbol{F_{qd} = 1 + 2\tan \emptyset' (1 - sen\emptyset')^2 \frac{D}{B'}}$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan(35)\,(1 - sen(35))^2\left(\frac{0.80}{2.50 - 2(0.333)}\right)$$

$$F_{qd} = 1.111$$

$$\boldsymbol{F_{\gamma d} = 1}$$

$$\boldsymbol{\psi^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{P_a \cos \alpha}{\sum V}\right)}$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{8439.743}{17612.344}\right)$$

$$\psi^\circ = 25.603$$

$$\boldsymbol{F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi°}{90°}\right)^2}$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{25.603}{90}\right)^2$$

$$F_{ci} = F_{qi} = 0.512$$

$$\boldsymbol{F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi°}{\phi'}\right)^2}$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{25.603}{35}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = 0.0721$$

$$\boldsymbol{q_u = c_2{}'N_C F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}}$$

$$q_u = (5000 * 46.124 * 1.174 * 0.512) + (1672 * 33.296 * 1.111 * 0.512) + \left(\frac{1}{2} * 2090 * 1.834 * 48.029 * 1.00 * 0.0721\right)$$

$$q_u = 138622.915 + 31667.396 + 6636.734$$

$$q_u = 176927.045\ kN/m^2$$

$$\boldsymbol{FS_{capacidad\ de\ carga} = \frac{q_u}{q_{max}}}$$

$$FS_{capacidad\ de\ carga} = \frac{176927.045}{12675.252}$$

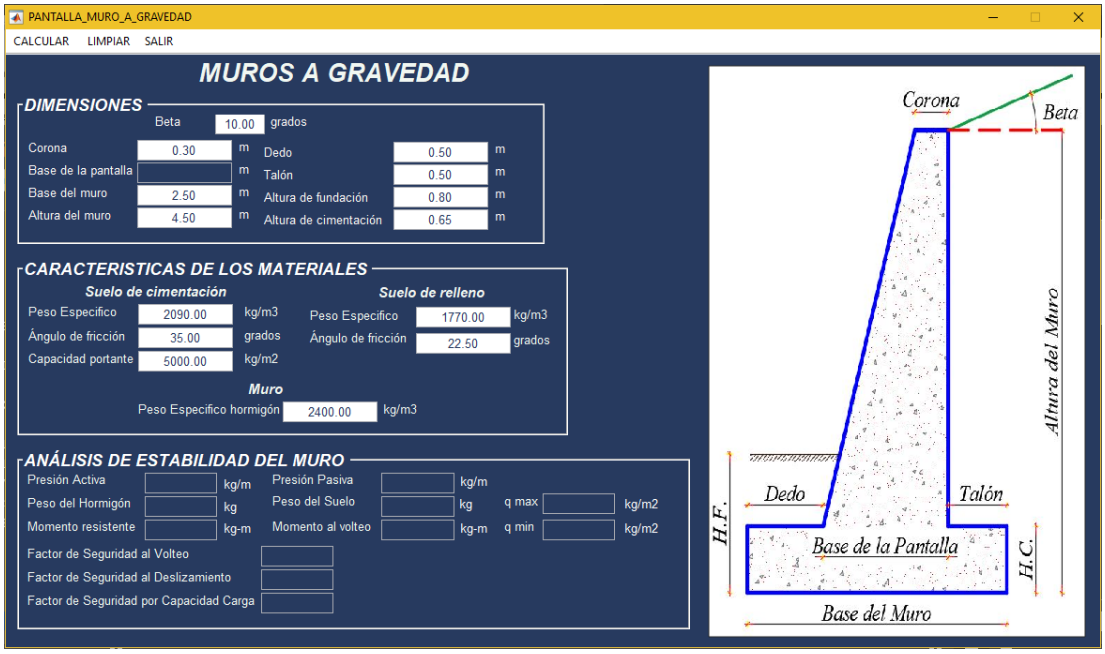
$$FS_{capacidad\ de\ carga} = 13.958$$

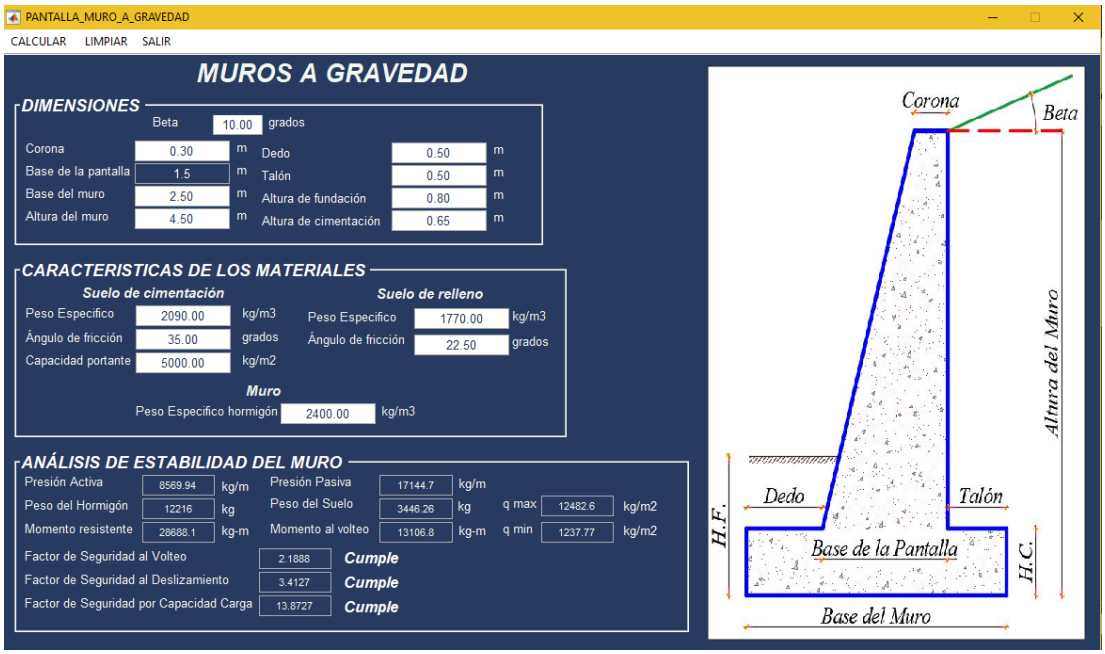
$$13.958 > 3 \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

Con estos resultados se puede concluir que el muro es estable.

4.1.1.4.Método con la aplicación desarrollada

El cálculo para el análisis de estabilidad del muro a gravedad mediante la aplicación desarrollada.





DIMENSIONES

Beta	10.00	grados			
Corona	0.30	m	Dedo	0.50	m
Base de la pantalla	1.5	m	Talón	0.50	m
Base del muro	2.50	m	Altura de fundación	0.80	m
Altura del muro	4.50	m	Altura de cimentación	0.65	m

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Suelo de cimentación			Suelo de relleno		
Peso Especifico	2090.00	kg/m3	Peso Especifico	1770.00	kg/m3
Ángulo de fricción	35.00	grados	Ángulo de fricción	22.50	grados
Capacidad portante	5000.00	kg/m2			

Muro

Peso Especifico hormigón 2400.00 kg/m3

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL MURO

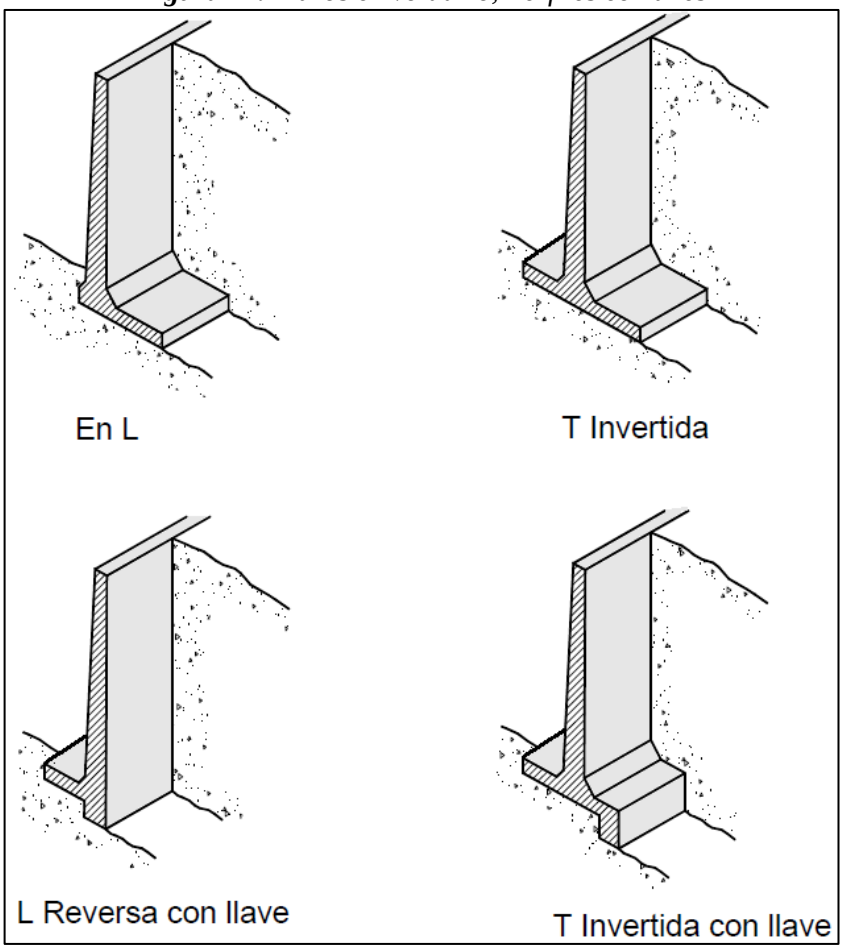
Presión Activa	8569.94	kg/m	Presión Pasiva	17144.7	kg/m			
Peso del Hormigón	12216	kg	Peso del Suelo	3446.26	kg	q max	12482.6	kg/m2
Momento resistente	28688.1	kg-m	Momento al volteo	13106.8	kg-m	q min	1237.77	kg/m2

Factor de Seguridad al Volteo	2.1888	*Cumple*
Factor de Seguridad al Deslizamiento	3.4127	*Cumple*
Factor de Seguridad por Capacidad Carga	13.8727	*Cumple*

4.1.2. Diseño de muros en volado o cantiléver

Este tipo de muros son los más difundidos en el campo de la ingeniería, están compuestos de hormigón armado, lo que los hace más flexibles que los muros a gravedad y cubren alturas de hasta 10 metros, ya sea por efectos económicos o por la falta de eficiencia frente a las fuerzas que actúan en alturas mayores.

Figura 14. *Muros en voladizo, Perfiles comunes*



Fuente: *Suarez Jaime*

Su forma de resistir el empuje de tierra es por medio de la acción en voladizo de una pantalla vertical empotrada en una losa horizontal (zapata), ambos adecuadamente reforzados para resistir los momentos y fuerzas cortantes a que están sujetos por la acción del suelo [13]; y su estabilidad depende en general del peso suelo que descansa sobre el pie del muro ayudando a impedir el volcamiento, entre mayor sea la longitud de la zapata mayor será la fricción suelo-muro mejorando así la seguridad del muro al

deslizamiento. Por lo general su perfil transversal es en forma de L o T invertida como se indica en la figura 14.

4.1.2.1.Pasos para el diseño muros en volado o cantiléver.

Para la estabilización de deslizamiento o taludes a través de muros en voladizo o cantiléver se recomienda utilizar el procedimiento indicado en la tabla 13.

Tabla 13. *Pasos a seguir en el diseño de muros en voladizo o cantiléver para estabilizar deslizamientos y taludes.*

Paso 1	**Obtención de información Geotécnica** En este primer paso se debe iniciar conociendo Topografía, extensión lateral, perfil del suelo, niveles freáticos, parámetros para el análisis (propiedades y caracterización del suelo), superficie de falla, sismicidad, etc.
Paso 2	**Pre dimensionar el muro** De acuerdo a la experiencia y conociendo la altura del muro se dimensionara este, para lo cual se puede utilizar las relaciones antes mencionadas.
Paso 3	**Calcular los coeficientes de empujes de tierra** Con el ángulo de fricción del suelo, el ángulo de inclinación del talud, el ángulo de inclinación del paramento interno del muro calcular los coeficientes activos y pasivos aplicando las ecuaciones 1 y 8, de acuerdo al tipo de cálculo a realizar.
Paso 4	**Calcular los empujes de suelo** Hallar la magnitud resultante de P_a y P_p sobre el muro y sus respectivos puntos de aplicación, para lo cual se puede hacer uso de las ecuaciones 5, 6 y 18 respectivamente
Paso 5	**Fuerzas verticales y Momentos** Con la ayuda de la tabla 8 se determinará la resultante V y el momento estabilizador que se generan por el peso del muro y del suelo. Al mismo

	tiempo determinar el momento de volcamiento con la aplicación de la ecuación 15.
Paso 6	**Evaluar factores de seguridad a deslizamiento, volcamiento, capacidad de soporte.** Calcular los factores de seguridad y modificar las dimensiones del muro hasta obtener los factores especificados para lo cual se deberá repetir desde el paso 3. Para la determinación de los factores de seguridad se hará uso de las ecuaciones 14, 16 y 18.
Paso 7	**Diseñar la estructura interna del muro** Se calculará la resistencia interna del muro y el refuerzo necesario para que este mantenga una correcta estabilidad. Se puede aplicar los conceptos de la sección 2.10 al no llegar a cumplir con los requerimientos especificados en esta sección se deberá redimensionar el muro.
Paso 8	**Detalles especiales** Calcular sub-drenajes, drenajes, elementos de fachada, etc.

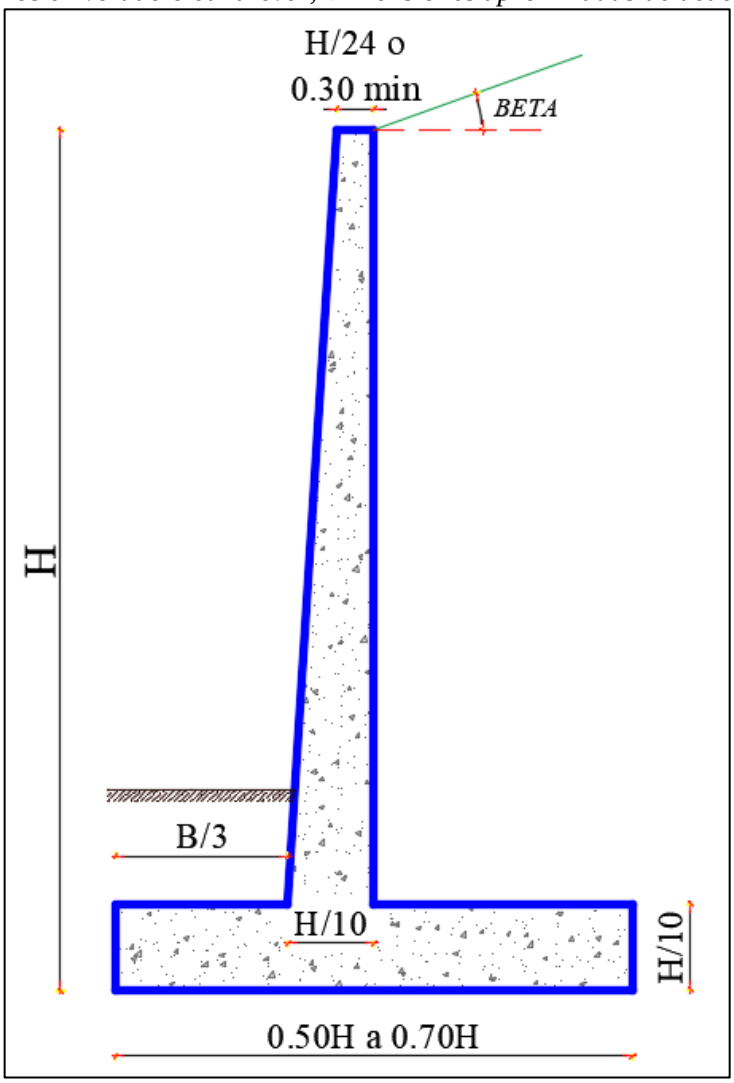
4.1.2.2.Pre dimensionar los muros en volado o cantiléver.

Una característica principal de estos muros es su pantalla son relativamente delgadas, con un espesor que oscila alrededor de (1/10) de la altura del muro, pero no menor a 0.30 m, claro está que depende de las fuerzas cortante y momentos flectores originados por el empuje de tierra. [13]

Se debe tener en cuenta también que el espesor de la base es función de las fuerzas cortantes y momentos flectores de las secciones situadas delante y detrás de la pantalla, por lo tanto, el espesor depende directamente de la posición de la pantalla en la base, si la dimensión de la puntera es de aproximadamente 1/3 del ancho de la base, el espesor de la base generalmente queda dentro de 1/10 de la altura del muro [13], (ver figura 15).

- La dimensión de la base de estos muros debe oscilar alrededor de 0,5 a 0,7 de la altura.
- El ancho de zapata debe ser 0.10 de la altura, considerando siempre que ésta debe ser lo suficientemente ancha para proporcionar estabilidad contra el volcamiento y deslizamiento, y para originar presiones de contacto no mayores que las máximas permisibles.
- Por la facilidad de trabajo, la parte superior del cuerpo (corona) debe ser mayor que 0.30 m o puede oscilar entre 1/24 de la altura para la colocación apropiada del concreto.
- La dimensión del dedo está en un valor de 1/3 de la longitud de la base del muro.

Figura 15. *Muros en volado o cantiléver, Dimensiones aproximadas de acuerdo a la altura*



Fuente: *Zavala Luis*

4.1.2.3.Ejemplo de muro en volado o cantiléver

1) Datos del ejercicio:
   a) Suelo de cimentación
   - Peso específico $\boldsymbol{\gamma_2 = 2160\ kg/m^3}$
   - Ángulo de fricción $\boldsymbol{\emptyset_2 = 30.00°}$
   - Capacidad portante $\boldsymbol{c'_2 = 8000\ kg/m^2}$

   b) Suelo de relleno
   - Peso específico $\boldsymbol{\gamma_1 = 1770\ kg/m^3}$
   - Ángulo de fricción $\boldsymbol{\emptyset_1 = 22.50°}$
   - Inclinación del relleno $\boldsymbol{\beta = 15.00°}$

   c) Muro
   - Altura del muro $\boldsymbol{H = 7.00\ m}$
   - Esfuerzo máximo hormigón $\boldsymbol{F'c = 240.00\ Kg/cm^2}$
   - Peso específico hormigón $\boldsymbol{\gamma_c = 2400\ kg/m^3}$
   - Esfuerzo máximo del acero $\boldsymbol{Fy = 4200.00\ Kg/cm^2}$
   - Profundidad de cimentación $\boldsymbol{D = 1.50\ m}$

2) Pre dimensionamiento

El pre dimensionamiento para la sección del muro en volado estará basado en la figura en la cual se toma un pre diseño en función de la altura del muro.

- Base del muro

$$\boldsymbol{Base = 0.50 * H}$$

$$Base = 0.50 * 7.00 = 3.50\ m$$

$$\boldsymbol{Base = 0.70 * H}$$

$$Base = 0.70 * 7.00 = 4.90\ m$$

$$\boldsymbol{Base} = \frac{3.50 + 4.90}{2} = \boldsymbol{4.20\ m}$$

- Corona del muro

$$\boldsymbol{Corona = \frac{H}{24}}$$

$$Corona = \frac{7.00}{24} = 0.29 \approx \mathbf{0.30\ m}$$

$$0.30\ m \geq 0.30\ m \rightarrow Ok$$

- Peralte de cimentación del muro

$$\boldsymbol{hc = \frac{H}{10}}$$

$$hc = \frac{7.00}{10} = \mathbf{0.70\ m}$$

- Dedo del muro

$$\boldsymbol{Dedo = \frac{B}{3}}$$

$$Dedo = \frac{4.20}{3} = \mathbf{1.40\ m}$$

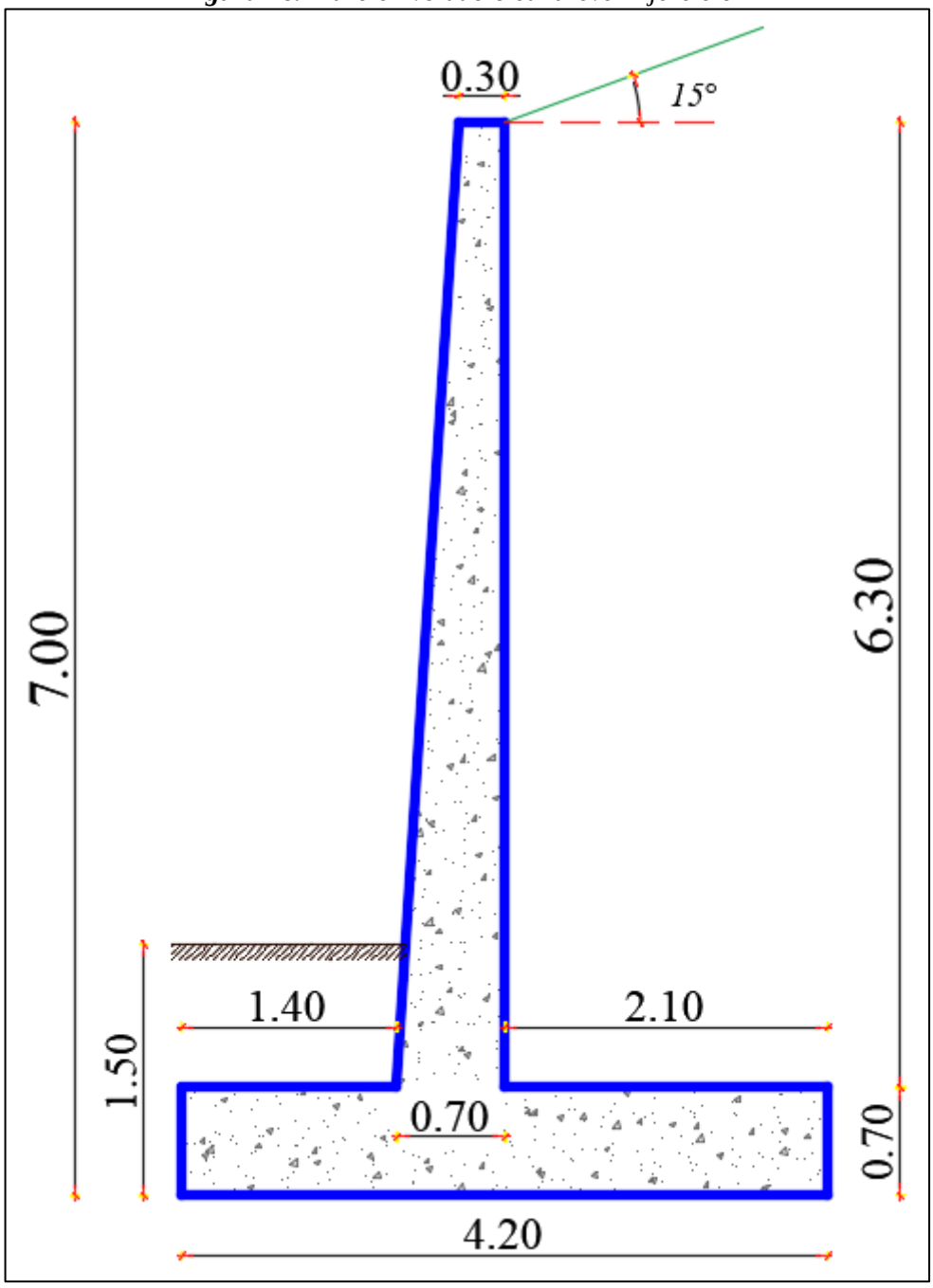
- Altura total

$$\boldsymbol{H' = H + H1}$$

$$H' = 7.00 + (2.10 * \tan 15°)$$

$$H' = 7.563$$

Figura 16. *Muro en volado o cantiléver Ejercicio 2*



Fuente: *Zavala Luis*

3) Presión lateral de tierras

En esta etapa del diseño se procede a determinar el empuje activo, presión activa, presión activa horizontal, presión activa vertical y empuje pasivo los cuales están en función del ángulo de inclinación del relleno, el ángulo de fricción del suelo de cimentación y el ángulo de fricción del suelo de relleno.

- Empuje activo

$$\boldsymbol{K_A = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}}$$

$$K_A = \cos 15° \frac{\cos 15° - \sqrt{\cos(15°)^2 - \cos(22.50°)^2}}{\cos 15° + \sqrt{\cos(15°)^2 - \cos(22.50°)^2}}$$

$$K_A = 0.530$$

- Presión activa

$$\boldsymbol{P_A = \frac{1}{2} K_A * \gamma * H^2}$$

$$P_A = \frac{1}{2} * 0.530 * 1770 * 7.00^2$$

$$P_A = 22962.339\ kg/m$$

- Presión en componente horizontal

$$\boldsymbol{P_h = P_A * \cos\beta}$$

$$P_h = 22962.339 * \cos(15°)$$

$$P_h = 22179.916\ kg/m$$

- Presión en componente vertical

$$\boldsymbol{P_v = P_A * sen\ \beta}$$

$$P_v = 22962.339 * \text{sen}(15°)$$

$$P_v = 5943.091\ kg/m$$

- Empuje pasivo

$$\boldsymbol{K_P = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}}$$

$$K_P = \cos 15° \frac{\cos 15° + \sqrt{\cos(15°)^2 - \cos(30°)^2}}{\cos 15° - \sqrt{\cos(15°)^2 - \cos(30°)^2}}$$

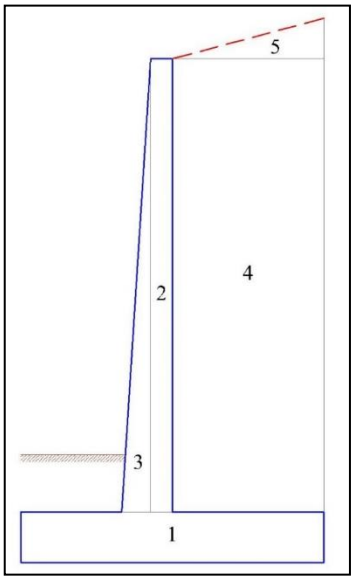
$$K_P = 2.502$$

4) Peso y momentos del muro

En este punto se procede a determinar el peso y momento del muro teniendo que se calculará para una longitud unitaria, los cuales servirán para determinar la estabilidad. El brazo de momento estará establecido como punto de referencia en la base del muro al lado izquierdo.

SECCIÓN	ÁREA (m^2)	PESO/ LONGITUD UNITARIA (kg/m)	BRAZO DE MOMENTO (m)	MOMENTO $(kg-m/m)$
1	2.94	7056.00	2.10	14817.60
2	1.89	4536.00	1.95	8845.20
3	1.26	3024.00	1.67	5050.08
4	13.23	23417.10	3.15	73763.865
5	0.59	1044.30	3.50	3655.05
		5943.091	4.20	24960.982
		45020.491		**131092.777**

Figura 17. *Formación de áreas en el muro en volado o cantiléver*



Fuente: *Zavala Luis*

5) Factores de seguridad del muro

- Factor de seguridad al volcamiento

$$\sum \boldsymbol{M_R = 131092.777\ kg - m/m}$$

$$\sum \boldsymbol{M_o = P_a * \frac{H'}{3}}$$

$$\sum M_o = 22962.339 * \frac{7.563}{3}$$

$$\sum M_o = 57888.057\ kg - m/m$$

$$\boldsymbol{FS_{volteo} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O}}$$

$$FS_{volteo} = \frac{131092.777}{57888.057} = 2.265$$

$$FS_{volteo} = 2.265 > 2 \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

- Factor de seguridad al desplazamiento

$$\boldsymbol{P_P = \frac{1}{2} K_P \gamma_2 D^2 + 2c'_2 D \sqrt{K_P}}$$

$$P_P = \frac{1}{2} * 2.502 * 2160 * 1.50^2 + 2 * 8000 * 1.50 * \sqrt{2.502}$$

$$P_P = 44042.368\ kg/m$$

$$\boldsymbol{FS_{deslizamiento} = \frac{\sum V \tan(k_1 \emptyset_2) + B(k_2 c_2) + P_P}{P_a \cos \alpha}}$$

$$FS_{deslizamiento} = \frac{45020.491 * \tan\left(\frac{1}{2} * 30\right) + 4.20 * \left(\frac{1}{2} * 8000\right) + 44042.368}{22179.916}$$

$$FS_{deslizamiento} = \frac{12063.204 + 16800 + 44042.368}{22179.916} = 3.287$$

$$FS_{deslizamiento} = 3.287 > 1.5 \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

- Factor de seguridad por capacidad de carga

$$\boldsymbol{e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_O}{\sum V}}$$

$$e = \frac{4.20}{2} - \frac{131092.777 - 57888.057}{45020.491}$$

$$e = 0.474\ m$$

$$\boldsymbol{e < \frac{B}{6}}$$

$$0.474 < \frac{4.20}{6}$$

$$0.474 < 0.7 \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

$$\boldsymbol{q_{máx} = \frac{\sum V}{B} * \left(1 + \frac{6e}{B}\right)}$$

$$q_{máx} = \frac{45020.491}{4.20} * \left(1 + \frac{6 * 0.474}{4.20}\right)$$

$$q_{máx} = 17977.570\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{q_{mín} = \frac{\sum V}{B} * \left(1 - \frac{6e}{B}\right)}$$

$$q_{mín} = \frac{45020.491}{4.20} * \left(1 - \frac{6 * 0.474}{4.20}\right)$$

$$q_{mín} = 3460.759\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{q_u = c_2{}'N_C F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}}$$

$$\boldsymbol{q = \gamma D}$$

$$q = 2160 * 1.50$$

$$q = 3240\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{N_q = tan^2\left(45 + \frac{\emptyset'}{2}\right) e^{\pi \tan \emptyset'}}$$

$$N_q = tan^2\left(45 + \frac{30}{2}\right) e^{\pi \tan 30}$$

$$N_q = 18.401$$

$$\boldsymbol{N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset'}$$

$$N_c = (18.401 - 1) \cot 30$$

$$N_c = 30.140$$

$$\boldsymbol{N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \emptyset'}$$

$$N_\gamma = 2(18.401 + 1) \tan 30$$

$$N_\gamma = 22.402$$

$$\frac{\boldsymbol{D}}{\boldsymbol{B'}} = \frac{1.50}{4.20 - 2(0.474)} = 0.461 \leq 1$$

$$\boldsymbol{F_{cd} = 1 + 0.4\left(\frac{D}{B'}\right)}$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4\left(\frac{1.50}{4.20 - 2(0.474)}\right)$$

$$F_{cd} = 1.185$$

$$\boldsymbol{F_{qd} = 1 + 2\tan\emptyset'\,(1 - sen\emptyset')^2\,\frac{D}{B'}}$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan(30)\,(1 - sen(30))^2\left(\frac{1.50}{4.20 - 2(0.474)}\right)$$

$$F_{qd} = 1.133$$

$$\boldsymbol{F_{\gamma d} = 1}$$

$$\boldsymbol{\psi^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{P_a\cos\alpha}{\sum V}\right)}$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{22179.916}{45020.491}\right)$$

$$\psi^\circ = 26.227$$

$$\boldsymbol{F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)^2}$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{26.227}{90}\right)^2$$

$$F_{ci} = F_{qi} = 0.502$$

$$\boldsymbol{F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi'}\right)^2}$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{26.228}{30}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = 0.016$$

$$\boldsymbol{q_u = c_2{}'N_C F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}}$$

$$q_u = (8000 * 30.140 * 1.185 * 0.502) + (3240 * 18.401 * 1.133 * 0.502) + \left(\frac{1}{2} * 2160 * 3.252 * 22.402 * 1.00 * 0.016\right)$$

$$q_u = 143435.054 + 33909.397 + 1258.871$$

$$q_u = 178603.322\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{FS_{capacidad\ de\ carga} = \frac{q_u}{q_{max}}}$$

$$FS_{capacidad\ de\ carga} = \frac{178603.322}{17977.570}$$

$$FS_{capacidad\ de\ carga} = 9.935$$

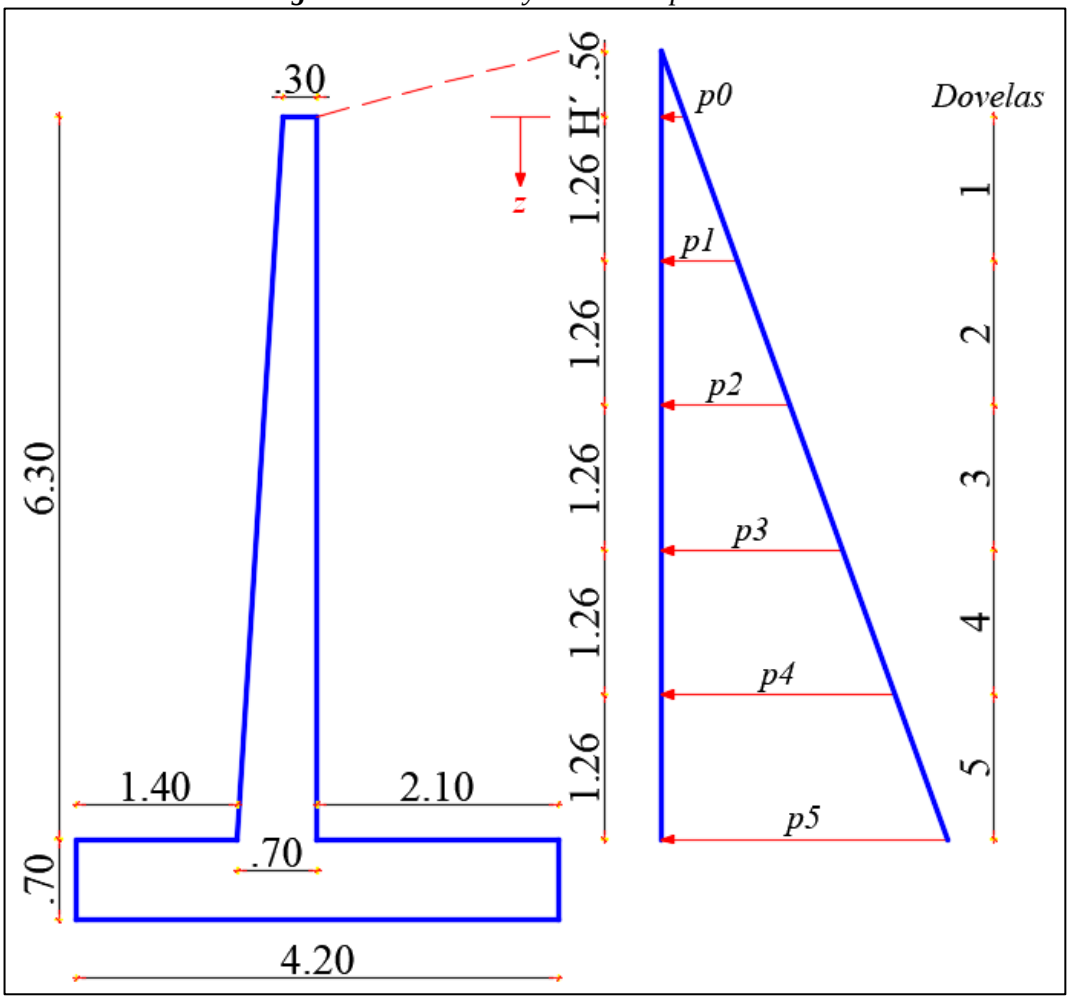
$$9.935 > 3 \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

Con estos resultados se puede concluir que el muro es estable.

6) Diseñar la estructura interna del muro

a) Diseño de la pantalla

Figura 18. *Presiones y momentos por dovelas*



Fuente: *Zavala Luis*

- Cálculo de presiones y momentos por dovelas

$$\boldsymbol{p_Z = K_A * \gamma * (z + H')}$$

$$p_0 = (0.530) * (1770) * (0 + 0.563)$$

$$p_0 = 528.150\ kg/m^2$$

$$p_1 = (0.530) * (1770) * (1.26 + 0.563)$$

$$p_1 = 1710.156\ kg/m^2$$

$$p_2 = (0.530) * (1770) * (2.52 + 0.563)$$

$$p_2 = 2892.162\ kg/m^2$$

$$p_3 = (0.530) * (1770) * (3.78 + 0.563)$$

$$p_3 = 4074.168\ kg/m^2$$

$$p_4 = (0.530) * (1770) * (5.04 + 0.563)$$

$$p_4 = 5256.174\ kg/m^2$$

$$p_5 = (0.530) * (1770) * (6.30 + 0.563)$$

$$p_5 = 6438.180\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{Mu = f\left(\frac{z^2}{6} * (2p_0 + pz)\right)}$$

$\boldsymbol{Dovela}$	$\boldsymbol{Z\ (m)}$	$\boldsymbol{Pz\ (kg/m)}$	$\boldsymbol{Mu\ (kg - m)}$
1	1.26	1710.156	1244.407
2	2.52	2892.162	7104.389
3	3.78	4074.168	20770.084
4	5.04	5256.174	45431.633
5	6.30	6438.180	84279.175

- Determinar el peralte para cada dovela en la pantalla

$$m = \frac{70 - 30}{6.30} = 6.349$$

$$d(i) = dm + mx$$

$$d(1) = 23 + (6.349 * 1.26)$$

$$d(1) = 31\ cm$$

$$d(2) = 23 + (6.349 * 2.52)$$

$$d(2) = 39\ cm$$

$$d(3) = 23 + (6.349 * 3.78)$$

$$d(3) = 47\ cm$$

$$d(4) = 23 + (6.349 * 5.04)$$

$$d(4) = 55\ cm$$

$$d(5) = 23 + (6.349 * 6.30)$$

$$d(5) = 63\ cm$$

- Verificación de espesor de pantalla
  - $Mu_{max} = 84279.175\ kg - m$
  - $f'c = 240\ Kg/cm^2$

$$\boldsymbol{d = \sqrt{\frac{Mu}{0.189 * \emptyset * f'c * bw}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{84279.175 * 100}{0.189 * 0.9 * 240 * 100}}$$

$$d = 45.436\ cm\ < 63\ cm \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

- Diseño a flexión
  - $f'c = 240\ Kg/cm^2$
  - $fy = 4200 \frac{Kg}{cm^2}$

$$K_{máx} = \frac{1}{2.36} = 0.424$$

$$\boldsymbol{\rho_{mín} = \frac{14}{fy}} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\boldsymbol{\rho_{máx} = 0.5 * \left(0.85 * \beta * \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{6120}{6120 + fy}\right)\right)}$$

$$\rho_{máx} = 0.5 * \left(0.85 * 0.85 * \frac{240}{4200} * \left(\frac{6120}{6120 + 4200}\right)\right)$$

$$\rho_{máx} = 0.0122$$

$$\boldsymbol{K = \frac{Mu}{\emptyset * bw * d^2 * f'c}}$$

$$\boldsymbol{\rho = \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * K}}{1.18}\right)}$$

$$\boldsymbol{As_{(cm^2)} = \rho * bw * d}$$

Dovela	$\boldsymbol{d\ (cm)}$	$\boldsymbol{Mu\ (kg - m)}$	$\boldsymbol{As\ (cm^2)}$	$\boldsymbol{As\ colocar}$
1	31	1244.407	10.23	3Ø25
2	39	7104.389	12.87	3Ø25
3	47	20770.084	15.51	3Ø25 + 1Ø16
4	55	45431.633	22.83	3Ø25 + 1Ø16 + 2Ø20
5	63	84279.175	37.72	3Ø25 + 1Ø16 + 2Ø20 + 3Ø25

- Acero de temperatura

$$\boldsymbol{As = 0.002 * b * t}$$

$$As = 0.002 * 100 * \frac{70 + 30}{2}$$

$$As = 10\ cm^2/m$$

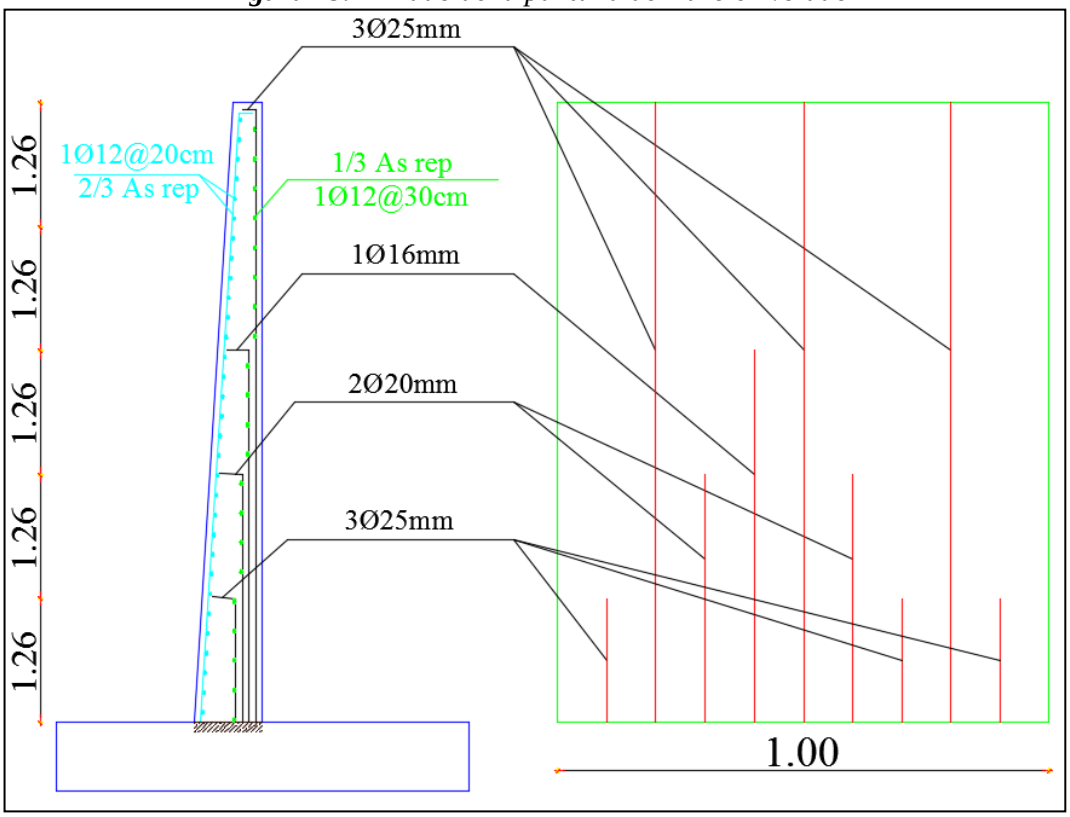
- Cara inferior

$$As_{inferior} = \frac{10}{3} = 3.33\ cm^2/m \rightarrow 1Ø12@30cm$$

- Cara superior

$$As_{superior} = 10 * \frac{2}{3} = 6.66\ cm^2/m \rightarrow 1Ø12@20cm$$

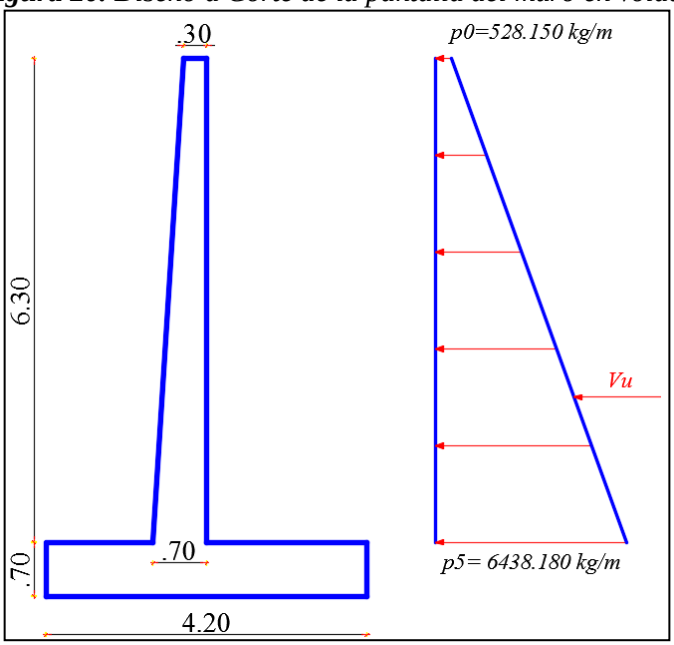
Figura 19. *Armado de la pantalla de muro en volado*



Fuente: *Zavala Luis*

- Diseño a corte

Figura 20. *Diseño a Corte de la pantalla del muro en volado*



Fuente: *ZAVALA Luis*

$$\boldsymbol{Vu = f\left((p_0 + p_5) * \frac{H}{2}\right)}$$

$$Vu = 1.7\left((528.150 + 6438.180) * \frac{6.30}{2}\right)$$

$$Vu = 37304.697\ kg$$

$$\boldsymbol{Vc = \frac{Vu}{\emptyset * bw * d}}$$

$$Vc = \frac{37304.697}{0.85 * 100 * 63}$$

$$Vc = 6.966\ kg/cm^2$$

$$\boldsymbol{V_{adm} = 0.53\sqrt{f'c}}$$

$$V_{adm} = 0.53\sqrt{240}$$

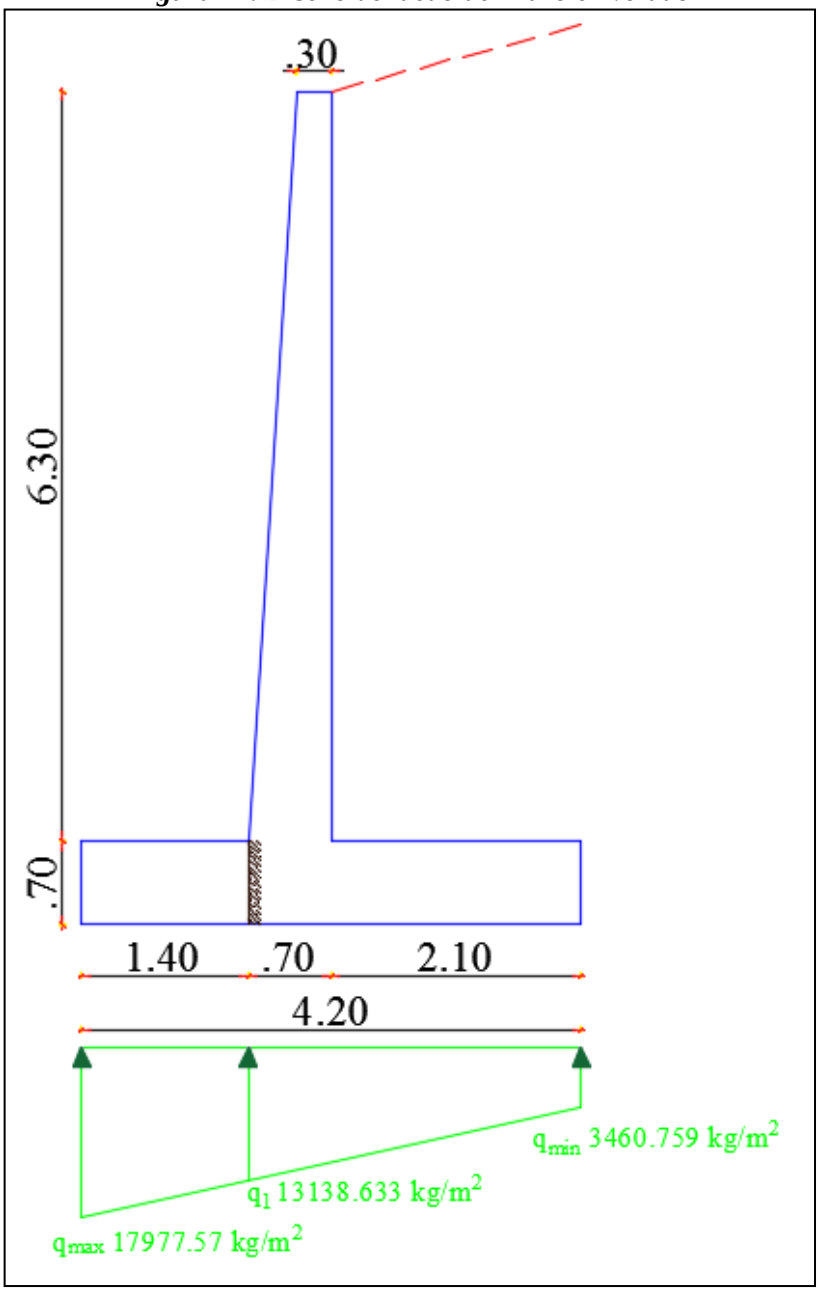
$$V_{adm} = 8.21\ kg/cm^2$$

$$Vc \leq V_{adm}$$

El valor del esfuerzo calculado es menor que el admisible, por lo que no se necesitaría refuerzo por solicitación de corte.

b) Diseño del dedo

Figura 21. *Diseño del dedo del muro en volado*



Fuente: *Zavala Luis*

$$\boldsymbol{m} = \frac{\boldsymbol{q_{max}} - \boldsymbol{q_{min}}}{\boldsymbol{B}}$$

$$m = \frac{17977.570 - 3460.759}{4.20}$$

$$m = 3456.384$$

$$\boldsymbol{q_{(X)} = q_{max} - mx}$$

$$q_{(1)} = 17977.570 - (3456.384 * 1.40)$$

$$q_{(1)} = 13138.633$$

- Diseño a corte

$$\boldsymbol{V = f\left(q_{máx}x - \frac{(m * x^2)}{2}\right)}$$

$$V = 1.7\left((17977.570 * 1.40) - \frac{(3456.384 * 1.40^2)}{2}\right)$$

$$V = 37028.281\ kg$$

$$\boldsymbol{Vc = \frac{Vu}{\emptyset * bw * d}}$$

$$Vc = \frac{37028.281}{0.85 * 100 * 63}$$

$$Vc = 6.915\ kg/cm^2$$

$$\boldsymbol{V_{adm} = 0.53\sqrt{f'c}}$$

$$V_{adm} = 0.53\sqrt{240}$$

$$V_{adm} = 8.21\ kg/cm^2$$

$$\boldsymbol{Vc \leq V_{adm} \rightarrow Ok}$$

Como el valor del esfuerzo calculado es menor que el admisible no se necesitaría armadura por solicitación de corte.

- Diseño a flexión
  - $f'c = 240\ Kg/cm^2$
  - $fy = 4200\ Kg/cm^2$

$$\boldsymbol{Mu = f\left(\frac{q_{máx}(x^2)}{2} - \frac{m(x^3)}{6}\right)}$$

$$Mu = 1.7\left(\frac{17977.570(1.40^2)}{2} - \frac{3456.384(1.40^3)}{6}\right)$$

$$Mu = 27263.408\ kg - m$$

$$K_{máx} = \frac{1}{2.36} = 0.424$$

$$\boldsymbol{K = \frac{Mu}{\emptyset * bw * d^2 * f'c}}$$

$$K = \frac{27263.408 * 100}{0.9 * 100 * (63)^2 * 240}$$

$$K = 0.0318$$

$$\boldsymbol{\rho_{mán} = \frac{14}{fy}} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\boldsymbol{\rho_{máx} = 0.5 * \left(0.85 * \beta * \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{6120}{6120 + fy}\right)\right)}$$

$$\rho_{máx} = 0.5 * \left(0.85 * 0.85 * \frac{240}{4200} * \left(\frac{6120}{6120 + 4200}\right)\right)$$

$$\rho_{máx} = 0.0122$$

$$\boldsymbol{\rho = \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * K}}{1.18}\right)}$$

$$\rho = \frac{240}{4200} * \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.0366}}{1.18}\right)$$

$$\rho = 0.0019$$

Se usará $\rho_{mín} = 0.0033$.

$$\boldsymbol{As_{(cm^2)} = \rho * bw * d}$$

$$As_{(cm^2)} = 0.0033 * 100 * 63$$

$$As_{(cm^2)} = 20.79$$

$$As_{(\emptyset)} = 1\emptyset 25@\ 25\ cm$$

- Acero de repartición

$$\boldsymbol{As = 0.002 * b * t}$$

$$As = 0.002 * 100 * 70$$

$$As = 14\ cm^2/m$$

$$1/3\ As_{rep} = \frac{14}{3} = 4.66\ cm^2/m \rightarrow 1\emptyset 12@25cm$$

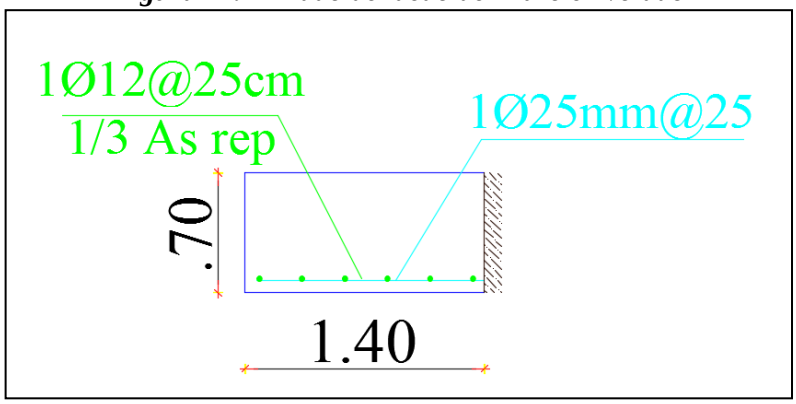
- Verificación del espesor del dedo
  - $f'c = 240\ Kg/cm^2$

$$\boldsymbol{d = \sqrt{\frac{Mu}{0.189 * \emptyset * f'c * bw}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{27263.408 * 100}{0.189 * 0.9 * 240 * 100}}$$

$$d = 25.84\ cm\ < 63\ cm \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

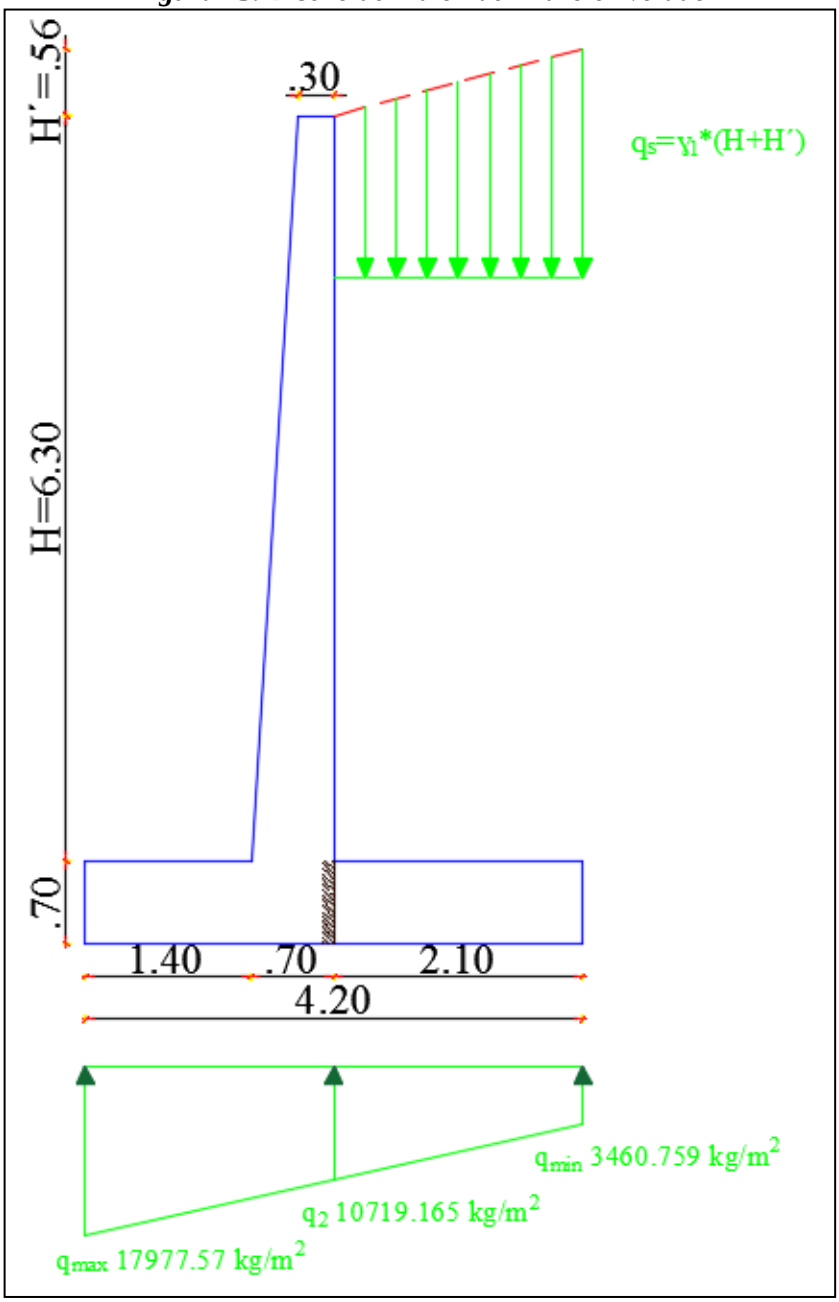
Figura 22. *Armado del dedo del muro en volado*



Fuente: *Zavala Luis*

c) Diseño del talón

Figura 23. *Diseño del Talón del Muro en volado*



Fuente: *Zavala Luis*

$$\boldsymbol{m = \frac{q_{máx} - q_{mín}}{B}}$$

$$m = \frac{17977.570 - 3460.759}{4.20}$$

$$m = 3456.384$$

$$\boldsymbol{q_{(X)} = q_{mín} + mx}$$

$$q_{(2)} = 3460.759 + (3456.384 * 2.10)$$

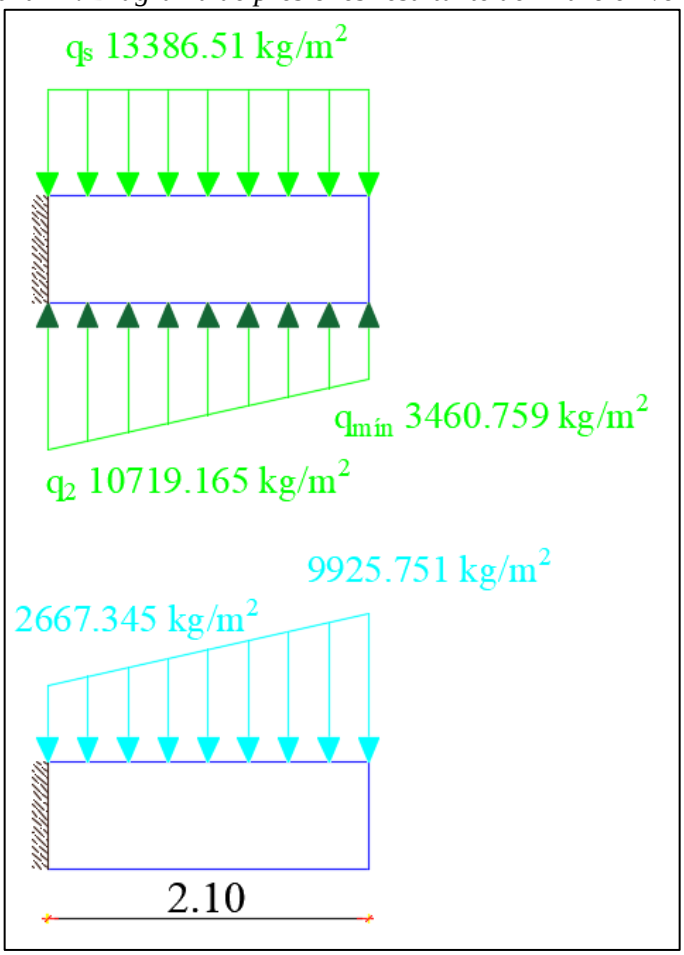
$$q_{(2)} = 10719.165\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{q_s = \gamma_1 * (H + H')}$$

$$q_s = 1770 * (7.563)$$

$$q_s = 13386.51\ kg/m^2$$

Figura 24. *Diagrama de presiones resultante del Muro en volado*



Fuente: *Zavala Luis*

$$\boldsymbol{m = \frac{q_{máx} - q_{mín}}{B}}$$

$$m = \frac{9925.751 - 2667.345}{2.10}$$

$$m = 3456.384$$

- Diseño a corte

$$\boldsymbol{V = f\left(q_{máx}x - \frac{(m * x^2)}{2}\right)}$$

$$V = 1.7\left((9925.751 * 2.10) - \frac{(3456.384 * 2.10^2)}{2}\right)$$

$$V = 22478.676\ kg$$

$$\boldsymbol{Vc = \frac{Vu}{\emptyset * bw * d}}$$

$$Vc = \frac{22478.676}{0.85 * 100 * 63}$$

$$Vc = 4.198\ kg/cm^2$$

$$\boldsymbol{V_{adm} = 0.53\sqrt{f'c}}$$

$$V_{adm} = 0.53\sqrt{240}$$

$$V_{adm} = 8.21\ kg/cm^2$$

$$Vc \leq V_{adm} \rightarrow Ok$$

Como el valor del esfuerzo calculado es menor que el admisible no se necesitaría armadura por solicitación de corte.

- Diseño a flexión
  - $f'c = 240\ Kg/cm^2$
  - $fy = 4200\ Kg/cm^2$

$$\boldsymbol{Mu = f\left(\frac{q_{máx}(x^2)}{2} - \frac{m(x^3)}{6}\right)}$$

$$Mu = 1.7\left(\frac{9925.751(2.10^2)}{2} - \frac{3456.384(2.10^3)}{6}\right)$$

$$Mu = 28137.298\ kg - m$$

$$K_{máx} = \frac{1}{2.36} = 0.424$$

$$\boldsymbol{K = \frac{Mu}{\emptyset * bw * d^2 * f'c}}$$

$$K = \frac{28137.298 * 100}{0.9 * 100 * (63)^2 * 240}$$

$$K = 0.0328$$

$$\boldsymbol{\rho_{mín} = \frac{14}{fy}} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\boldsymbol{\rho_{máx} = 0.5 * \left(0.85 * \beta * \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{6120}{6120 + fy}\right)\right)}$$

$$\rho_{máx} = 0.5 * \left(0.85 * 0.85 * \frac{240}{4200} * \left(\frac{6120}{6120 + 4200}\right)\right)$$

$$\rho_{máx} = 0.0122$$

$$\boldsymbol{\rho = \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * K}}{1.18}\right)}$$

$$\rho = \frac{240}{4200} * \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.0399}}{1.18}\right)$$

$$\rho = 0.0019$$

Se usará $\rho_{min} = 0.0033$.

$$\boldsymbol{As_{(cm^2)} = \rho * bw * d}$$

$$As_{(cm^2)} = 0.0033 * 100 * 63$$

$$As_{(cm^2)} = 20.79$$

$$As_{(\emptyset)} = 1\emptyset 25@\ 25\ cm$$

- Acero de repartición

$$\boldsymbol{As = 0.002 * b * t}$$

$$As = 0.002 * 100 * 70$$

$$As = 14\ cm^2/m$$

$$1/3\ As_{rep} = \frac{14}{3} = 4.66\ cm^2/m \rightarrow 1\emptyset 12@25\ cm$$

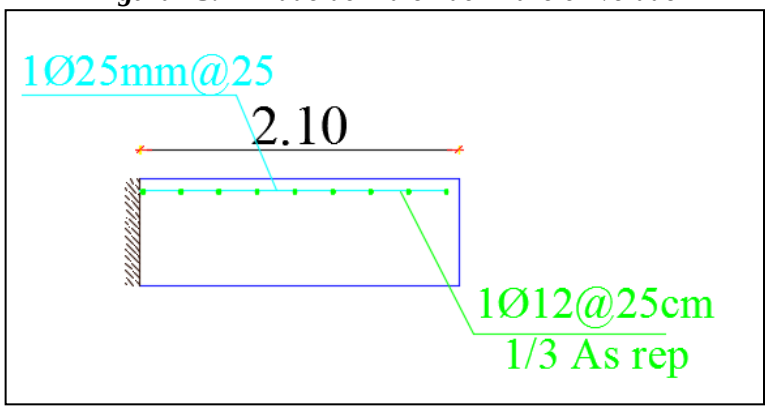
- Verificación del espesor del dedo
  - $f'c = 240\ Kg/cm^2$
  - $Mu = 335.288\ kN - m$

$$\boldsymbol{d = \sqrt{\frac{Mu}{0.189 * \emptyset * f'c * bw}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{28137.298 * 100}{0.189 * 0.9 * 240 * 100}}$$

$$d = 26.25\ cm\ < 63\ cm \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

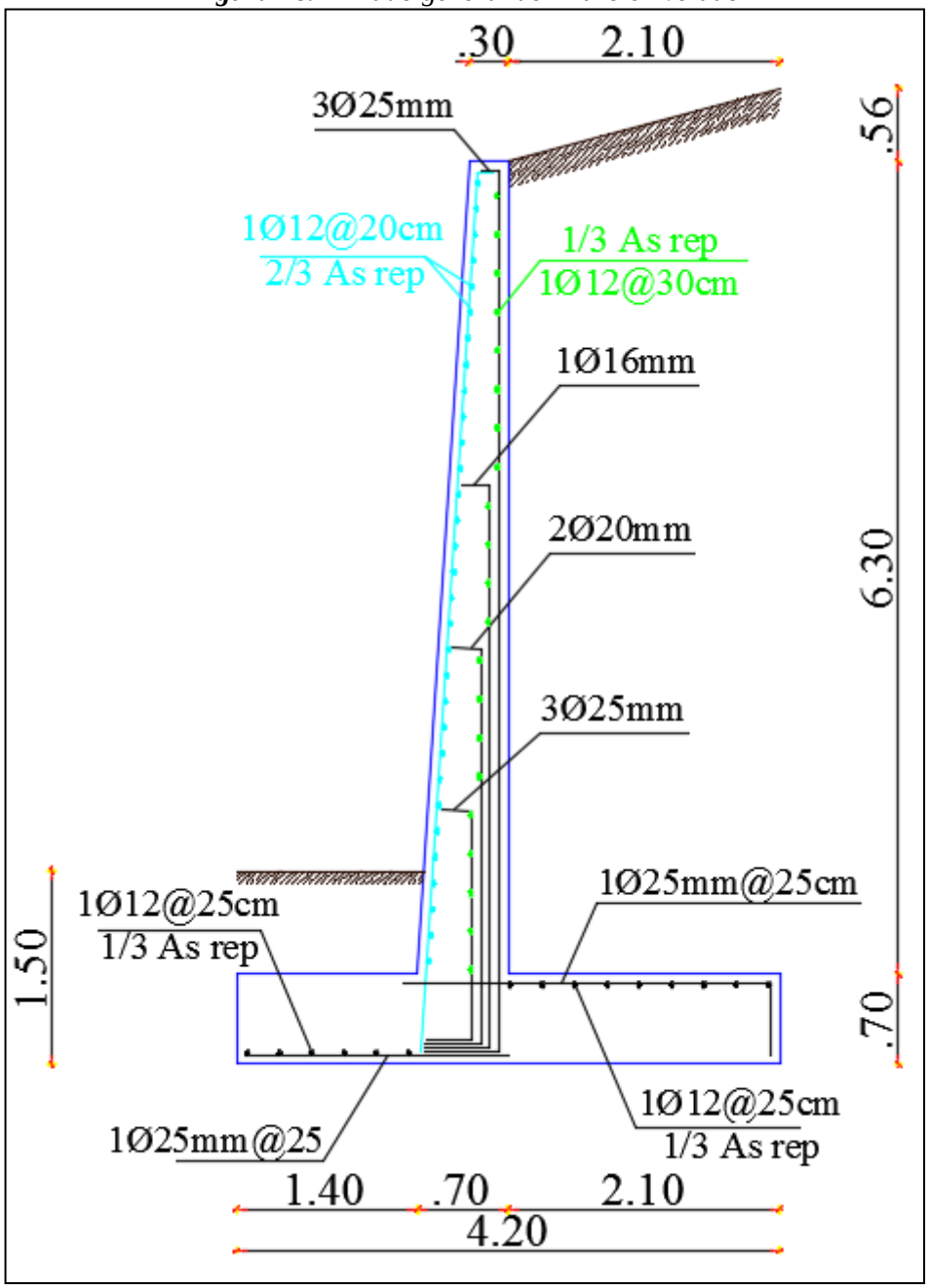
Figura 25. *Armado del Talón del Muro en volado*



Fuente: *Zavala Luis*

d) Armado general del muro

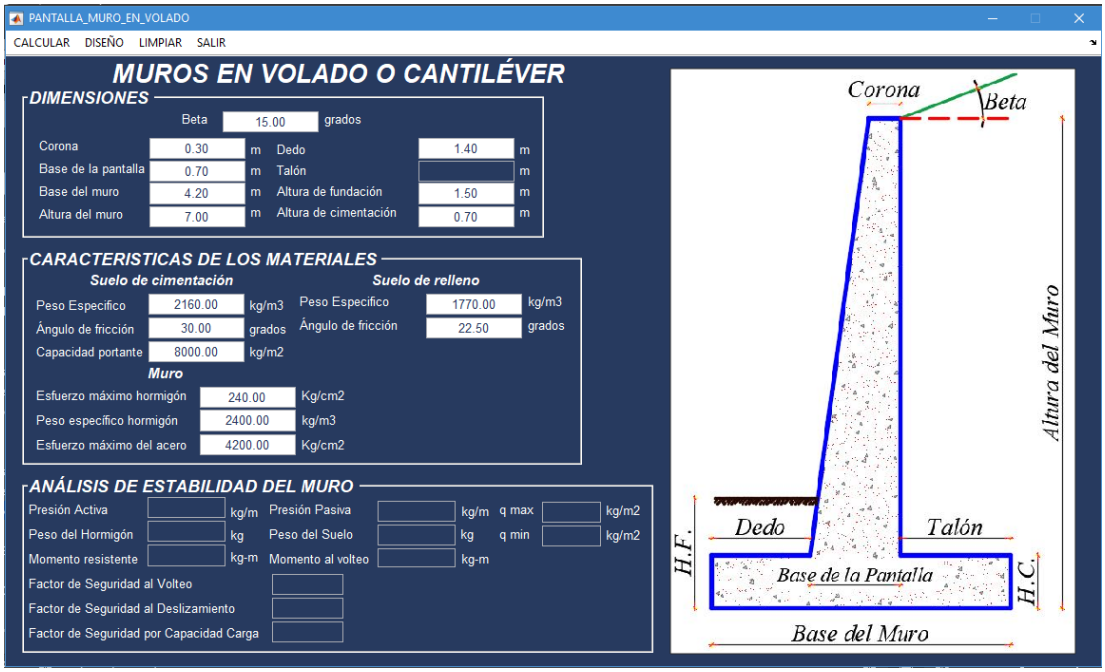
Figura 26. *Armado general del Muro en volado*

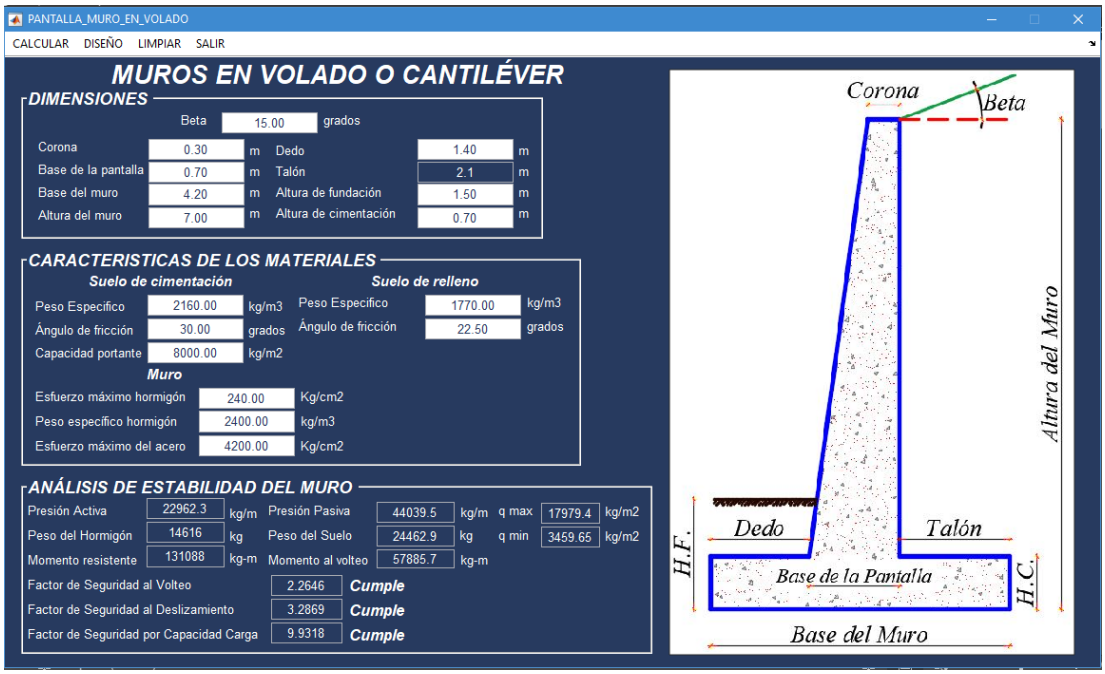


Fuente: *Zavala Luis*

4.1.2.4.Método con la aplicación desarrollada

El cálculo para el análisis de estabilidad del muro en volado o cantiléver se utilizará mediante la aplicación desarrollada.





DIMENSIONES

Beta	15.00	grados			
Corona	0.30	m	Dedo	1.40	m
Base de la pantalla	0.70	m	Talón	2.1	m
Base del muro	4.20	m	Altura de fundación	1.50	m
Altura del muro	7.00	m	Altura de cimentación	0.70	m

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Suelo de cimentación			Suelo de relleno		
Peso Especifico	2160.00	kg/m3	Peso Específico	1770.00	kg/m3
Ángulo de fricción	30.00	grados	Ángulo de fricción	22.50	grados
Capacidad portante	8000.00	kg/m2			

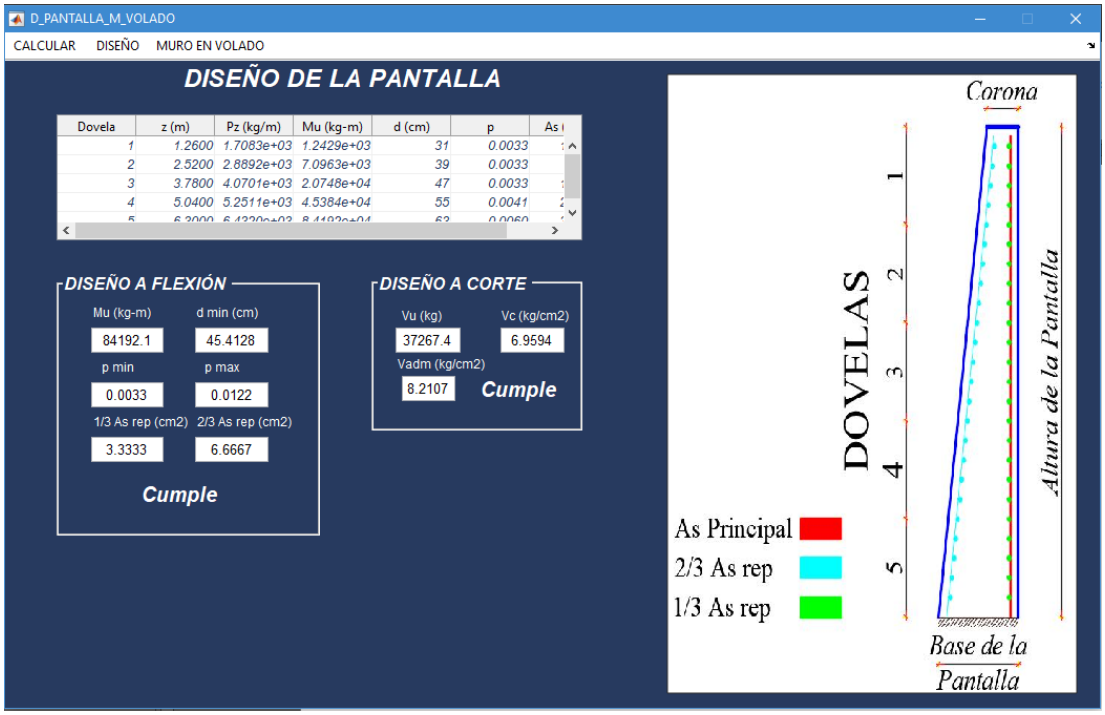
Muro

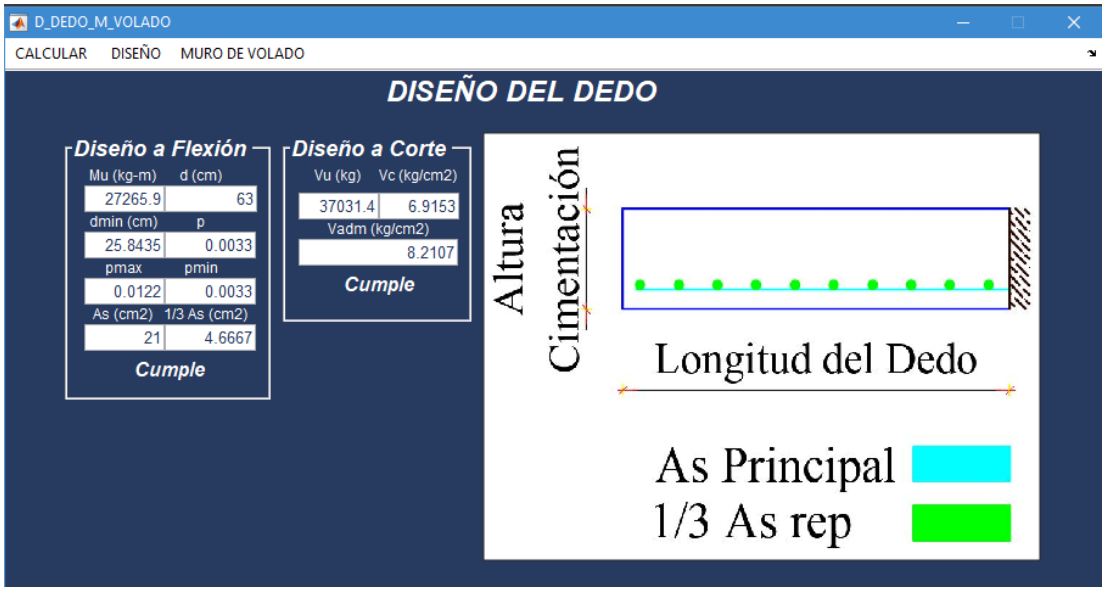
Esfuerzo máximo hormigón	240.00	Kg/cm2
Peso específico hormigón	2400.00	kg/m3
Esfuerzo máximo del acero	4200.00	Kg/cm2

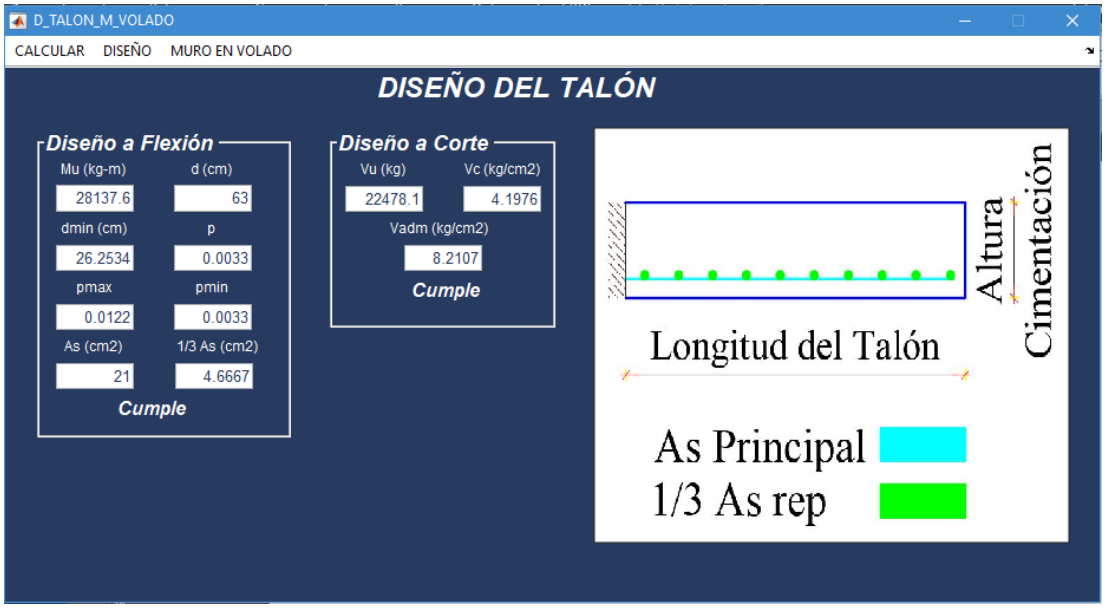
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL MURO

Presión Activa	22962.3	kg/m	Presión Pasiva	44039.5	kg/m	q max	17979.4	kg/m2
Peso del Hormigón	14616	kg	Peso del Suelo	24462.9	kg	q min	3459.65	kg/m2
Momento resistente	131088	kg-m	Momento al volteo	57885.7	kg-m			

Factor de Seguridad al Volteo	2.2646	***Cumple***
Factor de Seguridad al Deslizamiento	3.2869	***Cumple***
Factor de Seguridad por Capacidad Carga	9.9318	***Cumple***


D_PANTALLA_M_VOLADO
CALCULAR
DISEÑO
MURO EN VOLADO
DISEÑO DE LA PANTALLA
Dovela | z (m) | Pz (kg/m) | Mu (kg-m) | d (cm) | p | As
1 | 1.2600 | 1.7083e+03 | 1.2429e+03 | 31 | 0.0033
2 | 2.5200 | 2.8892e+03 | 7.0963e+03 | 39 | 0.0033
3 | 3.7800 | 4.0701e+03 | 2.0748e+04 | 47 | 0.0033
4 | 5.0400 | 5.2511e+03 | 4.5384e+04 | 55 | 0.0041
DISEÑO A FLEXIÓN
Mu (kg-m)
84192.1
d min (cm)
45.4128
p min
0.0033
p max
0.0122
1/3 As rep (cm2)
3.3333
2/3 As rep (cm2)
6.6667
Cumple
DISEÑO A CORTE
Vu (kg)
37267.4
Vc (kg/cm2)
6.9594
Vadm (kg/cm2)
8.2107
Cumple
Corona
DOVELAS
1
2
3
4
5
Altura de la Pantalla
As Principal
2/3 As rep
1/3 As rep
Base de la
Pantalla

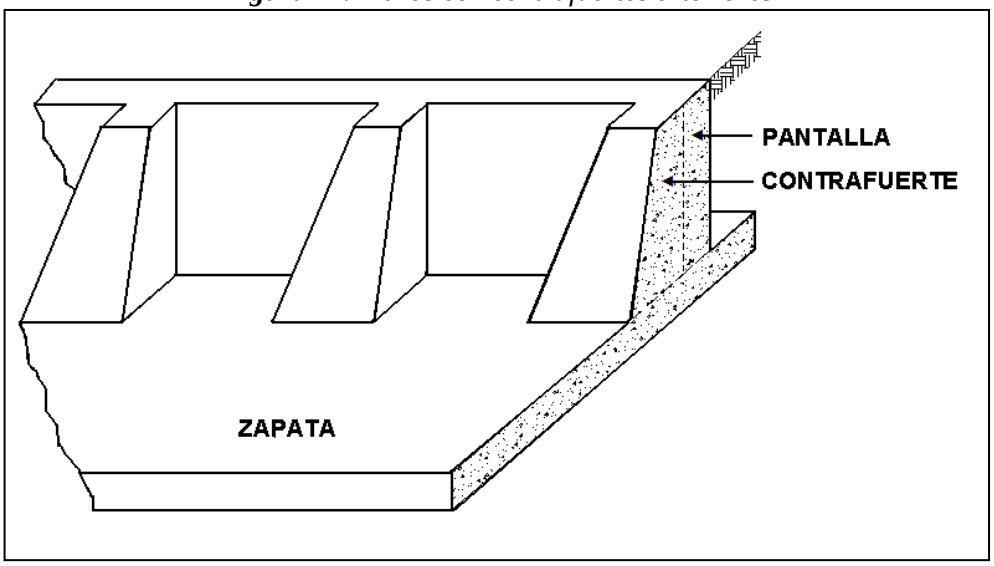

D_DEDO_M_VOLADO
CALCULAR
DISEÑO
MURO DE VOLADO
DISEÑO DEL DEDO
Diseño a Flexión
Mu (kg-m)
27265.9
d (cm)
63
dmin (cm)
25.8435
p
0.0033
pmax
0.0122
pmin
0.0033
As (cm2)
21
1/3 As (cm2)
4.6667
Cumple
Diseño a Corte
Vu (kg)
37031.4
Vc (kg/cm2)
6.9153
Vadm (kg/cm2)
8.2107
Cumple
Altura
Cimentación
Longitud del Dedo
As Principal
1/3 As rep


D_TALON_M_VOLADO
CALCULAR
DISEÑO
MURO EN VOLADO
DISEÑO DEL TALÓN
Diseño a Flexión
Mu (kg-m)
28137.6
d (cm)
63
dmin (cm)
26.2534
p
0.0033
pmax
0.0122
pmin
0.0033
As (cm2)
21
1/3 As (cm2)
4.6667
Cumple
Diseño a Corte
Vu (kg)
22478.1
Vc (kg/cm2)
4.1976
Vadm (kg/cm2)
8.2107
Cumple
Altura
Cimentación
Longitud del Talón
As Principal
1/3 As rep

4.1.3. Diseño de muros con contrafuertes

En los muros con contrafuertes el empuje del terreno es recibido por una pantalla y transmitido al suelo de cimentación por medio de una zapata. La unión entre pantalla y zapata se lleva a cabo por medio de contrafuertes, que pueden ser exteriores o interiores.

Figura 27. *Muros con contrafuertes exteriores*



El contrafuerte es un elemento de unión entre la pared vertical y la zapata, que evita el giro y colapso que pueda tener la pantalla debido al empuje de las tierras.

Generalmente, no se toma en cuenta el apoyo de la losa en la cimentación del muro, y se proyecta como si fuera una losa continúa apoyada en los contrafuertes. Con el fin de no reducir el espacio útil en frente del muro, los contrafuertes se colocan en la parte posterior, es decir, por dentro; esto aumenta el costo del muro, pues los contrafuertes trabajan a tensión y requieren gran cantidad de refuerzo.

4.1.3.1. Pasos para el diseño de muros con contrafuertes

Para la estabilización de deslizamiento o taludes a través de muros con contrafuertes se recomienda utilizar el procedimiento indicado en la tabla 14.

Tabla 14. *Pasos a seguir en el diseño de muros con contrafuertes*

Paso 1	**Obtención de información Geotécnica** En este primer paso se debe iniciar conociendo Topografía, extensión lateral, perfil del suelo, niveles freáticos, parámetros para el análisis (propiedades y caracterización del suelo), superficie de falla, sismicidad, etc.
Paso 2	**Pre dimensionar el muro** De acuerdo a la experiencia y conociendo la altura del muro se dimensionara este, para lo cual se puede utilizar las relaciones antes mencionadas.
Paso 3	**Calcular los coeficientes de empujes de tierra** Con el ángulo de fricción del suelo, el ángulo de inclinación del talud, el ángulo de inclinación del paramento interno del muro calcular los coeficientes activos y pasivos aplicando las ecuaciones 1 y 8, de acuerdo al tipo de cálculo a realizar.
Paso 4	**Calcular los empujes de suelo** Hallar la magnitud resultante de P_a y P_p sobre el muro y sus respectivos puntos de aplicación, para lo cual se puede hacer uso de las ecuaciones 5, 6 y 18 respectivamente
Paso 5	**Fuerzas verticales y Momentos** Con la ayuda de la tabla 8 se determinará la resultante V y el momento estabilizador que se generan por el peso del muro y del suelo. Al mismo tiempo determinar el momento de volcamiento con la aplicación de la ecuación 15.
Paso 6	**Evaluar factores de seguridad a deslizamiento, volcamiento, capacidad de soporte.**

	Calcular los factores de seguridad y modificar las dimensiones del muro hasta obtener los factores especificados para lo cual se deberá repetir desde el paso 3. Para la determinación de los factores de seguridad se hará uso de las ecuaciones 14, 16 y 18.
Paso 7	**Diseñar la estructura interna del muro** Se calculará la resistencia interna del muro y el refuerzo necesario para que este mantenga una correcta estabilidad. Se puede aplicar los conceptos de la sección 2.10 al no llegar a cumplir con los requerimientos especificados en esta sección se deberá redimensionar el muro.
Paso 8	**Detalles especiales** Calcular sub-drenajes, drenajes, elementos de fachada, etc.

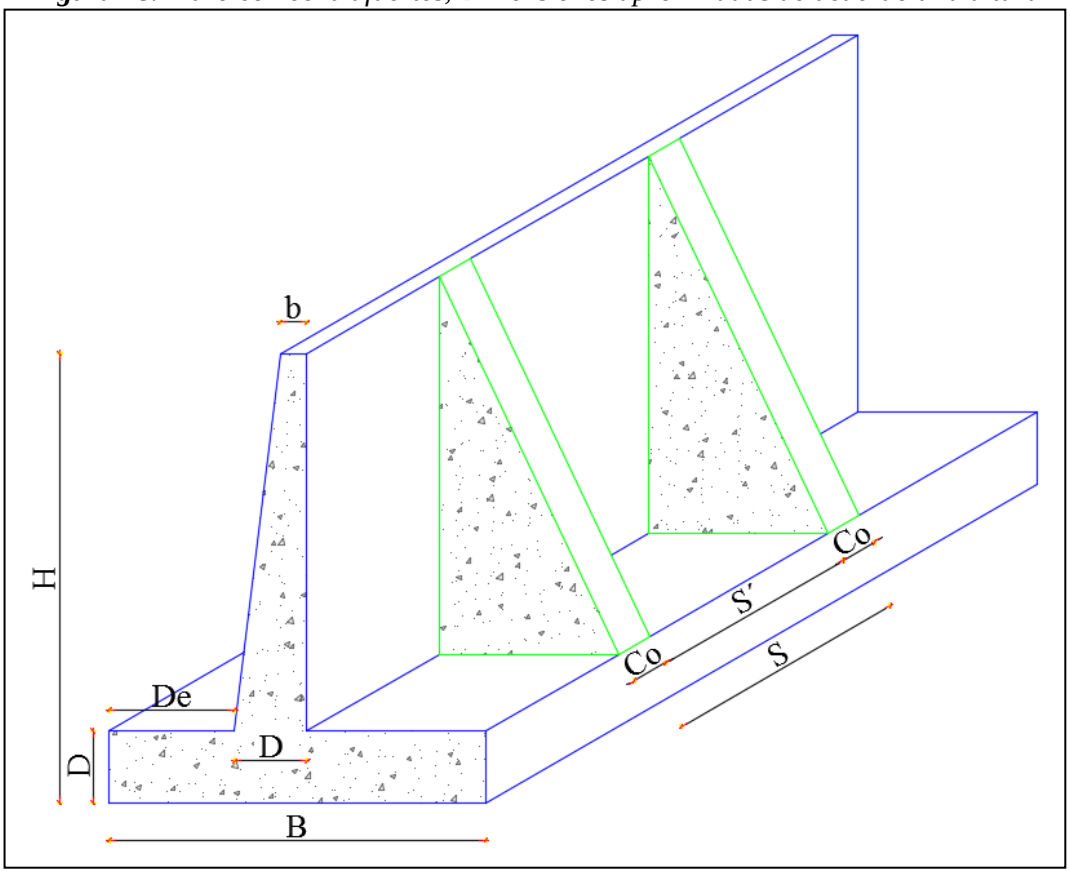
4.1.3.2. Pre dimensionamiento de muros con contrafuertes

Para diseñar este tipo de muros, al igual que en los muros de gravedad y en los muros en voladizo seguiremos una secuencia de pasos como la que se indicará a continuación, a diferencia de que en los muros de este tipo, el diseño se realiza para un tramo (s) de longitud de muro.

Las dimensiones tentativas para pre dimensionar estos muros son las siguientes:

- El espesor de la corona debe tener como mínimo treinta centímetros.
- El ancho de la base del muro debe estar alrededor del 0.50 a 0.70 de la altura del muro.
- El ancho de la zapata debe estar entre 1/14 a 1/12 de la altura del muro, considerando que esta debe ser lo suficientemente ancha para proporcionar estabilidad contra el volcamiento y deslizamiento.
- La dimensión del dedo está en un valor de 1/4 a 1/2 de la base del muro.
- Para determinar la separación entre los contrafuertes (s) podemos utilizar las siguientes expresiones $s = 0.75 + 0.30H$. De esta expresión el valor de (s) separación no podrá ser mayor a 3 metros.
- El espesor del contrafuerte (c) se recomienda con un valor de 1/20 de la altura del muro, pero su espesor mínimo será de 25 centímetros.

Figura 28. *Muro con contrafuertes, Dimensiones aproximadas de acuerdo a la altura*



Fuente: *Zavala Luis*

4.1.3.3.Ejemplo de muro con contrafuertes

1) Datos del ejercicio:
   a) Suelo de cimentación
   - Peso específico $\boldsymbol{\gamma_2 = 2070\ kg/m^3}$
   - Ángulo de fricción $\emptyset_2 = \mathbf{32.50°}$
   - Capacidad portante $\boldsymbol{c'_2 = 9000\ kg/m^2}$

   b) Suelo de relleno
   - Peso especifico $\boldsymbol{\gamma_1 = 1270\ kg/m^3}$
   - Ángulo de fricción $\emptyset_1 = \mathbf{15.00°}$
   - Inclinación del relleno $\boldsymbol{\beta = 10.00°}$

   c) Muro
   - Altura del muro $\boldsymbol{H = 10.00\ m}$
   - Esfuerzo máximo hormigón $\boldsymbol{F'c = 240.00\ Kg/cm^2}$
   - Peso específico hormigón $\boldsymbol{\gamma_c = 2400\ kg/m^3}$
   - Esfuerzo máximo del acero $\boldsymbol{Fy = 4200.00\ Kg/cm^2}$
   - Profundidad de cimentación $\boldsymbol{D = 2.00\ m}$

2) Pre dimensionamiento

El pre dimensionamiento para la sección del muro a gravedad estará basado en la figura en la cual se toma un pre diseño en función de la altura del muro.

- Base del muro

$$\boldsymbol{Base = 0.50 * H} = 0.50 * 10.00 = 5.00\ m$$

$$\boldsymbol{Base = 0.70 * H} = 0.70 * 10.00 = 7.00\ m$$

$$\boldsymbol{Base} = \frac{5.00 + 7.00}{2} = \boldsymbol{6.00\ m}$$

- Corona del muro

$$\boldsymbol{Corona = \frac{H}{24}}$$

$$Corona = \frac{10.00}{24} = 0.417 \approx \mathbf{0.40\ m}$$

- Peralte de cimentación del muro

$$\boldsymbol{hc = \frac{H}{14}} = \frac{10.00}{14} = 0.71\ m$$

$$\boldsymbol{hc = \frac{H}{12}} = \frac{10.00}{12} = 0.83\ m$$

$$hc = \frac{0.71 + 0.83}{2} = 0.77\ \approx \mathbf{0.90\ m}$$

- Dedo del muro

$$\boldsymbol{Dedo = \frac{B}{4}} = \frac{6.00}{4} = 1.50\ m$$

$$\boldsymbol{Dedo = \frac{B}{2}} = \frac{6.00}{2} = 3.00\ m$$

$$Dedo = \frac{1.50 + 3.00}{2} = \mathbf{2.25\ m}$$

- Altura total

$$\boldsymbol{H' = H + H1}$$

$$H' = 10.00 + (2.95 * \tan 10°)$$

$$H' = 10.52\ m$$

- Separación de los contrafuertes

$$\boldsymbol{s = 0.75 + 0.30H}$$

$$s = 0.75 + (0.30 * 10.00)$$

$$s = 3.75\ m\ se\ asume\ \boldsymbol{s = 3.00\ m}$$

- Espesor del contrafuerte

$$\boldsymbol{c = \frac{H}{20}}$$

$$c = \frac{10.00}{20} = 0.50\ m\ se\ asume\ \boldsymbol{c = 0.55\ m}$$

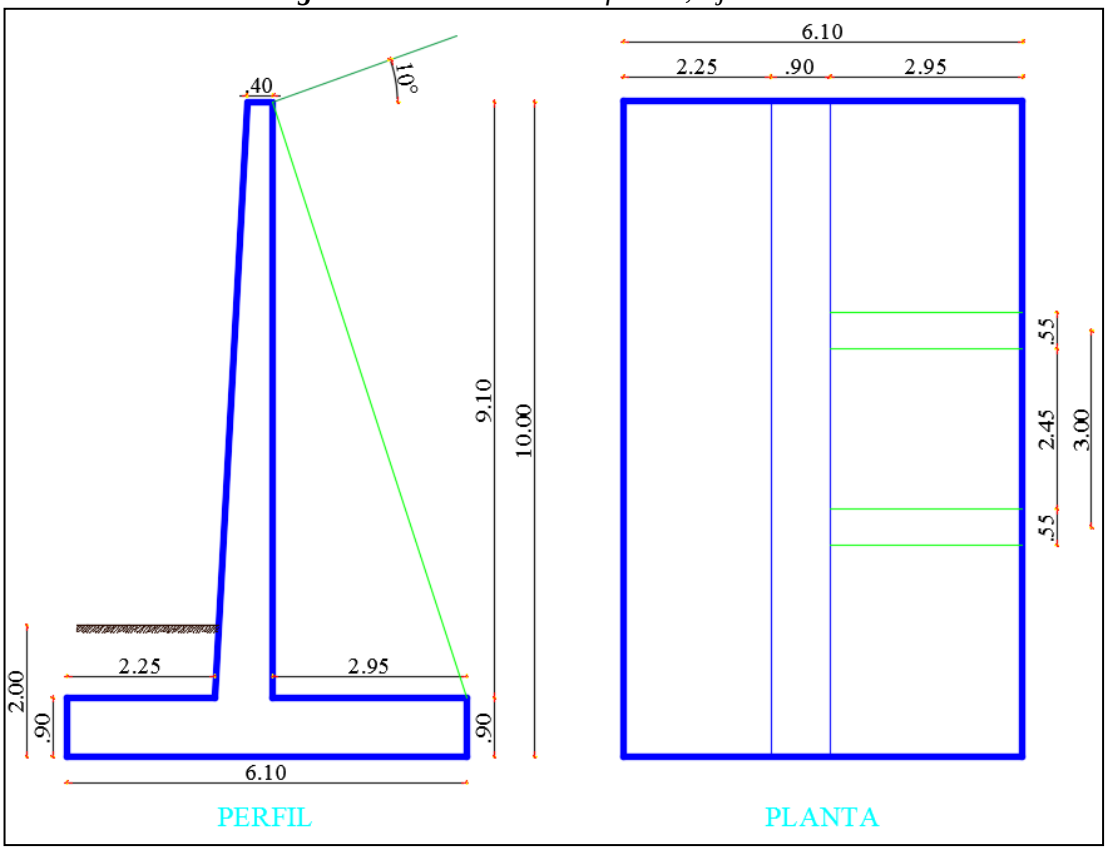
- Separación libre entre contrafuertes

$$\boldsymbol{s' = s - c}$$

$$s' = 3.0 - 0.4$$

$$s' = 2.45\ m$$

Figura 29. *Muro con contrafuertes, Ejercicio 3*



Fuente: *Zavala Luis*

3) Presión lateral de tierras

En esta etapa del diseño se procede a determinar el empuje activo, presión activa, presión activa horizontal, presión activa vertical y empuje pasivo los cuales están en

función del ángulo de inclinación del relleno, el ángulo de fricción del suelo de cimentación y el ángulo de fricción del suelo de relleno.

- Empuje activo

$$\boldsymbol{K_A = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}}$$

$$K_A = \cos 10° \frac{\cos 10° - \sqrt{\cos(10°)^2 - \cos(15°)^2}}{\cos 10° + \sqrt{\cos(10°)^2 - \cos(15°)^2}}$$

$$K_A = 0.664$$

- Presión activa

$$\boldsymbol{P_A = \frac{1}{2} K_A * \gamma * H^2}$$

$$P_A = \frac{1}{2} * 0.664 * 1270 * 10.00^2$$

$$P_A = 42136.662\ kg/m$$

- Presión activa en el contrafuerte

$$\boldsymbol{PA_C = P_A * s}$$

$$PA_C = 42136.662 * 3$$

$$PA_C = 126409.986\ kg$$

- Presión en componente horizontal

$$\boldsymbol{P_h = P_A * \cos\beta}$$

$$P_h = 42136.662 * \cos(10°)$$

$$P_h = 41496.511\ kg/m$$

- Presión en componente horizontal del contrafuerte

$$\boldsymbol{PAh_C = PA_C * \cos\beta}$$

$$PAh_C = 126409.986 * \cos(10°)$$

$$PAh_C = 124489.534\ kg/m$$

- Presión en componente vertical

$$\boldsymbol{P_v = P_A * sen\ \beta}$$

$$P_v = 126409.986 * \text{sen}(10°)$$

$$P_v = 7316.955\ kg/m$$

- Presión en componente vertical del contrafuerte

$$\boldsymbol{PAv_C = PA_C * sen\ \beta}$$

$$PAv_C = 126409.986 * \text{sen}(10°)$$

$$P_v = 21950.864\ kg/m$$

- Empuje pasivo

$$\boldsymbol{K_P = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\emptyset}}}$$

$$K_P = \cos 10° \frac{\cos 10° + \sqrt{\cos(10°)^2 - \cos(32.50°)^2}}{\cos 10° - \sqrt{\cos(10°)^2 - \cos(32.50°)^2}}$$

$$K_P = 3.087$$

- Presión pasiva

$$\boldsymbol{P_P = \frac{1}{2} K_P \gamma_2 D^2 + 2c'_2 D\sqrt{K_P}}$$

$$P_P = \frac{1}{2} * 3.087 * 2070 * 2.00^2 + 2 * 9000 * 2.00 * \sqrt{3.087}$$

$$P_P = 79035.260\ kg/m$$

- Presión pasiva en el contrafuerte

$$\boldsymbol{PP_C = P_P * s}$$

$$PP_C = 79035.260 * 3$$

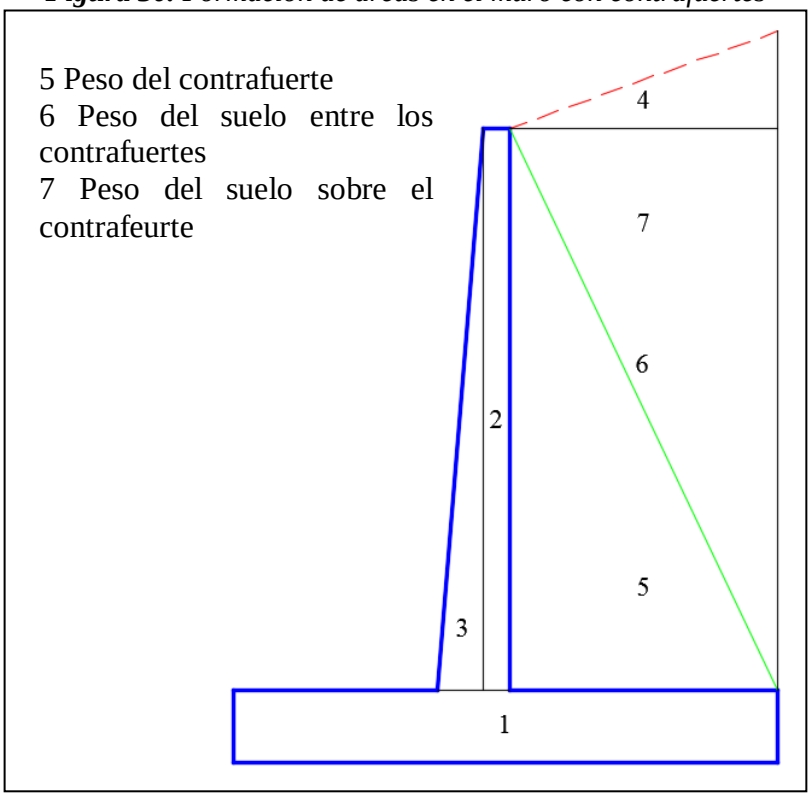
$$PP_C = 228105.779\ kg$$

4) Peso y momentos del muro

En este punto se procede a determinar el peso y momento del muro teniendo que se calculará para una longitud unitaria, los cuales servirán para determinar la estabilidad. El brazo de momento estará establecido como punto de referencia en la base del muro al lado izquierdo.

SEC.	ÁREA (m^2)	VOLUMEN (m^3)	PESO (kg)	BRAZO DE MOMENTO (m)	MOMENTO $(kg-m)$
1	5.90	16.47	39528	3.05	120560.400
2	3.64	10.92	26208	2.95	77313.600
3	2.275	6.825	16380	2.583	42315.000
4	0.767	2.302	2923.195	5.117	14957.014
5	13.423	7.382	17717.7	4.133	73233.160
6	26.845	65.770	83528.218	4.625	386318.006
7	13.423	7.382	9375.616	5.117	47971.903
			21950.864	6.10	133900.269
			217611.592		**896569.352**

Figura 30. *Formación de áreas en el muro con contrafuertes*



Fuente: *Zavala Luis*

5) Factores de seguridad del muro

- Factor de seguridad al volcamiento

$$\sum \boldsymbol{M_R = 896569.352\ kg - m}$$

$$\sum \boldsymbol{M_o = P_a * \frac{H'}{3}}$$

$$\sum M_o = 126409.986 * \frac{10.52}{3}$$

$$\sum M_o = 443284.619\ kg - m$$

$$\boldsymbol{FS_{volteo} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O}}$$

$$FS_{volteo} = \frac{896569.352}{443284.619} = 2.023$$

$$FS_{volteo} = 2.023 > 2 \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

- Factor de seguridad al desplazamiento

$$\boldsymbol{FS_{deslizamiento} = \frac{\sum V \tan(k_1 \emptyset_2) + B(k_2 c_2) + P_P}{P_a \cos \alpha}}$$

$$FS_{desliz.} = \frac{217611.592 * \tan\left(\frac{1}{2} * 32.50\right) + 6.10 * \left(\frac{1}{2} * 9000\right) + 228105.779}{124489.534}$$

$$FS_{deslizamiento} = \frac{63427.995 + 27450 + 228105.779}{124489.534} = 2.562$$

$$FS_{deslizamiento} = 2.562 > 1.5 \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

- Factor de seguridad por capacidad de carga

$$\boldsymbol{e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_O}{\sum V}}$$

$$e = \frac{6.10}{2} - \frac{896569.352 - 443284.619}{217611.592} = 0.967\ m$$

$$\boldsymbol{e < \frac{B}{6}}$$

$$0.967 < \frac{6.10}{6}$$

$$0.967 < 1.017 \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

$$\boldsymbol{q_{máx} = \frac{\sum V}{B} * \left(1 + \frac{6e}{B}\right)}$$

$$q_{máx} = \frac{217611.592}{6.10} * \left(1 + \frac{6 * 0.967}{6.10}\right)$$

$$q_{máx} = 69605.299\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{q_{mín} = \frac{\sum V}{B} * \left(1 - \frac{6e}{B}\right)}$$

$$q_{mín} = \frac{217611.592}{6.10} * \left(1 - \frac{6 * 0.967}{6.10}\right)$$

$$q_{mín} = 1742.764\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{q_u = c_2{}'N_C F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}}$$

$$\boldsymbol{q = \gamma D}$$

$$q = 2070 * 2.00$$

$$q = 4140\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{N_q = tan^2\left(45 + \frac{\emptyset'}{2}\right)e^{\pi \tan \emptyset'}}$$

$$N_q = tan^2\left(45 + \frac{32.50}{2}\right)e^{\pi \tan 32.50}$$

$$N_q = 24.585$$

$$\boldsymbol{N_c = (N_q - 1)\cot \emptyset'}$$

$$N_c = (24.585 - 1)\cot 32.50$$

$$N_c = 37.020$$

$$\boldsymbol{N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan \emptyset'}$$

$$N_\gamma = 2(24.585 + 1)\tan 32.50$$

$$N_\gamma = 32.598$$

$$\boldsymbol{\frac{D}{B'}} = \frac{2.00}{6.10 - 2(0.967)} = 0.480 \leq 1$$

$$\boldsymbol{F_{cd} = 1 + 0.4\left(\frac{D}{B'}\right)}$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4\left(\frac{2.00}{6.10 - 2(0.967)}\right)$$

$$F_{cd} = 1.192$$

$$\boldsymbol{F_{qd} = 1 + 2\tan \emptyset' (1 - sen\emptyset')^2 \frac{D}{B'}}$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan(32.50)(1 - sen(32.50))^2\left(\frac{2.00}{6.10 - 2(0.967)}\right)$$

$$F_{qd} = 1.131$$

$$\boldsymbol{F_{\gamma d} = 1}$$

$$\boldsymbol{\psi^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{P_a \cos \alpha}{\sum V}\right)}$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{41496.511}{217611.592}\right)$$

$$\psi^\circ = 10.796$$

$$\boldsymbol{F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)^2}$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{10.796}{90}\right)^2$$

$$F_{ci} = F_{qi} = 0.775$$

$$\boldsymbol{F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi'}\right)^2}$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{10.796}{32.50}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = 0.446$$

$$\boldsymbol{q_u = c_2{}' N_C F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}}$$

$$q_u = (9000 * 37.02 * 1.192 * 0.775) + (4140 * 24.585 * 1.131 * 0.775) + \left(\frac{1}{2} * 2070 * 4.166 * 32.598 * 1.00 * 0.446\right)$$

$$q_u = 307791.684 + 89214.380 + 62688.147$$

$$q_u = 3588.330\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{FS_{capacidad\ de\ carga} = \frac{q_u}{q_{máx}}}$$

$$FS_{capacidad\ de\ carga} = \frac{459694.211}{69605.299}$$

$$FS_{capacidad\ de\ carga} = 6.604$$

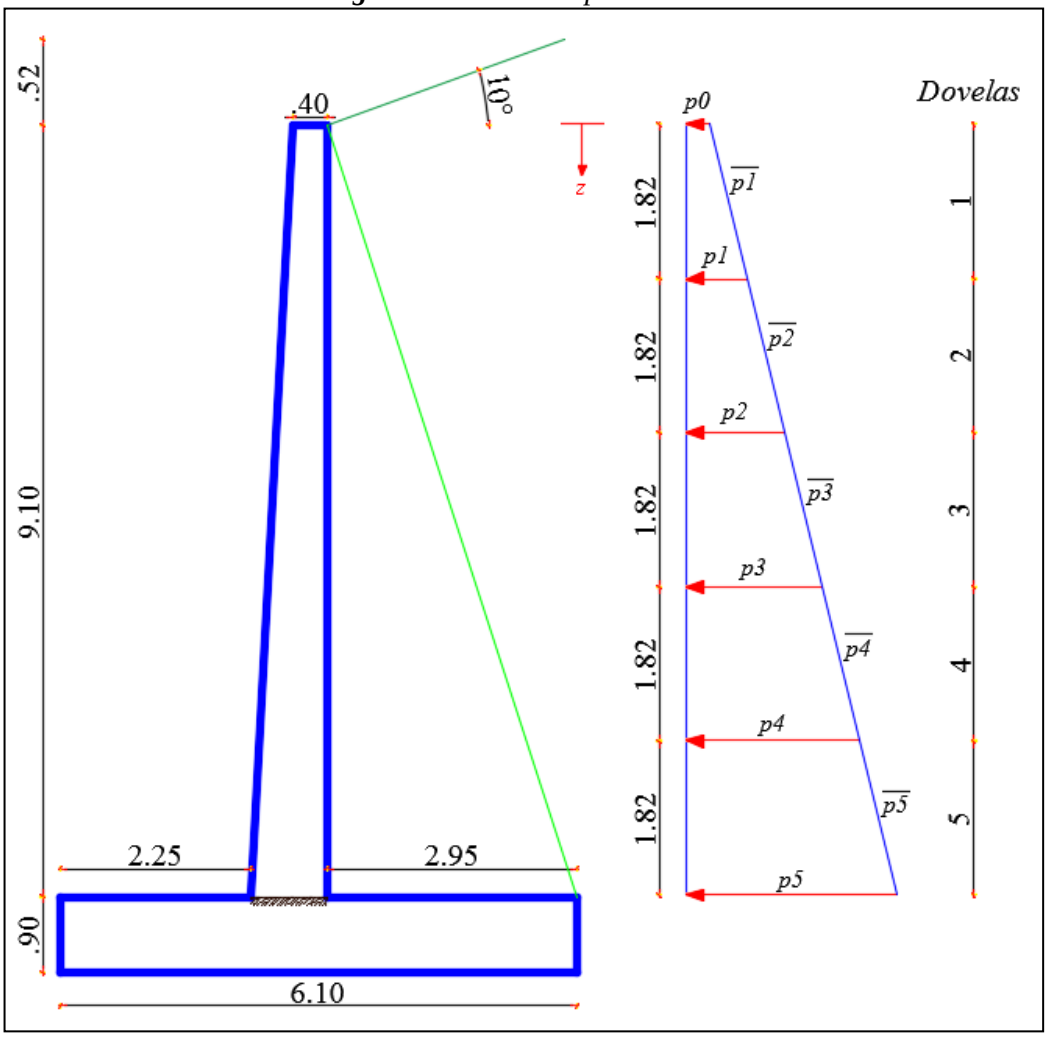
$$6.604 > 3 \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

Con estos resultados se puede concluir que el muro es estable.

6) Diseñar la estructura interna del muro

a) Diseño de la pantalla

Figura 31. *Presiones por dovelas*



Fuente: *Zavala Luis*

- Cálculo de las presiones que actúan en la pantalla

$$\boldsymbol{p_Z = K_A * \gamma * (z + H')}$$

$$p_0 = (0.664) * (1270) * (0 + 0.52)$$

$$p_0 = 438.506\ kg/m^2$$

$$p_1 = (0.664) * (1270) * (1.82 + 0.52)$$

$$p_1 = 1973.275\ kg/m^2$$

$$p_2 = (0.664) * (1270) * (3.64 + 0.52)$$

$$p_2 = 3508.045\ kg/m^2$$

$$p_3 = (0.664) * (1270) * (5.46 + 0.52)$$

$$p_3 = 5042.814\ kg/m^2$$

$$p_4 = (0.664) * (1270) * (7.28 + 0.52)$$

$$p_4 = 6577.584\ kg/m^2$$

$$p_5 = (0.664) * (1270) * (9.10 + 0.52)$$

$$p_5 = 8112.354\ kg/m^2$$

- Cálculo de presiones promedio mayoradas por dovelas

$$\overline{\boldsymbol{p1}} = \boldsymbol{f}\left(\frac{\boldsymbol{p0} + \boldsymbol{p1}}{\boldsymbol{2}}\right)$$

$$\overline{p1} = 1.7 * \left(\frac{438.506\ + 1973.275}{2}\right)$$

$$\overline{p1} = 2050.014\ kg/m^2$$

$$\overline{\boldsymbol{p2}} = \boldsymbol{f}\left(\frac{\boldsymbol{p1} + \boldsymbol{p2}}{\boldsymbol{2}}\right)$$

$$\overline{p2} = 1.7 * \left(\frac{1973.275\ + 3508.045}{2}\right)$$

$$\overline{p2} = 4659.122\ kg/m^2$$

$$\overline{\boldsymbol{p3}} = \boldsymbol{f}\left(\frac{\boldsymbol{p2} + \boldsymbol{p3}}{\boldsymbol{2}}\right)$$

$$\overline{p3} = 1.7 * \left(\frac{3508.045 + 5042.814}{2}\right)$$

$$\overline{p3} = 7268.230\ kg/m^2$$

$$\overline{\boldsymbol{p4}} = \boldsymbol{f}\left(\frac{\boldsymbol{p3} + \boldsymbol{p4}}{\mathbf{2}}\right)$$

$$\overline{p4} = 1.7 * \left(\frac{5042.814 + 6577.584}{2}\right)$$

$$\overline{p4} = 9862.038\ kg/m^2$$

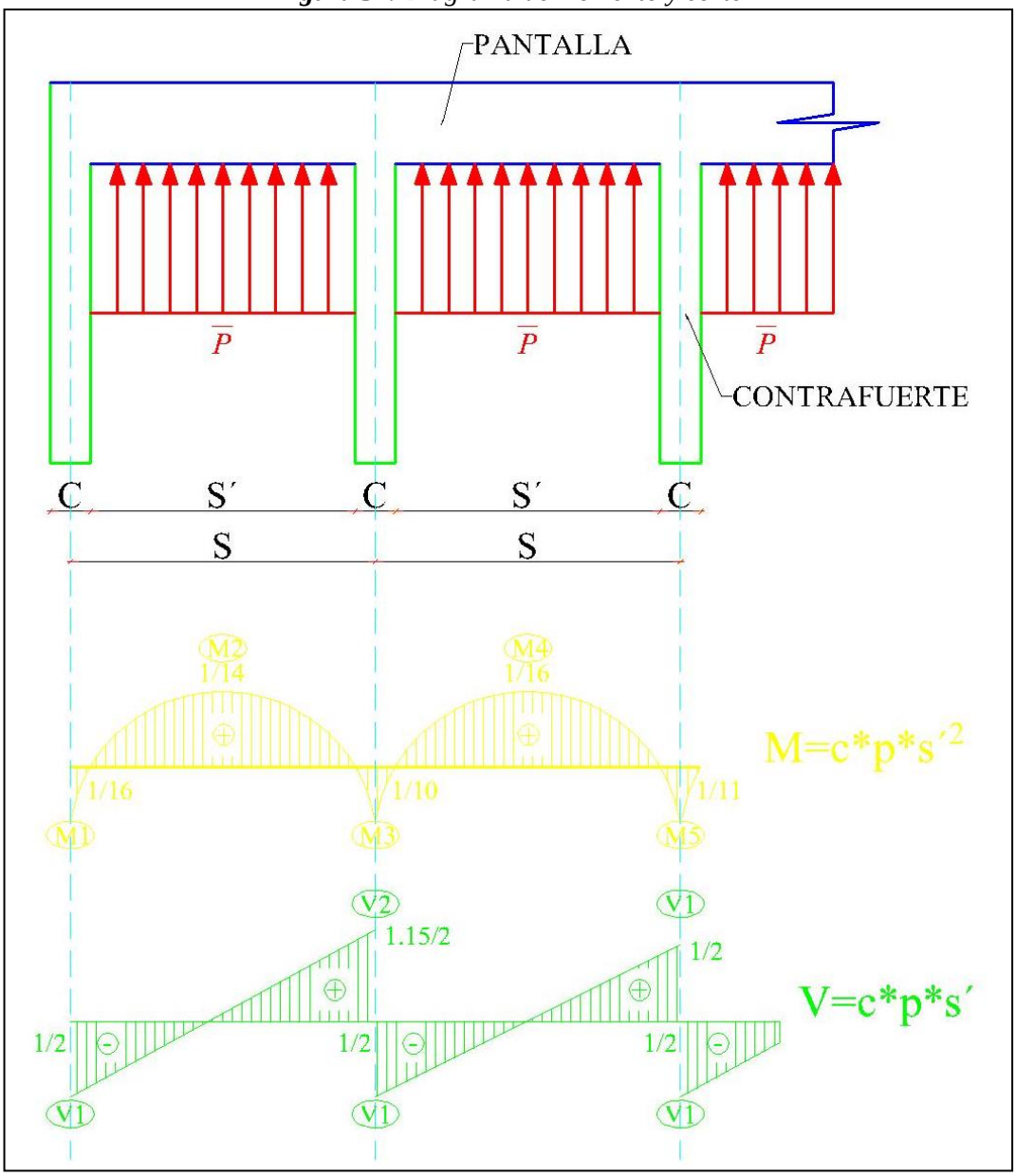
$$\overline{\boldsymbol{p5}} = \boldsymbol{f}\left(\frac{\boldsymbol{p4} + \boldsymbol{p5}}{\mathbf{2}}\right)$$

$$\overline{p5} = 1.7 * \left(\frac{6577.584 + 8112.354}{2}\right)$$

$$\overline{p5} = 12486.447\ kg/m^2$$

- Cálculo de cortantes y momentos por dovelas

Figura 32. *Diagrama de momento y corte*



Fuente: *Zavala Luis*

$$\boldsymbol{M_1} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{16}}\left(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s}^{\prime\mathbf{2}}\right) = \frac{2.45^2}{16} * \overline{p} = 0.375 * \overline{p}$$

$$\boldsymbol{M_2} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{14}}\left(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s}^{\prime\mathbf{2}}\right) = \frac{2.45^2}{14} * \overline{p} = 0.429 * \overline{p}$$

$$\boldsymbol{M_3} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{10}}\left(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s}^{\prime\mathbf{2}}\right) = \frac{2.45^2}{10} * \overline{p} = 0.600 * \overline{p}$$

$$\boldsymbol{M_4} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{16}}\left(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s}'^{\mathbf{2}}\right) = \frac{2.45^2}{16} * \overline{p} = 0.375 * \overline{p}$$

$$\boldsymbol{M_5} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{11}}\left(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s}'^{\mathbf{2}}\right) = \frac{2.45^2}{11} * \overline{p} = 0.546 * \overline{p}$$

$$\boldsymbol{V_1} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s}') = \frac{2.45}{2} * \overline{p} = 1.225 * \overline{p}$$

$$\boldsymbol{V_2} = \frac{\mathbf{1.15}}{\mathbf{2}}(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s}') = \frac{1.15 * 2.45}{2} * \overline{p} = 1.409 * \overline{p}$$

Dovela	$\overline{\boldsymbol{p}}$ $\boldsymbol{kg/m^2}$	**Momentos** $\boldsymbol{kg - m}$				
		$\boldsymbol{M_1}$	$\boldsymbol{M_2}$	$\boldsymbol{M_3}$	$\boldsymbol{M_4}$	$\boldsymbol{M_5}$
1	2050.014	768.755	879.456	1230.008	768.755	1119.308
2	4659.122	1747.171	1998.763	2795.473	1747.171	2543.881
3	7268.230	2725.586	3118.071	4360.938	2725.586	3968.454
4	9862.038	3698.264	4230.814	5917.223	3698.264	5384.673
5	12486.447	4682.418	5356.686	7491.868	4682.418	6817.600

Dovela	$\overline{\boldsymbol{p}}$ $\boldsymbol{kg/m^2}$	**Cortante** $\boldsymbol{kg}$	
		$\boldsymbol{V_1}$	$\boldsymbol{V_2}$
1	2050.014	2511.267	2888.470
2	4659.122	5707.424	6564.703
3	7268.230	8903.582	10240.936
4	9862.038	12080.997	13895.612
5	12486.447	15295.898	17593.404

- Determinar el peralte para cada dovela en la pantalla

$$m = \frac{90 - 40}{9.10} = 5.495$$

$$\boldsymbol{d(i) = dm + mx}$$

$$d(1) = 33 + (5.495 * 1.82)$$

$$d(1) = 43\ cm$$

$$d(2) = 23 + (5.495 * 3.64)$$

$$d(2) = 53\ cm$$

$$d(3) = 23 + (5.495 * 5.46)$$

$$d(3) = 63\ cm$$

$$d(4) = 23 + (5.495 * 7.28)$$

$$d(4) = 73\ cm$$

$$d(5) = 23 + (5.495 * 9.10)$$

$$d(5) = 83\ cm$$

- Verificación de espesor de pantalla
  - $Mu_{máx} = 7491.868\ kg - m$
  - $f´c = 240\ Kg/cm^2$

$$\boldsymbol{d = \sqrt{\frac{Mu}{0.189 * \emptyset * f´c * bw}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{7491.868 * 100}{0.189 * 0.9 * 240 * 100}}$$

$$d = 13.547\ cm\ < 83\ cm \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

- Diseño a corte

Dovela	$d\ (cm)$	$V_{max}\ (Kg)$	$Vc\ (Kg/cm^2)$
1	43	2888.470	0.792
2	53	6564.703	1.457
3	63	10240.936	1.912
4	73	13895.612	2.239
5	83	17593.404	2.494

Donde:

- $Vc = \frac{Vu}{\emptyset * B * d}$
- $\emptyset = 0.85$
- $B = 100\ cm$

$$\boldsymbol{V_{adm} = 0.53\sqrt{f'c}}$$

$$V_{adm} = 0.53\sqrt{240}$$

$$V_{adm} = 8.21\ kg/cm^2$$

$$Vc \leq V_{adm} \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

- Diseño a flexión
  - $f'c = 240\ Kg/cm^2$
  - $fy = 4200\frac{Kg}{cm^2}$

$$K_{máx} = \frac{1}{2.36} = 0.424$$

$$\boldsymbol{\rho_{mín} = \frac{14}{fy}} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\boldsymbol{\rho_{máx} = 0.5 * \left(0.85 * \beta * \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{6120}{6120 + fy}\right)\right)}$$

$$\rho_{máx} = 0.5 * \left(0.85 * 0.85 * \frac{240}{4200} * \left(\frac{6120}{6120 + 4200}\right)\right)$$

$$\rho_{máx} = 0.0122$$

$$\boldsymbol{K = \frac{Mu}{\emptyset * bw * d^2 * f'c}}$$

$$K = \frac{7491.868 * 100}{0.9 * 100 * (83)^2 * 240}$$

$$K = 0.005$$

$$\boldsymbol{\rho = \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * K}}{1.18}\right)}$$

$$\rho = \frac{240}{4200} * \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.005}}{1.18}\right)$$

$$\rho = 0.00028$$

$$\boldsymbol{As_{(cm^2)} = \rho_{min} * B * d}$$

$$As_{(cm^2)} = 0.0033 * 100 * 83$$

$$As_{(cm^2)} = 27.39\ cm^2 = 1\emptyset 22@15cm$$

Dovela	d	M_1 $kg-m$	As_1 cm^2	M_2 $kg-m$	As_2 cm^2	M_3 $kg-m$	As_3 cm^2
1	43	768.755	14.19	879.456	14.19	1230.008	14.19
2	53	1747.171	17.49	1998.763	17.49	2795.473	17.49
3	63	2725.586	20.79	3118.071	20.79	4360.938	20.79
4	73	3698.264	24.09	4230.814	24.09	5917.223	24.09
5	83	4682.418	27.39	5356.686	27.39	7491.868	27.39

Dovela	d	M_4 $kg-m$	As_4 cm^2	M_5 $kg-m$	As_5 cm^2
1	43	768.755	14.19	1119.308	14.19
2	53	1747.171	17.49	2543.881	17.49
3	63	2725.586	20.79	3968.454	20.79
4	73	3698.264	24.09	5384.673	24.09
5	83	4682.418	27.39	6817.600	27.39

- Acero de repartición

$$\boldsymbol{As = \rho * Ag}$$

$$As = 0.002 * B * b$$

$$As = 0.002 * 100 * 90$$

$$As = 18\ cm^2$$

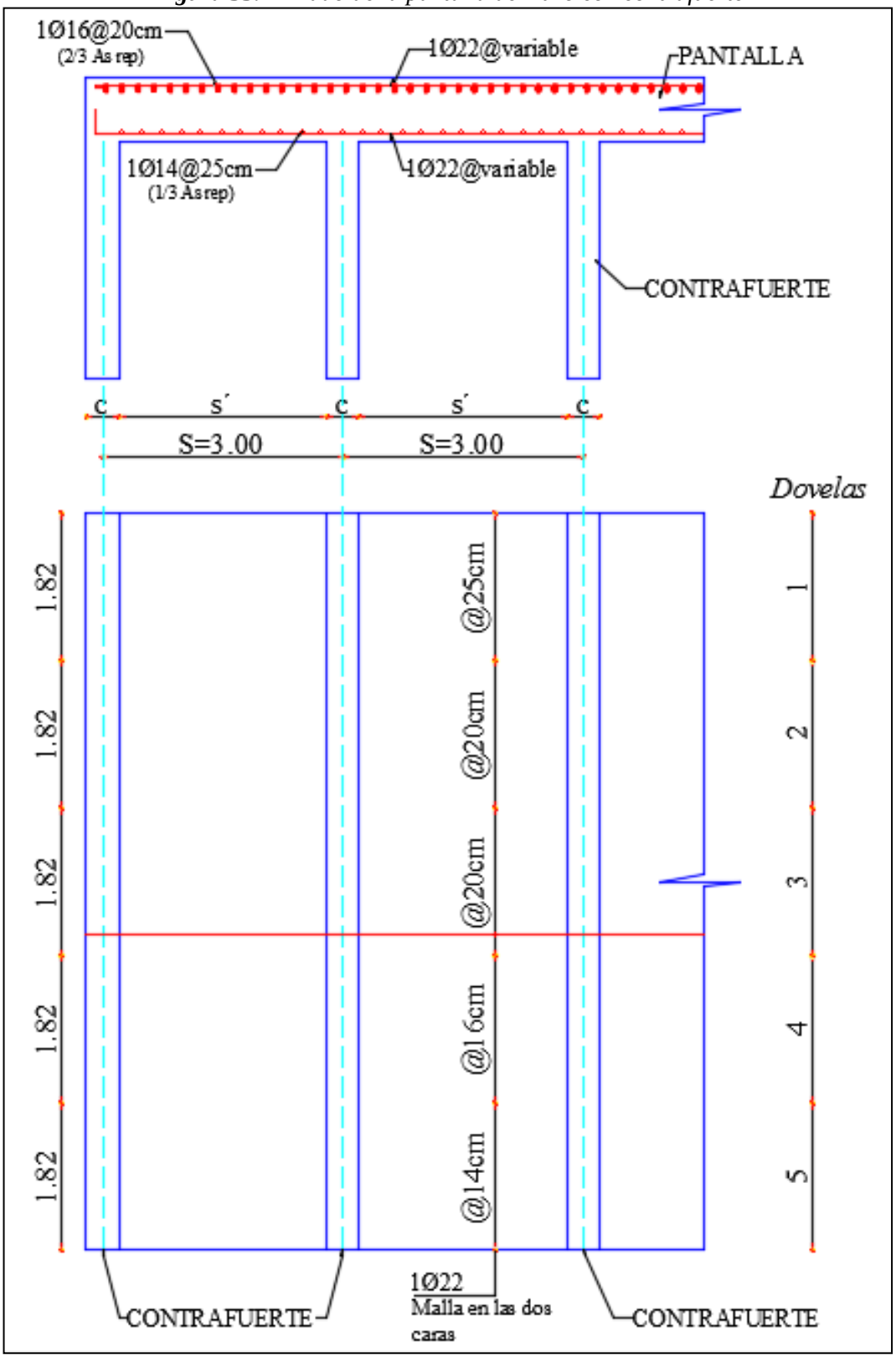
- Cara exterior

$$As_{superior} = 18 * \frac{2}{3} = 12\ cm^2 \rightarrow 6\emptyset 16 = 1\emptyset 16@20cm$$

- Cara inferior

$$As_{inferior} = \frac{16}{3} = 6\ cm^2 \rightarrow 4\emptyset 14 = 1\emptyset 14@25cm$$

Figura 33. *Armado de la pantalla de muro con contrafuerte*



Fuente: *Zavala Luis*

b) Diseño de la armadura de anclaje entre el contrafuerte y la pantalla

$$\boldsymbol{R = \left(\frac{1.15}{2} + \frac{1}{2}\right) * \bar{p} * s'}$$

$$R = (1.075) * \bar{p} * 2.45$$

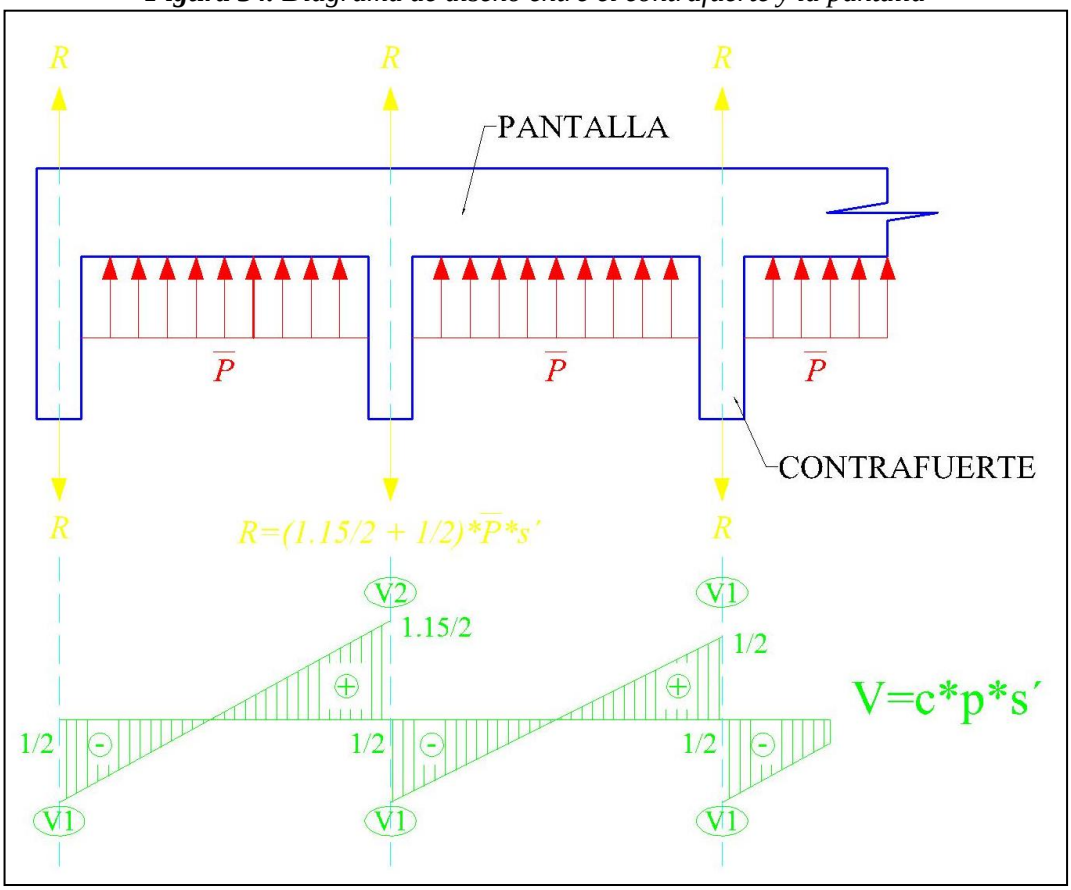
$$R = 2.634 * \bar{p}$$

$$\boldsymbol{As = \frac{R}{\emptyset * fy}}$$

$$As = \frac{R}{0.9 * 4200}$$

$$As = 0.265 * R$$

Figura 34. *Diagrama de diseño entre el contrafuerte y la pantalla*



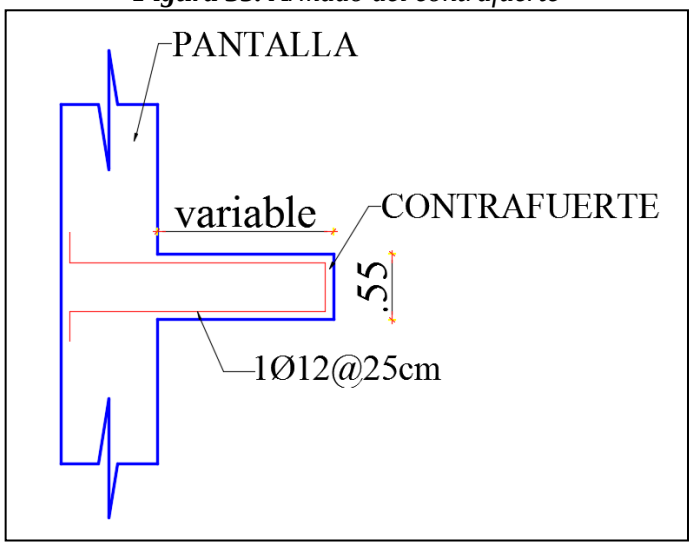
Fuente: *Zavala Luis*

- Espaciamiento máximo
  - $e \leq$ Lado menor del contrafuerte $= 40\ cm$
  - $e \leq 16\ \emptyset long = 16 * 2.2 = 35.20\ cm$
  - $e \leq 48\ \emptyset estribo = 48 * 1.4 = 67.20\ cm$

$$\boldsymbol{e_{max} = 40\ cm}$$

Dovela	$\bar{p}$ kg/m^2	R (kg/m)	As (cm^2/m)	Estribo (2 ramales) (cm^2/m)	$\emptyset$
1	2050.014	5399.737	1.429	0.714	$1\emptyset\ 12\ @\ 25cm$
2	4659.122	12272.127	3.247	1.623	$1\emptyset\ 12\ @\ 25cm$
3	7268.230	19144.518	5.065	2.532	$1\emptyset\ 12\ @\ 25cm$
4	9862.038	25976.608	6.872	3.436	$1\emptyset\ 12\ @\ 25cm$
5	12486.447	32889.301	8.701	4.350	$1\emptyset\ 12\ @\ 25cm$

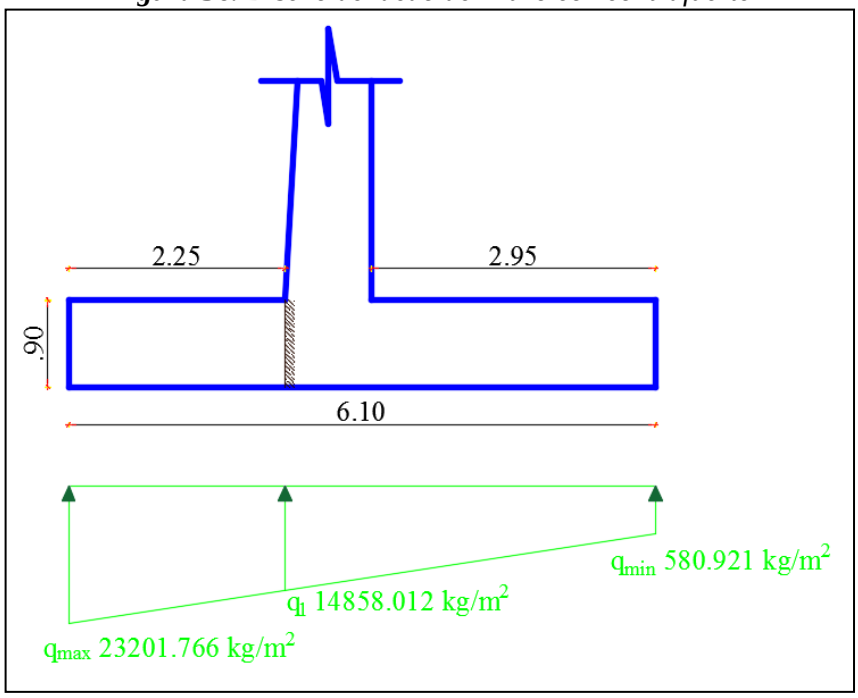
Figura 35. *Armado del contrafuerte*



Fuente: *Zavala Luis*

c) Diseño del dedo

Figura 36. *Diseño del dedo del muro con contrafuerte*



Fuente: *Zavala Luis*

$$\boldsymbol{m = \frac{q_{máx} - q_{mín}}{B}}$$

$$m = \frac{23201.766 - 580.921}{6.10}$$

$$m = 3708.335$$

$$\boldsymbol{q_{(X)} = q_{máx} - mx}$$

$$q_{(1)} = 23201.766 - (3708.335 * 2.25)$$

$$q_{(1)} = 14858.012\ kg/m^2$$

- Diseño a corte

$$\boldsymbol{V = f\left(q_{máx}x - \frac{(m * x^2)}{2}\right)}$$

$$V = 1.7\left((23201.766 * 2.25) - \frac{(3708.335 * 2.25^2)}{2}\right)$$

$$V = 72789.325\ kg$$

$$\boldsymbol{Vc = \frac{Vu}{bw * d}}$$

$$Vc = \frac{72789.325}{100 * 83}$$

$$Vc = 8.169\ kg/cm^2$$

$$\boldsymbol{V_{adm} = 0.53\sqrt{f'c}}$$

$$V_{adm} = 0.53\sqrt{240}$$

$$V_{adm} = 8.21\ kg/cm^2$$

$$V_{adm} \geq Vc \rightarrow Ok$$

Como el valor del esfuerzo calculado es menor que el admisible no se necesitaría armadura por solicitación de corte.

- Diseño a flexión
  - $f'c = 240\ Kg/cm^2$
  - $fy = 4200\ Kg/cm^2$

$$\boldsymbol{Mu = f\left(\frac{q_{máx}(x^2)}{2} - \frac{m(x^3)}{6}\right)}$$

$$Mu = 1.7\left(\frac{23201.766(2.25^2)}{2} - \frac{3708.335(2.25^3)}{6}\right)$$

$$Mu = 87872.028\ kg - m$$

$$K_{máx} = \frac{1}{2.36} = 0.424$$

$$\boldsymbol{K = \frac{Mu}{\emptyset * bw * d^2 * f'c}}$$

$$K = \frac{87872.028 * 100}{0.9 * 100 * (83)^2 * 240}$$

$$K = 0.059$$

$$\boldsymbol{\rho_{mín} = \frac{14}{fy}} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\boldsymbol{\rho_{máx} = 0.5 * \left(0.85 * \beta * \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{6120}{6120 + fy}\right)\right)}$$

$$\rho_{máx} = 0.5 * \left(0.85 * 0.85 * \frac{240}{4200} * \left(\frac{6120}{6120 + 4200}\right)\right)$$

$$\rho_{máx} = 0.0122$$

$$\boldsymbol{\rho = \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * K}}{1.18}\right)}$$

$$\rho = \frac{240}{4200} * \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.059}}{1.18}\right)$$

$$\rho = 0.004$$

$$\boldsymbol{As_{(cm^2)} = \rho * bw * d}$$

$$As_{(cm^2)} = 0.004 * 100 * 83$$

$$As_{(cm^2)} = 29.058$$

$$As_{(\emptyset)} = 1\emptyset 25@\ 17\ cm$$

- Acero de repartición

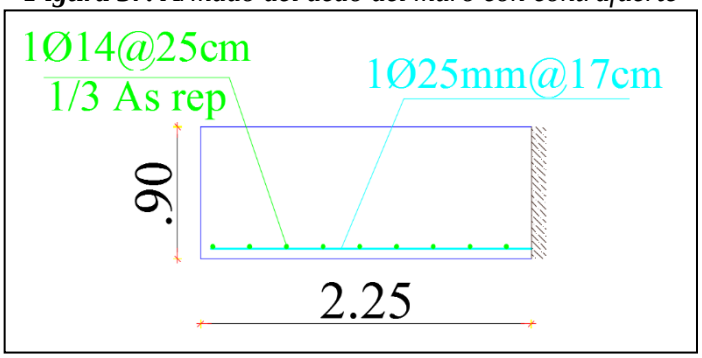
$$\boldsymbol{As = 0.002 * b * t}$$

$$As = 0.002 * 100 * 90$$

$$As = 18\ cm^2/m$$

$$As_{inferior} = \frac{18}{3} = 6\ cm^2 \rightarrow 4\emptyset 14 = 1\emptyset 14@25cm$$

Figura 37. *Armado del dedo del muro con contrafuerte*



Fuente: *Zavala Luis*

- Verificación del espesor del dedo
  - $f'c = 240\ Kg/cm^2$

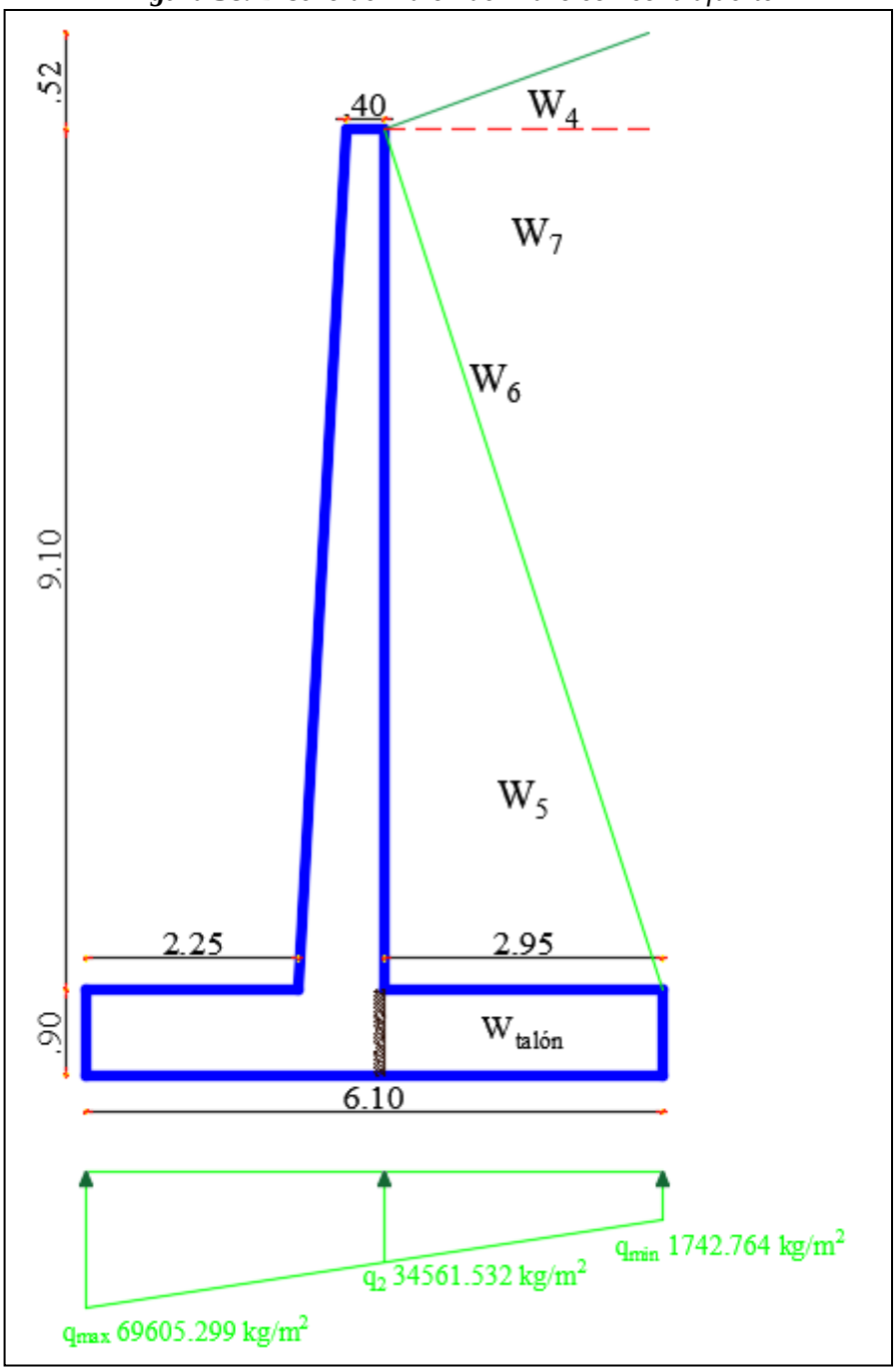
$$\boldsymbol{d = \sqrt{\frac{Mu}{0.189 * \emptyset * f'c * bw}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{87872.028 * 100}{0.189 * 0.9 * 240 * 100}}$$

$$d = 46.39\ cm\ < 83\ cm \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

d) Diseño del talón

Figura 38. *Diseño del Talón del muro con contrafuerte*



Fuente: *Zavala Luis*

$$\boldsymbol{m = \frac{q_{máx} - q_{mín}}{B}}$$

$$m = \frac{69605.299 - 1742.764}{6.10}$$

$$m = 11125.006$$

$$\boldsymbol{q_{(X)} = q_{mín} + mx}$$

$$q_{(2)} = 1742.764 + (11125.006 * 2.95)$$

$$q_{(2)} = 34651.532\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{w = V * \gamma}$$

$\boldsymbol{w_{Talón}}$	$\boldsymbol{(2.95 * 0.9 * 3.00) * 2400}$	$\boldsymbol{19116.000}$
$\boldsymbol{w_4}$	$\left(\frac{0.52 * 2.95}{2} * 3.00\right) * 1270$	2922.270
$\boldsymbol{w_5}$	$\left(\frac{9.1 * 2.95}{2} * 0.55\right) * 2400$	17717.700
$\boldsymbol{w_6}$	$(9.1 * 2.95 * 2.45) * 1270$	83528.218
$\boldsymbol{w_7}$	$\left(\frac{9.1 * 2.95}{2} * 0.55\right) * 1270$	9375.616
	$\sum w$	$\boldsymbol{132659.804}$

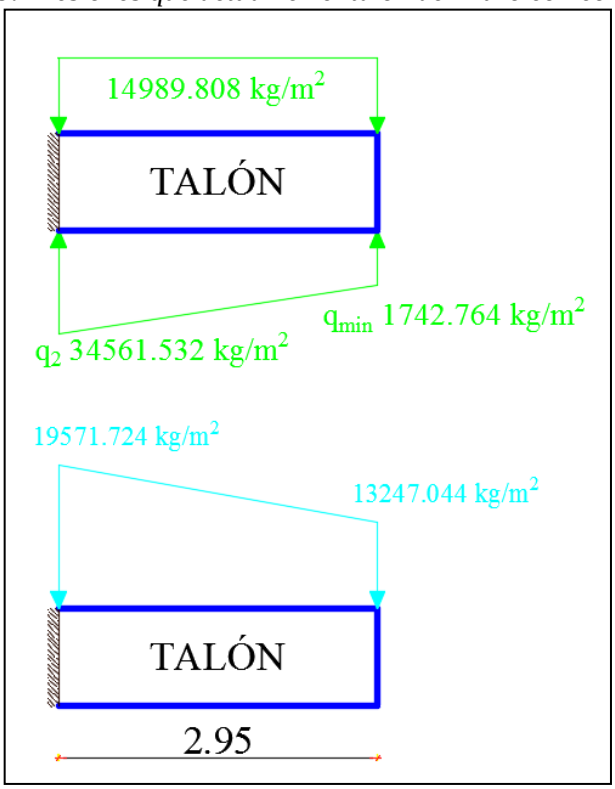
Presión sobre el Talón

$$\boldsymbol{qT = \frac{\sum w}{A_T}}$$

$$qT = \frac{132659.804}{2.95 * 3}$$

$$qT = 14989.808$$

Figura 39. *Presiones que actúan en el talón del muro con contrafuerte*



Fuente: *Zavala Luis*

$$\boldsymbol{m = \frac{q_{máx} - q_{mín}}{B}}$$

$$m = \frac{19571.724 - 13247.044}{2.95}$$

$$m = 2143.959$$

$$\boldsymbol{q_{(X)} = q_{máx} - mx}$$

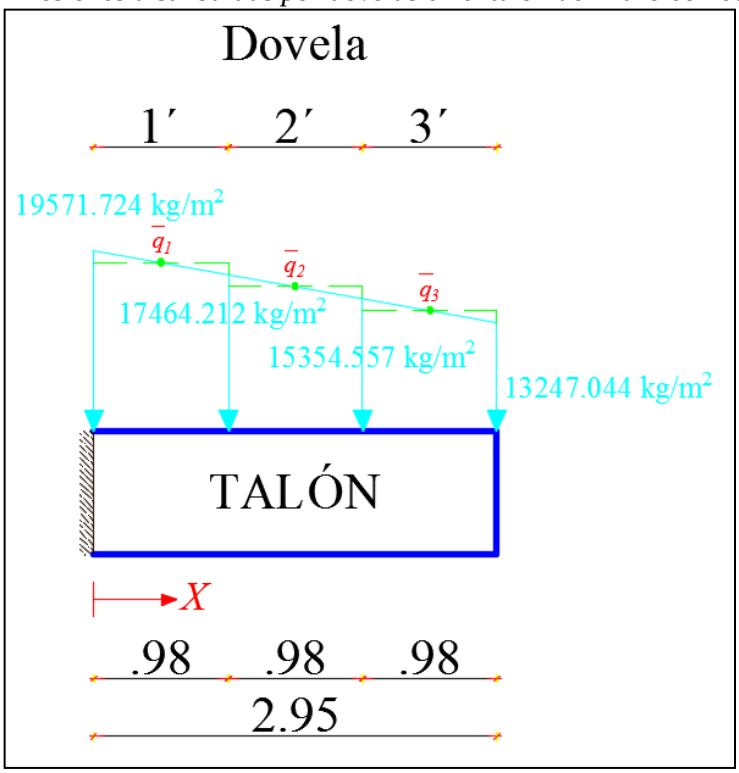
$$q_{(0.983)} = 19571.724 - (2143.959 * 0.983)$$

$$q_{(0.983)} = 17464.212\ kg/m^2$$

$$q_{(1.967)} = 19571.724 - (2143.959 * 1.967)$$

$$q_{(1.967)} = 15354.557\ kg/m^2$$

Figura 40. *Presiones distribuidas por dovelas en el talón del muro con contrafuerte*



Fuente: *Zavala Luis*

Calculo de presiones mayoradas por dovelas que actúan en el talón

$$\overline{q_1} = 1.7\left(\frac{19571.724 + 17464.212}{2}\right)$$

$$\overline{q_1} = 31480.546\ kg/m^2$$

$$\overline{q_2} = 1.7\left(\frac{17464.212 + 15354.557}{2}\right)$$

$$\overline{q_2} = 27895.954\ kg/m^2$$

$$\overline{q_3} = 1.7\left(\frac{15354.557 + 13247.044}{2}\right)$$

$$\overline{q_3} = 24311.361\ kg/m^2$$

$$\boldsymbol{M_1} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{16}}\left(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s'^2}\right) = \frac{2.45^2}{16} * \overline{p} = 0.375 * \overline{p}$$

$$\boldsymbol{M_2} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{14}}\left(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s'^2}\right) = \frac{2.45^2}{14} * \overline{p} = 0.429 * \overline{p}$$

$$\boldsymbol{M_3} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{10}}\left(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s'^2}\right) = \frac{2.45^2}{10} * \overline{p} = 0.600 * \overline{p}$$

$$\boldsymbol{M_4} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{16}}\left(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s'^2}\right) = \frac{2.45^2}{16} * \overline{p} = 0.375 * \overline{p}$$

$$\boldsymbol{M_5} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{11}}\left(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s'^2}\right) = \frac{2.45^2}{11} * \overline{p} = 0.546 * \overline{p}$$

$$\boldsymbol{V_1} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s'}) = \frac{2.45}{2} * \overline{p} = 1.225 * \overline{p}$$

$$\boldsymbol{V_2} = \frac{\mathbf{1.15}}{\mathbf{2}}(\overline{\boldsymbol{p}} * \boldsymbol{s'}) = \frac{1.15 * 2.45}{2} * \overline{p} = 1.409 * \overline{p}$$

Dovela	$\overline{\boldsymbol{p}}$ $\boldsymbol{kg/m^2}$	**Momentos** $\boldsymbol{kg - m}$				
		$\boldsymbol{M_1}$	$\boldsymbol{M_2}$	$\boldsymbol{M_3}$	$\boldsymbol{M_4}$	$\boldsymbol{M_5}$
1´	31480.546	11805.205	13505.154	18888.328	11805.205	17188.378
2´	27895.954	10460.983	11967.364	16737.572	10460.983	15231.191
3´	24311.361	9116.760	10429.574	14586.817	9116.760	13274.003

Dovela	$\overline{\boldsymbol{p}}$ $\boldsymbol{kg/m^2}$	**Cortante** $\boldsymbol{kg}$	
		$\boldsymbol{V_1}$	$\boldsymbol{V_2}$
1´	31480.546	38563.669	44356.089
2´	27895.954	34172.544	39305.399
3´	24311.361	29781.417	34254.708

- Verificación del espesor del dedo
  - $f'c = 240\ Kg/cm^2$
  - $Mu = 18888.328\ kg - m$

$$\boldsymbol{d} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{Mu}}{\boldsymbol{0.189 * \emptyset * f'c * bw}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{18888.328 * 100}{0.189 * 0.9 * 240 * 100}}$$

$$d = 21.510\ cm\ < 83\ cm \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

- Diseño a corte

Dovela	$\boldsymbol{d\ (cm)}$	$\boldsymbol{V_{max}\ (Kg)}$	$\boldsymbol{Vc\ (Kg/cm^2\ )}$
1	83	44356.089	6.287
2	83	39305.399	5.571
3	83	34254.708	4.855

Donde:

- $Vc = \frac{Vu}{\emptyset * B * d}$
- $\emptyset = 0.85$
- $B = 100\ cm$

$$\boldsymbol{V_{adm} = 0.53\sqrt{f'c}}$$

$$V_{adm} = 0.53\sqrt{240}$$

$$V_{adm} = 8.21\ kg/cm^2$$

$$Vc \leq V_{adm} \rightarrow \boldsymbol{Ok}$$

El valor del esfuerzo calculado es menor que el admisible, por lo que no se necesitaría refuerzo por solicitación de corte.

- Diseño a flexión
  - $f'c = 240\ Kg/cm^2$
  - $fy = 4200 \frac{Kg}{cm^2}$

$$K_{máx} = \frac{1}{2.36} = 0.424$$

$$\boldsymbol{\rho_{mín}} = \frac{\mathbf{14}}{\boldsymbol{fy}} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\boldsymbol{\rho_{máx}} = \mathbf{0.5} * \left(\mathbf{0.85} * \boldsymbol{\beta} * \frac{\boldsymbol{f'c}}{\boldsymbol{fy}} * \left(\frac{\mathbf{6120}}{\mathbf{6120} + \boldsymbol{fy}}\right)\right)$$

$$\rho_{máx} = 0.5 * \left(0.85 * 0.85 * \frac{240}{4200} * \left(\frac{6120}{6120 + 4200}\right)\right)$$

$$\rho_{máx} = 0.0122$$

$$\boldsymbol{K} = \frac{\boldsymbol{Mu}}{\boldsymbol{\emptyset} * \boldsymbol{bw} * \boldsymbol{d^2} * \boldsymbol{f'c}}$$

$$K = \frac{18888.328 * 100}{0.9 * 100 * (83)^2 * 240}$$

$$K = 0.013$$

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{\boldsymbol{f'c}}{\boldsymbol{fy}} * \left(\frac{\mathbf{1} - \sqrt{\mathbf{1} - \mathbf{2.36} * \boldsymbol{K}}}{\mathbf{1.18}}\right)$$

$$\rho = \frac{240}{4200} * \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.013}}{1.18}\right)$$

$$\rho = 0.0007$$

$$\boldsymbol{As_{(cm^2)}} = \boldsymbol{\rho_{mín}} * \boldsymbol{B} * \boldsymbol{d}$$

$$As_{(cm^2)} = 0.0033 * 100 * 83$$

$$As_{(cm^2)} = 27.39\ cm^2 = 1\emptyset 28@25cm$$

Dovela	d	M_1 $kg-m$	As_1 cm^2	M_2 $kg-m$	As_2 cm^2	M_3 $kg-m$	As_3 cm^2
1	83	11805.205	27.39	13505.154	27.39	18888.328	27.39
2	83	10460.983	27.39	11967.364	27.39	16737.572	27.39
3	83	9116.760	27.39	10429.574	27.39	14586.817	27.39

Dovela	d	M_4 $kg-m$	As_4 cm^2	M_5 $kg-m$	As_5 cm^2
1	83	11805.205	27.39	17188.378	27.39
2	83	10460.983	27.39	15231.191	27.39
3	83	9116.760	27.39	13274.003	27.39

- Acero de repartición

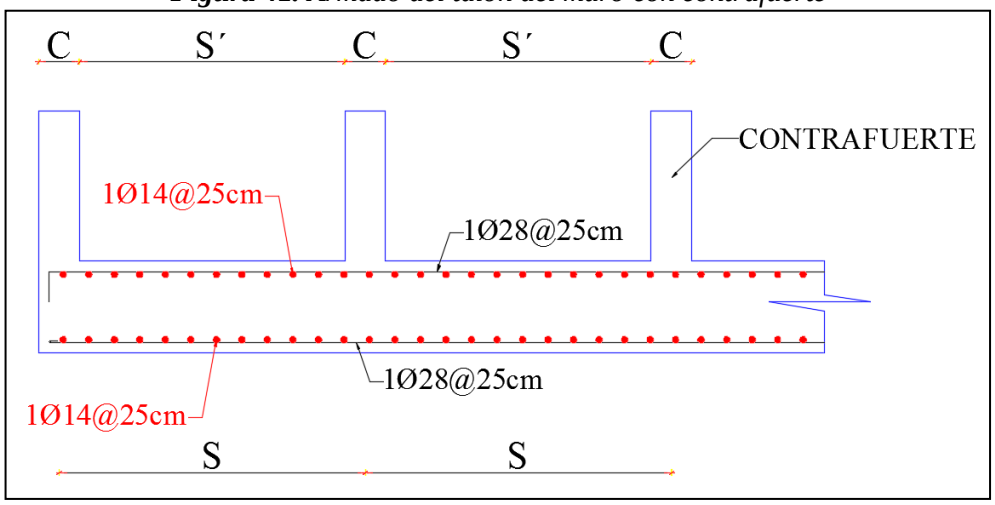
$$\boldsymbol{As = 0.002 * b * t}$$

$$As = 0.002 * 100 * 90$$

$$As = 18\ cm^2/m$$

$$As_{inferior} = \frac{16}{3} = 6\ cm^2 \rightarrow 4\emptyset 14 = 1\emptyset 14@25cm$$

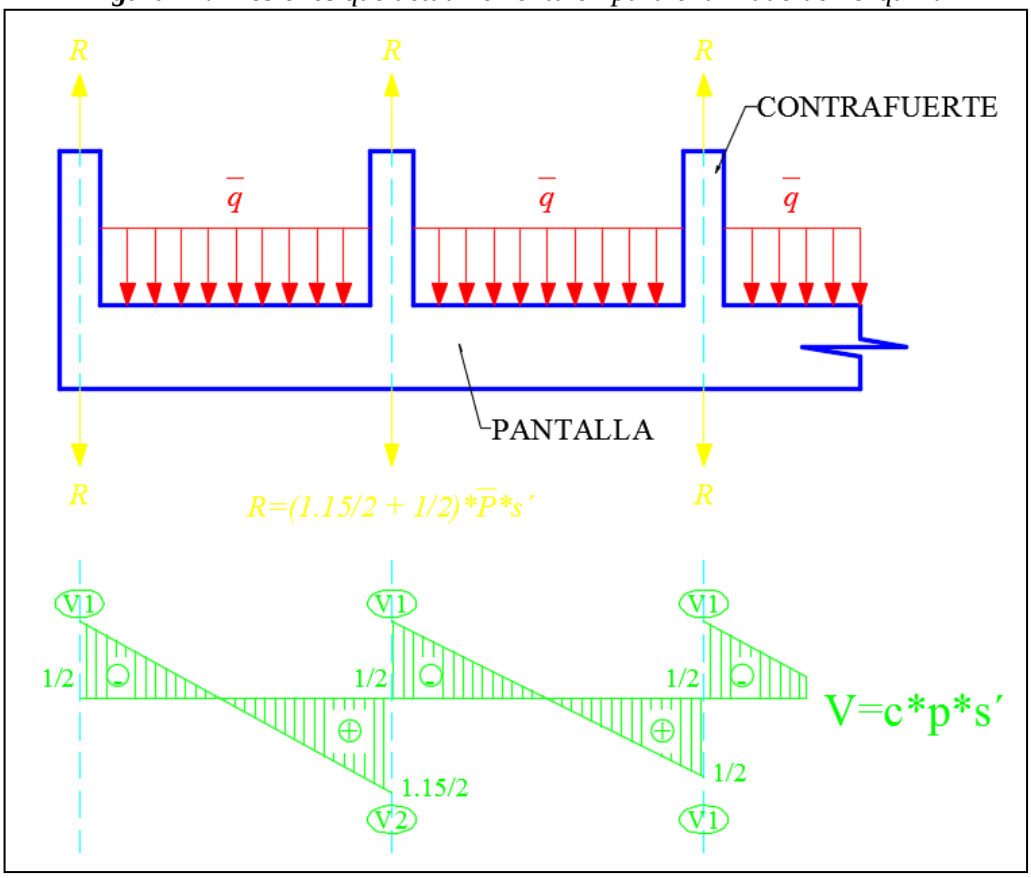
Figura 41. *Armado del talón del muro con contrafuerte*



Fuente: *Zavala Luis*

Diseño de la armadura de anclaje (Horquilla) entre el contrafuerte y el talón

Figura 42. *Presiones que actúan en el talón para el armado de horquilla*



Fuente: *Zavala Luis*

$$\boldsymbol{R = \left(\frac{1.15}{2} + \frac{1}{2}\right) * \bar{p} * s'}$$

$$R = (1.075) * \bar{p} * 2.45$$

$$R = 2.634 * \bar{p}$$

$$\boldsymbol{As = \frac{R}{\emptyset * fy}}$$

$$As = \frac{R}{0.9 * 4200}$$

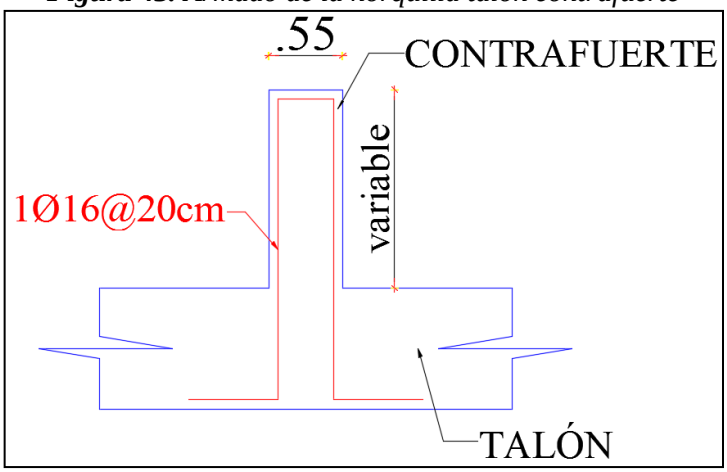
$$As = 0.265 * R$$

- Espaciamiento máximo
  - $e \leq$ Lado menor del contrafuerte $= 55\ cm$
  - $e \leq 16\ \emptyset long = 16 * 2.8 = 44.80\ cm$
  - $e \leq 48\ \emptyset estribo = 48 * 1.4 = 67.20\ cm$

$$e_{max} = 45\ cm$$

Dovela	$\bar{p}$ kg/m^2	R (kg/m)	As (cm^2/m)	Estribo (2 ramales) (cm^2/m)	$\emptyset$
1´	31480.546	82919.758	21.936	10.968	$1\emptyset\ 16\ @\ 20cm$
2´	27895.954	73477.940	19.439	9.719	$1\emptyset\ 16\ @\ 20cm$
3´	24311.361	64036.836	16.941	8.470	$1\emptyset\ 16\ @\ 20cm$

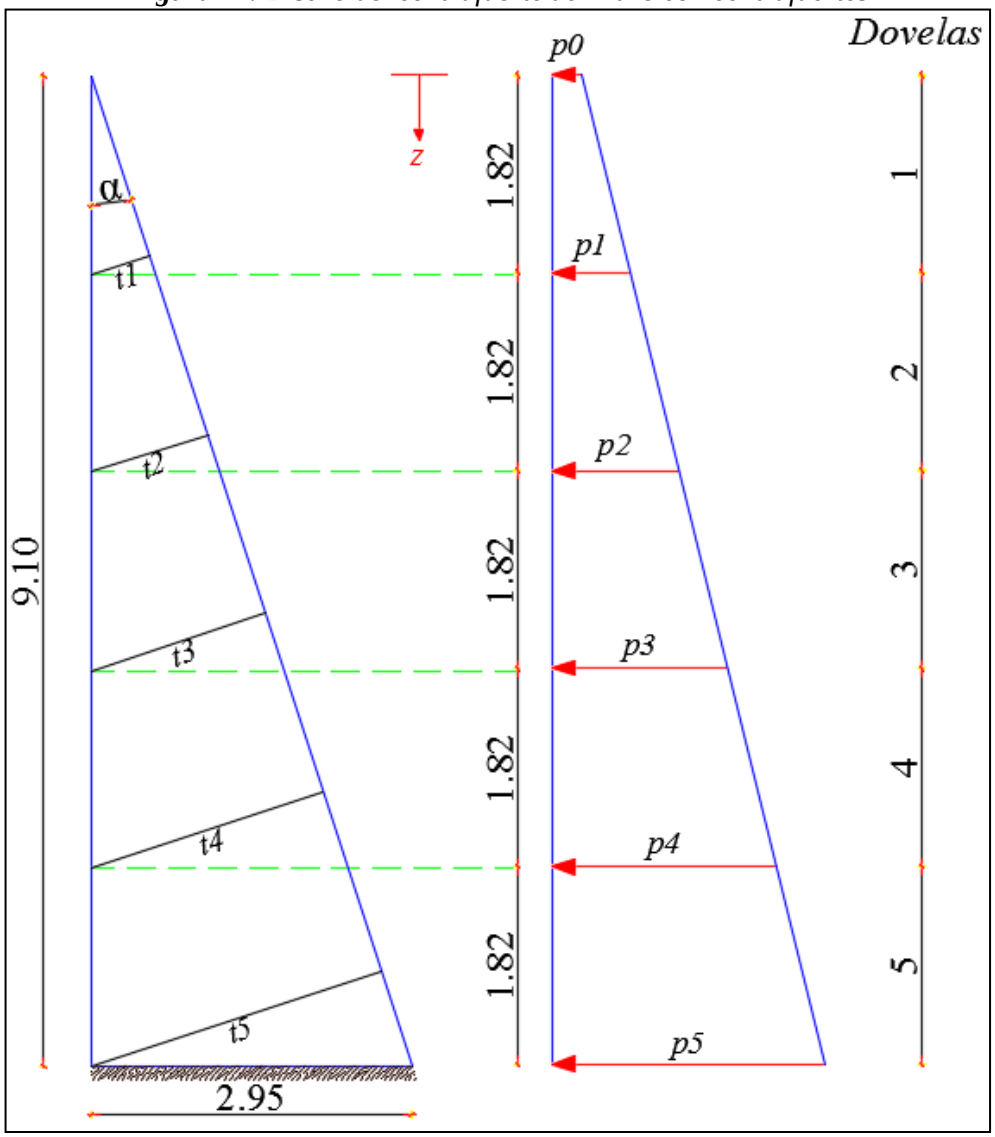
Figura 43. *Armado de la horquilla talón contrafuerte*



Fuente: *ZAVALA Luis*

e) Diseño del contrafuerte

Figura 44. *Diseño del contrafuerte del muro con contrafuertes*



Fuente: *Zavala Luis*

Calculo de presiones y momentos que actúan en el contrafuerte por dovelas

$$\boldsymbol{p_Z = K_A * \gamma * (z + H')}$$

$$p_0 = (0.664) * (1270) * (0 + 0.52)$$

$$p_0 = 438.506\ kg/m^2$$

$$p_z = (0.664) * (1270) * (z + 0.52)$$

$$\boldsymbol{Mu = f\left(\frac{z^2}{6} * (2p_0 + p_z)\right) * s}$$

Calculo de (t) por dovelas

$$\tan\alpha = \frac{T}{Hs}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{2.95}{9.10}\right) = 17.961$$

$$\operatorname{sen}\alpha = \frac{t(z)}{z}$$

$$t(z) = \operatorname{sen}(17.961) * z$$

Dovela	$\boldsymbol{z}$ $(\boldsymbol{m})$	$\boldsymbol{pz}$ $(\boldsymbol{kg/m^2})$	$\boldsymbol{Mu}$ $(\boldsymbol{kg-m})$	$\boldsymbol{t(z)}$ $(\boldsymbol{m})$
1	1.82	1973.275	8025.097	0.561
2	3.64	3508.045	49385.214	1.122
3	5.46	5042.814	150007.562	1.684
4	7.28	6577.584	335819.412	2.245
5	9.10	8112.354	632747.989	2.806

- Diseño a flexión
  - $f'c = 240\ Kg/cm^2$
  - $fy = 4200\frac{Kg}{cm^2}$

$$K_{max} = \frac{1}{2.36} = 0.424$$

$$\boldsymbol{\rho_{min} = \frac{14}{fy}} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\boldsymbol{\rho_{max} = 0.5 * \left(0.85 * \beta * \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{6120}{6120 + fy}\right)\right)}$$

$$\rho_{max} = 0.5 * \left(0.85 * 0.85 * \frac{240}{4200} * \left(\frac{6120}{6120 + 4200}\right)\right)$$

$$\rho_{max} = 0.0122$$

$$K = \frac{Mu}{\emptyset * B * d^2 * f'c}$$

$$\rho = \frac{f'c}{fy} * \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * K}}{1.18}\right)$$

$B = 55\ cm$ Ancho del contrafuerte

$r = 7\ cm$ Recubrimiento

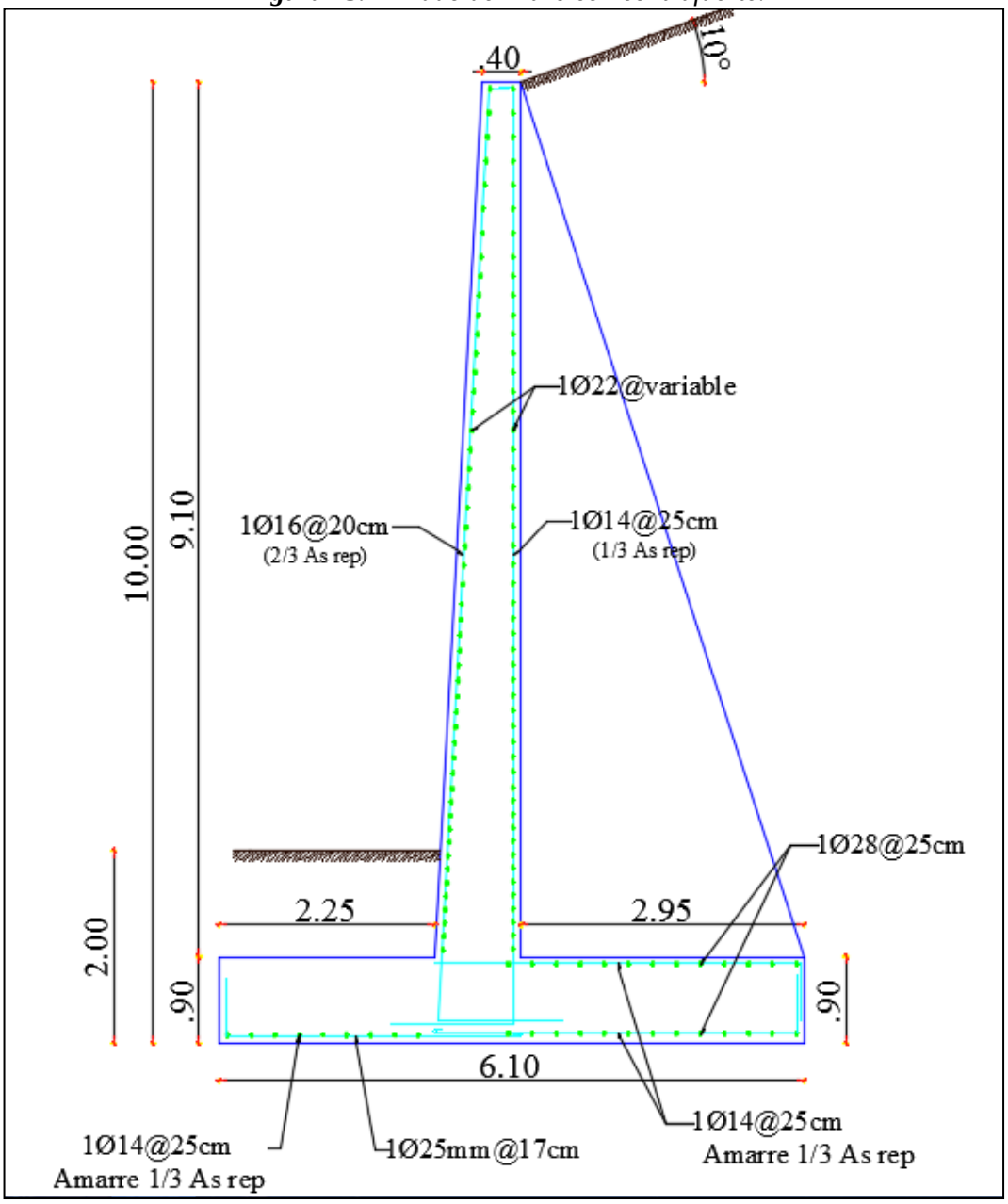
$$As_{(cm^2)} = \rho * B * d$$

Dovela	t (cm)	d (cm)	Mu $(kg - m)$	As (cm^2)
1	56.10	49.10	8025.097	9.00
2	112.20	105.20	49385.214	19.29
3	168.40	161.40	150007.562	29.59
4	224.50	217.50	335819.412	45.46
5	280.60	273.60	632747.989	67.72

Dovela	As (cm^2)	As $\emptyset$
1	9.00	$2\emptyset22$
2	19.29	$2\emptyset22 + 2\emptyset25$
3	29.59	$2\emptyset22 + 2\emptyset25 + 2\emptyset25$
4	45.46	$2\emptyset22 + 2\emptyset25 + 2\emptyset25 + 3\emptyset28$
5	67.72	$2\emptyset22 + 2\emptyset25 + 2\emptyset25 + 3\emptyset28 + 3\emptyset32$

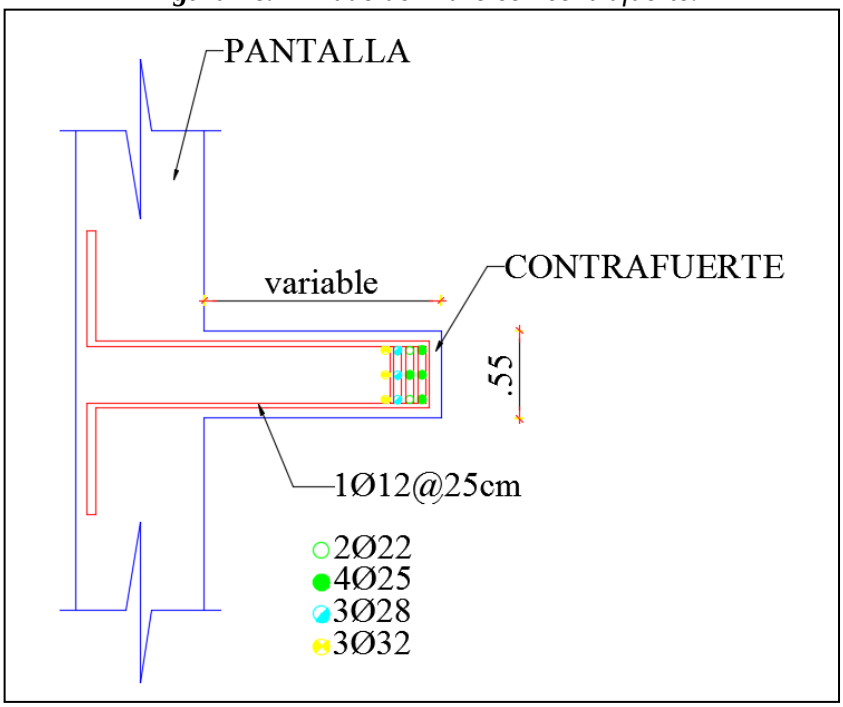
f) Armado general del muro

Figura 45. *Armado del muro con contrafuerte.*



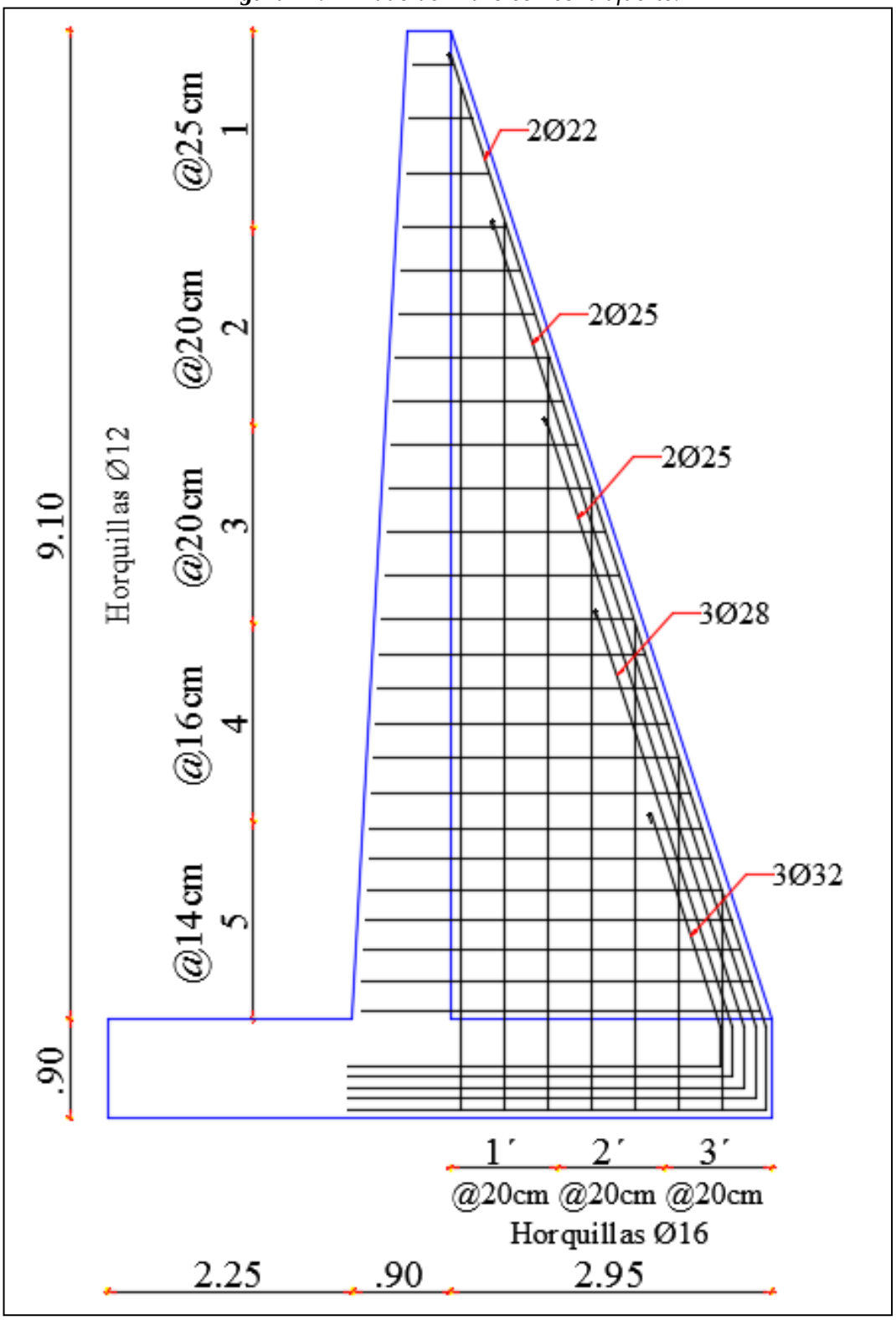
Fuente: *Zavala Luis*

Figura 46. *Armado del muro con contrafuerte.*



Fuente: *Zavala Luis*

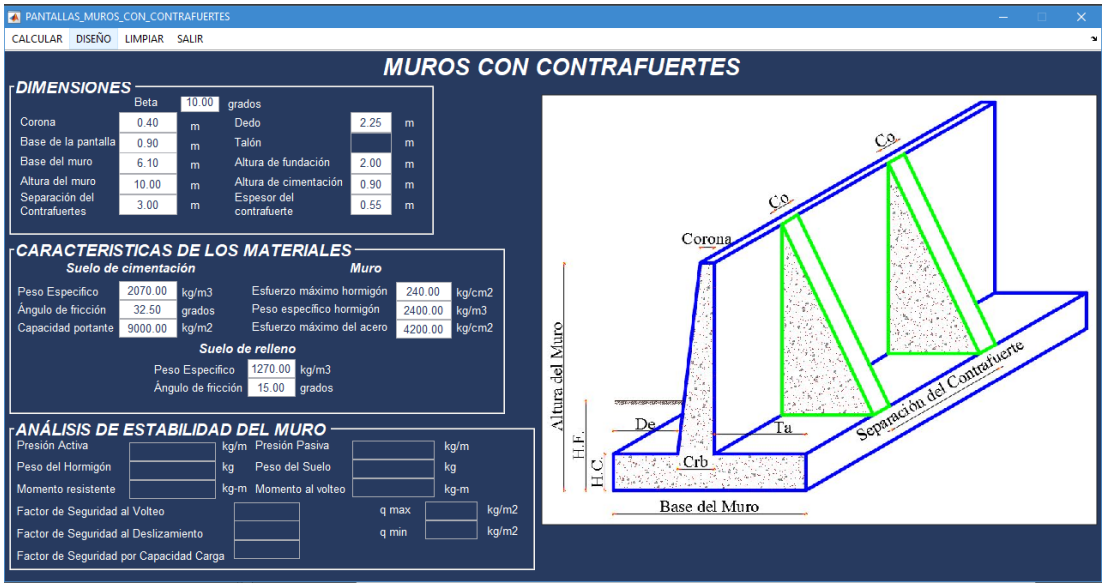
Figura 47. *Armado del muro con contrafuerte.*

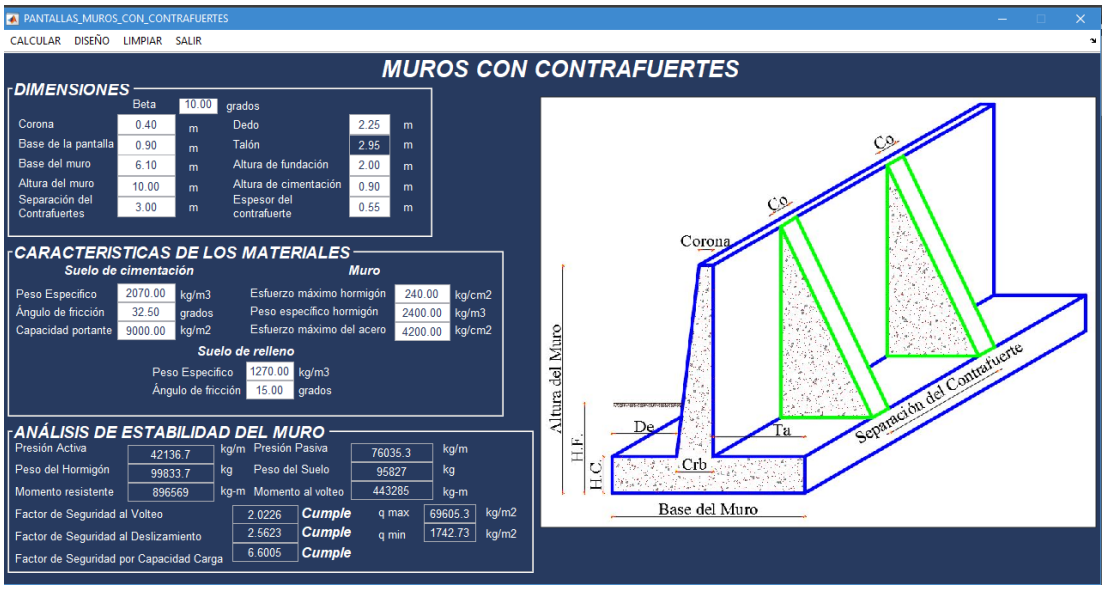


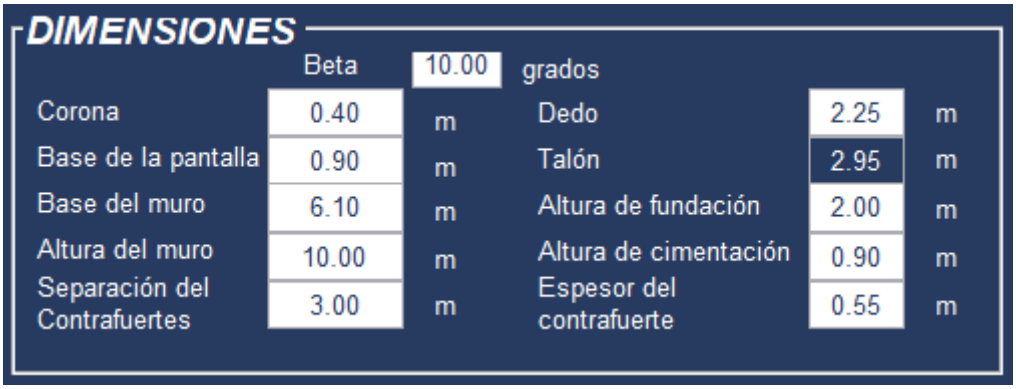
Fuente: *Zavala Luis*

4.1.3.4.Método con la aplicación desarrollada

El cálculo para el análisis de estabilidad del muro con contrafuertes se realizará mediante la aplicación desarrollada.







CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Suelo de cimentación			Muro		
Peso Especifico	2070.00	kg/m3	Esfuerzo máximo hormigón	240.00	kg/cm2
Ángulo de fricción	32.50	grados	Peso específico hormigón	2400.00	kg/m3
Capacidad portante	9000.00	kg/m2	Esfuerzo máximo del acero	4200.00	kg/cm2

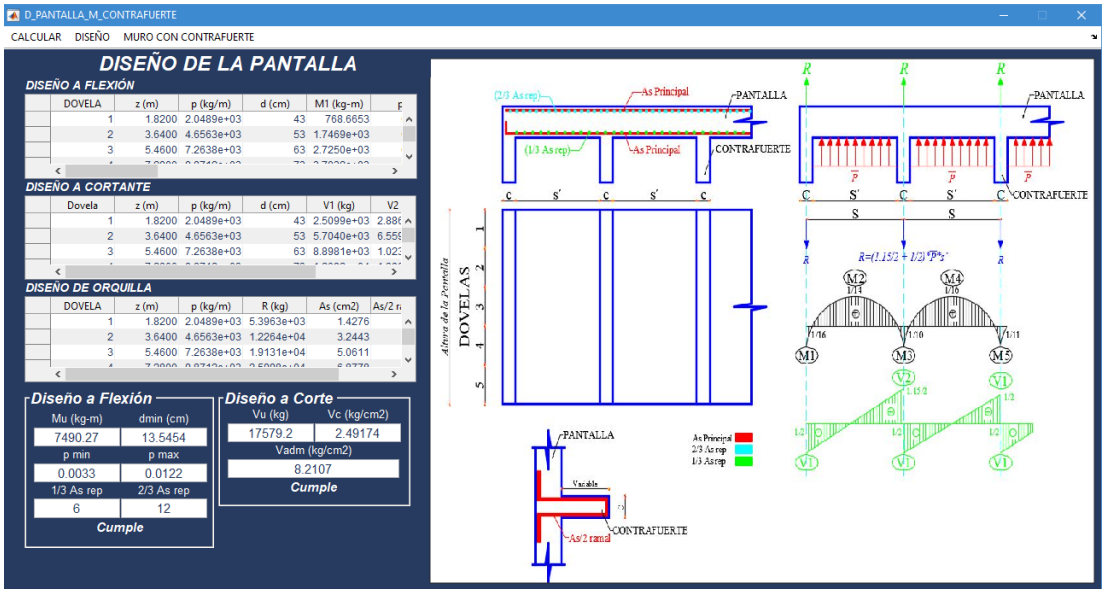
Suelo de relleno

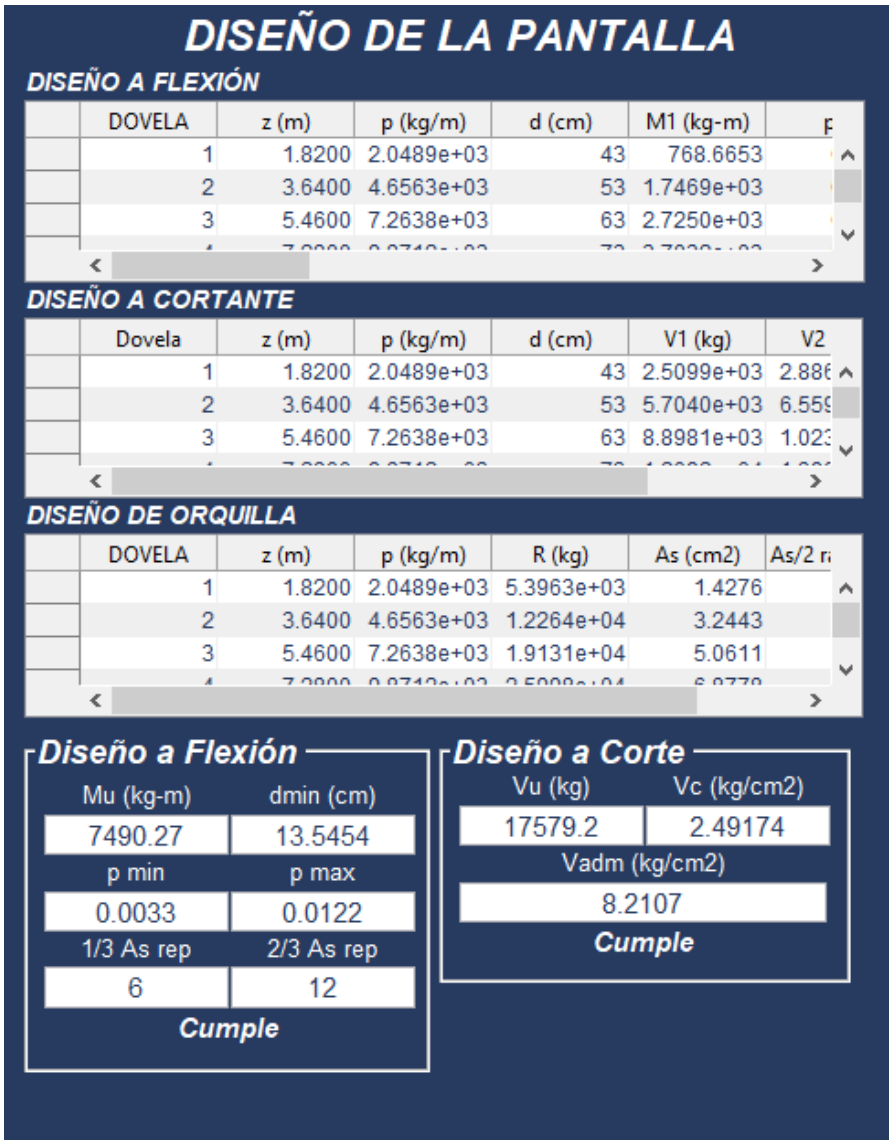
Peso Especifico	1270.00	kg/m3
Ángulo de fricción	15.00	grados

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL MURO

Presión Activa	42136.7	kg/m	Presión Pasiva	76035.3	kg/m
Peso del Hormigón	99833.7	kg	Peso del Suelo	95827	kg
Momento resistente	896569	kg-m	Momento al volteo	443285	kg-m

Factor de Seguridad al Volteo	2.0226	**Cumple**	q max	69605.3	kg/m2
Factor de Seguridad al Deslizamiento	2.5623	**Cumple**	q min	1742.73	kg/m2
Factor de Seguridad por Capacidad Carga	6.6005	**Cumple**			





DISEÑO DE LA PANTALLA

DISEÑO A FLEXIÓN

DOVELA	z (m)	p (kg/m)	d (cm)	M1 (kg-m)	p
1	1.8200	2.0489e+03	43	768.6653	
2	3.6400	4.6563e+03	53	1.7469e+03	
3	5.4600	7.2638e+03	63	2.7250e+03	

DISEÑO A CORTANTE

Dovela	z (m)	p (kg/m)	d (cm)	V1 (kg)	V2
1	1.8200	2.0489e+03	43	2.5099e+03	2.88
2	3.6400	4.6563e+03	53	5.7040e+03	6.55
3	5.4600	7.2638e+03	63	8.8981e+03	1.02

DISEÑO DE ORQUILLA

DOVELA	z (m)	p (kg/m)	R (kg)	As (cm2)	As/2 r
1	1.8200	2.0489e+03	5.3963e+03	1.4276	
2	3.6400	4.6563e+03	1.2264e+04	3.2443	
3	5.4600	7.2638e+03	1.9131e+04	5.0611	

Diseño a Flexión

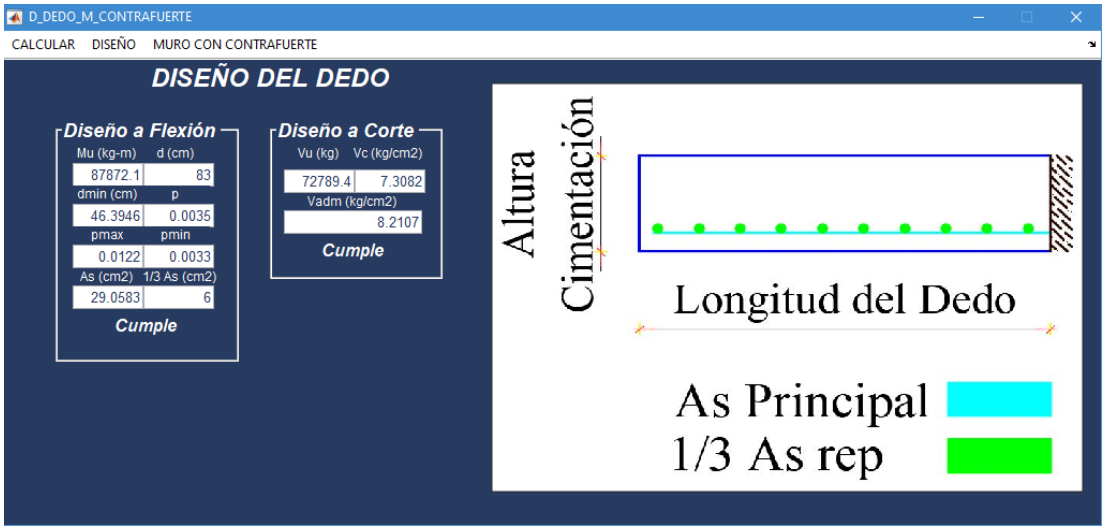
Mu (kg-m)	dmin (cm)
7490.27	13.5454
p min	p max
0.0033	0.0122
1/3 As rep	2/3 As rep
6	12

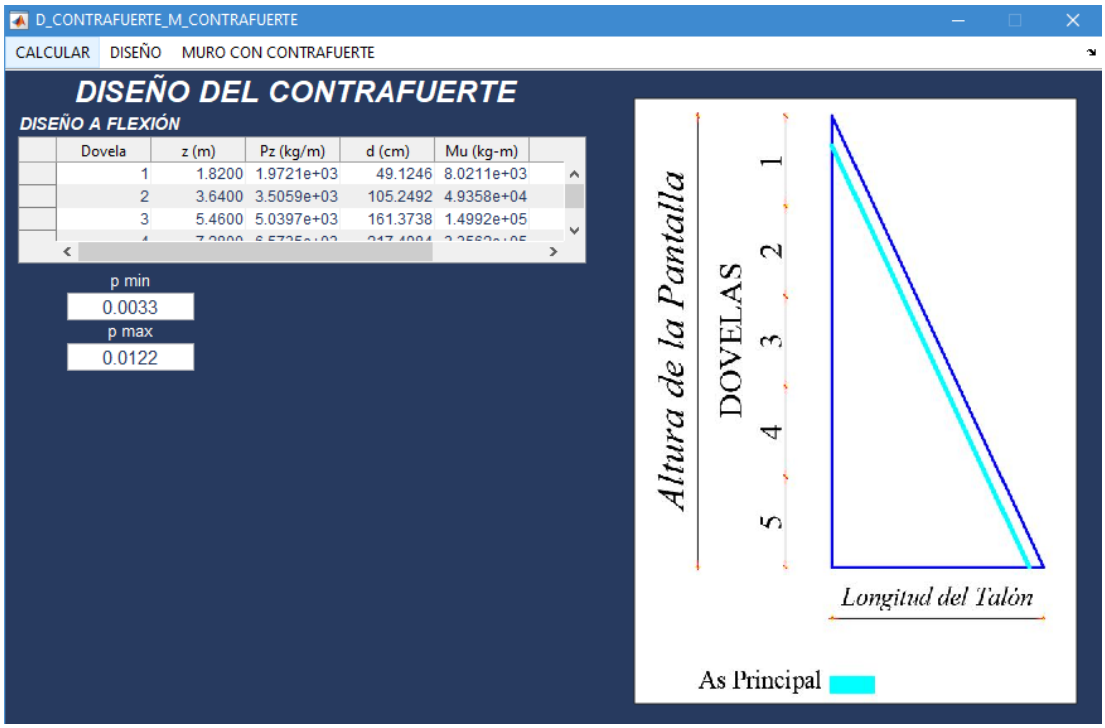
Cumple

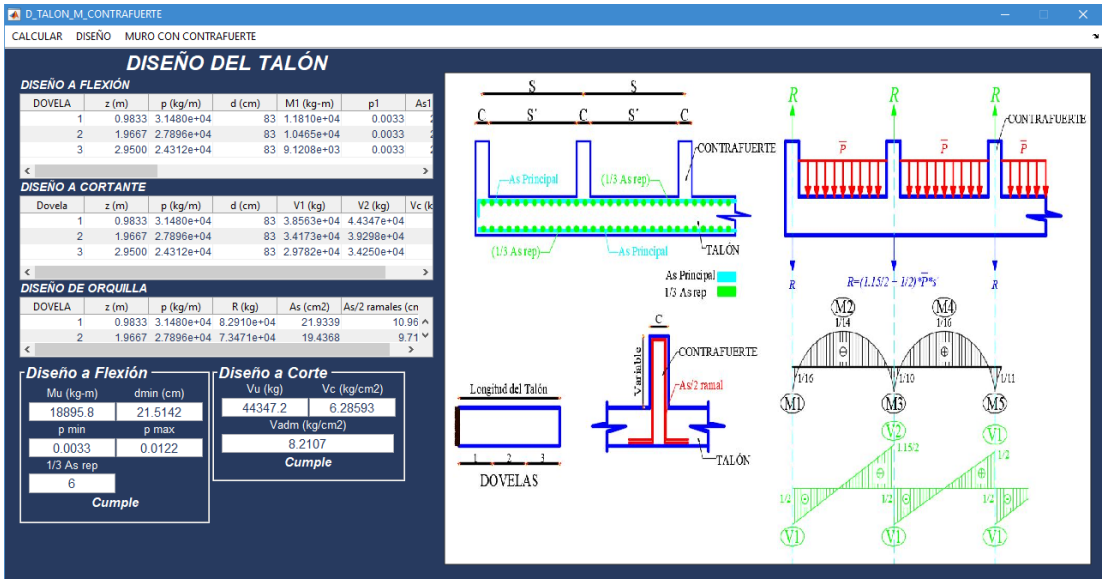
Diseño a Corte

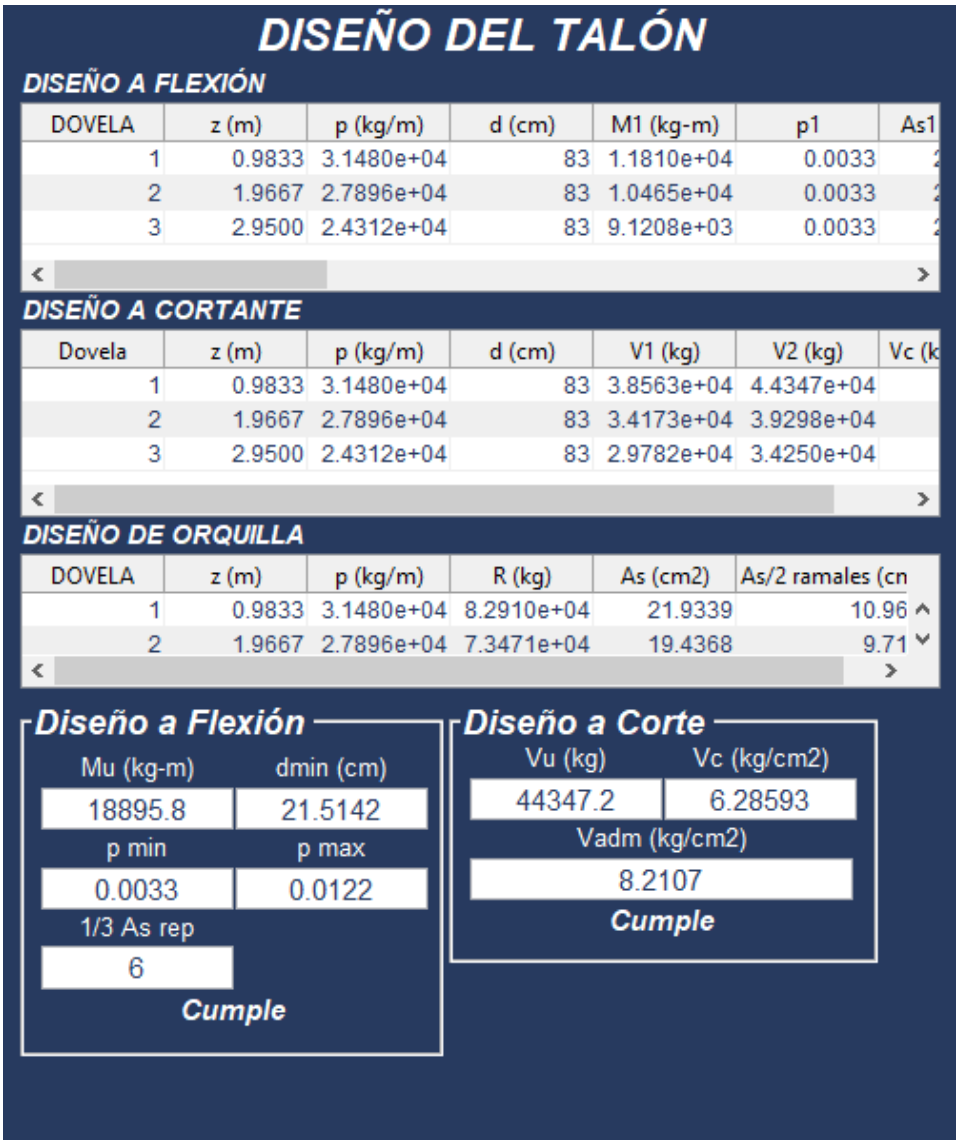
Vu (kg)	Vc (kg/cm2)
17579.2	2.49174
Vadm (kg/cm2)	
8.2107	

Cumple


D_DEDO_M_CONTRAFUERTE
CALCULAR
DISEÑO
MURO CON CONTRAFUERTE
DISEÑO DEL DEDO
Diseño a Flexión
Mu (kg-m)
d (cm)
87872.1
83
dmin (cm)
p
46.3946
0.0035
pmax
pmin
0.0122
0.0033
As (cm2)
1/3 As (cm2)
29.0583
6
Cumple
Diseño a Corte
Vu (kg)
Vc (kg/cm2)
72789.4
7.3082
Vadm (kg/cm2)
8.2107
Cumple
Altura
Cimentación
Longitud del Dedo
As Principal
1/3 As rep


D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE
CALCULAR
DISEÑO
MURO CON CONTRAFUERTE
DISEÑO DEL CONTRAFUERTE
DISEÑO A FLEXIÓN
Dovela
z (m)
Pz (kg/m)
d (cm)
Mu (kg-m)
1
1.8200
1.9721e+03
49.1246
8.0211e+03
2
3.6400
3.5059e+03
105.2492
4.9358e+04
3
5.4600
5.0397e+03
161.3738
1.4992e+05
p min
0.0033
p max
0.0122
Altura de la Pantalla
DOVELAS
1
2
3
4
5
Longitud del Talón
As Principal


D_TALON_M_CONTRAFUERTE
CALCULAR DISEÑO MURO CON CONTRAFUERTE
DISEÑO DEL TALÓN
DISEÑO A FLEXIÓN
DOVELA z (m) p (kg/m) d (cm) M1 (kg-m) p1 As1
1 0.9833 3.1480e+04 83 1.1810e+04 0.0033
2 1.9667 2.7896e+04 83 1.0465e+04 0.0033
3 2.9500 2.4312e+04 83 9.1208e+03 0.0033
DISEÑO A CORTANTE
Dovela z (m) p (kg/m) d (cm) V1 (kg) V2 (kg) Vc (k
1 0.9833 3.1480e+04 83 3.8563e+04 4.4347e+04
2 1.9667 2.7896e+04 83 3.4173e+04 3.9298e+04
3 2.9500 2.4312e+04 83 2.9782e+04 3.4250e+04
DISEÑO DE ORQUILLA
DOVELA z (m) p (kg/m) R (kg) As (cm2) As/2 ramales (cn
1 0.9833 3.1480e+04 8.2910e+04 21.9339 10.96
2 1.9667 2.7896e+04 7.3471e+04 19.4368 9.71
Diseño a Flexión
Mu (kg-m) dmin (cm)
18895.8 21.5142
p min p max
0.0033 0.0122
1/3 As rep
6
Cumple
Diseño a Corte
Vu (kg) Vc (kg/cm2)
44347.2 6.28593
Vadm (kg/cm2)
8.2107
Cumple
CONTRAFUERTE
As Principal
(1/3 As rep)
TALÓN
Longitud del Talón
DOVELAS
As/2 ramal


DISEÑO DEL TALÓN
DISEÑO A FLEXIÓN
DOVELA z (m) p (kg/m) d (cm) M1 (kg-m) p1 As1
1 0.9833 3.1480e+04 83 1.1810e+04 0.0033
2 1.9667 2.7896e+04 83 1.0465e+04 0.0033
3 2.9500 2.4312e+04 83 9.1208e+03 0.0033
DISEÑO A CORTANTE
Dovela z (m) p (kg/m) d (cm) V1 (kg) V2 (kg) Vc (k
1 0.9833 3.1480e+04 83 3.8563e+04 4.4347e+04
2 1.9667 2.7896e+04 83 3.4173e+04 3.9298e+04
3 2.9500 2.4312e+04 83 2.9782e+04 3.4250e+04
DISEÑO DE ORQUILLA
DOVELA z (m) p (kg/m) R (kg) As (cm2) As/2 ramales (cn
1 0.9833 3.1480e+04 8.2910e+04 21.9339 10.96
2 1.9667 2.7896e+04 7.3471e+04 19.4368 9.71
Diseño a Flexión
Mu (kg-m) dmin (cm)
18895.8 21.5142
p min p max
0.0033 0.0122
1/3 As rep
6
Cumple
Diseño a Corte
Vu (kg) Vc (kg/cm2)
44347.2 6.28593
Vadm (kg/cm2)
8.2107
Cumple

4.2.ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tabla 15. *Comparación de resultados en el cálculo realizado de un muro a gravedad.*

	MÉTODO		UNIDADES	DIFERENCIA	
	Manual	Aplicación desarrollada		Cantidad	%
Presión activa	8569.942	8569.94	kg/m	0.002	0.00 %
Presión pasiva	17144.112	17144.7	kg/m	0.588	0.00 %
Peso del hormigón	12678.00	12678.00	kg	0.000	0.00 %
Peso del suelo	3446.19	3446.26	kg	0.07	0.00 %
Momento resistente	29256.088	29273.300	$kg-m$	17.212	0.05 %
Momento al volteo	13106.298	13106.800	$kg-m$	0.502	0.00 %
q máximo	12675.252	12660.00	kg/m^2	15.252	0.12 %
q mínimo	1414.623	1429.97	kg/m^2	15.347	1.08 %
FSV	2.232	2.2335	$-$	0.0015	0.07 %
FSD	3.429	3.4299	$-$	0.0009	0.03 %
FSC	13.958	13.9775	$-$	0.0195	0.14 %

Fuente: *Zavala Luis*

Tabla 16. *Comparación de resultados en el cálculo realizado de un muro en volado o cantiléver*

	MÉTODO		UNIDADES	DIFERENCIA	
	Manual	Aplicación desarrollada		Cantidad	%
Presión activa	22962.339	22962.3	kg/m	0.039	0.00 %
Presión pasiva	44042.368	44039.5	kg/m	2.868	0.00 %
Peso del hormigón	14616.00	14616.00	kg	0.00	0.00 %
Peso del suelo	24461.40	24462.90	kg	1.50	0.00 %
Momento resistente	131092.777	131088.00	$kg-m$	4.777	0.00 %
Momento al volteo	57888.057	57885.7	$kg-m$	2.357	0.00 %
q máximo	17977.570	17979.4	kg/m^2	1.83	0.01 %
q mínimo	3460.759	3459.65	kg/m^2	1.109	0.03 %
FSV	2.265	2.2646	$-$	0.0004	0.02 %
FSD	3.287	3.2869	$-$	0.0001	0.00 %
FSC	9.935	9.9318	$-$	0.0032	0.03 %

Fuente: *Zavala Luis*

Tabla 17. Comparación de resultados en el cálculo de muros con contrafuerte

	MÉTODO		UNIDADES	DIFERENCIA	
	Manual	Aplicación desarrollada		Cantidad	%
Presión activa	42136.662	42136.700	kg/m	0.038	0.00 %
Presión pasiva	79035.26	76035.30	kg/m	0.040	0.00 %
Peso del hormigón	99833.70	99833.70	kg	0.00	0.00 %
Peso del suelo	95827.029	95827	kg	0.029	0.00 %
Momento resistente	896569.352	896569	$kg - m$	0.352	0.00 %
Momento al volteo	443284.619	443285	$kg - m$	0.381	0.00 %
q máximo	69605.299	69605.3	kg/m^2	0.001	0.00 %
q mínimo	1742.764	1742.73	kg/m^2	0.034	0.00 %
FSV	2.023	2.0226	$-$	0.0004	0.02 %
FSD	2.562	2.5623	$-$	0.0003	0.01 %
FSC	9.935	6.6005	$-$	3.3345	5.05 %

Fuente: *Zavala Luis*

4.3.VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

De acuerdo a la hipótesis planteada anteriormente en esta investigación “desarrollo de una aplicación basada en MATLAB para el cálculo de muros a gravedad, muros en volado o cantiléver, muros con contrafuertes”, se determina que al utilizar una aplicación informática de cálculo se logra una disminución de tiempo empleado en el análisis y diseño de muros de contención, también se puede mencionar que al utilizar esta aplicación se estaría evitando una posibilidad de error que se podría producir al realizar este cálculo manualmente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES

- En la actualidad la asistencia de programas informáticos ayuda para la resolución de problemas tal como la resolución de los muros a contención que involucra que debe tener una estabilidad de muro, diseño de la estructura interna tal como la pantalla, dedo, talón y contrafuerte, ya que con esta aplicación se reduce en un 75% el tiempo de diseño en estructura de contención, siendo una ganancia de tiempo.

- Para proceder a realizar un cálculo para la estructura de muros de contención es necesario conocer las propiedades del suelo para obtener resultados precisos para la estructura del muro.

- Los resultados obtenidos por la aplicación desarrollada tienden a tener un error del 1.00% comprobando los valores calculados realizados manualmente, por lo cual es válida la utilización de este programa para los diferentes cálculos a realizarse.

- Mediante la utilización de la aplicación desarrollada se puede realizar el cálculo del muro de contención de una manera más rápida y eficiente con su respectivo diseño para posteriormente realizar la construcción del mismo.

- La aplicación desarrollada cuenta con una interfaz gráfica amigable con el usuario que le permite ingresar los datos necesarios de una manera sencilla e interpretar los resultados obtenidos de una manera fácil y rápida logrando optimizar el tiempo.

- La aplicación desarrollada para el cálculo y diseño de muros a gravedad, muros en volado o cantiléver, muros con contrafuertes a diferencia de las aplicaciones informáticas que existen en el mercado, es propiedad exclusiva de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la universidad técnica de Ambato y será para el uso y beneficio de todos los estudiante y docentes que la conforman.

5.2.RECOMENDACIONES

- Para la utilización adecuada de la aplicación se requiere tener un conocimiento básico en muros de contención, por lo que en este trabajo se recomienda a estudiantes y docentes en el área de Ingeniería Civil.

- Para la elección más apropiada entre los muros a gravedad, muros en volado o cantiléver y muros con contrafuertes, se procederá a tomar en cuenta el desnivel a vencer.

- Las propiedades del suelo que se necesitan deben ser obtenida mediante un estudio de laboratorio de suelos, debido que al ingresar datos inexactos puede generar algún tipo de inconsistencia dentro del cálculo de la estabilidad de la estructura.

- Para proceder a utilizar la aplicación se aconseja leer el manual, el mismo que forma parte de esta tesis, para facilitar la comprensión sobre el uso correcto del mismo.

- Dentro de la aplicación en el momento de razonar sobrecargas, siempre se debe considerar una sobre carga uniformemente distribuida. Al no tener esta carga

se procederá a considerará a ingresar un valor que sea equivalente a dicha carga.

BIBLIOGRAFÍA

[1] E. E. Moreno Usinia , Programa en visual basic para el cálculo y diseño de muros de contención y estribos, Quito: UCE, 2014.

[2] C. G. Gallegos Campos, Guía multimedia para el diseño de muros a gravedad, muros en cantiliver y muros con contrafuertes, Ambato: UTA, 2006.

[3] I. Sigma, «GeoWall 2.0 - Software estrutural y geotecnico,» JOOMSPIRIT, 8 Octubre 2012. [En línea]. Available: http://www.sigma-ingenieria.com/negocio-on-line-67.html. [Último acceso: 22 Noviembre 2016].

[4] D. O. Barragán Guerrero, «Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab,» 22 Mayo 2012. [En línea]. Available: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10740/11/MATLAB_GUIDE.pdf. [Último acceso: 22 Noviembre 2016].

[5] PLAN NACIONAL PARA EL BUEN VIVIR 2013 - 2017, Quito: Senplades, 2014.

[6] R. B. Peck, W. E. Hason y T. H. Thornburn, Ingenierpia de cimentaciones, México D.F.: Limusa , 2009.

[7] M. D. Braja , Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, México D.F.: CENGACE Learning, 2012.

[8] S. DILLON, Cimentaciones, Quito: P.U.C.E, 1996.

[9] M. G. Fratelli, SUELOS, FUNDACIONES Y MUROS, Caracas: ASTROM, 1993.

[10] K. TERZAGHI y R. PECK, MECÁNICA DE SUELOS EN LA INGENIERÍA PRÁCTICA, Buenos Aires: El Ateneo, 1973.

[11] C. I. Apuntes, «FRICCIÓN INTERNA PROPIEDADES DEL SUELO,» 9 Marzo 2015. [En línea]. Available:

http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2011/02/cohesion-y-friccion-interna-propiedades.html. [Último acceso: 4 Abril 2017].

[12] N. EVERARD y J. TANNER, DISEÑO DE CONCRETO ARMADO, México: McGraw – Hill, 1976.

[13] M. GUEVARA, TALLER #1 MUROS DE CONTENCION, Guayaquil, 2008.

[14] L. G. Cruz, «Mecánica de Suelos I Geotecnología,» Universidad del Cauca, Cauca, 2006.

ANEXOS

CODIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DESARROLLADA

Calculo de Muros a gravedad

```
function varargout = PANTALLA_MURO_A_GRAVEDAD(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn',
@PANTALLA_MURO_A_GRAVEDAD_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',
@PANTALLA_MURO_A_GRAVEDAD_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before PANTALLA_MURO_A_GRAVEDAD is made visible.
function   PANTALLA_MURO_A_GRAVEDAD_OpeningFcn(hObject,   eventdata,
handles, varargin)
%Código para centrar la ventana
scrsz=get(0,'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3)-pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4)-pos_act(4);
yp=round(xr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);
%Código para leer las imagenes
imagen=imread('Gravedad.JPG');
%Código para mostrar las imagenes
image(imagen,'Parent',handles.axes1);
%Código para quitar ejes a axes
set(handles.axes1,'XTick',[],'YTick',[]);
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function  varargout  =  PANTALLA_MURO_A_GRAVEDAD_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Borrar celdas de resultados
set(handles.edit3,'String','');
set(handles.edit16,'String','');
```

```
set(handles.edit17,'String','');
set(handles.edit18,'String','');
set(handles.edit19,'String','');
set(handles.edit20,'String','');
set(handles.edit21,'String','');
set(handles.edit22,'String','');
set(handles.edit23,'String','');
set(handles.edit24,'String','');
set(handles.edit25,'String','');
set(handles.edit26,'String','');
%Ingresar el ángulo de inclinación del relleno
VAL1=get(handles.edit1,'String');
Be=str2double(VAL1)
%Ingrese valor de la corona
VAL2=get(handles.edit2,'String');
Cr=str2double(VAL2)
%Ingrese valor de la base del muro
VAL3=get(handles.edit4,'String');
B=str2double(VAL3)
%Ingrese valor de la altura del muro
VAL4=get(handles.edit5,'String');
H=str2double(VAL4)
%Ingrese valor del dedo del muro
VAL5=get(handles.edit6,'String');
De=str2double(VAL5)
%Ingrese valor del talón del muro
VAL6=get(handles.edit7,'String');
Ta=str2double(VAL6)
%Ingrese valor de la altura de fundición del muro
VAL7=get(handles.edit8,'String');
Hf=str2double(VAL7)
%Ingrese valor de la altura de la cimentación del muro
VAL8=get(handles.edit9,'String');
Hc=str2double(VAL8)
%Ingrese valor del peso específico del suelo de cimentación
VAL9=get(handles.edit10,'String');
r2=str2double(VAL9)
%Ingrese valor del ángulo de fricción del suelo de cimentación
VAL10=get(handles.edit11,'String');
fi2=str2double(VAL10)
%Ingrese valor de la capacidad portante del suelo de cimentación
VAL11=get(handles.edit12,'String');
c2=str2double(VAL11)
%Ingrese valor del peso específico del suelo de relleno
VAL12=get(handles.edit13,'String');
r1=str2double(VAL12)
%Ingrese valor del ángulo de fricción del suelo de relleno
VAL13=get(handles.edit14,'String');
fi1=str2double(VAL13)
%Ingrese valor del peso específico del hormigón
VAL14=get(handles.edit15,'String');
rc=str2double(VAL14)
%VARIABLES PARA COMPROBAR SI LOS VALORES SON INGREADOS CORRECTAMENTE
Be1=isnan(Be);
Cr1=isnan(Cr);
B1=isnan(B);
H1=isnan(H);
De1=isnan(De);
Ta1=isnan(Ta);
Hf1=isnan(Hf);
```

```
Hc1=isnan(Hc);
r21=isnan(r2);
fi21=isnan(fi2);
c21=isnan(c2);
r11=isnan(r1);
fi11=isnan(fi1);
rc1=isnan(rc);
%Condiciones para valores de entrada
if H>5
    errordlg('Ingrese el valor de la altura del muro (H) teniendo en
cuenta que debe ser menor que 5.00 m.','Mensaje');
elseif Cr<0.30
    errordlg('Ingrese el valor de la corona del muro (Cr) teniendo en
cuenta que debe ser mayor que 0.30 m.','Mensaje');
elseif B<(0.50*H)
    errordlg('Ingrese el valor de la base del muro (B) mayor al
ingresado.','Mensaje');
elseif Be<=0
    errordlg('Ingrese el valor el ángulo de inclinación del relleno
(Be) teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif De<=0
    errordlg('Ingrese el valor del dedo del muro (De) teniendo en
cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif Ta<=0
    errordlg('Ingrese el valor del talón del muro (Ta) teniendo en
cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif Hf<=0
    errordlg('Ingrese el valor de la altura de fundición del muro (Hf)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif Hc<=0
    errordlg('Ingrese el valor de la cimentación del muro (Hc)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif r2<=0
    errordlg('Ingrese el valor del peso específico del suelo de
cimentación (r2) teniendo en cuenta que debe ser mayor que
0.','Mensaje');
elseif fi2<=0
    errordlg('Ingrese el valor del ángulo de fricción del suelo de
cimentación (fi2) teniendo en cuenta que debe ser mayor que
0.','Mensaje');
elseif c2<=0
    errordlg('Ingrese el valor de la capacidad portante del suelo de
cimentación (c2) teniendo en cuenta que debe ser mayor que
0.','Mensaje');
elseif r1<=0
    errordlg('Ingrese el valor del peso específico del suelo de
relleno (r1) teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif fi1<=0
    errordlg('Ingrese el valor del ángulo de fricción del suelo de
relleno (fi1) teniendo en cuenta que debe ser mayor que
0.','Mensaje');
elseif rc<=0
    errordlg('Ingrese el valor del peso específico del hormigón (rc)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif Be1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif Cr1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
```

```
elseif B1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif H1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif De1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif Ta1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif Hf1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif Hc1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif r21==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif fi21==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif c21==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif r11==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif fi11==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif rc1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
else
    ESPERA
    %Cálculo del empuje activo
    Ka=cosd(Be)*((cosd(Be)-sqrt((cosd(Be)^2)-
(cosd(fi1)^2)))/(cosd(Be)+sqrt((cosd(Be)^2)-(cosd(fi1)^2))))
    %Cálculo del presión activa
    Pa=0.5*Ka*r1*(H^2)
    %Cálculo del presión en componente horizontal
    Ph=Pa*cosd(Be)
    %Cálculo del presión en componente vertical
    Pv=Pa*sind(Be)
    %Cálculo del empuje pasivo
    Kp=cosd(Be)*((cosd(Be)+sqrt((cosd(Be)^2)-
(cosd(fi2)^2)))/(cosd(Be)-sqrt((cosd(Be)^2)-(cosd(fi2)^2))))
    %Cálculo del presión pasiva
    Pp=(0.5*Kp*r2*(Hf^2))+(2*c2*Hf*sqrt(Kp))
    %Cálculo de la base de la corona
    Crb=B-De-Ta
    %Altura del relleno
    H1=Ta*tand(Be)
    %Altura total
    Ht=H+H1
    %Cálculo de las áreas del muro
    A1=B*Hc
```

```
A2=(H-Hc)*Cr
A3=((H-Hc)*(Crb-Cr))/2
A4=(H-Hc)*Ta
A5=(Ta*H1)/2
%Cálculo de los pesos del muro
P1=A1*rc
P2=A2*rc
P3=A3*rc
P4=A4*r1
P5=A5*r1
P6=Pv
%Peso de hormigón por metro lineal
Phorm=P1+P2+P3
%Peso del suelo por metro lineal
Psuelo=P4+P5
%Sumatoria de todos los pesos del muro por metro lineal
Psum=P1+P2+P3+P4+P5+P6
%Cálculo del brazo de momento del muro
D1=B/2
D2=De+Crb-(Cr/2)
D3=De+((Crb-Cr)*(2/3))
D4=De+Crb+(Ta/2)
D5=De+Crb+(Ta*(2/3))
D6=B
%Cálculo de los momentos del muro
M1=D1*P1
M2=D2*P2
M3=D3*P3
M4=D4*P4
M5=D5*P5
M6=D6*P6
%Cálculo del momento resistente
Mr=M1+M2+M3+M4+M5+M6
%Cálculo del momento al volteo
Mo=Pa*(Ht/3)
%Cálculo del factor de seguridad al volteo
FSV=Mr/Mo
%Cálculo del factor de seguridad al dezlizamiento
FSD=((Psum*tand(0.5*fi2))+(B*(0.5*c2))+Pp)/Ph
%Cálculo del factor de seguridad por capacidad de carga
e=(B/2)-((Mr-Mo)/Psum)
qmax=(Psum/B)*(1+((6*e)/B))
qmin=(Psum/B)*(1-((6*e)/B))
q=r2*Hf
Nq=(tand(45+(fi2/2))^2)*exp(1)^(pi*tand(fi2))
Nc=(Nq-1)*((cosd(fi2)/(sind(fi2))))
Nr=2*(Nq+1)*tand(fi2)
DB1=Hf/(B-2*e)
B1=B-2*e
Fcd=1+0.4*DB1
Fqd=1+2*tand(fi2)*((1-sind(fi2))^2)*(DB1)
Frd=1
Yt=atand(Ph/Psum)
Fci=(1-(Yt/90))^2
Fri=(1-(Yt/fi2))^2
qu=(c2*Nc*Fcd*Fci)+(q*Nq*Fqd*Fci)+(0.5*r2*B1*Nr*Frd*Fri)
FSC=qu/qmax
%Identificar si el factor de seguridad al volteo cumple
if FSV>2
  FSV1='Cumple'
```

```
    elseif FSV<2
      FSV1='No cumple'
    else
      FSV1='Ok'
    end
    %Identificar si el factor de seguridad al deslizamiento cumple
    if FSD>1.50
      FSD1='Cumple'
    elseif FSD<1.50
      FSD1='No cumple'
    else
      FSD1='ok'
    end
    %Identificar si el factor de seguridad ante el volteo cumple
    if FSC>2
      FSC1='Cumple'
    elseif FSC<2
      FSC1='No cumple'
    else
      FSC1='Ok'
    end
    %Aproximación de resultados en dígitos
    Crb=round(Crb,2);
    Pa=round(Pa,4);
    Pp=round(Pp,4);
    Phorm=round(Phorm,4);
    Psuelo=round(Psuelo,4);
    Mr=round(Mr,4);
    Mo=round(Mo,4);
    FSV=round(FSV,4);
    FSD=round(FSD,4);
    qmax=round(qmax,4);
    qmin=round(qmin,4);
    FSC=round(FSC,4);
    %Impresión de resultados
    close ESPERA
    set(handles.edit3,'String',Crb);
    set(handles.edit16,'String',Pa);
    set(handles.edit17,'String',Pp);
    set(handles.edit18,'String',Phorm);
    set(handles.edit19,'String',Psuelo);
    set(handles.edit20,'String',Mr);
    set(handles.edit21,'String',Mo);
    set(handles.edit22,'String',qmax);
    set(handles.edit23,'String',qmin);
    set(handles.edit24,'String',FSV);
    set(handles.edit25,'String',FSD);
    set(handles.edit26,'String',FSC);
    set(handles.text67,'String',FSV1);
    set(handles.text68,'String',FSD1);
    set(handles.text69,'String',FSC1);

end

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Limpiar toda la pantalla
set(handles.edit1,'String','');
set(handles.edit2,'String','');
```

```
set(handles.edit3,'String','');
set(handles.edit4,'String','');
set(handles.edit5,'String','');
set(handles.edit6,'String','');
set(handles.edit7,'String','');
set(handles.edit8,'String','');
set(handles.edit9,'String','');
set(handles.edit10,'String','');
set(handles.edit11,'String','');
set(handles.edit12,'String','');
set(handles.edit13,'String','');
set(handles.edit14,'String','');
set(handles.edit15,'String','');
set(handles.edit16,'String','');
set(handles.edit17,'String','');
set(handles.edit18,'String','');
set(handles.edit19,'String','');
set(handles.edit20,'String','');
set(handles.edit21,'String','');
set(handles.edit22,'String','');
set(handles.edit23,'String','');
set(handles.edit24,'String','');
set(handles.edit25,'String','');
set(handles.edit26,'String','');

% ---------------------------------------------------------------------
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
PANTALLA_DE_INICIO
close PANTALLA_MURO_A_GRAVEDAD
```

Cálculo de Muro en volado o cantiléver

```
function varargout = PANTALLA_MURO_EN_VOLADO(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn',
@PANTALLA_MURO_EN_VOLADO_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',
@PANTALLA_MURO_EN_VOLADO_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before PANTALLA_MURO_EN_VOLADO is made visible.
function    PANTALLA_MURO_EN_VOLADO_OpeningFcn(hObject,    eventdata,
handles, varargin)
%Código para centrar la ventana
scrsz=get(0,'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3)-pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4)-pos_act(4);
yp=round(xr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);
%Código para leer las imagenes
imagen=imread('Volado.JPG');
%Código para mostrar las imagenes
image(imagen,'Parent',handles.axes1);
%Código para quitar ejes a axes
set(handles.axes1,'XTick',[],'YTick',[]);
handles.output = hObject;
%Al iniciar el Guide se borra el archivo de datos anteriores .mat
delete('valores.mat')
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function   varargout   =   PANTALLA_MURO_EN_VOLADO_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;

% ------------------------------------------------------------------
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Borrar celdas de resultados
set(handles.edit6,'String','');
set(handles.edit23,'String','');
set(handles.edit24,'String','');
set(handles.edit25,'String','');
```

```
set(handles.edit26,'String','');
set(handles.edit27,'String','');
set(handles.edit28,'String','');
set(handles.edit29,'String','');
set(handles.edit30,'String','');
set(handles.edit31,'String','');
set(handles.edit32,'String','');
set(handles.edit33,'String','');
%Ingresar el ángulo de inclinación del relleno
VAL1=get(handles.edit9,'String');
Be=str2double(VAL1)
%Ingrese valor de la corona
VAL2=get(handles.edit1,'String');
Cr=str2double(VAL2)
%Ingrese valor de la base del muro
VAL3=get(handles.edit3,'String');
B=str2double(VAL3)
%Ingrese valor de la altura del muro
VAL4=get(handles.edit4,'String');
H=str2double(VAL4)
%Ingrese valor del dedo del muro
VAL5=get(handles.edit5,'String');
De=str2double(VAL5)
%Ingrese valor de la base de la corona
VAL6=get(handles.edit2,'String');
Crb=str2double(VAL6)
%Ingrese valor de la altura de fundición del muro
VAL7=get(handles.edit7,'String');
Hf=str2double(VAL7)
%Ingrese valor de la altura de la cimentación del muro
VAL8=get(handles.edit8,'String');
Hc=str2double(VAL8)
%Ingrese valor del peso específico del suelo de cimentación
VAL9=get(handles.edit10,'String');
r2=str2double(VAL9)
%Ingrese valor del ángulo de fricción del suelo de cimentación
VAL10=get(handles.edit11,'String');
fi2=str2double(VAL10)
%Ingrese valor de la capacidad portante del suelo de cimentación
VAL11=get(handles.edit12,'String');
c2=str2double(VAL11)
%Ingrese valor del peso específico del suelo de relleno
VAL12=get(handles.edit16,'String');
r1=str2double(VAL12)
%Ingrese valor del ángulo de fricción del suelo de relleno
VAL13=get(handles.edit17,'String');
fi1=str2double(VAL13)
%Ingrese valor del peso específico del hormigón
VAL14=get(handles.edit21,'String');
rc=str2double(VAL14)
%Ingrese valor del esfuerzo máximo del hormigón
VAL15=get(handles.edit20,'String');
fc=str2double(VAL15)
%Ingrese valor del esfuerzo máximo del acero
VAL16=get(handles.edit22,'String');
fy=str2double(VAL16)
%VARIABLES PARA COMPROBAR SI LOS VALORES SON INGREADOS CORRECTAMENTE
Be1=isnan(Be);
Cr1=isnan(Cr);
B1=isnan(B);
```

```
H1=isnan(H);
De1=isnan(De);
Crb1=isnan(Crb);
Hf1=isnan(Hf);
Hc1=isnan(Hc);
r21=isnan(r2);
fi21=isnan(fi2);
c21=isnan(c2);
r11=isnan(r1);
fi11=isnan(fi1);
rc1=isnan(rc);
fc1=isnan(fc);
fy1=isnan(fy);
%Condiciones para valores de entrada
if H>10
    errordlg('Ingrese el valor de la altura del muro (H) teniendo en
cuenta que debe ser menor que 10.00 m.','Mensaje');
elseif Cr<0.30
    errordlg('Ingrese el valor de la corona del muro (Cr) teniendo en
cuenta que debe ser mayor que 0.30 m.','Mensaje');
elseif B<(0.50*H)
    errordlg('Ingrese el valor de la base del muro (B) mayor al
ingresado.','Mensaje');
elseif Be<=0
    errordlg('Ingrese el valor el ángulo de inclinación del relleno
(Be) teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif De<=0
    errordlg('Ingrese el valor del dedo del muro (De) teniendo en
cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif Crb<Cr
    errordlg('Ingrese el valor del talón del muro (Crb) teniendo en
cuenta que debe ser mayor que la corona.','Mensaje');
elseif Hf<=0
    errordlg('Ingrese el valor de la altura de fundición del muro (Hf)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif Hc<=0
    errordlg('Ingrese el valor de la cimentación del muro (Hc)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif r2<=0
    errordlg('Ingrese el valor del peso específico del suelo de
cimentación (r2) teniendo en cuenta que debe ser mayor que
0.','Mensaje');
elseif fi2<Be
    errordlg('Ingrese el valor del ángulo de fricción del suelo de
cimentación (fi2) teniendo en cuenta que debe ser mayor que el ángulo
de beta.','Mensaje');
elseif c2<=0
    errordlg('Ingrese el valor de la capacidad portante del suelo de
cimentación (c2) teniendo en cuenta que debe ser mayor que
0.','Mensaje');
elseif r1<=0
    errordlg('Ingrese el valor del peso específico del suelo de
relleno (r1) teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif fi1<Be
    errordlg('Ingrese el valor del ángulo de fricción del suelo de
relleno (fi1) teniendo en cuenta que debe ser mayor que el ángulo de
beta.','Mensaje');
elseif rc<=0
    errordlg('Ingrese el valor del peso específico del hormigón (rc)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
```

```
elseif fc<=0
    errordlg('Ingrese el valor del esfuerzo máximo del hormigón (fc)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif fy<=0
    errordlg('Ingrese el valor del esfuerzo máximo del acero (fy)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif Be1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif Cr1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif B1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif H1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif De1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif Crb1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif Hf1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif Hc1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif r21==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif fi21==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif c21==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif r11==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif fi11==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif rc1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif fc1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif fy1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
else
        ESPERA
    %Cálculo del empuje activo
    Ka=cosd(Be)*((cosd(Be)-sqrt((cosd(Be)^2)-
(cosd(fi1)^2)))/(cosd(Be)+sqrt((cosd(Be)^2)-(cosd(fi1)^2))))
    %Cálculo del presión activa
```

```
    Pa=0.5*Ka*r1*(H^2)
    %Cálculo del presión en componente horizontal
    Ph=Pa*cosd(Be)
    %Cálculo del presión en componente vertical
    Pv=Pa*sind(Be)
    %Cálculo del empuje pasivo
    Kp=cosd(Be)*((cosd(Be)+sqrt((cosd(Be)^2)-
(cosd(fi2)^2)))/(cosd(Be)-sqrt((cosd(Be)^2)-(cosd(fi2)^2))))
    %Cálculo del presión pasiva
    Pp=(0.5*Kp*r2*(Hf^2))+(2*c2*Hf*sqrt(Kp))
    %Cálculo del talón del muro
    Ta=B-De-Crb
    %Altura del relleno
    H1=Ta*tand(Be)
    %Altura total
    Ht=H+H1
    %Cálculo de las áreas del muro
    A1=B*Hc
    A2=(H-Hc)*Cr
    A3=((H-Hc)*(Crb-Cr))/2
    A4=(H-Hc)*Ta
    A5=(Ta*H1)/2
    %Cálculo de los pesos del muro
    P1=A1*rc
    P2=A2*rc
    P3=A3*rc
    P4=A4*r1
    P5=A5*r1
    P6=Pv
    %Peso de hormigón por metro lineal
    Phorm=P1+P2+P3
    %Peso del suelo por metro lineal
    Psuelo=P4+P5
    %Sumatoria de todos los pesos del muro por metro lineal
    Psum=P1+P2+P3+P4+P5+P6
    %Cálculo del brazo de momento del muro
    D1=B/2
    D2=De+Crb-(Cr/2)
    D3=De+((Crb-Cr)*(2/3))
    D4=De+Crb+(Ta/2)
    D5=De+Crb+(Ta*(2/3))
    D6=B
    %Cálculo de los momentos del muro
    M1=D1*P1
    M2=D2*P2
    M3=D3*P3
    M4=D4*P4
    M5=D5*P5
    M6=D6*P6
    %Cálculo del momento resistente
    Mr=M1+M2+M3+M4+M5+M6
    %Cálculo del momento al volteo
    Mo=Pa*(Ht/3)
    %Cálculo del factor de seguridad al volteo
    FSV=Mr/Mo
    %Cálculo del factor de seguridad al dezlizamiento
    FSD=((Psum*tand(0.5*fi2))+(B*(0.5*c2))+Pp)/Ph
    %Cálculo del factor de seguridad por capacidad de carga
    e=(B/2)-((Mr-Mo)/Psum)
    qmax=(Psum/B)*(1+((6*e)/B))
```

```
qmin=(Psum/B)*(1-((6*e)/B))
q=r2*Hf
Nq=(tand(45+(fi2/2))^2)*exp(1)^(pi*tand(fi2))
Nc=(Nq-1)*((cosd(fi2)/(sind(fi2))))
Nr=2*(Nq+1)*tand(fi2)
DB1=Hf/(B-2*e)
B1=B-2*e
Fcd=1+0.4*DB1
Fqd=1+2*tand(fi2)*((1-sind(fi2))^2)*(DB1)
Frd=1
Yt=atand(Ph/Psum)
Fci=(1-(Yt/90))^2
Fri=(1-(Yt/fi2))^2
qu=(c2*Nc*Fcd*Fci)+(q*Nq*Fqd*Fci)+(0.5*r2*B1*Nr*Frd*Fri)
FSC=qu/qmax
%Identificar si el factor de seguridad al volteo cumple
if FSV>2
  FSV1='Cumple'
elseif FSV<2
  FSV1='No cumple'
else
  FSV1='Ok'
end
%Identificar si el factor de seguridad al deslizamiento cumple
if FSD>1.50
  FSD1='Cumple'
elseif FSD<1.50
  FSD1='No cumple'
else
  FSD1='Ok'
end
%Identificar si el factor de seguridad ante el volteo cumple
if FSC>2
  FSC1='Cumple'
elseif FSC<2
  FSC1='No cumple'
else
  FSC1='Ok'
end
%Aproximación de resultados en dígitos
Ta=round(Ta,2);
Pa=round(Pa,4);
Pp=round(Pp,4);
Phorm=round(Phorm,4);
Psuelo=round(Psuelo,4);
Mr=round(Mr,4);
Mo=round(Mo,4);
FSV=round(FSV,4);
FSD=round(FSD,4);
qmax=round(qmax,4);
qmin=round(qmin,4);
FSC=round(FSC,4);
%Impresión de resultados
close ESPERA
set(handles.edit6,'String',Ta);
set(handles.edit23,'String',Pa);
set(handles.edit26,'String',Pp);
set(handles.edit24,'String',Phorm);
set(handles.edit27,'String',Psuelo);
set(handles.edit25,'String',Mr);
```

```
    set(handles.edit28,'String',Mo);
    set(handles.edit29,'String',qmax);
    set(handles.edit30,'String',qmin);
    set(handles.edit31,'String',FSV);
    set(handles.edit32,'String',FSD);
    set(handles.edit33,'String',FSC);
    set(handles.text74,'String',FSV1);
    set(handles.text75,'String',FSD1);
    set(handles.text76,'String',FSC1);
    %ALMACENAR LOS RESULTADOS EN UN ARCHIVO .mat PARA UTILIZARLOS EN
OTRO GUIDE
    save valores Ka r1 H1 Cr Crb H Hc fy fc qmax qmin B De Ta
    load('valores.mat')

end

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Limpiar toda la pantalla
set(handles.edit1,'String','');
set(handles.edit2,'String','');
set(handles.edit3,'String','');
set(handles.edit4,'String','');
set(handles.edit5,'String','');
set(handles.edit6,'String','');
set(handles.edit7,'String','');
set(handles.edit8,'String','');
set(handles.edit9,'String','');
set(handles.edit10,'String','');
set(handles.edit11,'String','');
set(handles.edit12,'String','');
set(handles.edit16,'String','');
set(handles.edit17,'String','');
set(handles.edit20,'String','');
set(handles.edit21,'String','');
set(handles.edit22,'String','');
set(handles.edit23,'String','');
set(handles.edit24,'String','');
set(handles.edit25,'String','');
set(handles.edit26,'String','');
set(handles.edit27,'String','');
set(handles.edit28,'String','');
set(handles.edit29,'String','');
set(handles.edit30,'String','');
set(handles.edit31,'String','');
set(handles.edit32,'String','');
set(handles.edit33,'String','');

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
PANTALLA_DE_INICIO
close PANTALLA_MURO_EN_VOLADO

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_6_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_PANTALLA_M_VOLADO
close PANTALLA_MURO_EN_VOLADO

% --------------------------------------------------------------------
```

```
function Untitled_7_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_DEDO_M_VOLADO
close PANTALLA_MURO_EN_VOLADO

% ---------------------------------------------------------------------
function Untitled_9_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_TALON_M_VOLADO
close PANTALLA_MURO_EN_VOLADO
```

Diseño de la pantalla del muro en volado o cantiléver

```
function varargout = D_PANTALLA_M_VOLADO(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn',
@D_PANTALLA_M_VOLADO_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',   @D_PANTALLA_M_VOLADO_OutputFcn,
...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before D_PANTALLA_M_VOLADO is made visible.
function D_PANTALLA_M_VOLADO_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
%Código para centrar la ventana
scrsz=get(0,'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3)-pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4)-pos_act(4);
yp=round(xr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);
%Código para leer las imagenes
imagen=imread('Diseño_PantallaVolado.JPG');
%Código para mostrar las imagenes
image(imagen,'Parent',handles.axes1);
%Código para quitar ejes a axes
set(handles.axes1,'XTick',[],'YTick',[]);
% Choose default command line output for D_PANTALLA_M_VOLADO
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Cargar los valores del archivo valores.mat, para utilizarlos en este
guide apenas se abra esta interfaz
load valores
%Datos para la columna dovela
dovela=1:1:5;
%Se asignan estos valores a una variable tabla para ser ubicados en
la primera columna de la tabla del guide
tabla(:,1)=dovela;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna Z(m) distancia para cada dovela
z=[];
for dovela=1:5,
```

```
    z(dovela)=dovela.*((H-Hc)./5);
end;
tabla(:,2)=z;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de presiones para cada dovela Pz(kg/m2)
pz=[];
for dovela=1:5,
    pz(dovela)=Ka.*r1.*(z(dovela)+H1);
end;
tabla(:,3)=pz;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de momentos para cada dovela Mu(kg-m)
zini=0;
pzini=Ka.*r1.*(zini+H1);
mu=[];
for dovela=1:5,
    mu(dovela)=(1.7.*(((z(dovela)^2)./6).*((2.*pzini)+pz(dovela))));
end;
tabla(:,4)= mu;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del peralte efectivo d(cm)
m=((Crb.*100)-(Cr.*100))./(H-Hc);
d=[];
for dovela=1:5,
    d(dovela)=(100.*(Cr-0.07))+(m.*z(dovela));
end;
tabla(:,5)=d;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna p
k=[];
pmin=14./fy;
for dovela=1:5,

k(dovela)=(mu(dovela)*(100))./((0.9).*(100).*((d(dovela).*d(dovela))
).*(fc));
    p(dovela)=(fc./fy).*(((1-sqrt((1-(2.36.*k(dovela))))))./1.18));
    if p(dovela)<pmin
        p(dovela)=pmin;
    else
        p(dovela)=p(dovela);
    end;
end;
tabla(:,6)=p;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del área de acero As(cm2)
as=[];
for dovela=1:5,
    as(dovela)=p(dovela).*d(dovela).*100;
end;
as
tabla(:,7)=as;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);

%Muestra el momento ultimo de los momentos producidos en la pantalla.
set(handles.edit1,'String',mu(5));
%Diseño a flexión realizando con el momento último.
dc=sqrt(((mu(5))*100)/(0.189*0.9*fc*100))
%Cálculo de pmax
pmax=0.5*(0.85*0.85*(fc/fy)*(6120/(6120+fy)))
```

```
%Cálculo del acero de temperatura
Ast=0.002*100*(100*(Cr+Crb))/2
%Cálculo del acero de repartición inferior
Asinf=Ast/3
%Cálculo del acero de repartición superior
Assup=Ast*(2/3)
%Cálculo del cortante ultimo
Vu=1.7*((pzini+pz(5))*((H-Hc)/2))
%Cálculo del cortante calculado
Vc=Vu/(0.85*100*d(5))
%Cálculo del cortante admisible
Vadm=0.53*sqrt(fc)
%Verificación de chequeo del diseño a flexión
if d(5)>dc
    dc1='Cumple'
elseif d(5)<dc
    dc1='No Cumple'
else
    dc1='Ok'
end
%Verificación de chequeo del diseño a corte
if Vadm>Vc
    Vadm1='Cumple'
elseif Vadm<Vc
    Vadm1='No Cumple'
else
   Vadm1='Ok'
end
%Aproximación de resultados en dígitos
dc=round(dc,4);
pmin=round(pmin,4);
pmax=round(pmax,4);
Asinf=round(Asinf,4);
Assup=round(Assup,4);
Vu=round(Vu,4);
Vc=round(Vc,4);
Vadm=round(Vadm,4);
%Impresión de resultados
set(handles.edit2,'String',dc);
set(handles.edit3,'String',pmin);
set(handles.edit4,'String',pmax);
set(handles.edit5,'String',Asinf);
set(handles.edit6,'String',Assup);
set(handles.edit7,'String',Vu);
set(handles.edit8,'String',Vc);
set(handles.edit9,'String',Vadm);
set(handles.text18,'String',dc1);
set(handles.text19,'String',Vadm1);
% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
PANTALLA_MURO_EN_VOLADO
close D_PANTALLA_M_VOLADO

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_DEDO_M_VOLADO
close D_PANTALLA_M_VOLADO

% --------------------------------------------------------------------
```

```
function Untitled_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_TALON_M_VOLADO
close D_PANTALLA_M_VOLADO
```

Diseño del dedo del muro en volado o cantiléver

```
function varargout = D_DEDO_M_VOLADO(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn',     @D_DEDO_M_VOLADO_OpeningFcn,
...
                   'gui_OutputFcn',  @D_DEDO_M_VOLADO_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before D_DEDO_M_VOLADO is made visible.
function  D_DEDO_M_VOLADO_OpeningFcn(hObject,  eventdata,  handles,
varargin)
%Código para centrar la ventana
scrsz=get(0,'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3)-pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4)-pos_act(4);
yp=round(xr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);
%Código para leer las imagenes
imagen=imread('Diseño_DedoVolado.JPG');
%Código para mostrar las imagenes
image(imagen,'Parent',handles.axes1);
%Código para quitar ejes a axes
set(handles.axes1,'XTick',[],'YTick',[]);
% Choose default command line output for D_DEDO_M_VOLADO
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% ---------------------------------------------------------------------
--
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Cargar los valores del archivo valores.mat, para utilizarlos en este
guide apenas se abra esta interfaz
load valores
%Cálculo de m mediante relación de pendientes
m=(qmax-qmin)/B
%Cálculo de q1 presión ubicada a la distancia del dedo
q1=qmax-(m*De)
%Diseño a corte
%Cálculo del cortante ultimo
```

```
Vu=1.7*((qmax*De)-((m*De^2)/2))
%Cálculo del cortante calculado
Vc=Vu/(0.85*100*(100*(Hc-0.07)))
%Cálculo del cortante admisible
Vadm=0.53*sqrt(fc)
%Verificación de chequeo del diseño a corte
if Vadm>Vc
    Vadm1='Cumple'
elseif Vadm<Vc
    Vadm1='No Cumple'
else
   Vadm1='Ok'
end
%Diseño a flexión
%Cálculo del peralte
d=(100*(Hc-0.07))
%Cálculo del momento último
Mu=1.7*(((qmax*De^2)/2)-((m*De^3)/6))
%Cálculo de pmax
pmax=0.5*(0.85*0.85*(fc/fy)*(6120/(6120+fy)))
%Cálculo de pmin
pmin=14/fy
%Cálculo de k
k=(Mu*(100))/((0.9)*(100)*(d^2)*(fc))
%Cálculo de p
p=(fc/fy)*(((1-sqrt((1-(2.36*k))))/1.18))
if p<pmin
    p=pmin;
else
    p=p;
end;
%Cálculo del As
as=p*d*100;
%Cálculo del acero de temperatura
Ast=0.002*100*(100*Hc)
%Cálculo del acero de repartición
Asrep=Ast/3
%Diseño a flexión realizando con el momento último.
dc=(sqrt(((Mu)*100)/(0.189*0.9*fc*100)))
%Verificación de chequeo del diseño a flexión
if d>dc
    dc1='Cumple'
elseif d<dc
    dc1='No Cumple'
else
    dc1='Ok'
end
%Aproximación de resultados en dígitos
Mu=round(Mu,4);
d=round(d,4);
dc=round(dc,4);
p=round(p,4);
pmax=round(pmax,4);
pmin=round(pmin,4);
as=round(as,4);
Asrep=round(Asrep,4);
Vu=round(Vu,4);
Vc=round(Vc,4);
Vadm=round(Vadm,4);
%Impresión de resultados
```

```
set(handles.edit1,'String',Mu);
set(handles.edit2,'String',d);
set(handles.edit5,'String',dc);
set(handles.edit3,'String',p);
set(handles.edit7,'String',pmax);
set(handles.edit6,'String',pmin);
set(handles.edit4,'String',as);
set(handles.edit11,'String',Asrep);
set(handles.edit8,'String',Vu);
set(handles.edit9,'String',Vc);
set(handles.edit10,'String',Vadm);
set(handles.text10,'String',dc1);
set(handles.text15,'String',Vadm1);

% ---------------------------------------------------------------------
function Untitled_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
PANTALLA_MURO_EN_VOLADO
close D_DEDO_M_VOLADO

% ---------------------------------------------------------------------
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_PANTALLA_M_VOLADO
close D_DEDO_M_VOLADO

% ---------------------------------------------------------------------
function Untitled_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_TALON_M_VOLADO
close D_DEDO_M_VOLADO
```

Diseño del talón del muro en volado o cantiléver

```
function varargout = D_TALON_M_VOLADO(varargin)

gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn',    @D_TALON_M_VOLADO_OpeningFcn,
...
                   'gui_OutputFcn',  @D_TALON_M_VOLADO_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before D_TALON_M_VOLADO is made visible.
function  D_TALON_M_VOLADO_OpeningFcn(hObject,  eventdata,  handles,
varargin)
%Código para centrar la ventana
scrsz=get(0,'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3)-pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4)-pos_act(4);
yp=round(xr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);
%Código para leer las imagenes
imagen=imread('Diseño_TalonVolado.JPG');
%Código para mostrar las imagenes
image(imagen,'Parent',handles.axes1);
%Código para quitar ejes a axes
set(handles.axes1,'XTick',[],'YTick',[]);
% Choose default command line output for D_TALON_M_VOLADO
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Cargar los valores del archivo valores.mat, para utilizarlos en este
guide apenas se abra esta interfaz
load valores
%Cálculo de m mediante relación de pendientes
m=(qmax-qmin)/B
%Cálculo de q1 presión ubicada a la distancia del talón
q2=qmin+(m*Ta)
%Cálculo de qs presión ubicada en la parte superior del talón
qs=r1*(H+H1)
%Cálculo de qmaxt presión máxima del talon
qmaxt=qs-qmin
%Cálculo de qmint presión minima del talon
```

```
qmint=qs-q2
%Cálculo de m mediante relación de pendientes con las presiones que
actuan
%en el talón
mt=(qmaxt-qmint)/Ta
%Diseño a corte
%Cálculo del cortante ultimo
Vu=1.7*((qmaxt*Ta)-((mt*Ta^2)/2))
%Cálculo del cortante calculado
Vc=Vu/(0.85*100*(100*(Hc-0.07)))
%Cálculo del cortante admisible
Vadm=0.53*sqrt(fc)
%Verificación de chequeo del diseño a corte
if Vadm>Vc
    Vadm1='Cumple'
elseif Vadm<Vc
    Vadm1='No Cumple'
else
   Vadm1='Ok'
end
%Diseño a flexión
%Cálculo del peralte
d=(100*(Hc-0.07))
%Cálculo del momento último
Mu=1.7*(((qmaxt*Ta^2)/2)-((mt*Ta^3)/6))
%Cálculo de pmax
pmax=0.5*(0.85*0.85*(fc/fy)*(6120/(6120+fy)))
%Cálculo de pmin
pmin=14/fy
%Cálculo de k
k=(Mu*(100))/((0.9)*(100)*(d^2)*(fc))
%Cálculo de p
p=(fc/fy)*(((1-sqrt((1-(2.36*k))))/1.18))
if p<pmin
    p=pmin;
else
    p=p;
end;
%Cálculo del As
as=p*d*100;
%Cálculo del acero de temperatura
Ast=0.002*100*(100*Hc)
%Cálculo del acero de repartición
Asrep=Ast/3
%Diseño a flexión realizando con el momento último.
dc=(sqrt(((Mu)*100)/(0.189*0.9*fc*100)))
%Verificación de chequeo del diseño a flexión
if d>dc
    dc1='Cumple'
elseif d<dc
    dc1='No Cumple'
else
    dc1='Ok'
end
%Aproximación de resultados en dígitos
Mu=round(Mu,4);
d=round(d,4);
dc=round(dc,4);
p=round(p,4);
pmax=round(pmax,4);
```

```
pmin=round(pmin,4);
as=round(as,4);
Asrep=round(Asrep,4);
Vu=round(Vu,4);
Vc=round(Vc,4);
Vadm=round(Vadm,4);
%Impresión de resultados
set(handles.edit1,'String',Mu);
set(handles.edit2,'String',d);
set(handles.edit5,'String',dc);
set(handles.edit3,'String',p);
set(handles.edit7,'String',pmax);
set(handles.edit6,'String',pmin);
set(handles.edit4,'String',as);
set(handles.edit8,'String',Asrep);
set(handles.edit9,'String',Vu);
set(handles.edit10,'String',Vc);
set(handles.edit11,'String',Vadm);
set(handles.text10,'String',dc1);
set(handles.text15,'String',Vadm1);

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
PANTALLA_MURO_EN_VOLADO
close D_TALON_M_VOLADO

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_PANTALLA_M_VOLADO
close D_TALON_M_VOLADO

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_DEDO_M_VOLADO
close D_TALON_M_VOLADO
```

Muro con contrafuertes

```
function varargout = PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn',
@PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',
@PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES is made
visible.
function        PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES_OpeningFcn(hObject,
eventdata, handles, varargin)
%Código para centrar la ventana
scrsz=get(0,'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3)-pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4)-pos_act(4);
yp=round(xr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);
%Código para leer las imagenes
imagen=imread('Contrafuerte.JPG');
%Código para mostrar las imagenes
image(imagen,'Parent',handles.axes1);
%Código para quitar ejes a axes
set(handles.axes1,'XTick',[],'YTick',[]);
handles.output = hObject;
%Al iniciar el Guide se borra el archivo de datos anteriores .mat
delete('valores.mat')
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% ---------------------------------------------------------------------
--
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Borrar celdas de resultados
set(handles.edit7,'String','');
set(handles.edit23,'String','');
set(handles.edit24,'String','');
set(handles.edit25,'String','');
set(handles.edit26,'String','');
set(handles.edit27,'String','');
set(handles.edit28,'String','');
```

```
set(handles.edit29,'String','');
set(handles.edit30,'String','');
set(handles.edit31,'String','');
set(handles.edit32,'String','');
set(handles.edit33,'String','');
%Ingresar el ángulo de inclinación del relleno
VAL1=get(handles.edit5,'String');
Be=str2double(VAL1)
%Ingrese valor de la corona
VAL2=get(handles.edit1,'String');
Cr=str2double(VAL2)
%Ingrese valor de la base del muro
VAL3=get(handles.edit3,'String');
B=str2double(VAL3)
%Ingrese valor de la altura del muro
VAL4=get(handles.edit4,'String');
H=str2double(VAL4)
%Ingrese valor del dedo del muro
VAL5=get(handles.edit6,'String');
De=str2double(VAL5)
%Ingrese valor de la base de la corona
VAL6=get(handles.edit2,'String');
Crb=str2double(VAL6)
%Ingrese valor de la altura de fundición del muro
VAL7=get(handles.edit8,'String');
Hf=str2double(VAL7)
%Ingrese valor de la altura de la cimentación del muro
VAL8=get(handles.edit9,'String');
Hc=str2double(VAL8)
%Ingrese valor de la altura de la separación de los contrafuertes
VAL9=get(handles.edit10,'String');
s=str2double(VAL9)
%Ingrese valor del espesor del contrafuerte
VAL10=get(handles.edit11,'String');
c=str2double(VAL10)
%Ingrese valor del peso específico del suelo de cimentación
VAL11=get(handles.edit15,'String');
r2=str2double(VAL11)
%Ingrese valor del ángulo de fricción del suelo de cimentación
VAL12=get(handles.edit16,'String');
fi2=str2double(VAL12)
%Ingrese valor de la capacidad portante del suelo de cimentación
VAL13=get(handles.edit17,'String');
c2=str2double(VAL13)
%Ingrese valor del peso específico del suelo de relleno
VAL14=get(handles.edit18,'String');
r1=str2double(VAL14)
%Ingrese valor del ángulo de fricción del suelo de relleno
VAL15=get(handles.edit19,'String');
fi1=str2double(VAL15)
%Ingrese valor del peso específico del hormigón
VAL16=get(handles.edit21,'String');
rc=str2double(VAL16)
%Ingrese valor del esfuerzo máximo del hormigón
VAL17=get(handles.edit20,'String');
fc=str2double(VAL17)
%Ingrese valor del esfuerzo máximo del acero
VAL18=get(handles.edit22,'String');
fy=str2double(VAL18)
```

```
%VARIABLES PARA COMPROBAR SI LOS VALORES SON INGREADOS CORRECTAMENTE
Be1=isnan(Be);
Cr1=isnan(Cr);
B1=isnan(B);
H1=isnan(H);
De1=isnan(De);
Crb1=isnan(Crb);
Hf1=isnan(Hf);
Hc1=isnan(Hc);
s1=isnan(s);
c1=isnan(c);
r21=isnan(r2);
fi21=isnan(fi2);
c21=isnan(c2);
r11=isnan(r1);
fi11=isnan(fi1);
rc1=isnan(rc);
fc1=isnan(fc);
fy1=isnan(fy);
%Condiciones para valores de entrada
if H>10
    errordlg('Ingrese el valor de la altura del muro (H) teniendo en
cuenta que debe ser menor que 10.00 m.','Mensaje');
elseif Cr<0.30
    errordlg('Ingrese el valor de la corona del muro (Cr) teniendo en
cuenta que debe ser mayor que 0.30 m.','Mensaje');
elseif B<(0.50*H)
    errordlg('Ingrese el valor de la base del muro (B) mayor al
ingresado.','Mensaje');
elseif Be<=0
    errordlg('Ingrese el valor el ángulo de inclinación del relleno
(Be) teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif De<(0.25*B)
    errordlg('Ingrese el valor del dedo del muro (De) teniendo en
cuenta que debe ser mayor al valor ingresado.','Mensaje');
elseif Crb<Cr
    errordlg('Ingrese el valor del talón del muro (Crb) teniendo en
cuenta que debe ser mayor que la corona.','Mensaje');
elseif Hf<=0
    errordlg('Ingrese el valor de la altura de fundición del muro (Hf)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif Hc<=0
    errordlg('Ingrese el valor de la cimentación del muro (Hc)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif s>3
    errordlg('Ingrese el valor de la altura de la separación de los
contrafuertes (s) teniendo en cuenta que debe ser máximo de 3.00
metros.','Mensaje');
elseif c<0.25
    errordlg('Ingrese el valor del espesor del contrafuerte (c)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.25 metros.','Mensaje');
elseif r2<=0
    errordlg('Ingrese el valor del peso específico del suelo de
cimentación (r2) teniendo en cuenta que debe ser mayor que
0.','Mensaje');
elseif fi2<=0
```

```
    errordlg('Ingrese el valor del ángulo de fricción del suelo de
cimentación (fi2) teniendo en cuenta que debe ser mayor que
0.','Mensaje');
elseif c2<=0
    errordlg('Ingrese el valor de la capacidad portante del suelo de
cimentación (c2) teniendo en cuenta que debe ser mayor que
0.','Mensaje');
elseif r1<=0
    errordlg('Ingrese el valor del peso específico del suelo de
relleno (r1) teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif fi1<=0
    errordlg('Ingrese el valor del ángulo de fricción del suelo de
relleno (fi1) teniendo en cuenta que debe ser mayor que
0.','Mensaje');
elseif rc<=0
    errordlg('Ingrese el valor del peso específico del hormigón (rc)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif fc<=0
    errordlg('Ingrese el valor del esfuerzo máximo del hormigón (fc)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif fy<=0
    errordlg('Ingrese el valor del esfuerzo máximo del acero (fy)
teniendo en cuenta que debe ser mayor que 0.','Mensaje');
elseif Be1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif Cr1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif B1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif H1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif De1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif Crb1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif Hf1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif Hc1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif s1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif c1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif r21==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif fi21==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif c21==1
```

```
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif r11==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif fi11==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif rc1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif fc1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
elseif fy1==1
    errordlg('Complete los campos de entrada adeacuadamente antes de
calcular.','Mensaje');
else
        ESPERA
    %Cálculo de la separación libre entre los contrafuertes
    s1=s-c
    %Cálculo del empuje activo
    Ka=cosd(Be)*((cosd(Be)-sqrt((cosd(Be)^2)-
(cosd(fi1)^2)))/(cosd(Be)+sqrt((cosd(Be)^2)-(cosd(fi1)^2))))
    %Cálculo de la presión activa
    Pa=0.5*Ka*r1*(H^2)
    %Cálculo de la presión activa en el contrafuerte
    Pac=Pa*s
    %Cálculo de la presión activa en el componente horizontal del
contrafuerte
    Phc=Pac*cosd(Be)
    %Cálculo del presión en componente horizontal
    Ph=Pa*cosd(Be)
    %Cálculo de la presión activa en el componente vertical del
contrafuerte
    Pvc=Pac*sind(Be)
    %Cálculo del presión en componente vertical
    Pv=Pa*sind(Be)
    %Cálculo del empuje pasivo
    Kp=cosd(Be)*((cosd(Be)+sqrt((cosd(Be)^2)-
(cosd(fi2)^2)))/(cosd(Be)-sqrt((cosd(Be)^2)-(cosd(fi2)^2))))
    %Cálculo de la presión pasiva
    Pp=(0.5*Kp*r2*(Hf^2))+(2*c2*Hf*sqrt(Kp))
    %Cálculo de la presión pasiva en el contrafuerte
    Ppc=Pp*s
    %Cálculo del talón del muro
    Ta=B-De-Crb
    %Altura del relleno
    H1=Ta*tand(Be)
    %Altura total
    Ht=H+H1
    %Cálculo de las áreas del muro
    A1=B*Hc
    A2=(H-Hc)*Cr
    A3=((H-Hc)*(Crb-Cr))/2
    A4=(Ta*H1)/2
    A5=((H-Hc)*Ta)/2
    A6=(H-Hc)*Ta
    A7=((H-Hc)*Ta)/2
    %Cálculo de los volúmenes del muro
```

```
Vol1=A1*s
Vol2=A2*s
Vol3=A3*s
Vol4=A4*s
Vol5=A5*c
Vol6=A6*s1
Vol7=A7*c
%Cálculo de los pesos del muro
P1=Vol1*rc
P2=Vol2*rc
P3=Vol3*rc
P4=Vol4*r1
P5=Vol5*rc
P6=Vol6*r1
P7=Vol7*r1
P8=Pvc
%Peso de hormigón por metro lineal
Phorm=P1+P2+P3+P5
%Peso del suelo por metro lineal
Psuelo=P4+P6+P7
%Sumatoria de todos los pesos del muro por metro lineal
Psum=P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7+P8
%Cálculo del brazo de momento del muro
D1=B/2
D2=De+Crb-(Cr/2)
D3=De+((Crb-Cr)*(2/3))
D4=De+Crb+(Ta*(2/3))
D5=De+Crb+(Ta*(1/3))
D6=De+Crb+(Ta/2)
D7=De+Crb+(Ta*(2/3))
D8=B
%Cálculo de los momentos del muro
M1=D1*P1
M2=D2*P2
M3=D3*P3
M4=D4*P4
M5=D5*P5
M6=D6*P6
M7=D7*P7
M8=D8*P8
%Cálculo del momento resistente
Mr=M1+M2+M3+M4+M5+M6+M7+M8
%Cálculo del momento al volteo
Mo=Pac*(Ht/3)
%Cálculo del factor de seguridad al volteo
FSV=Mr/Mo
%Cálculo del factor de seguridad al dezlizamiento
FSD=((Psum*tand(0.5*fi2))+(B*(0.5*c2))+Ppc)/Phc
%Cálculo del factor de seguridad por capacidad de carga
e=(B/2)-((Mr-Mo)/Psum)
qmax=(Psum/B)*(1+((6*e)/B))
qmaxs=qmax/s
qmin=(Psum/B)*(1-((6*e)/B))
qmins=qmin/s
q=r2*Hf
Nq=(tand(45+(fi2/2))^2)*exp(1)^(pi*tand(fi2))
Nc=(Nq-1)*((cosd(fi2)/(sind(fi2))))
Nr=2*(Nq+1)*tand(fi2)
DB1=Hf/(B-2*e)
B1=B-2*e
```

```
Fcd=1+0.4*DB1
Fqd=1+2*tand(fi2)*((1-sind(fi2))^2)*(DB1)
Frd=1
Yt=atand(Ph/Psum)
Fci=(1-(Yt/90))^2
Fri=(1-(Yt/fi2))^2
qu=(c2*Nc*Fcd*Fci)+(q*Nq*Fqd*Fci)+(0.5*r2*B1*Nr*Frd*Fri)
FSC=qu/qmax
%Identificar si el factor de seguridad al volteo cumple
if FSV>2
  FSV1='Cumple'
elseif FSV<2
  FSV1='No cumple'
else
  FSV1='Ok'
end
%Identificar si el factor de seguridad al deslizamiento cumple
if FSD>1.50
  FSD1='Cumple'
elseif FSD<1.50
  FSD1='No cumple'
else
  FSD1='Ok'
end
%Identificar si el factor de seguridad ante el volteo cumple
if FSC>2
  FSC1='Cumple'
elseif FSC<2
  FSC1='No cumple'
else
  FSC1='Ok'
end
%Aproximación de resultados en dígitos
Ta=round(Ta,2);
Pa=round(Pa,4);
Pp=round(Pp,4);
Phorm=round(Phorm,4);
Psuelo=round(Psuelo,4);
Mr=round(Mr,4);
Mo=round(Mo,4);
FSV=round(FSV,4);
FSD=round(FSD,4);
qmax=round(qmax,4);
qmin=round(qmin,4);
FSC=round(FSC,4);
%Impresión de resultados
close ESPERA
set(handles.edit7,'String',Ta);
set(handles.edit23,'String',Pa);
set(handles.edit26,'String',Pp);
set(handles.edit24,'String',Phorm);
set(handles.edit27,'String',Psuelo);
set(handles.edit25,'String',Mr);
set(handles.edit28,'String',Mo);
set(handles.edit29,'String',qmax);
set(handles.edit30,'String',qmin);
set(handles.edit31,'String',FSV);
set(handles.edit32,'String',FSD);
set(handles.edit33,'String',FSC);
set(handles.text65,'String',FSV1);
```

```
    set(handles.text66,'String',FSD1);
    set(handles.text67,'String',FSC1);

    %ALMACENAR LOS RESULTADOS EN UN ARCHIVO .mat PARA UTILIZARLOS EN
OTRO GUIDE
    save valores Ka r1 H1 Cr Crb H Hc fy fc qmax qmin B De Ta s1 s c
P4 P5 P6 P7 rc
    load('valores.mat')

end

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Limpiar toda la pantalla
set(handles.edit1,'String','');
set(handles.edit2,'String','');
set(handles.edit3,'String','');
set(handles.edit4,'String','');
set(handles.edit5,'String','');
set(handles.edit6,'String','');
set(handles.edit7,'String','');
set(handles.edit8,'String','');
set(handles.edit9,'String','');
set(handles.edit10,'String','');
set(handles.edit11,'String','');
set(handles.edit15,'String','');
set(handles.edit16,'String','');
set(handles.edit17,'String','');
set(handles.edit18,'String','');
set(handles.edit19,'String','');
set(handles.edit20,'String','');
set(handles.edit21,'String','');
set(handles.edit22,'String','');
set(handles.edit23,'String','');
set(handles.edit24,'String','');
set(handles.edit25,'String','');
set(handles.edit26,'String','');
set(handles.edit27,'String','');
set(handles.edit28,'String','');
set(handles.edit29,'String','');
set(handles.edit30,'String','');
set(handles.edit31,'String','');
set(handles.edit32,'String','');
set(handles.edit33,'String','');

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
PANTALLA_DE_INICIO
close PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_6_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE
close PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_7_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_DEDO_M_CONTRAFUERTE
```

```
close PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_8_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_TALON_M_CONTRAFUERTE
close PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_9_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE
close PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES
```

Diseño de la pantalla del muro con contrafuertes

```
function varargout = D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE(varargin)

gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn',
@D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',
@D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE is made visible.
function   D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE_OpeningFcn(hObject,   eventdata,
handles, varargin)
%Código para centrar la ventana
scrsz=get(0,'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3)-pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4)-pos_act(4);
yp=round(xr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);
%Código para leer las imagenes
imagen=imread('Diseño_PantallaContrafuerte.JPG');
%Código para mostrar las imagenes
image(imagen,'Parent',handles.axes1);
%Código para quitar ejes a axes
set(handles.axes1,'XTick',[],'YTick',[]);
% Choose default command line output for D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% ---------------------------------------------------------------------
--
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Cargar los valores del archivo valores.mat, para utilizarlos en este
guide apenas se abra esta interfaz
load valores
%Datos para la columna dovela
dovela=1:1:5;
%Se asignan estos valores a una variable tabla para ser ubicados en
la primera columna de la tabla del guide
tabla(:,1)=dovela;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna Z(m) distancia para cada dovela
```

```
z=[];
for dovela=1:5,
    z(dovela)=dovela.*((H-Hc)./5);
end;
tabla(:,2)=z;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de presiones para cada dovela Pz(kg/m2)
pz=[];
for dovela=1:5,
    pz(dovela)=Ka.*r1.*(z(dovela)+H1);
end;

%promedios pz
zini=0;
pzini=Ka.*r1.*(zini+H1)
pz=[pzini pz]
i=1:1:6
pzp=[];
for i=2:6,
    pzp(i-1)=1.7.*((pz(i-1)+pz(i))./2);
end;
pzp
tabla(:,3)=pzp;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);

%Cálculo para la columna del peralte efectivo d(cm)
m=((Crb.*100)-(Cr.*100))./(H-Hc);
d=[];
for dovela=1:5,
    d(dovela)=(100.*(Cr-0.07))+(m.*z(dovela));
end;
tabla(:,4)=d;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de momentos para cada dovela Mu1(kg-m)
mu1=[];
for dovela=1:5,
    mu1(dovela)=(1/16)*pzp(dovela).*((s1)^2)
    end;
tabla(:,5)= mu1;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna p1
k=[];
pmin=14./fy;
for dovela=1:5,

k(dovela)=(mu1(dovela)*(100))./((0.9).*(100).*((d(dovela).*d(dovela)
)).*(fc));
    p1(dovela)=(fc./fy).*(((1-sqrt((1-(2.36.*k(dovela)))))./1.18));
    if p1(dovela)<pmin
        p1(dovela)=pmin;
    else
        p1(dovela)=p1(dovela);
    end;
end;
tabla(:,6)=p1;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del área de acero As1(cm2)
as1=[];
for dovela=1:5,
```

```
    as1(dovela)=p1(dovela).*d(dovela).*100;
end;
as1
tabla(:,7)=as1;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de momentos para cada dovela Mu2(kg-m)
mu2=[];
for dovela=1:5,
    mu2(dovela)=(1/14)*pzp(dovela).*((s1)^2)
    end;
tabla(:,8)= mu2;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna p2
k=[];
pmin=14./fy;
for dovela=1:5,

k(dovela)=(mu2(dovela)*(100))./((0.9).*(100).*((d(dovela).*d(dovela)
)).*(fc));
    p2(dovela)=(fc./fy).*(((1-sqrt((1-(2.36.*k(dovela))))))./1.18));
    if p2(dovela)<pmin
        p2(dovela)=pmin;
    else
        p2(dovela)=p2(dovela);
    end;
end;
tabla(:,9)=p2;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del área de acero As2(cm2)
as2=[];
for dovela=1:5,
    as2(dovela)=p2(dovela).*d(dovela).*100;
end;
as2
tabla(:,10)=as2;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de momentos para cada dovela Mu3(kg-m)
mu3=[];
for dovela=1:5,
    mu3(dovela)=(1/10)*pzp(dovela).*((s1)^2)
    end;
tabla(:,11)= mu3;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna p3
k=[];
pmin=14./fy;
for dovela=1:5,

k(dovela)=(mu3(dovela)*(100))./((0.9).*(100).*((d(dovela).*d(dovela)
)).*(fc));
    p3(dovela)=(fc./fy).*(((1-sqrt((1-(2.36.*k(dovela))))))./1.18));
    if p3(dovela)<pmin
        p3(dovela)=pmin;
    else
        p3(dovela)=p3(dovela);
    end;
end;
tabla(:,12)=p3;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del área de acero As3(cm2)
```

```
as3=[];
for dovela=1:5,
    as3(dovela)=p3(dovela).*d(dovela).*100;
end;
as3
tabla(:,13)=as3;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de momentos para cada dovela Mu4(kg-m)
mu4=[];
for dovela=1:5,
    mu4(dovela)=(1/16)*pzp(dovela).*((s1)^2)
    end;
tabla(:,14)= mu4;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna p4
k=[];
pmin=14./fy;
for dovela=1:5,

k(dovela)=(mu4(dovela)*(100))./((0.9).*(100).*((d(dovela).*d(dovela)
)).*(fc));
    p4(dovela)=(fc./fy).*(((1-sqrt((1-(2.36.*k(dovela))))))./1.18));
    if p4(dovela)<pmin
        p4(dovela)=pmin;
    else
        p4(dovela)=p4(dovela);
    end;
end;
tabla(:,15)=p4;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del área de acero As4(cm2)
as4=[];
for dovela=1:5,
    as4(dovela)=p4(dovela).*d(dovela).*100;
end;
as4
tabla(:,16)=as4;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de momentos para cada dovela Mu5(kg-m)
mu5=[];
for dovela=1:5,
    mu5(dovela)=(1/11)*pzp(dovela).*((s1)^2)
    end;
tabla(:,17)= mu5;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna p5
k=[];
pmin=14./fy;
for dovela=1:5,

k(dovela)=(mu5(dovela)*(100))./((0.9).*(100).*((d(dovela).*d(dovela)
)).*(fc));
    p5(dovela)=(fc./fy).*(((1-sqrt((1-(2.36.*k(dovela))))))./1.18));
    if p5(dovela)<pmin
        p5(dovela)=pmin;
    else
        p5(dovela)=p5(dovela);
    end;
end;
tabla(:,18)=p5;
```

```
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del área de acero As5(cm2)
as5=[];
for dovela=1:5,
    as5(dovela)=p5(dovela).*d(dovela).*100;
end;
as5
tabla(:,19)=as5;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);

%Tabla de diseño a Corte
%Datos para la columna dovela
dovela=1:1:5;
%Se asignan estos valores a una variable tabla para ser ubicados en
la primera columna de la tabla del guide
tabla2(:,1)=dovela;
set(handles.uitable3,'Data',tabla2);
%Cálculo para la columna Z(m) distancia para cada dovela
z=[];
for dovela=1:5,
    z(dovela)=dovela.*((H-Hc)./5);
end;
tabla2(:,2)=z;
set(handles.uitable3,'Data',tabla2);
%Cálculo para la columna de presiones para cada dovela Pz(kg/m2)
pz=[];
for dovela=1:5,
    pz(dovela)=Ka.*r1.*(z(dovela)+H1);
end;
%Promedios pz
zini=0;
pzini=Ka.*r1.*(zini+H1)
pz=[pzini pz]
i=1:1:6
pzp=[];
for i=2:6,
    pzp(i-1)=1.7.*((pz(i-1)+pz(i))./2);
end;
pzp
tabla2(:,3)=pzp;
set(handles.uitable3,'Data',tabla2);
%Cálculo para la columna del peralte efectivo d(cm)
m=((Crb.*100)-(Cr.*100))./(H-Hc);
d=[];
for dovela=1:5,
    d(dovela)=(100.*(Cr-0.07))+(m.*z(dovela));
end;
tabla2(:,4)=d;
set(handles.uitable3,'Data',tabla2);
%Cálculo para la columna del cortante para cada dovela V1(kg)
Vu1=[];
for dovela=1:5,
    Vu1(dovela)=(1/2)*pzp(dovela).*((s1))
    end;
tabla2(:,5)= Vu1;
set(handles.uitable3,'Data',tabla2);
%Cálculo para la columna del cortante para cada dovela V2(kg)
Vu2=[];
for dovela=1:5,
```

```
    Vu2(dovela)=(1.15/2)*pzp(dovela).*((s1))
    end;
tabla2(:,6)= Vu2;
set(handles.uitable3,'Data',tabla2);
%Cálculo para la columna del cortante para cada dovela Vc(kg/cm2)
Vc=[];
for dovela=1:5,
    Vc(dovela)=Vu2(dovela)./(d(dovela).*100*0.85)
    end;
tabla2(:,7)= Vc;
set(handles.uitable3,'Data',tabla2);

%Tabla para el diseño de la horquilla
%Datos para la columna dovela
dovela=1:1:5;
%Se asignan estos valores a una variable tabla para ser ubicados en
la primera columna de la tabla del guide
tabla3(:,1)=dovela;
set(handles.uitable4,'Data',tabla3);
%Cálculo para la columna Z(m) distancia para cada dovela
z=[];
for dovela=1:5,
    z(dovela)=dovela.*((H-Hc)./5);
end;
tabla3(:,2)=z;
set(handles.uitable4,'Data',tabla3);
%Cálculo para la columna de presiones para cada dovela Pz(kg/m2)
pz=[];
for dovela=1:5,
    pz(dovela)=Ka.*r1.*(z(dovela)+H1);
end;
%Promedios pz
zini=0;
pzini=Ka.*r1.*(zini+H1)
pz=[pzini pz]
i=1:1:6
pzp=[];
for i=2:6,
    pzp(i-1)=1.7.*((pz(i-1)+pz(i))./2);
end;
pzp
tabla3(:,3)=pzp;
set(handles.uitable4,'Data',tabla3);
%Cálculo para la columna de R(kg)
R=[];
for dovela=1:5,
    R(dovela)=((1.15/2)+(1/2))*pzp(dovela).*s1;
end;
tabla3(:,4)=R;
set(handles.uitable4,'Data',tabla3);
%Cálculo para la columna de As(cm2)
As=[];
for dovela=1:5,
    As(dovela)=R(dovela)./(0.9*fy);
end;
tabla3(:,5)=As;
set(handles.uitable4,'Data',tabla3);
%Cálculo para la columna de As del estribo(cm2)
Ase=[];
```

```
for dovela=1:5,
    Ase(dovela)=As(dovela)./2;
end;
tabla3(:,6)=Ase;
set(handles.uitable4,'Data',tabla3);

%Muestra el momento ultimo de los momentos producidos en la pantalla.
set(handles.edit1,'String',mu3(5));
%Diseño a flexión realizando con el momento último.
dc=sqrt(((mu3(5))*100)/(0.189*0.9*fc*100))
%Cálculo de pmax
pmax=0.5*(0.85*0.85*(fc/fy)*(6120/(6120+fy)))
%Cálculo del acero de temperatura
Ast=0.002*100*(100*(Crb))
%Cálculo del acero de repartición inferior
Asinf=Ast/3
%Cálculo del acero de repartición superior
Assup=Ast*(2/3)
%Muestra el cortante ultimo de los cortantes producidos en la
pantalla.
set(handles.edit7,'String',Vu2(5));
%Muestra el cortante calculado del cortante ultimo producidos en la
pantalla.
set(handles.edit8,'String',Vc(5));
%Cálculo del cortante admisible
Vadm=0.53*sqrt(fc)
%Verificación de chequeo del diseño a flexión
if d(5)>dc
    dc1='Cumple'
elseif d(5)<dc
    dc1='No Cumple'
else
    dc1='Ok'
end
%Verificación de chequeo del diseño a corte
if Vadm>Vc(5)
    Vadm1='Cumple'
elseif Vadm<Vc(5)
    Vadm1='No Cumple'
else
   Vadm1='Ok'
end
%Aproximación de resultados en dígitos
dc=round(dc,4);
pmin=round(pmin,4);
pmax=round(pmax,4);
Asinf=round(Asinf,4);
Assup=round(Assup,4);
Vu2(5)=round(Vu2(5),4);
Vc(5)=round(Vc(5),4);
Vadm=round(Vadm,4);
%Impresión de resultados
set(handles.edit2,'String',dc);
set(handles.edit3,'String',pmin);
set(handles.edit4,'String',pmax);
set(handles.edit5,'String',Asinf);
set(handles.edit6,'String',Assup);
set(handles.text15,'String',dc1);
set(handles.edit9,'String',Vadm);
```

```
set(handles.text16,'String',Vadm1);

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_6_Callback(hObject, eventdata, handles)
PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES
close D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_DEDO_M_CONTRAFUERTE
close D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_TALON_M_CONTRAFUERTE
close D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE
close D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE
```

Diseño del dedo del muro con contrafuertes

```
function varargout = D_DEDO_M_CONTRAFUERTE(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn',
@D_DEDO_M_CONTRAFUERTE_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',
@D_DEDO_M_CONTRAFUERTE_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before D_DEDO_M_CONTRAFUERTE is made visible.
function     D_DEDO_M_CONTRAFUERTE_OpeningFcn(hObject,     eventdata,
handles, varargin)
%Código para centrar la ventana
scrsz=get(0,'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3)-pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4)-pos_act(4);
yp=round(xr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);
%Código para leer las imagenes
imagen=imread('Diseño_DedoContrafuerte.JPG');
%Código para mostrar las imagenes
image(imagen,'Parent',handles.axes1);
%Código para quitar ejes a axes
set(handles.axes1,'XTick',[],'YTick',[]);
% Choose default command line output for D_DEDO_M_CONTRAFUERTE
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% ---------------------------------------------------------------
--
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Cargar los valores del archivo valores.mat, para utilizarlos en este
guide apenas se abra esta interfaz
load valores
%Cálculo de m mediante relación de pendientes
m=((qmax/s)-(qmin/s))/B
%Cálculo de q1 presión ubicada a la distancia del dedo
q1=(qmax/s)-(m*De)
%Diseño a corte
%Cálculo del cortante ultimo
Vu=1.7*(((qmax/s)*De)-((m*De^2)/2))
%Cálculo del cortante calculado
```

```
Vc=Vu/(1.2*100*(100*(Hc-0.07)))
%Cálculo del cortante admisible
Vadm=0.53*sqrt(fc)
%Verificación de chequeo del diseño a corte
if Vadm>Vc
    Vadm1='Cumple'
elseif Vadm<Vc
    Vadm1='No Cumple'
else
   Vadm1='Ok'
end
%Diseño a flexión
%Cálculo del peralte
d=(100*(Hc-0.07))
%Cálculo del momento último
Mu=1.7*((((qmax/s)*De^2)/2)-((m*De^3)/6))
%Cálculo de pmax
pmax=0.5*(0.85*0.85*(fc/fy)*(6120/(6120+fy)))
%Cálculo de pmin
pmin=14/fy
%Cálculo de k
k=(Mu*(100))/((0.9)*(100)*(d^2)*(fc))
%Cálculo de p
p=(fc/fy)*(((1-sqrt((1-(2.36*k))))/1.18))
if p<pmin
    p=pmin;
else
    p=p;
end;
%Cálculo del As
as=p*d*100;
%Cálculo del acero de temperatura
Ast=0.002*100*(100*Hc)
%Cálculo del acero de repartición
Asrep=Ast/3
%Diseño a flexión realizando con el momento último.
dc=(sqrt(((Mu)*100)/(0.189*0.9*fc*100)))
%Verificación de chequeo del diseño a flexión
if d>dc
    dc1='Cumple'
elseif d<dc
    dc1='No Cumple'
else
    dc1='Ok'
end
%Aproximación de resultados en dígitos
Mu=round(Mu,4);
d=round(d,4);
dc=round(dc,4);
p=round(p,4);
pmax=round(pmax,4);
pmin=round(pmin,4);
as=round(as,4);
Asrep=round(Asrep,4);
Vu=round(Vu,4);
Vc=round(Vc,4);
Vadm=round(Vadm,4);
%Impresión de resultados
set(handles.edit1,'String',Mu);
set(handles.edit2,'String',d);
```

```
set(handles.edit5,'String',dc);
set(handles.edit3,'String',p);
set(handles.edit7,'String',pmax);
set(handles.edit6,'String',pmin);
set(handles.edit4,'String',as);
set(handles.edit8,'String',Asrep);
set(handles.edit9,'String',Vu);
set(handles.edit10,'String',Vc);
set(handles.edit11,'String',Vadm);
set(handles.text10,'String',dc1);
set(handles.text15,'String',Vadm1);

% ----------------------------------------------------------------
--
function Untitled_6_Callback(hObject, eventdata, handles)
PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES
close D_DEDO_M_CONTRAFUERTE

% ----------------------------------------------------------------
--
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE
close D_DEDO_M_CONTRAFUERTE

% ----------------------------------------------------------------
--
function Untitled_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE
close D_DEDO_M_CONTRAFUERTE

% ----------------------------------------------------------------
--
function Untitled_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_TALON_M_CONTRAFUERTE
close D_DEDO_M_CONTRAFUERTE
```

Diseño del talón del muro con contrafuertes

```
function varargout = D_TALON_M_CONTRAFUERTE(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn',
@D_TALON_M_CONTRAFUERTE_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',
@D_TALON_M_CONTRAFUERTE_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before D_TALON_M_CONTRAFUERTE is made visible.
function    D_TALON_M_CONTRAFUERTE_OpeningFcn(hObject,    eventdata,
handles, varargin)
%Código para centrar la ventana
scrsz=get(0,'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3)-pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4)-pos_act(4);
yp=round(xr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);
%Código para leer las imagenes
imagen=imread('Diseño_TalonContrafuerte.JPG');
%Código para mostrar las imagenes
image(imagen,'Parent',handles.axes1);
%Código para quitar ejes a axes
set(handles.axes1,'XTick',[],'YTick',[]);
% Choose default command line output for D_TALON_M_CONTRAFUERTE
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% ------------------------------------------------------------------
--
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Cargar los valores del archivo valores.mat, para utilizarlos en este
guide apenas se abra esta interfaz
load valores
%Cálculo de m mediante relación de pendientes
m=(qmax-qmin)/B
%Cálculo de q1 presión ubicada a la distancia del talón
q2=qmin+(m*Ta)
%Cálculo de pesos que actuan sobre el talon
Ptalon=(Ta*Hc*s)*rc
Ptotal=Ptalon+P4+P5+P6+P7
%Cálculo de q1 presión ubicada en la parte superior del talón
```

```
qt=Ptotal/(Ta*s)
%Cálculo de qmaxt presión máxima del talon
qmaxt=q2-qt
%Cálculo de qmint presión minima del talon
qmint=qt-qmin
%Cálculo de m mediante relación de pendientes con las presiones que
actuan
%en el talón
mt=(qmaxt-qmint)/Ta

%Diseño a flexión
%Datos para la columna dovela
dovela=1:1:3;
%Se asignan estos valores a una variable tabla para ser ubicados en
la primera columna de la tabla del guide
tabla(:,1)=dovela;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna Z(m) distancia para cada dovela
z=[];
for dovela=1:3,
    z(dovela)=dovela.*((Ta)./3);
end;
tabla(:,2)=z;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de presiones para cada dovela Pz(kg/m2)
pz=[];
for dovela=1:3,
    pz(dovela)=qmaxt-(z(dovela).*mt);
end;
%promedios pz
zini=0;
pzini=qmaxt
pz=[pzini pz]
i=1:1:4
pzp=[];
for i=2:4,
    pzp(i-1)=1.7.*((pz(i-1)+pz(i))./2);
end;
pzp
tabla(:,3)=pzp;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del peralte efectivo d(cm)
d=[];
for dovela=1:3,
    d(dovela)=(100*(Hc-0.07));
end;
tabla(:,4)=d;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de momentos para cada dovela Mu1(kg-m)
mu1=[];
for dovela=1:3,
    mu1(dovela)=(1/16)*pzp(dovela).*((s1)^2)
    end;
tabla(:,5)= mu1;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna p1
k=[];
pmin=14./fy;
for dovela=1:3,
```

```
k(dovela)=(mu1(dovela)*(100))./((0.9).*(100).*((d(dovela).*d(dovela)
)).*(fc));
    p1(dovela)=(fc./fy).*(((1-sqrt((1-(2.36.*k(dovela))))))./1.18));
    if p1(dovela)<pmin
        p1(dovela)=pmin;
    else
        p1(dovela)=p1(dovela);
    end;
end;
tabla(:,6)=p1;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del área de acero As1(cm2)
as1=[];
for dovela=1:3,
    as1(dovela)=p1(dovela).*d(dovela).*100;
end;
as1
tabla(:,7)=as1;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de momentos para cada dovela Mu2(kg-m)
mu2=[];
for dovela=1:3,
    mu2(dovela)=(1/14)*pzp(dovela).*((s1)^2)
    end;
tabla(:,8)= mu2;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna p2
k=[];
pmin=14./fy;
for dovela=1:3,

k(dovela)=(mu2(dovela)*(100))./((0.9).*(100).*((d(dovela).*d(dovela)
)).*(fc));
    p2(dovela)=(fc./fy).*(((1-sqrt((1-(2.36.*k(dovela))))))./1.18));
    if p2(dovela)<pmin
        p2(dovela)=pmin;
    else
        p2(dovela)=p2(dovela);
    end;
end;
tabla(:,9)=p2;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del área de acero As2(cm2)
as2=[];
for dovela=1:3,
    as2(dovela)=p2(dovela).*d(dovela).*100;
end;
as2
tabla(:,10)=as2;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de momentos para cada dovela Mu3(kg-m)
mu3=[];
for dovela=1:3,
    mu3(dovela)=(1/10)*pzp(dovela).*((s1)^2)
    end;
tabla(:,11)= mu3;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna p3
k=[];
```

```
pmin=14./fy;
for dovela=1:3,

k(dovela)=(mu3(dovela)*(100))./((0.9).*(100).*((d(dovela).*d(dovela)
)).*(fc));
    p3(dovela)=(fc./fy).*(((1-sqrt((1-(2.36.*k(dovela))))))./1.18));
    if p3(dovela)<pmin
        p3(dovela)=pmin;
    else
        p3(dovela)=p3(dovela);
    end;
end;
tabla(:,12)=p3;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del área de acero As3(cm2)
as3=[];
for dovela=1:3,
    as3(dovela)=p3(dovela).*d(dovela).*100;
end;
as3
tabla(:,13)=as3;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de momentos para cada dovela Mu4(kg-m)
mu4=[];
for dovela=1:3,
    mu4(dovela)=(1/16)*pzp(dovela).*((s1)^2)
    end;
tabla(:,14)= mu4;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna p4
k=[];
pmin=14./fy;
for dovela=1:3,

k(dovela)=(mu4(dovela)*(100))./((0.9).*(100).*((d(dovela).*d(dovela)
)).*(fc));
    p4(dovela)=(fc./fy).*(((1-sqrt((1-(2.36.*k(dovela))))))./1.18));
    if p4(dovela)<pmin
        p4(dovela)=pmin;
    else
        p4(dovela)=p4(dovela);
    end;
end;
tabla(:,15)=p4;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del área de acero As4(cm2)
as4=[];
for dovela=1:3,
    as4(dovela)=p4(dovela).*d(dovela).*100;
end;
as4
tabla(:,16)=as4;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de momentos para cada dovela Mu5(kg-m)
mu5=[];
for dovela=1:3,
    mu5(dovela)=(1/11)*pzp(dovela).*((s1)^2)
    end;
tabla(:,17)= mu5;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
```

```
%Cálculo para la columna p5
k=[];
pmin=14./fy;
for dovela=1:3,

k(dovela)=(mu5(dovela)*(100))./((0.9).*(100).*((d(dovela).*d(dovela)
)).*(fc));
    p5(dovela)=(fc./fy).*(((1-sqrt((1-(2.36.*k(dovela))))))./1.18));
    if p5(dovela)<pmin
        p5(dovela)=pmin;
    else
        p5(dovela)=p5(dovela);
    end;
end;
tabla(:,18)=p5;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del área de acero As5(cm2)
as5=[];
for dovela=1:3,
    as5(dovela)=p5(dovela).*d(dovela).*100;
end;
as5
tabla(:,19)=as5;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);

%Diseño a corte
%Datos para la columna dovela
dovela=1:1:3;
%Se asignan estos valores a una variable tabla para ser ubicados en
la primera columna de la tabla del guide
tabla2(:,1)=dovela;
set(handles.uitable2,'Data',tabla2);
%Cálculo para la columna Z(m) distancia para cada dovela
z=[];
for dovela=1:3,
    z(dovela)=dovela.*((Ta)./3);
end;
tabla2(:,2)=z;
set(handles.uitable2,'Data',tabla2);
%Cálculo para la columna de presiones para cada dovela Pz(kg/m2)
pz=[];
for dovela=1:3,
    pz(dovela)=qmaxt-(z(dovela).*mt);
end;
%promedios pz
zini=0;
pzini=qmaxt
pz=[pzini pz]
i=1:1:4
pzp=[];
for i=2:4,
    pzp(i-1)=1.7.*((pz(i-1)+pz(i))./2);
end;
pzp
tabla2(:,3)=pzp;
set(handles.uitable2,'Data',tabla2);
%Cálculo para la columna del peralte efectivo d(cm)
d=[];
for dovela=1:3,
```

```
    d(dovela)=(100*(Hc-0.07));
end;
tabla2(:,4)=d;
set(handles.uitable2,'Data',tabla2);
%Cálculo para la columna del cortante para cada dovela V1(kg)
Vu1=[];
for dovela=1:3,
    Vu1(dovela)=(1/2)*pzp(dovela).*((s1))
    end;
tabla2(:,5)= Vu1;
set(handles.uitable2,'Data',tabla2);
%Cálculo para la columna del cortante para cada dovela V2(kg)
Vu2=[];
for dovela=1:3,
    Vu2(dovela)=(1.15/2)*pzp(dovela).*((s1))
    end;
tabla2(:,6)= Vu2;
set(handles.uitable2,'Data',tabla2);
%Cálculo para la columna del cortante para cada dovela Vc(kg/cm2)
Vc=[];
for dovela=1:3,
    Vc(dovela)=Vu2(dovela)./(d(dovela).*100*0.85)
    end;
tabla2(:,7)= Vc;
set(handles.uitable2,'Data',tabla2);

%Tabla para el diseño de la horquilla
%Datos para la columna dovela
dovela=1:1:3;
%Se asignan estos valores a una variable tabla para ser ubicados en
la primera columna de la tabla del guide
tabla3(:,1)=dovela;
set(handles.uitable3,'Data',tabla3);
%Cálculo para la columna Z(m) distancia para cada dovela
z=[];
for dovela=1:3,
    z(dovela)=dovela.*((Ta)./3);
end;
tabla3(:,2)=z;
set(handles.uitable3,'Data',tabla3);
%Cálculo para la columna de presiones para cada dovela Pz(kg/m2)
pz=[];
for dovela=1:3,
    pz(dovela)=qmaxt-(z(dovela).*mt);
end;
%promedios pz
zini=0;
pzini=qmaxt
pz=[pzini pz]
i=1:1:4
pzp=[];
for i=2:4,
    pzp(i-1)=1.7.*((pz(i-1)+pz(i))./2);
end;
pzp
tabla3(:,3)=pzp;
set(handles.uitable3,'Data',tabla3);
%Cálculo para la columna de R(kg)
R=[];
```

```
for dovela=1:3,
    R(dovela)=((1.15/2)+(1/2))*pzp(dovela).*s1;
end;
tabla3(:,4)=R;
set(handles.uitable3,'Data',tabla3);
%Cálculo para la columna de As(cm2)
As=[];
for dovela=1:3,
    As(dovela)=R(dovela)./(0.9*fy);
end;
tabla3(:,5)=As;
set(handles.uitable3,'Data',tabla3);
%Cálculo para la columna de As del estribo(cm2)
Ase=[];
for dovela=1:3,
    Ase(dovela)=As(dovela)./2;
end;
tabla3(:,6)=Ase;
set(handles.uitable3,'Data',tabla3);

%Muestra el momento ultimo de los momentos producidos en la pantalla.
set(handles.edit1,'String',mu3(1));
%Diseño a flexión realizando con el momento último.
dc=sqrt(((mu3(1))*100)/(0.189*0.9*fc*100))
%Cálculo de pmax
pmax=0.5*(0.85*0.85*(fc/fy)*(6120/(6120+fy)))
%Cálculo del acero de temperatura
Ast=0.002*100*(100*(Crb))
%Cálculo del acero de repartición inferior
Asinf=Ast/3
%Muestra el cortante ultimo de los cortantes producidos en la
pantalla.
set(handles.edit7,'String',Vu2(1));
%Muestra el cortante calculado del cortante ultimo producidos en la
pantalla.
set(handles.edit8,'String',Vc(1));
%Cálculo del cortante admisible
Vadm=0.53*sqrt(fc)
%Verificación de chequeo del diseño a flexión
if d(1)>dc
    dc1='Cumple'
elseif d(1)<dc
    dc1='No Cumple'
else
    dc1='Ok'
end
%Verificación de chequeo del diseño a corte
if Vadm>Vc(1)
    Vadm1='Cumple'
elseif Vadm<Vc(1)
    Vadm1='No Cumple'
else
   Vadm1='Ok'
end
%Aproximación de resultados en dígitos
dc=round(dc,4);
pmin=round(pmin,4);
pmax=round(pmax,4);
Asinf=round(Asinf,4);
```

```
Vu2(1)=round(Vu2(1),4);
Vc(1)=round(Vc(1),4);
Vadm=round(Vadm,4);
%Impresión de resultados
set(handles.edit2,'String',dc);
set(handles.edit3,'String',pmin);
set(handles.edit4,'String',pmax);
set(handles.edit5,'String',Asinf);
set(handles.text12,'String',dc1);
set(handles.edit9,'String',Vadm);
set(handles.text16,'String',Vadm1);

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_6_Callback(hObject, eventdata, handles)
PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES
close D_TALON_M_CONTRAFUERTE

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE
close D_TALON_M_CONTRAFUERTE

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_DEDO_M_CONTRAFUERTE
close D_TALON_M_CONTRAFUERTE

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE
close D_TALON_M_CONTRAFUERTE
```

Diseño del contrafuerte del muro con contrafuertes

```
function varargout = D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn',
@D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',
@D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE is made
visible.
function           D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE_OpeningFcn(hObject,
eventdata, handles, varargin)
%Código para centrar la ventana
scrsz=get(0,'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3)-pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4)-pos_act(4);
yp=round(xr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);
%Código para leer las imagenes
imagen=imread('Diseño_ContrafuerteContrafuerte.JPG');
%Código para mostrar las imagenes
image(imagen,'Parent',handles.axes1);
%Código para quitar ejes a axes
set(handles.axes1,'XTick',[],'YTick',[]);
% Choose default command line output for D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% ------------------------------------------------------------------
--
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Cargar los valores del archivo valores.mat, para utilizarlos en este
guide apenas se abra esta interfaz
load valores
%Datos para la columna dovela
dovela=1:1:5;
%Se asignan estos valores a una variable tabla para ser ubicados en
la primera columna de la tabla del guide
tabla(:,1)=dovela;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna Z(m) distancia para cada dovela
```

```
z=[];
for dovela=1:5,
    z(dovela)=dovela.*((H-Hc)./5);
end;
tabla(:,2)=z;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de presiones para cada dovela Pz(kg/m2)
pz=[];
for dovela=1:5,
    pz(dovela)=Ka.*r1.*(z(dovela)+H1);
end;
tabla(:,3)=pz;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del peralte efectivo d(cm)
alf=[];
for dovela=1:5,
    alf(dovela)=atand(Ta./(H-Hc))
    t(dovela)=sind(alf(dovela)).*z(dovela)
    d(dovela)=100*(t(dovela)-0.07)
end;
tabla(:,4)= d;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna de momentos para cada dovela Mu(kg-m)
zini=0;
pzini=Ka.*r1.*(zini+H1);
mu=[];
for dovela=1:5,

mu(dovela)=(1.7.*(((z(dovela)^2)./6).*((2.*pzini)+pz(dovela))))*s;
end;
tabla(:,5)= mu;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna p
k=[];
pmin=14./fy;
for dovela=1:5,

k(dovela)=(mu(dovela)*(100))./((0.9).*(c*100).*((d(dovela).*d(dovela
))).*(fc));
    p(dovela)=(fc./fy).*(((1-sqrt((1-(2.36.*k(dovela))))))./1.18));
    if p(dovela)<pmin
        p(dovela)=pmin;
    else
        p(dovela)=p(dovela);
    end;
end;
tabla(:,6)=p;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo para la columna del área de acero As(cm2)
as=[];
for dovela=1:5,
    as(dovela)=p(dovela).*d(dovela).*(c*100);
end;
as
tabla(:,7)=as;
set(handles.uitable1,'Data',tabla);
%Cálculo de pmax
pmax=0.5*(0.85*0.85*(fc/fy)*(6120/(6120+fy)))
%Aproximación de resultados en dígitos
pmin=round(pmin,4);
```

```
pmax=round(pmax,4);
%Impresión de resultados
set(handles.edit1,'String',pmin);
set(handles.edit2,'String',pmax);


% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_6_Callback(hObject, eventdata, handles)
PANTALLAS_MUROS_CON_CONTRAFUERTES
close D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_PANTALLA_M_CONTRAFUERTE
close D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_DEDO_M_CONTRAFUERTE
close D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
D_TALON_M_CONTRAFUERTE
close D_CONTRAFUERTE_M_CONTRAFUERTE
```