



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Comportamiento estructural de un muro de contención mediante el método de deslizamientos admisibles en el AA.HH Hijos de Huaycan, Huaycan 2018”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Carbajal Romero Osman Alex (ORCID: 0000-0002-1098-1653)

**ASESOR:**

Mg. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-4136-7189)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LIMA - PERÚ**

**2018**

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, padres y hermana, por su apoyo incondicional y por esa fuerza que me impulsa a seguir adelante. Para ser cada día mejor personal y profesional

## AGRADECIMIENTO

A mi asesor de Tesis el Dr. Rodolfo Marquina Callacna por la paciencia para guiarme en el desarrollo de tesis.

A la Universidad Cesar Vallejo por haberme aceptado y ser parte de ella, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante cada día.

A mi familia por brindarme todo su apoyo y fortaleza para continuar con los objetivos trazados.

A todas las personas que han contribuido de diferentes maneras para el desarrollo de esta tesis de investigación.

## ÍNDICE

<b>PAGINA DEL JURADO</b> .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT.....	vi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>1.1 Realidad problemática</b> .....	14
<b>1.2 Trabajos previos</b> .....	15
<b>1.3 Teorías relacionadas al tema</b> .....	17
1.3.1 Capacidad portante del suelo .....	17
1.3.2 Teoría de Terzaghi .....	17
1.3.3 Propiedades físico - mecánicas del suelo.....	18
1.3.4 Sismicidad en el Perú .....	20
1.3.5 Muros de contención.....	21
1.3.6 Muro por gravedad.....	21
1.3.7 Comportamiento estructural .....	22
1.3.8 Teoría de Rankine .....	22
1.3.9 Método de Coulomb.....	24
1.3.10 Comportamiento dinámico de muros de contención .....	27
1.3.11 Método rígido plástico.....	27
1.3.12 Carga uniforme mente repartida .....	31
1.3.13 Deslizamientos sísmicos de muros de contención.....	32
1.3.14 Tipos de Falla en estructuras de contención .....	36
<b>1.4 Formulación del problema.</b> .....	36
1.4.1 Problema general. ....	36
1.4.2 Problemas específicos. ....	36
<b>1.5 Justificación del estudio</b> .....	37
1.5.1 Económico: .....	37
1.5.2 Social:.....	37
1.5.3 Técnica: .....	37
<b>1.6 Hipótesis</b> .....	37
1.6.1 Hipótesis general .....	37
1.6.2 Hipótesis específicos .....	38
<b>1.7 Objetivos</b> .....	38

1.7.1	Objetivo general .....	38
1.7.2	Objetivo específico.....	38
<b>II.</b>	<b>MÉTODO .....</b>	<b>39</b>
<b>2.1</b>	<b>Diseño, tipo y nivel de investigación .....</b>	<b>40</b>
2.1.1	Diseño de investigación .....	40
2.1.2	Tipo de investigación .....	40
2.1.3	Nivel de investigación .....	40
<b>2.2</b>	<b>Operacionalidad de variables .....</b>	<b>41</b>
<b>2.3</b>	<b>Población, muestra .....</b>	<b>42</b>
2.3.1	Población de estudio:.....	42
2.3.2	Muestra: .....	42
<b>2.4</b>	<b>Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....</b>	<b>42</b>
2.4.1	Técnicas: .....	42
2.4.2	Instrumentos: .....	42
2.4.3	validez y confiabilidad de información .....	43
<b>2.5</b>	<b>Métodos de análisis de datos .....</b>	<b>43</b>
<b>2.6</b>	<b>Aspectos éticos .....</b>	<b>43</b>
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
<b>3.1</b>	<b>Ubicación del proyecto .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2</b>	<b>Levantamiento topográfico. ....</b>	<b>45</b>
<b>3.3</b>	<b>Diseño sísmico de muros de contención .....</b>	<b>46</b>
3.3.1	Métodos basados en fuerzas .....	47
3.3.2	Fundamentos sísmicos .....	48
3.3.3	Desplazamientos permisibles .....	54
<b>3.4</b>	<b>Modelo numérico .....</b>	<b>58</b>
<b>3.5</b>	<b>Características de los materiales .....</b>	<b>59</b>
<b>IV.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>66</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>72</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Teoría de Terzaghi.....	18
Figura 2: Mapa de zonas sísmicas del Perú.....	20
Figura 3: Mapa de isoaceleración del Perú .....	21
Figura 4: Dimensiones del muro.....	22
Figura 5: Teoría de Rankine.....	23
Figura 6: Presión pasiva de Rankine.....	24
Figura 7: Teoría de coulomb .....	25
Figura 8: Triangulo de falla de coulomb .....	26
Figura 9: Método Mononobe - Okabe.....	28
Figura 10: Empuje pasivo de Mononobe Okabe.....	31
Figura 11: Carga uniformemente repartida.....	31
Figura 12: Método de Newmark .....	33
Figura 13: Envolvente de Newmark .....	34
Figura 14: Método de Richard - Elms.....	35
Figura 15: Tipos de falla.....	36
Figura 16: Área de trabajo.....	45
Figura 17: Levantamiento topografico .....	46
Figura 18: Pre dimensionamiento.....	46
Figura 19: Dimensionamiento .....	47
Figura 20: Distribución de presión.....	52
Figura 21: Método de Prakash - Sarán.....	52
Figura 22: Distribución de presión.....	54
Figura 23: Aceleración y velocidad del sismo.....	55
Figura 24: Peso de la estructura .....	57
Figura 25: Nudos y puntos de tensión .....	58
Figura 26: Geometría del muro .....	60
Figura 27: Geometría del muro con relleno granular .....	60
Figura 28: Fijaciones estándares .....	61
Figura 29: Malla de utilizada en el analisis .....	62
Figura 30: Puntos de evaluación .....	62
Figura 31: desplazamientos maximos .....	63
Figura 32: geometria de muro con relleno cohesivo .....	64

Figura 33: Malla .....	64
Figura 34: Desplazamientos maximos.....	65

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Peso específico y ángulo de fricción según el tipo de suelo .....	19
Tabla 2: Operacionalidad de Variables .....	41
Tabla 3: Pesos y momentos de la estructura (GRANULAR).....	51
Tabla 4: Pesos y momentos de la estructura (COHESIVO).....	53
Tabla 5: peso del muro de contención .....	55
Tabla 6: Desplazamientos.....	58
Tabla 7: Características de los materiales.....	59
Tabla 8: desplazamiento de la corona.....	63
Tabla 9: Giro total del muro.....	65

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo abordar el comportamiento estructural de un muro de contención utilizando el método de deslizamientos admisibles en el AA – HH, hijos de huaycan – departamento de Lima.

En la base de este análisis se pretende dar una solución mediante el empleo de métodos de equilibrio límite (método pseudo – estáticos), métodos empíricos basados en desplazamientos permanentes de la estructura.

Además, se realizó un análisis mediante el método de los elementos finitos, en el análisis dinámico del comportamiento de un muro de gravedad, las cuales se llegaron a comparar con los resultados obtenidos por los métodos tradicionales antes mencionados. Obteniendo las ventajas y limitaciones resultantes de esta comparación

**Palabras Clave:** Comportamiento Estructural, Mononobe - Okabe, Desplazamientos admisibles, Elementos Finitos



## ABSTRACT

The present investigation has like objective to approach the structural behavior of a wall of contention using the method of admissible landslides in the AA - HH, children of huaycan - department of Lima.

The basis of this analysis is to provide a solution using limit equilibrium methods (pseudo - static method), empirical methods based on permanent displacements of the structure.

In addition, an analysis was carried out using the finite element method, in the dynamic analysis of the behavior of a gravity wall, which will be compare with the results obtained by the traditional methods mentioned above. Obtaining the advantages and limitations resulting from this comparison

**Keywords:** Structural behavior, Mononobe - Okabe, Admissible landslides, Finite elements.

## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Realidad problemática

De acuerdo a la historia sísmica del Perú, se finalizó que el borde occidental ha sufrido varios acontecimientos sísmicos, de acuerdo a su intensidad estos han producido daños significativos en esta región. El sismo trae consigo efectos secundarios como asentamientos, licuación de suelos, derrumbes de tierras y rocas, y tsunamis propiciando así el aumento de pérdidas humanas y materiales.

A esto se le suma que en el Perú, a partir de la década de 1980, la ciudad de Lima y gran parte de los distritos que lo rodean han sufrido procesos constantes de migración por parte de los pobladores del interior del país, la cual conlleva a una expansión urbana no planificada. Debido a la carencia de políticas de planeamiento.

A los distritos antes mencionados, se les suma el hecho que gran parte de estructuras, están construidas de manera inapropiada, sin seguir métodos de ordenamiento territorial y sin respetar las normativas de construcción. De la misma manera en algunos distritos las edificaciones se lograron situar en cauces de los ríos, laderas de cerros y quebradas secas.

La Comunidad Autogestionaria de Huaycan, está localizada sobre las laderas de cerros que se encuentran entre  $0^{\circ}$  a  $35^{\circ}$  de pendiente, según la topografía de Huaycan, está se llega a encuentran entre 480 a 1100 msnm; de acuerdo esto se logra contemplar la existencia de colinas, terrazas, quebradas y laderas.

Debido a la presencia de desniveles y la falta de accesos, los pobladores del asentamiento humano hijos de huaycan, realizaron autoconstrucción de estructuras de contención (muros de gravedad), sin tener en cuenta el comportamiento de estas, ante acción de terremotos.

Considerando en la actualidad, que los métodos basados en equilibrio límite (método pseudo – estáticos), son ampliamente utilizados en el diseño de estructuras de estructuras de contención, en esta investigación se realizara el diseño sísmico de muros de contención mediante el método de desplazamientos admisibles. Posteriormente se realizó un análisis mediante

elementos finitos a fin de obtener el comportamiento estructural del muro de contención apoyado sobre suelos cohesivos y granulares. Tratando así este trabajo contribuirá en la protección vidas, hogares dando mayor accesibilidad, y transito libre a los pobladores.

## 1.2 Trabajos previos

### Antecedentes internacionales

Dentro de los antecedentes internacionales, contamos con:

- a) Arias, J (2015) *Presiones dinámicas en estructuras de contención*. Tesis para obtener el título de ingeniería civil, en la Universidad de Castilla la Mancha de España. La autora sostiene que el comportamiento sísmico de los muros de contención depende de las presiones laterales totales del suelo que se desarrollan durante el sacudimiento en la ocurrencia de un sismo. Estas presiones totales incluyen tanto las presiones gravitacionales estáticas que existen desde antes de que un sismo ocurra así como de las presiones dinámicas transitorias inducidas por el sismo. En vista de que la respuesta de un muro está influenciada por ambos casos, se deben de considerar igualmente para los cálculos respectivos.
  
- b) Tiznado, J (2010), *Comportamiento sísmico de estructuras rígidas de contención de suelos*, tesis profesional para obtener el título de ingeniero civil, en la Pontificia Universidad católica de Chile. El autor sostiene que las técnicas de diseño procedentes de la metodología de Newmark son largamente utilizados en la práctica, los cuales constituyen un mecanismo muy simplificado para descubrir el problema del comportamiento de una estructura de contención durante un evento sísmico, dado esto no toman en cuenta la interacción entre el suelo y la estructura, los asentamientos del terreno de fundación, la amplificación sísmica del relleno y ni el giro del muro.

- c) Perozo y Rivera, A (2008) *Estimación de fuerza de empuje sísmico dinámico de tierra sobre muros de contención, considerando el teorema de Mononobe – Okabe*. Tesis para obtener el título en ingeniería civil, en la universidad Rafael Urdaneta de Venezuela. Los autores manifiestan que los sismos generan cargas sobre la estructura por medio de la interacción del movimiento del suelo y las características de respuesta de la estructura. Dichas cargas generan una deformación en la estructura, las cuales dependen de la velocidad y tipo de Aceleración del suelo, así como de la masa y de la rigidez de la estructura.

### **Antecedentes nacionales**

Dentro de los antecedentes nacionales, podemos encontrar a:

- a) Ballón, A y Echenique, J (2017) *Análisis de estabilidad de muros de contención de acuerdo a las zonas sísmicas del Perú*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas del Perú. Los autores sostiene que la influencia del sismo ocasiona un mayor dimensionamiento en el muro, para lograr cumplir las verificaciones de las fallas , además de acuerdo a este estudio llegan a la conclusión que el método Mononobe – Okabe es el más conservador al ser comparado con el método límite de equilibrio general (GLE)
- b) Vargas, R. (2013) *Análisis de la influencia de la variabilidad de los parámetros geotécnicos en el diseño geotécnicos de muros de contención, utilizando el método Monte Carlo*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, en la universidad Pontificia Universidad Católica del Perú. El autor manifiesta que el diseño de estructuras de contención tiene muchas fuentes de inseguridad. Una fuente de inseguridad importante deriva de la estimación de los parámetros geotécnicos para realizar el diseño geotécnico del muro del muro de contención. Para en diseño generalmente se tiene definida la altura,

debiendo así dimensionar el ancho de la base (con sus respectivos factores de seguridad), para que el muro no presente fallas, ya sea por deslizamiento, volteo y sobrecargas presentes.

- c) De los ríos, D. (2008) *Estudio semi empírico de muros de piedra tipo pirca utilizados como cimentación de viviendas en AA. de lima metropolitana*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, en la universidad Ricardo Palma del Perú. La autora sostiene que la respuesta dinámica de un muro de contención, aunque sea del tipo más simple es algo compleja. Las presiones y movimientos del muro dependen generalmente de la respuesta del suelo de fundación, la respuesta del relleno, la respuesta de inercia y flexión del muro mismo y la naturaleza de los movimientos. La respuesta dinámica de muros de contención se puede considerar mediante modelos de prueba y análisis numérico.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Capacidad portante del suelo**

Es aquella capacidad del suelo que le permite soportar cargas aplicadas sobre él. Teóricamente la capacidad portante del suelo es la máxima presión de contacto entre la cimentación y el terreno, si la presión de la estructura llega a sobrepasar la capacidad portante del suelo, se llegan a producir fallos por cortante del suelo o un excesivo asentamiento diferencial.

#### **1.3.2 Teoría de Terzaghi**

En 1943 Terzaghi, fue uno de los primeros en mostrar una teoría completa, para estimar la capacidad de carga última en cimentaciones superficiales. Esta teoría sostiene que una cimentación es superficial siempre y cuando la profundidad  $D_f$ , sea menor o igual que el ancho de la base.

Muchas otras investigaciones sostienen que  $D_f$ , sea igual a 3 o 4 veces el ancho de la base de la cimentación para que sean definidas como cimentaciones superficiales.

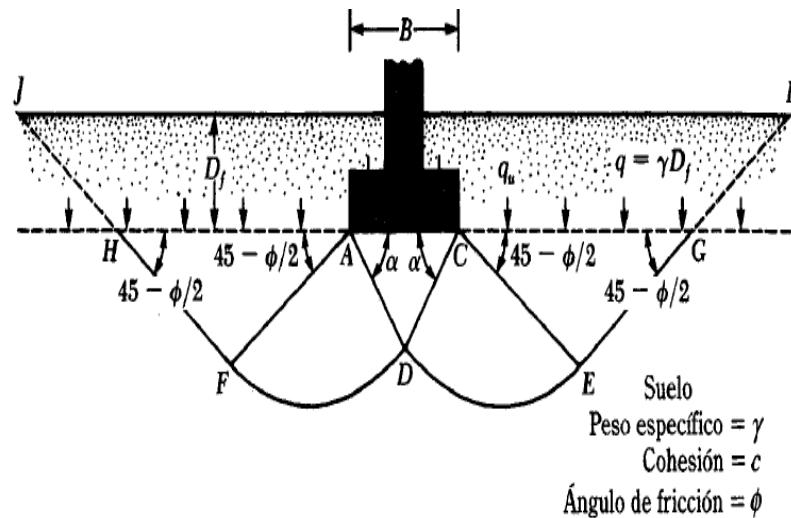


Figura 1: Teoría de Terzaghi

Fuente: principios de la ingeniería de cimentación

$N_c$ ,  $N_q$  y  $N_y$  son coeficientes que dependen del ángulo de fricción interna del suelo y se le designan “factores de capacidad de carga” debido a la sobrecarga, peso del suelo y la cohesión presente.

Capacidad de carga admisible ( $q_{adm}$ ): es aquella en la cual se divide la carga última de rotura del terreno y el coeficiente de seguridad.

### 1.3.3 Propiedades físico - mecánicas del suelo

La presión que se llega ejercer a los muros de contención, depende principalmente de tres factores:

- ✓ El ángulo de fricción interna
- ✓ La cohesión
- ✓ Peso específico de del suelo

- **Ángulo de fricción interna**

Se llega a dar principalmente en los suelos granulares, como arenas y gravas, esto se refiere al ángulo de reposo que puede optar un material o máximo pendiente. Depende primordialmente de la forma, tamaño, densidad y distribución de granos. Se llega a obtener gracias al ensayo de corte directo.

- **Cohesión**

Es la fuerza interna que ejerce sobre las partículas del suelo, las cuales generan adherencia entre ellas, se encuentra primordialmente entre suelos finos, tales como arcillas y limos

- **Peso específico de los suelos**

Es uno de los elementos más importantes que intervienen en el empuje de tierras. Esta función se llega a dar gracias a la relación del peso del suelo y el volumen.

$$\gamma = \frac{W_T}{V_T}$$

Tabla 1: Peso específico y ángulo de fricción según el tipo de suelo

TIPO DE SUELO	$\gamma$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (grados)
Arcilla Sueave	1440 – 1920	0° - 15°
Arcilla Media	1600 – 1920	15° - 30°
Limo seco y suelto	1600 – 1920	27° - 30°
Limo Denso	1760 – 1920	30° - 35°
Arena Suelta y Grava	1600 – 2100	30° - 40°
Arena Densa y Grava	1920 – 2100	25° - 35°
Arena Suelta, Seca y Bien Graduada	1840 – 2100	33° - 35°
Arena Densa, Seca y Bien Graduada	1920 – 2100	42° - 46°

Fuente: Principios de la ingeniería de cimentación



### 1.3.4 Sismicidad en el Perú

El Perú es un país altamente sismico, debida a la interacción de las placas tectónicas Nazca y Sudamérica. Esto se vio demostrado en el último terremoto de pisco 2007, en donde se registró una magnitud de 7.9 en la escala de Richter. La cual motivo gran cantidad de pérdidas humanas y económicas. Sin embargo la energía liberada por los sismos no es la misma en todo el territorio nacional.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones divide al Perú en 4 zonas sísmicas. Donde la zona 4 será parte del estudio de la tesis.



Figura 2: Mapa de zonas sísmicas del Perú

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

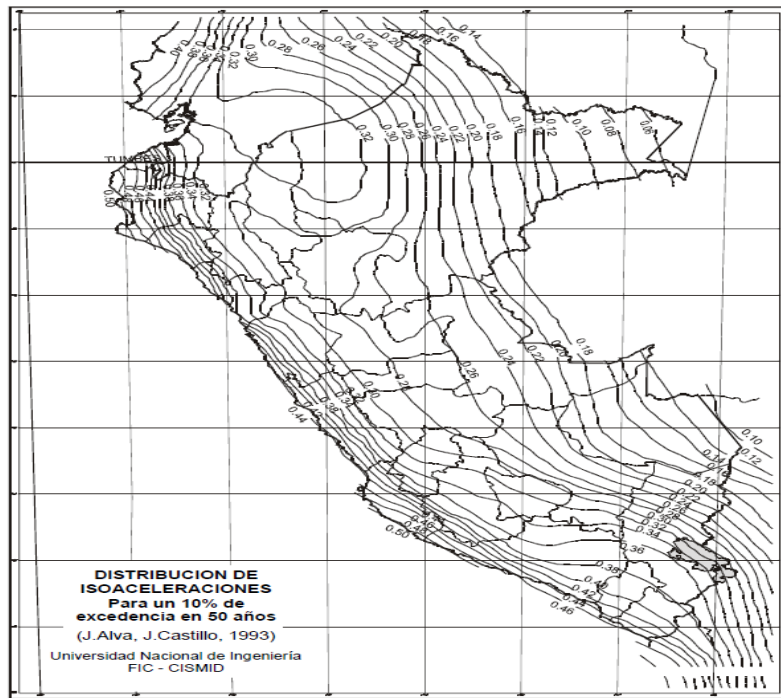


Figura 3: Mapa de isoaceleración del Perú

Fuente: IGP

### 1.3.5 Muros de contención

Son aquellas estructuras que están destinadas a proporcionar soporte lateral a un determinado material. (Morales, 2006, p.112).

### 1.3.6 Muro por gravedad

Los muros por gravedad utilizan su propio peso para soportar las fuerzas laterales de tierra u otros materiales usados como rellenos. Estos muros, para llegar a cumplir su función suelen ser macizos y generalmente no necesitan refuerzos.

Franco, F (2010, p.128). Los muros por gravedad suelen ser muy económicos y se utilizan en alturas moderadas de hasta 5.00 m de altura. Son bastantes empleados en los Asentamientos Humanos para estabilizar taludes y para generar accesos o caminos.

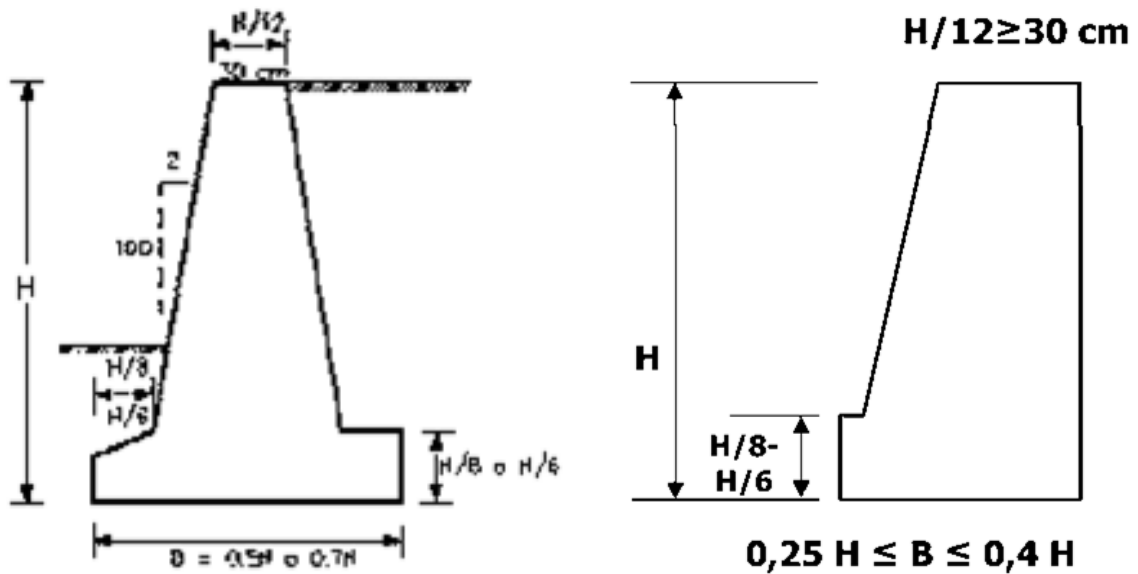


Figura 4: Dimensiones del muro

Fuente: Principios de la ingeniería de cimentación

### 1.3.7 Comportamiento estructural

Suarez, J (2003, p 473) Para que una estructura de contención tenga un buen comportamiento, esta debe requerir satisfacer ciertas condiciones fundamentales en la estabilidad, rigidez o flexibilidad, durabilidad, etc. Durante su construcción y a lo largo de su vida útil.

### 1.3.8 Teoría de Rankine

Desde el punto de vista matemático, este método llega hacer mucho más elaborado que el método de coulomb. Con este método se obtiene el empuje partiendo de un estado de equilibrio en la rotura, en la que a la estructura no le produce ninguna perturbación.

#### Presión activa de Rankine

Se aplica en suelos granulares, incomprensibles y homogéneos, se llega a despreciar la fricción entre el muro y el suelo.

### Coeficiente de empuje activo

$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$

Si  $\beta = 0$  (talud horizontal)

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2)$$

### Empuje activo

$$E_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

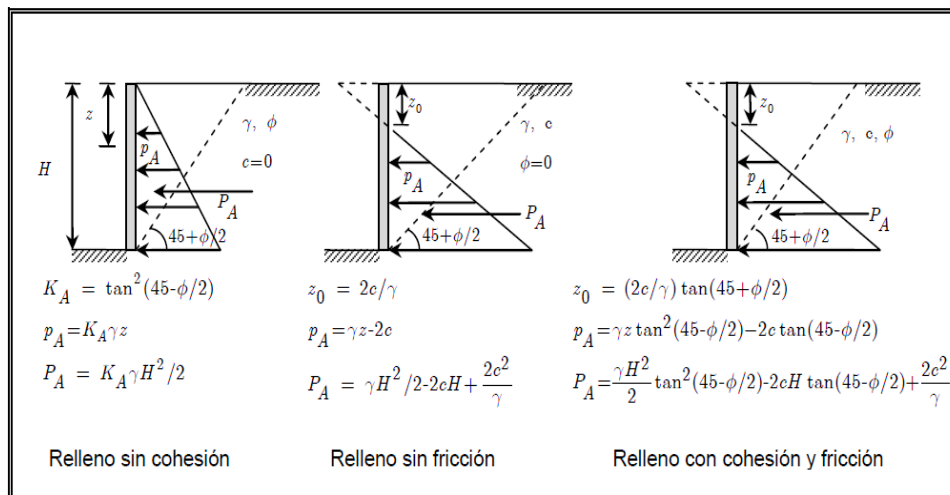


Figura 5: Teoría de Rankine

Fuente: Principios de la ingeniería de cimentación

### Presión pasiva de Rankine

De la misma manera, para condiciones de empuje pasivo, Rankine considero que las presiones de la pared, están de acuerdo a la siguiente expresión.

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma H^2$$

En donde  $K_p$  corresponde al coeficiente de empuje pasivo. Para el caso del relleno con un ángulo de inclinación  $\beta$ , con respecto a la horizontal.

$$K_p = \cos \beta \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$

Se llega a considerar para un suelo homogéneo, seco y sin cohesión. En donde la resultante  $P_p$ , actúa a  $H/3$  de altura.

- $\gamma$  = peso activo del suelo.
- $\phi$  = coeficiente de fricción interna del suelo.
- $\beta$  = ángulo sobre la horizontal

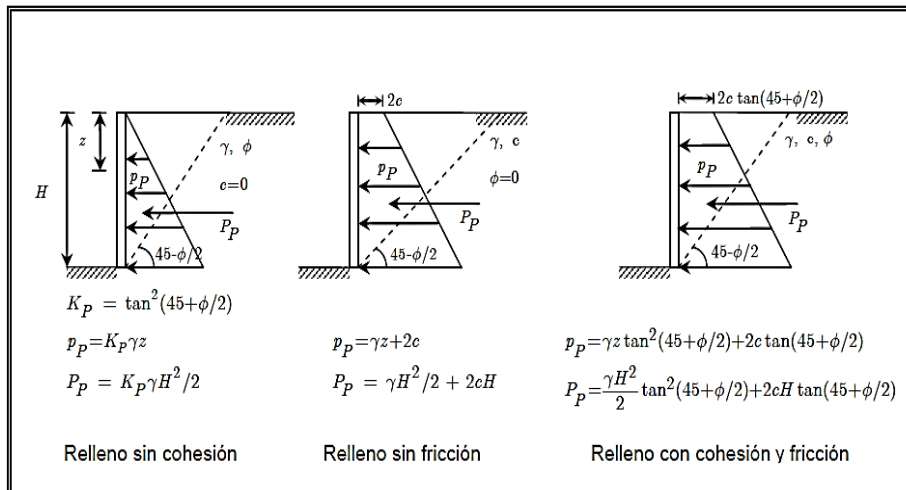


Figura 6: Presión pasiva de Rankine

Fuente: Principios de la ingeniería de cimentación

### 1.3.9 Método de Coulomb

Coulomb (1776), fue el primero que propuso una teoría para deducir la presión lateral de la tierra sobre muros de contención, considerando la fricción entre suelo y muro.

#### Empuje activo de coulomb

(Braja M. Das, 2013 pag.325), sostiene que para hallar la fuerza activa se considera una posible falla del suelo  $ABC_1$ . Con lo que propuso un equilibrio de la masa, restringido por el plano de rotura, teniendo en consideración que el desplazamiento del muro debe ser lo suficiente para ocasionar la falla en el suelo.

- ✓ W peso de la cuña
- ✓ La resultante R, estando está con un ángulo de inclinación  $\phi$  respecto a la normal de la superficie  $BC_1$ .
- ✓ La presión activa estará inclinada con un ángulo  $\delta$  respecto a la normal del muro.

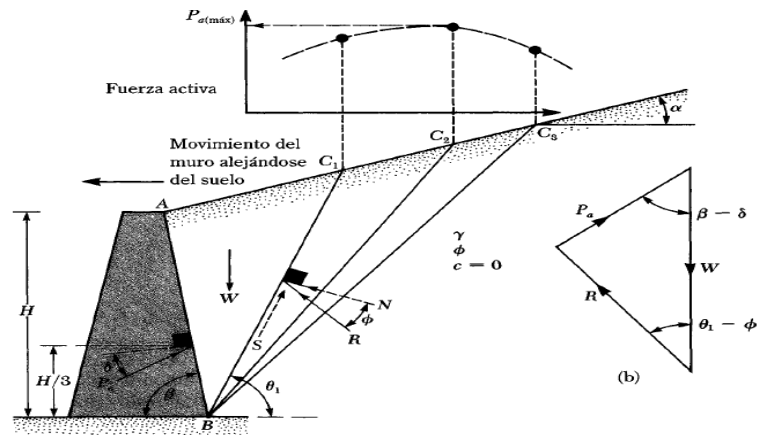


Figura 7: Teoría de Coulomb

Fuente: Principios de la ingeniería de cimentación

Empuje activo

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

Coefficiente de empuje activo

$$K_a = \frac{\cos(\phi - \theta)^2}{\cos \theta^2 \cos(\delta + \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\delta + \theta) \sin(\beta - \theta)}} \right]^2}$$

Coulomb manifestó que la superficie plana crítica tiene una inclinación respecto a la horizontal dada por:

$$\alpha_A = \phi + \tan^{-1} \left[ \frac{\tan(\phi - \beta) + C_1}{C_2} \right]$$

Donde:

$$C_1 = \sqrt{\tan(\phi - \beta) [\tan(\phi - \beta) + \cot(\phi - \theta)] [1 + \tan(\delta + \theta) \cot(\phi - \theta)]}$$

$$C_2 = 1 + \tan(\delta + \theta) [\tan(\phi - \beta) + \cot(\phi - \theta)]$$

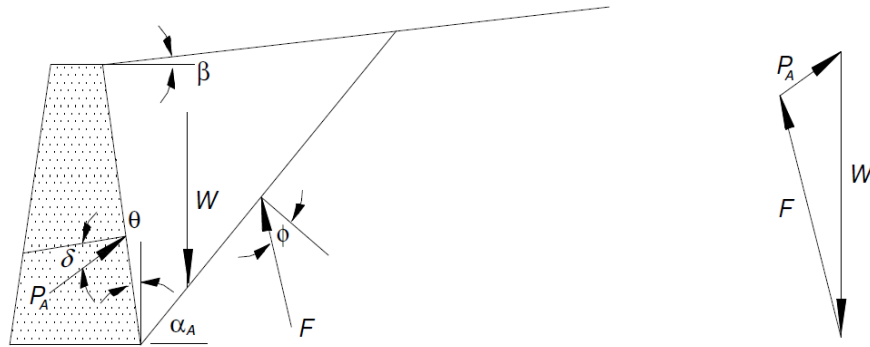


Figura 8: Triángulo de falla de coulomb

Fuente: Fuente: Principios de la ingeniería de cimentación

### Presión pasiva de coulomb

Asimismo para el empuje pasivo, se obtiene de acuerdo a la ecuación:

$$E_p = \frac{1}{2} K_p \gamma H^2$$

Donde:

$$K_p = \frac{\cos(\phi + \theta)^2}{\cos \theta^2 \sin(\delta - \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\beta + \delta)}{\cos(\delta - \theta) \sin(\beta - \theta)}} \right]^2}$$

En donde la superficie de falla plana crítica tiene una inclinación respecto a la horizontal  $\alpha_p$ .

$$\alpha_p = -\phi + \tan^{-1} \left[ \frac{\tan(\phi + \beta) + C_3}{C_4} \right]$$

Donde:

$$C_3 = \sqrt{\tan(\phi + \beta) [\tan(\phi + \beta) + \cot(\phi + \theta)] [1 + \tan(\delta - \theta) \cot(\phi + \theta)]}$$

$$C_4 = 1 + \tan(\delta - \theta) [\tan(\phi + \beta) + \cot(\phi + \theta)]$$

- $\gamma$  = peso activo del suelo.
- $\phi$  = coeficiente de fricción interna del suelo.
- $\theta$  = ángulo que forma la pared interior del muro con la vertical.
- $\delta$  = ángulo de fricción entre el muro y el suelo.
- $\beta$  = ángulo que forma la superficie del suelo con la horizontal.

### **1.3.10 Comportamiento dinámico de muros de contención**

El comportamiento dinámico de muros de contención es algo compleja, así sea el muro más simple. Las presiones y movimientos dependen primordialmente de la respuesta del suelo del suelo de fundación.

Stadler, A (2004, p 48) sostiene que las soluciones para el comportamiento dinámico de las estructuras de contención se pueden clasificar en tres grandes categorías, dependiendo de la magnitud anticipada del movimiento de la estructura.

- Método rígido – plásticos
- Métodos ondas elásticas
- Método elastoplasticas

### **1.3.11 Método rígido plástico**

Los métodos rígidos – plásticos o pseudo estáticos, están basados generalmente en el equilibrio de fuerzas, determinando así los valores de las fuerzas actuantes sobre el muro, y los puntos de aplicación de estas fuerzas. Dando así un factor de seguridad contra la falla de la estructura. Un método bastante usado es el método Mononobe – Okabe

- **Método Mononobe – Okabe**

Fue propuesto en Japón después del terremoto de 1923. Es un método pseudo – estático, es el más usado con frecuencia para el cálculo de las fuerzas sísmicas del suelo actuando sobre un muro de contención, este método es una expansión de la procedimiento planteado por coulomb, en donde se toma en cuenta las fuerzas de inercia horizontal y vertical en el suelo.

En un análisis con este procedimiento, las aceleraciones pseudo estáticas son concentrados en la cuña activa (o pasiva) de Coulomb. De esta forma el



empuje pseudo estático del suelo (relleno), es obtenido mediante el equilibrio de fuerzas en la cuña.

El método supone:

- Relleno seco, granular y homogéneo, con un ángulo de fricción.
- El muro se mueve lo suficiente, como para despreciar los efectos de punta de muro.
- Se diseña aceptando un pequeño desplazamiento lateral admisible.
- El relleno se comporta como un cuerpo rígido, de tal manera que las aceleraciones son uniformes a través de toda la masa

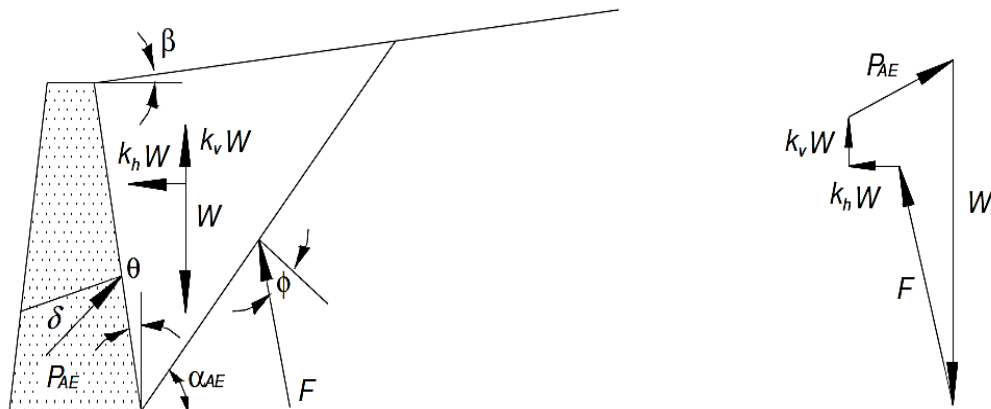


Figura 9: Método Mononobe - Okabe

Fuente: Principios de la ingeniería de cimentación

En donde  $K_h W$  y  $K_v W$  son los componentes tanto horizontales con verticales, donde  $K_h$  e  $K_v$  son los llamados coeficientes sísmicos.

### Empuje activo dinámico

El empuje activo se puede considerar de la misma forma que la expresión desarrollada por Coulomb es decir:

$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - K_v) K_{AE}$$

En donde el coeficiente de empuje activo total dinámico  $K_{AE}$ , está dado por:

$$K_{AE} = \frac{\cos(\phi - \theta - \psi)^2}{\cos \psi \cos \theta^2 \cos(\delta + \theta + \psi) \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \psi)}{\cos(\delta + \theta + \psi) \cos(\beta - \theta)}} \right)^2}$$

Para ello debe cumplir que  $\phi - \beta \geq \psi$  donde:

$$\psi = \tan^{-1} \left[ \frac{K_h}{1 - K_v} \right]$$

Asimismo la falla crítica tiene un ángulo de inclinación dado por:

$$\alpha_{AE} = \phi - \psi + \tan^{-1} \left[ \frac{\tan(\phi - \psi - \beta) + C_{1E}}{C_{2E}} \right]$$

Considerando que:

$$\alpha_1 = \phi - \psi - \beta, \alpha_2 = \phi - \psi - \theta \text{ y } \alpha_3 = \phi + \psi - \theta$$

Donde:

$$C_{1E} = \sqrt{\tan \alpha_1 [\tan \alpha_1 + \cot \alpha_2] [1 + \tan \alpha_3 \cot \alpha_2]}$$

$$C_{2E} = 1 + \tan \alpha_3 [\tan \alpha_1 + \cot \alpha_2]$$

El empuje activo total está determinado por el componente estático  $P_A$  y el componente pseudo estático  $\Delta P_{ae}$

$$P_T = P_A + \Delta P_{ae}$$

Se sabe que el empuje estático trabaja a  $H/3$  de la base del muro. Seed y Whitman recomiendan que el empuje dinámico actúe sobre  $0.6H$ . El empuje total activo actuara en un altura  $h$ , por sobre la base, donde el valor de  $h$  depende de las magnitudes relativas de  $P_A$  y  $\Delta P_{ae}$ .

$$h = \frac{P_A \left( \frac{H}{3} \right) + \Delta P_{AE}(0.6H)}{P_{AE}}$$

Según Seed y Whitman sostienen que las aceleraciones verticales pueden ser ignoradas cuando se diseña por Mononobe Okabe

## Empuje pasivo dinámico

El empuje pasivo total de un muro de contención sin napa freática y sin cohesión, está dada por:

$$P_{PE} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - K_V) K_{PE}$$

Donde,  $K_{PE}$  es el coeficiente de empuje dinámico pasivo

$$K_{pe} = \frac{\cos(\phi + \theta - \psi)^2}{\cos \psi \cos \theta^2 \cos(\delta - \theta + \psi) \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \beta - \psi)}{\cos(\delta - \theta + \psi) \cos(\beta - \theta)}} \right)^2}$$

La superficie de falla crítica pasiva esta inclinada respecto a la horizontal en un ángulo tal que:

$$\alpha_{PE} = \psi - \phi + \tan^{-1} \left[ \frac{\tan(\phi + \psi + \beta) + C_{1E}}{C_{2E}} \right]$$

Considerando que:

$$\alpha_1 = \phi - \psi + \beta, \alpha_2 = \phi + \psi - \theta \text{ y } \alpha_3 = \phi - \psi + \theta$$

Donde:

$$C_{1E} = \sqrt{\tan \alpha_1 [\tan \alpha_1 + \cot \alpha_2] [1 + \tan \alpha_3 \cot \alpha_2]}$$

$$C_{2E} = 1 + \tan \alpha_3 [\tan \alpha_1 + \cot \alpha_2]$$

- $\phi$  = coeficiente de fricción interna del suelo.
- $\theta$  = ángulo que forma la pared interior del muro con la vertical.
- $\delta$  = ángulo de fricción entre el muro y el suelo.
- $\beta$  = ángulo que forma la superficie del suelo con la horizontal.

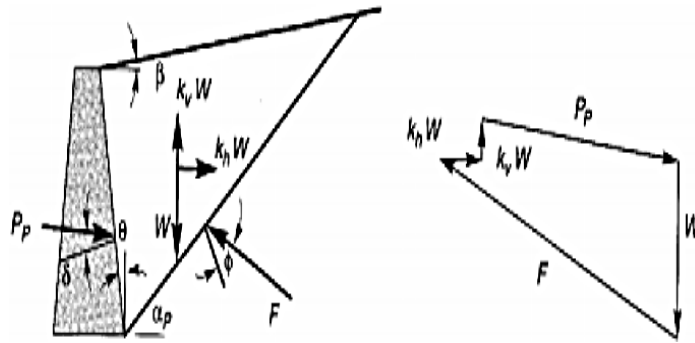


Figura 10: Empuje pasivo de Mononobe Okabe  
 Fuente: Principios de la ingeniería de cimentación

### 1.3.12 Carga uniformemente repartida

Este tipo de caso se llega a dar cuando la superficie del terreno se encuentra soportando una carga "q". Esta carga hace reemplazar la altura:

$$H_T = H + H_0$$

Donde:

$$H_0 = \frac{q}{\gamma}$$

$\gamma = \text{peso específico del suelo}$

Con esta carga distribuida se produce un aumento en el empuje, la cual genera una inestabilidad si no son consideradas.

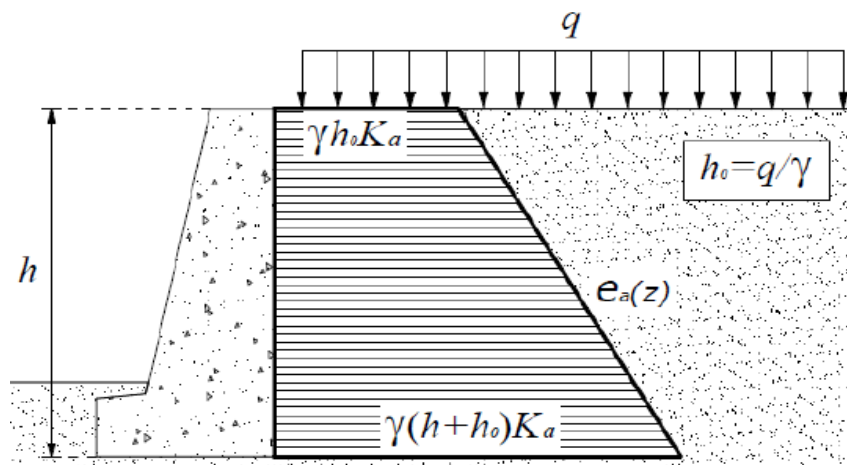


Figura 11: Carga uniformemente repartida  
 Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica

### 1.3.13 Deslizamientos sísmicos de muros de contención

Las grandes carencias que presentan los métodos de equilibrio de fuerzas, es que no permiten acceder a una idea clara del comportamiento de la estructura, luego de que esta sobrepase las fuerzas de diseño. Los métodos de deslizamientos admisibles permiten superar esta limitante.

Interesa ahora comprender los métodos existentes para hallar los deslizamientos de los muros después de un acontecimiento sísmico. Ya que han sido en el pasado y siguen siéndolo en el presente, la causa importante de daños en dichas estructuras.

Diversos métodos fueron desarrollados para determinar las deformaciones permanentes de una estructura de contención:

- Método de Newmark
- Método de Richard Elms
- Método de Whitman – Liao

#### **Método de Newmark**

Este procedimiento fue desarrollado inicialmente para estudio del comportamiento de taludes ante solicitaciones sísmicas y posteriormente fue trabajado en muros de contención y otras obras geotécnicas

Newmark en 1965, dio a conocer los conceptos básicos para evaluar el desplazamiento de una masa potencialmente deslizante en un terraplén sometido a aceleraciones sísmicas, en la cual planteo relación entre dicha masa y un modelo de un bloque rígido que puede deslizarse en un plano inclinado. Se llega a considerar que el bloque deslizante, de peso (**W**), se encuentra sometido a una fuerza pseudo estática lateral (**NW**), la cual es la resultante de la acción sísmica. El coeficiente **N** produce un factor de seguridad ante el desplazamiento igual a 1 y se le llega a determinar cómo coeficiente crítico.

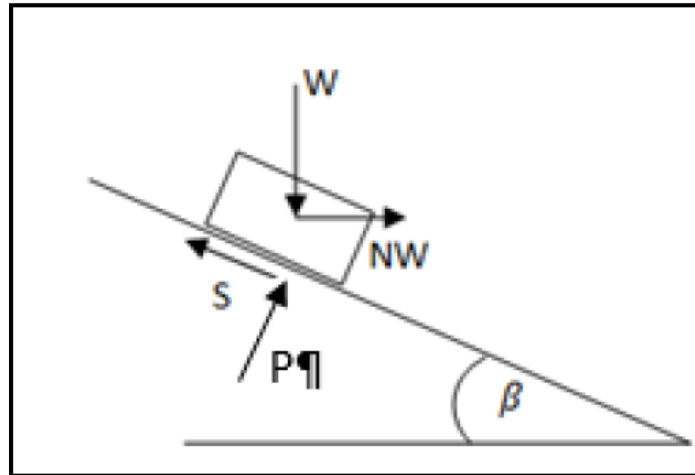


Figura 12: Método de Newmark

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica

En la figura se llega a evidenciar las fuerzas que interactúan cuando el bloque está sometido a una aceleración sísmica.

Cuando se toma en cuenta un registro sísmico, el método se basa en la doble integración de las porciones del acelerograma que superan la aceleración crítica  $a_y$ . El desplazamiento relativo acumulado necesita de una serie de causas, como son duración del registro, el contenido de frecuencia y del número de pulsos significativos de aceleración que este posea.

Newmark estudio el caso de un bloque deslizante sujeto a una carga rectangular de Aceleracion de magnitud  $A_g$  y duración  $\Delta_t$ . Manifestó que el deslizamiento relativo máximo está en función de la velocidad máxima del suelo, su aceleración máxima y aceleración crítica como:

$$d_{rel} = \frac{V_{max}^2}{2a_{crit}} \left(1 - \frac{a_{crit}}{A}\right)$$

Newmark posteriormente ajusto una envolvente conservadora de los desplazamientos obtenidos.

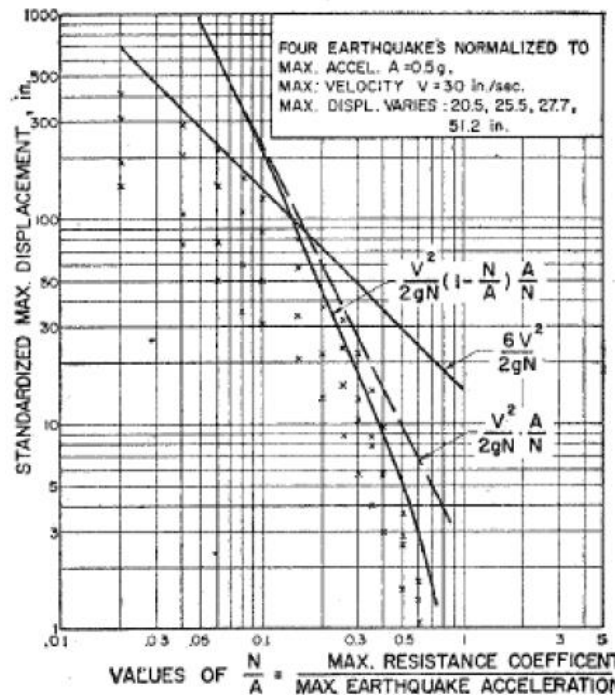


Figura 13: Envolvente de Newmark

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica

El método de Newmark desconoce la deformabilidad de la masa deslizando, la cual hace que este método sea el más adecuado para el análisis de muro de contención.

También asume que el desplazamiento se inicia cuando las aceleraciones generadas por un sismo, que actúan sobre el bloque deslizando superen a la aceleración crítica  $a_y = k_y g$ .

### Método de Richard y Elms

Richard y Elms desplegaron el trabajo de Newmark, en la que plantean un procedimiento determinístico de diseño de muros de contención gravitacionales, ante sollicitaciones sísmicas mediante deslizamientos admisibles.

Para su uso se requiere conocer el factor de aceleración crítica horizontal  $K_y$ . Richard y Elms sugieren calcular el valor de  $P_{AE}$  por medio del método Mononobe – Okabe

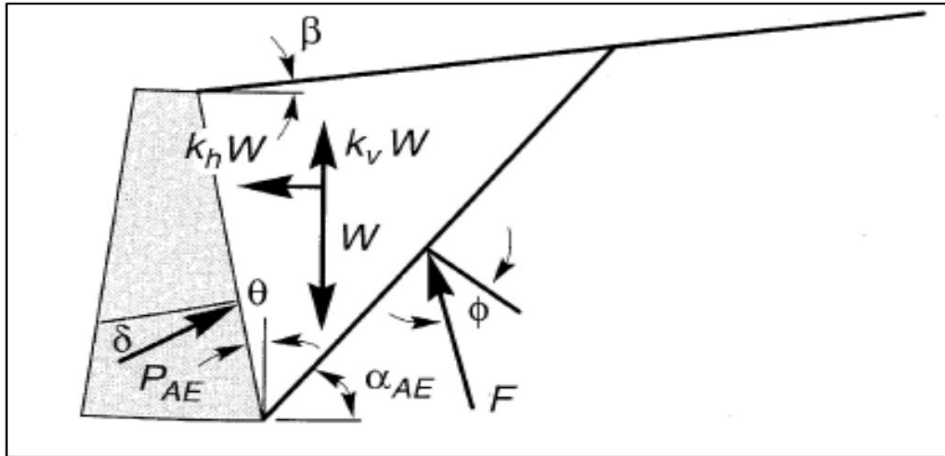


Figura 14: Método de Richard - Elms

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica

La aceleración crítica está dada por:

$$a_y = \tan \phi_b - \frac{P_{AE} \cos(\delta - \theta) - P_{AE} \sin(\delta - \theta) \tan \phi_b}{W}$$

Richard y Elms sugieren la siguiente correlación para determinar los desplazamientos permanentes del muro de contención.

$$d_{perm} = 0.087 \frac{v_{max}^2 * a_{max}^3}{a_y^4}$$

### Método de Whitman y Liao

En 1985 Whitman y Liao lograron encontrar errores en el trabajo de Richards y Elms, identificaron como principales errores despreciar la deformidad del relleno y falla por giro. A partir de lo manifestado anteriormente se formuló un procedimiento probabilístico para deducir los desplazamientos sísmicos de muros de contención.

$$\bar{d}_{perm} = \frac{37 v_{max}^2}{a_{max}} \exp\left(\frac{-9.4 a_y}{a_{max}}\right)$$



### 1.3.14 Tipos de Falla en estructuras de contención

Un aspecto de vital interés para el diseño de estructuras de contención, tiene que ver con forma que esta puede fallar. Las estructuras de contención gravitatorias generalmente tienen eficiencia debido a los movimientos de cuerpo rígido, es decir por rotación y traslación, en algunos casos también pueden llegar a mostrar una falla global debido deficiencia en la capacidad portante del suelo.

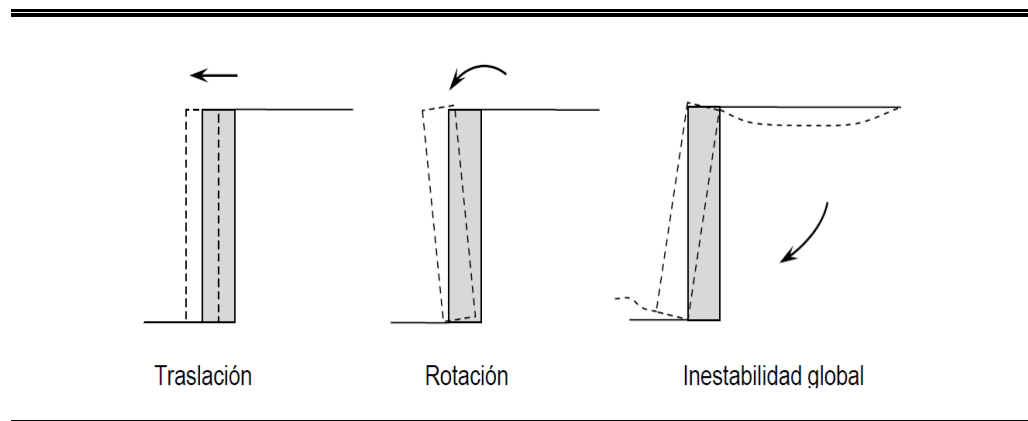


Figura 15: Tipos de falla

Tipos de falla de muros a gravedad

## 1.4 Formulación del problema.

### 1.4.1 Problema general.

- ¿Cuál será el comportamiento estructural de un muro de contención mediante el método de deslizamientos admisibles?

### 1.4.2 Problemas específicos.

- ¿Cuáles son las características del muro de contención para determinar el comportamiento estructural?
- ¿De qué manera el tipo de suelo influye el comportamiento estructural de muros de contención?
- ¿Qué metodologías existen para evaluar el comportamiento estructural de un muro de contención?

## **1.5 Justificación del estudio**

Considerando la problemática que actualmente existen autoconstrucciones de muros de contención, los cuales no cuentan con diseño sísmicos, esto se llega a notar en el Asentamiento Humano Hijos de Huaycan.

Este tipo de acontecimiento produce una carga, que de no estimarse correctamente llega a modificar las condiciones en la estructura desde un estado normal a un deterioro, falla o colapso.

La importancia de esta investigación radica en estimar el comportamiento dinámico de un muro de contención, la cual al momento de analizar se obtendrá un proyecto más seguro. Dándolo a conocer a nivel público para que pueda ser utilizado y aplicado en campo. Evitando así de esta manera pérdidas económicas y humanas.

### **1.5.1 Económico:**

La aplicación de un método dinámico a un muro de contención, traerá consigo un gran beneficio, ya que esto ayudara a reducir gastos a la hora del mantenimiento, obteniendo así una relación beneficio – costo.

### **1.5.2 Social:**

Al realizar un muro, este generara accesos, en las que los pobladores podrán transitar libremente, sin miedo a sufrir accidentes y harán un entorno más seguro para vivir.

### **1.5.3 Técnica:**

El presente trabajo permite dar a conocer como se comportara un muro de contención ante condiciones sísmicas. Mediante método de deslizamientos admisibles.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

- El método de deslizamientos admisibles proporciona un mejor comportamiento estructural de muros de contención

### **1.6.2 Hipótesis específicos**

- Las características del muro de contención influyen el comportamiento estructural.
- El tipo de suelo influye en el comportamiento estructural de muros de contención
- Las metodologías contribuyen a estimar mejor el comportamiento estructural de muros contención.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

- Verificar el comportamiento estructural de un muro de contención mediante los métodos deslizamientos admisibles.

### **1.7.2 Objetivo específico**

- Determinar las características óptimas del muro de contención
- Verificar el comportamiento estructural de acuerdo al tipo de suelo.
- Conocer metodologías existentes para estimar el comportamiento estructural de muros de contención

## II. MÉTODO

## **2.1 Diseño, tipo y nivel de investigación**

### **2.1.1 Diseño de investigación**

La presente investigación, se sitúa en el diseño no – experimental, ya que no adulteraremos ninguna variable, por lo cual reuniremos datos de los proyectos ya realizados, para después ser examinados como parte correspondiente de la investigación.

### **2.1.2 Tipo de investigación**

Palella y Martins (2010, p.88) sostienen que el modelo de investigación se refiere a la clase de aplicación que se va a realizar. Orientada sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de reunir las informaciones necesarias.

El presente trabajo de investigación, se situó en una investigación de tipo aplicada, porque se estudiaran diferentes teorías existentes que permiten aplicar con ello los conocimientos alcanzados a lo largo del estudio, teniendo en cuenta que presente la investigación busca solucionar los problemas y conseguir resultados positivos.

### **2.1.3 Nivel de investigación**

El nivel de investigación es correlacional, ya que su propósito es comprender el vínculo de dos o más variables en un contexto particular (Bernal, 2006, p.113)

El presente proyecto de investigación está apoyándose de un nivel correlacionar, ya que seba a relacionar las variables de una forma más conveniente.

## 2.2 Operacionalidad de variables

Tabla 2: Operacionalidad de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
<p><b>Variable dependiente</b></p> <p><b>COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL</b></p>	<p>Para que una estructura de contención tenga un buen comportamiento, esta debe requerir cumplir ciertas condiciones fundamentales de estabilidad, rigidez o flexibilidad, durabilidad, etc. Durante su construcción y a lo largo de su vida útil.</p>	<p>Es aquella capacidad que tiene la estructura de comportarse ante un determinado sismo o fuerza exterior</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Rigidez</li> <li>✓ Dimensionamiento</li> <li>✓ Cargas muertas y vivas</li> </ul>
<p><b>Variable independiente</b></p> <p><b>DESLIZAMIENTOS ADMISIBLES</b></p>	<p>Según Kramer (1996).indica que “El método de equilibrio de fuerzas presentan grandes carencias, que no permiten dar una idea clara del comportamiento de la estructura, luego de que esta sobrepase las fuerzas de diseño. Los métodos de deslizamientos admisibles permiten superar esta limitante, considerando pequeños desplazamientos”. (p.460)</p>	<p>Los métodos de deslizamientos admisibles, consideran que la que la estructura de contención se debe desplazar lo suficiente para permitir la movilización de la resistencia total del suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ PGA</li> <li>✓ PGV</li> <li>✓ Aceleracion critica</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

## **2.3 Población, muestra**

### **2.3.1 Población de estudio:**

La población a estudiar estará definido por 5 muros de contención (a gravedad), ya existentes en la comunidad autogestionaria de Huaycan.

### **2.3.2 Muestra:**

La muestra será no probabilístico, ya que se tomara como parte de la investigación 2 muros de contención (a gravedad), ya existentes en el AA.HH hijos de Huaycan, para concentrarnos en una parte específica de la investigación.

## **2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1 Técnicas:**

Según López F. (2013) sostiene que las técnicas, son las variadas para obtener la información, entretanto los instrumentos son los mecanismos que se utilizan para la recaudación y procesamiento de información recogida (p 44).

Una de las técnicas que se llegaron a utilizar mientras dure el desarrollo del proyecto de investigación son:

- Método Mononobe – Okabe
- Calicatas
- Método de deslizamientos admisibles

### **2.4.2 Instrumentos:**

Son aquellos que colaboraran en la obtención de los datos de la realidad y una vez congregados podrán pasarse al siguiente paso del método. (Bavaresco 2001, p.35)

- Ensayo de suelos: para determinar las propiedades mecánicas
- Uso del programa GEO5
- Estudios topográficos: para determinar la topografía del lugar

### **2.4.3 validez y confiabilidad de información**

La validez de este proyecto de investigación se apoya en la información alcanzada por fuentes confiables, para la cual se ejecutaran ensayos de laboratorio, durante el desarrollo del proyecto de investigación los cuales estarán certificados por expertos.

### **2.5 Métodos de análisis de datos**

Se realizara un levantamiento topográfico, la cual contribuirá a la obtención de la topografía del lugar, para lograr así determinar en qué lugar hacer las respectivas calicatas.

Se realizaran los respectivos ensayos de suelo (tanto en el suelo de fundación como de relleno), para poder así determinar la cohesión, ángulo de fricción, tipo de suelo etc.

### **2.6 Aspectos éticos**

Los fundamentos éticos de la investigación se apoyan en cuidar la privacidad de confidencialidad de toda información que se recogió. El desarrollo de la investigación fue verificado por el software del TURNITIN, acreditando la privacidad y confiabilidad de la investigación, como autoría propia. Asimismo parte de información básica de los autores han sido descritos y citados según corresponda a las referencias que sugieren el sistema ISO 690.



### **III. RESULTADOS**

### 3.1 Ubicación del proyecto

Huaycan es la unión de tres quebradas secas. Se encuentra ubicado en el extremo este del distrito de Ate; en la provincia y departamento de Lima – Perú. A la altura del 16.5 Km de la carretera central. Huaycan tiene un área de 78 Km<sup>2</sup>.

#### Coordenadas.

- Oeste: 76°49'04.8"
- Sur: 12°01'30.9"



Figura 16: Área de trabajo

Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Levantamiento topográfico.

Mediante la utilización de estación total, se llevó a cabo el levantamiento de la zona a trabajar para verificar y revisar los niveles, con los cuales se dará una altura aproximada para el pre dimensionamiento.

Se llegó a determinar un altura aproximada de 2.00 y 2.50 m, para el pre dimensionamiento, para el diseño es necesario conocer la topografía y características de la zona.

Los muros de mampostera a estudiar se encuentran en el AA.HH hijos de huaycan. La cual se encuentra 600 a 800 msnm.

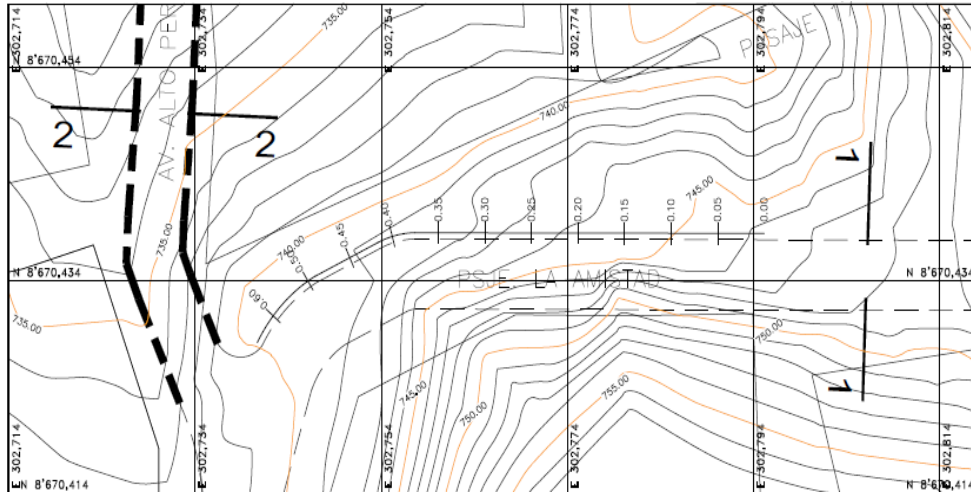


Figura 17: Levantamiento topográfico

Fuente: Elaboración propia

### Pre dimensionamiento

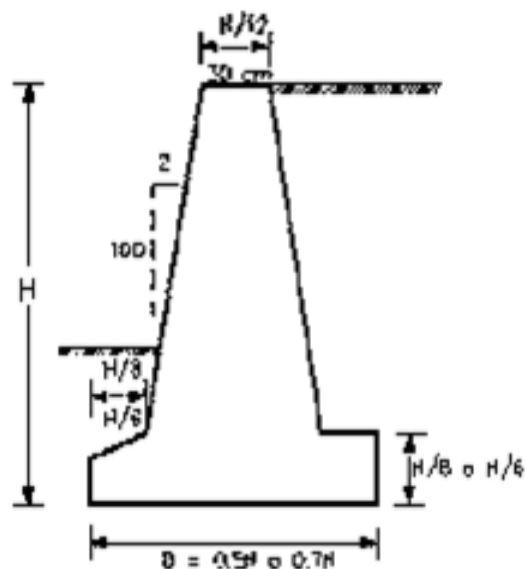


Figura 18: Pre dimensionamiento

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica

### 3.3 Diseño sísmico de muros de contención

El diseño sísmico de muros de contención se considera un paso importante para disminuir los efectos devastadores que se llegan a provocar mediante los sismos. Por tal motivo el diseño sísmico de estructuras de contención se llegan a clasificar en dos grandes grupos.

### 3.3.1 Métodos basados en fuerzas

Los métodos de diseño sísmico convencionales, están propuestos sobre la base de fuerzas. En donde se hace una distribución de empujes, llegando a verificar ciertos factores de seguridad.

#### Características del suelo de fundación (SM)

- Angulo de fricción  $\phi = 29.68^\circ$
- Peso específico  $\gamma = 1.89 \text{ tn/m}^3$
- Cohesión  $c = 0.2 \text{ tn/m}^2$

#### Características suelo de préstamo granular (GP)

- Angulo de fricción  $\phi = 31.54^\circ$
- Peso específico  $\gamma = 2.185 \text{ ton/m}^3$
- Cohesión  $c = 0$

#### Material del muro

- Peso específico  $\gamma = 2.35 \text{ tn/m}^3$
- Cohesión  $c = 0$

#### Dimensionamiento del muro

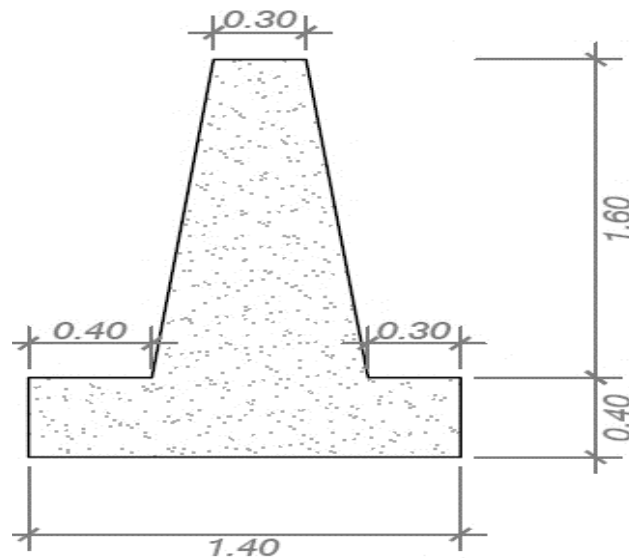


Figura 19: Dimensionamiento

Fuente: Elaboración propia

## **Empuje estático**

Método de coulomb

- $\theta = 7.13^\circ$
- $\phi = 31.54^\circ$
- $\delta = 21.03^\circ$
- $\beta = 0.00^\circ$

Coeficiente de empuje activo

$$K_a = 0.34$$

$$P_a = 1.49 \text{ tn/m}$$

### **4.3.2 Fundamentos sísmicos**

Estos fundamentos fueron considerados para poder desarrollar un estudio dinámico de la estructura, son tenidos en cuenta de acuerdo al criterio de la Aceleración espectral, es decir que están basados en la utilización de periodos naturales, que podrán determinarse por un procedimiento de análisis.

### **Zonificación (Z)**

La zonificación sugerida se apoya en la racionalización espacial de la sismicidad de un territorio, esto varia esencialmente de a cuerda peculiaridades esenciales de los movimientos sísmicos, y la información geotécnica conseguida de estudios científicos.

Para este trabajo de investigación, el proyecto esta ubica Zona 4 (Lima) y su factor de zonificación de (Z) 0.45.

### **Parámetros del Suelo (S)**

De acuerdo al tipo de suelo de fundación, está considerada como suelo tipo rígido ( $S_2$ ), en donde el  $T_p$  del suelo es de 0.60 seg. Y el factor de amplificación del suelo se llega a considerar como  $S = 1.05$

### **Factor de amplificación Sísmica (C)**

De acuerdo a las propiedades del sitio, se logra definir el factor de amplificación sísmica (C):

Cada estructura es clasificada de acuerdo a la condición de uso de la edificación, por consiguiente la estructura analizada es de categoría común. Según lo establece la norma (e030) se obtiene un factor de importancia  $U = 1.0$ , la cual es tomada en el análisis.

### **Sistemas estructurales (R)**

Los sistemas estructurales se llegan a catalogar de acuerdo los materiales usados y su sistema de estructuración. De acuerdo a esto se elige un factor de reducción sísmica, dado por:

$$R = R_0 \times I_a \times I_p$$

### **Análisis dinámico**

Para poder deducir la aceleración espectral para cada una de las direcciones, se utiliza el espectro inelástico de pseudo-aceleraciones delimitado por:

- $Z = 0.45$
- $S = 1.05$
- $U = 1$
- $C = 2.5$
- $R = 4$

Utilizando la fórmula de aceleración espectral

$$S_{ax} = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

$$S_{ay} = \frac{2}{3} * S_{ax}$$

$$S_{ax} = 2.8970 \text{ m/s}^2$$

$$S_{ay} = 1.9313 \text{ m/s}^2$$

$$k_h = 0.30$$

$$k_h = 0.20 \text{ g}$$

### Método de Mononobe – Okabe (para suelo granular)

- $\theta = 7.13^\circ$
- $\phi = 31.54^\circ$
- $\delta = 21.03^\circ$
- $\beta = 0.00^\circ$
- $\psi = 16.70^\circ$

Coeficiente de empuje dinámico activo

$$K_{ae} = \frac{\cos(\phi - \theta - \psi)^2}{\cos \psi \cos \theta^2 \cos(\delta + \theta + \psi) \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \psi)}{\cos(\delta + \theta + \psi) \cos(\beta - \theta)}} \right)^2}$$

- $K_a = 0.619$
- $P_{ae} = 2.71 \text{ tn/m}$
- $\Delta P_{ae} = P_{ae} - P_a = 1.22 \text{ ton/m}$

Punto de aplicación:

- $h = 0.91 \text{ m}$

Tabla 3: Pesos y momentos de la estructura (GRANULAR)

	X	Y	W peso	Fuerza	Brazo	Momento
<b>P1</b>	1.40	0.40	2.35	1.32	0.70	0.92
<b>P2</b>	0.20	1.60	2.35	0.75	0.53	0.40
<b>P3</b>	0.30	1.60	2.35	1.13	0.75	0.85
<b>P4</b>	0.20	1.60	2.35	0.75	0.97	0.73
<b>P5</b>	0.20	1.60	2.19	0.70	1.03	0.72
<b>P6</b>	0.30	1.60	2.19	1.05	1.25	1.31
<b>Fve</b>	1.28		1.00	1.28	1.03	1.32
				6.98		6.25

Fuente: Elaboración propia

Factor de seguridad por desplazamiento

$$F. S. D = \frac{\sum F_R}{F_O} = 1.80 > 1.5 \quad \text{OK}$$

Factor de seguridad por volteo

$$F. S. V = \frac{\sum M_R}{M} = 2.88 > 2 \quad \text{OK}$$

### ESTABILIDAD POR LA CAPACIDAD DE APOYO

$$\bar{X} = \frac{6.25 - 2.64}{6.98} = 0.5$$

$$e = 0.2$$

$$q_{\max} = 7.55 \text{ton/m}^2 \Rightarrow 0.76 \text{kg/cm}^2$$

$$q_{\max} = 2.42 \text{ton/m}^2 \Rightarrow 0.24 \text{kg/cm}^2$$



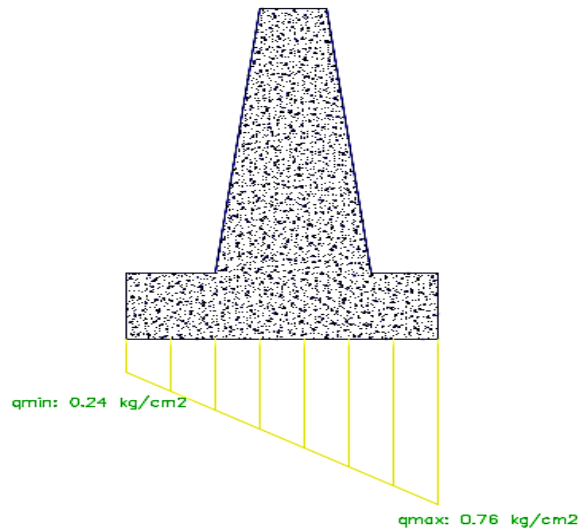


Figura 20: Distribución de presión

Fuente: Elaboración propia

### Método Prakash-sarán

El método M-O solo trabaja para suelos granular, para este análisis usamos el método de Prakash - Sarán la cual determina el empuje sísmico para suelos cohesivos. (Estático más dinámico)

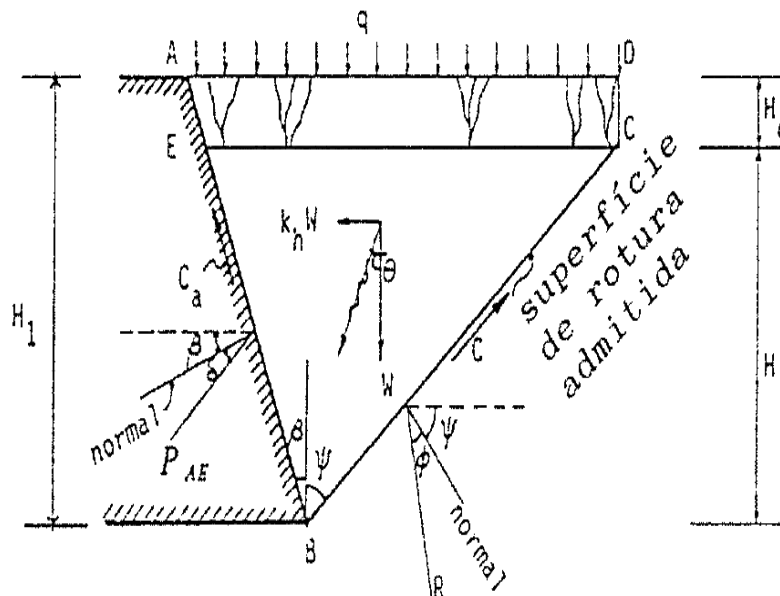


Figura 21: Método de Prakash - Sarán

Fuente: fundamentos de ingeniería de cimentación

- $\phi = 29.68^\circ$
- $\delta = 14.84^\circ$
- $\beta = 7.13^\circ$
- $\psi = 45^\circ$

$$K_a = \tan(45 + \phi/2)^2$$

$$H_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$$

$$n = H_c/H$$

$$N_{ay} = \frac{[(n + 0.5)(\tan \beta + \tan \psi) + 0.5 * n^2 \tan \beta][\cos(\psi + \phi) + k_h * \sin(\psi + \phi)]}{\sin(\psi + \phi + \beta + \delta)}$$

$$N_{aq} = \frac{[(n + 1)(\tan \beta + \tan \psi)][\cos(\psi + \phi) + k_h * \sin(\psi + \phi)]}{\sin(\psi + \phi + \beta + \delta)}$$

$$N_{ac} = \frac{\cos(\psi + \phi + \beta) \sec \beta + \cos \phi \sec \psi}{\sin(\psi + \phi + \beta + \delta)}$$

Empuje dinámico

$$P_{AD} = \gamma H^2 N_{ay} + qHN_{aq} - cHN_{ac}$$

Donde:

$$P_{AE} = 2.84 \text{ ton/m}$$

Punto de aplicación:

- $h = 1.05 \text{ m}$

Tabla 4: Pesos y momentos de la estructura (COHESIVO)

	X	Y	W PESO	fuerza	BRAZO	MOMENTO
<b>P1</b>	1.40	0.40	2.35	1.32	0.70	0.92
<b>P2</b>	0.20	1.60	2.35	0.75	0.53	0.40
<b>P3</b>	0.30	1.60	2.35	1.13	0.75	0.85
<b>P4</b>	0.20	1.60	2.35	0.75	0.97	0.73
<b>P5</b>	0.20	1.60	1.89	0.60	1.03	0.62
<b>P6</b>	0.30	1.60	1.89	0.91	1.25	1.13
<b>Fve</b>	1.34		1.00	1.34	1.03	1.38
				6.80		6.03

Fuente: Elaboración propia

Factor de seguridad por desplazamiento

$$F.S.D = \frac{\sum F_R}{F_O} = 1.66 > 1.5 \quad \text{OK}$$

Factor de seguridad por volteo

$$F.S.V = \frac{\sum M_R}{M} = 2.29 > 2 \quad \text{OK}$$

$$\bar{X} = \frac{6.03 - 2.63}{6.8} = 0.50$$

$$e = 0.20$$

$$q_{\max} = 9.02 \text{ ton}/\text{m}^2 \Rightarrow 0.9 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

$$q_{\min} = 0.69 \text{ ton}/\text{m}^2 \Rightarrow 0.07 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

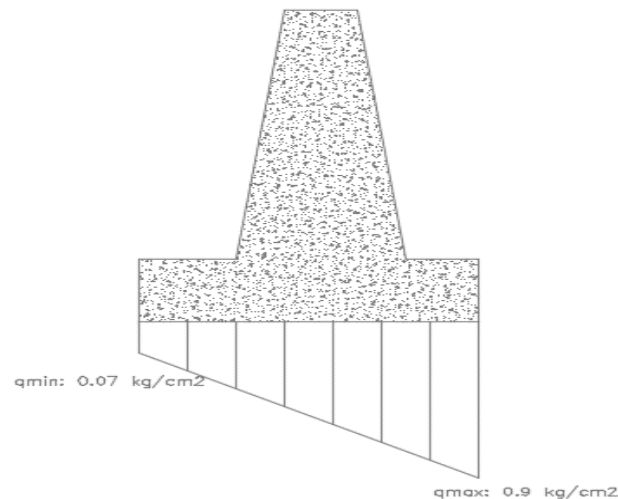


Figura 22: Distribución de presión

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3 Desplazamientos permisibles

Una de las limitantes que tiene el diseño basado en fuerzas, es que no permite tener la idea clara del comportamiento de la estructura de contención, luego que sobrepasen las fuerzas de diseño. Para la obtención de los desplazamientos, es necesario la obtención de los picos de aceleración

máxima (PGA) y los picos de velocidad máxima (PGV) de la sollicitación sísmica.

Para fines de este proyecto, se está tomando los valores del sismo de 1966

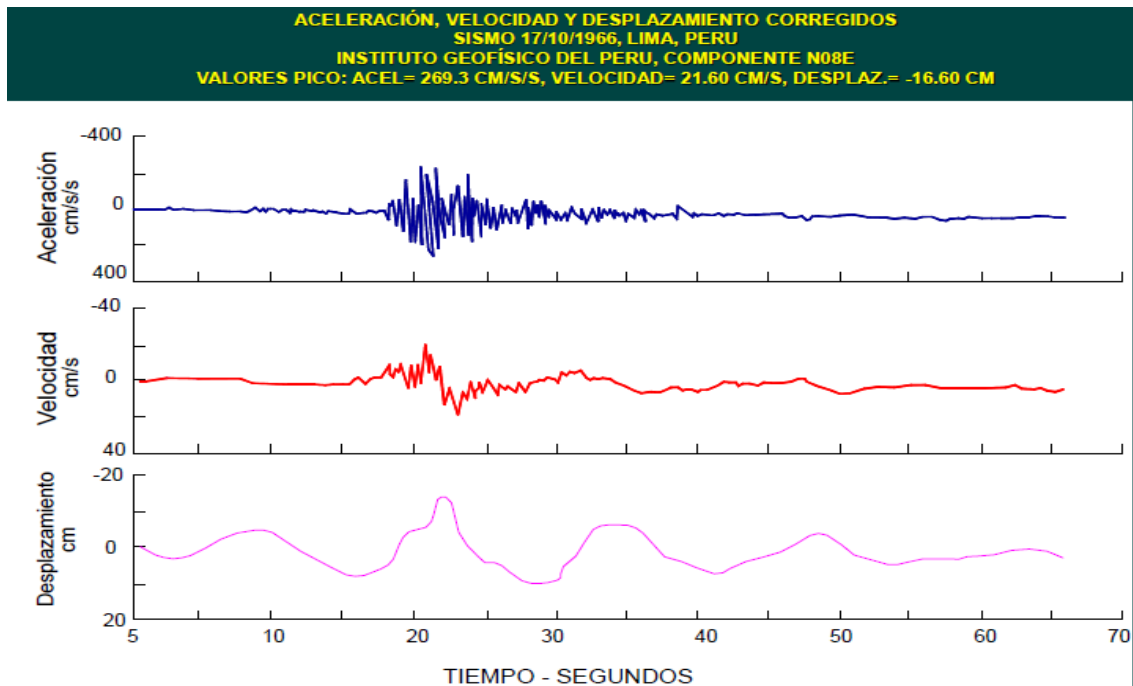


Figura 23: Aceleración y velocidad del sismo  
Fuente: IGP

### Desplazamientos admisibles para suelos granulares

Tabla 5: peso del muro de contención

	X	Y	W	PESO
<b>P1</b>	1.4	0.4	2.35	1.316
<b>P2</b>	0.2	1.6	2.35	0.376
<b>P3</b>	0.3	1.6	2.35	1.128
<b>P4</b>	0.2	1.6	2.35	0.376
				3.20

Fuente elaboración propia

Peso de la estructura (tipo 1)

$$W \text{ (peso)} = 3.20 \text{ ton}$$

### Aceleración crítica

$$a_y = \left[ \tan \phi_b - \frac{P_{AE} \cos(\delta + \theta) - P_{AE} \sin(\delta + \theta)}{W} \right] g$$

- $\delta = 14.84^\circ$
- $\theta = 7.13^\circ$
- $\phi_b = 29.68^\circ$

$$a_y = 0.22 \text{ g}$$

### Método de Richards – Elms

- $a_{\max} = \text{PGA}$
- $V_{\max} = \text{PGV}$

$$d_{\text{perm}} = 0.087 \frac{v_{\max}^2 a_{\max}^3}{a_y^4}$$

$$d_{\text{perm}} = 0.37 \text{ cm}$$

### Método de Whitman – Liao

$$\bar{d}_{\text{perm}} = \frac{37v_{\max}^2}{a_{\max}} \exp\left(\frac{-9.4a_y}{a_{\max}}\right)$$

$$d_{\text{perm}} = 0.03 \text{ cm}$$

## Desplazamientos admisibles para suelos cohesivos

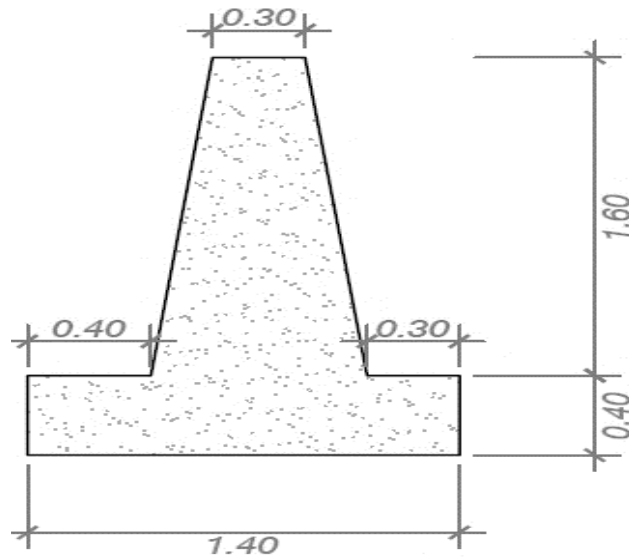


Figura 24: Peso de la estructura

Fuente: Elaboración propia

Peso  $W = 3.20$  ton

### Aceleración crítica

$$a_y = 0.18g$$

### Método de Richards – Elms

$$d_{perm} = 0.49 \text{ cm}$$

### Método de Whitman – Liao

$$d_{perm} = 0.13 \text{ cm}$$

Los desplazamientos máximos de las estructuras de contención, tanto como muros y estribos de puentes, según el manual de diseño de puentes del MTC, sostiene que el desplazamiento se dará mediante:

$$d_{max} = (254A)mm$$

$A$ =aceleración máxima del terremoto

Tabla 6: Desplazamientos

Suelo	Richards - Elms	Whitman - Liao	Desplazamiento máximo	
Granular	0.37	0.03	6.86 cm	ok
Cohesivo	0.49	0.13	6.86 cm	ok

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Modelo numérico

En la realización de este trabajo se ha empleado el programa Plaxis 2D v.8.6, (Método de Elementos finitos), para investigar el comportamiento dinámico de un muro de contención sometido a cargas dinámicas.

#### Modelación por elementos finitos

En la presente investigación se llegó a efectuar dos tipos de elementos finitos para simbolizar los materiales utilizados. (Muro y suelo)

Para la configuración tanto del muro como de los suelos, se empleó el elemento triangular de 6 nodos, ya que este elemento tiene 2 grados de libertad las cuales corresponden a los desplazamientos según los ejes de las coordenadas.

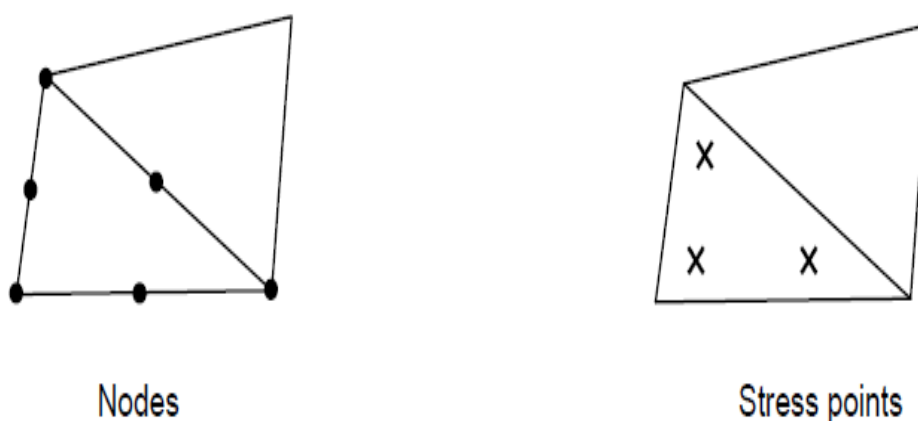


Figura 25: Nudos y puntos de tensión

Fuente: Manual del Plaxis

Por otro lado, los elementos de interfaz permiten relevar el comportamiento físico de dos cuerpos que inicialmente se encuentran en fricción, pero pueden llegar a deslizarse o separarse uno del otro. Permiten la simulación de la interacción suelo – estructura.

### 3.5 Características de los materiales

El muro está compuesto por un material homogéneo, isotrópico y linealmente elástico. De la misma manera los suelos están representados mecánicamente a través del modelo elastoplásticos de Mohr – Coulomb.

Tabla 7: Características de los materiales

MATERIAL	S. GRANULAR	S. COHESIVO	MURO
E(KPa)	30000	10000	213*10 <sup>5</sup>
$\nu$	0.3	0.2	0.15
$\psi$	0	0	0
$\phi$	31.54	29.68	0
C (KPa)	0	2	0
$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	21.48	18.53	23.05
$\gamma_{seco}$ (KN/m <sup>3</sup> )	16.48	14.61	-

Fuente: Elaboración propia

### Geometría por elementos finitos

Se llegó a optar por esta geometría para el análisis dinámico, siguiendo las sugerencias planteadas por el manual de Plaxis.



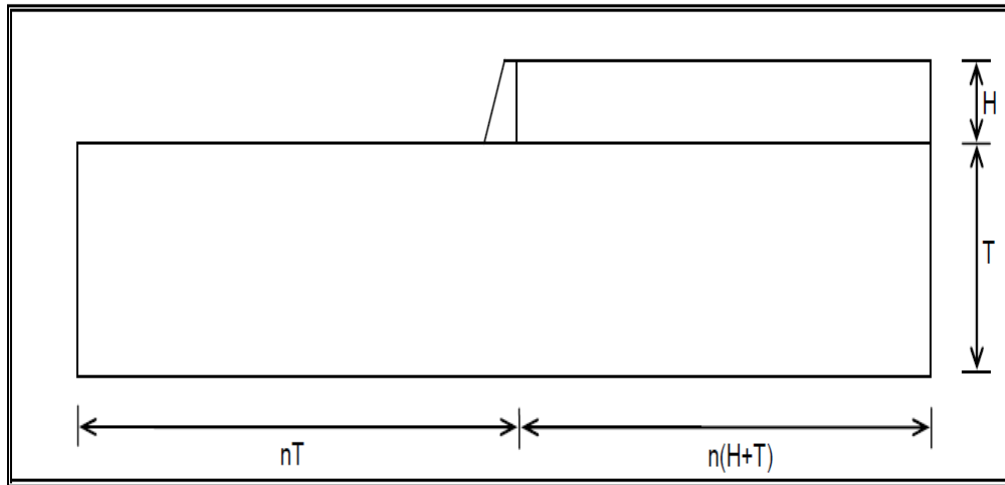


Figura 26: Geometría del muro

Figura N° 27: Geometría del muro tipo

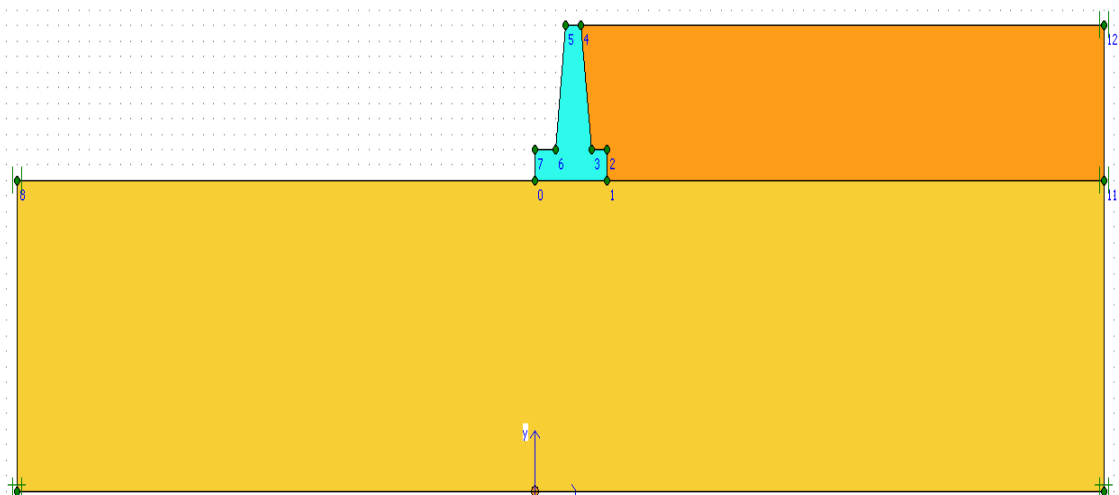


Figura 27: Geometría del muro con relleno granular

Fuente: Elaboración propia

Si la estructura está sometida a cargas dinámicas en la modelización, la estructura se incluye como terreno. Para solucionar este problema se usa contornos o bordes.

### Creación de fijaciones estándares

Se aplican esta disposición crear un desplazamiento nulo. Tanto en el los ejes  $x$  y  $y$

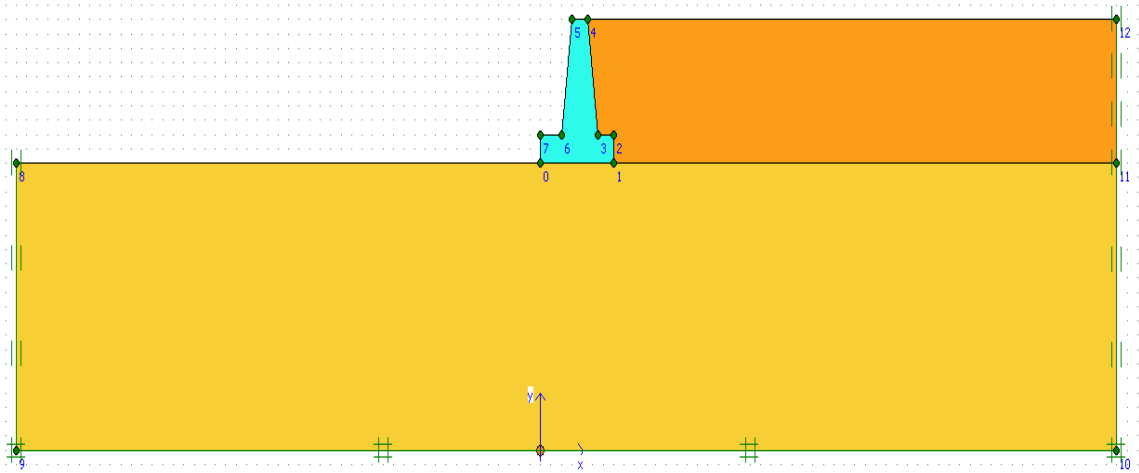


Figura 28: Fijaciones estándares

Fuente: Elaboración propia.

Para modelización se usa el registro sísmico del terremoto 1966, ya que el tipo estudiado es igual al epicentro del lugar

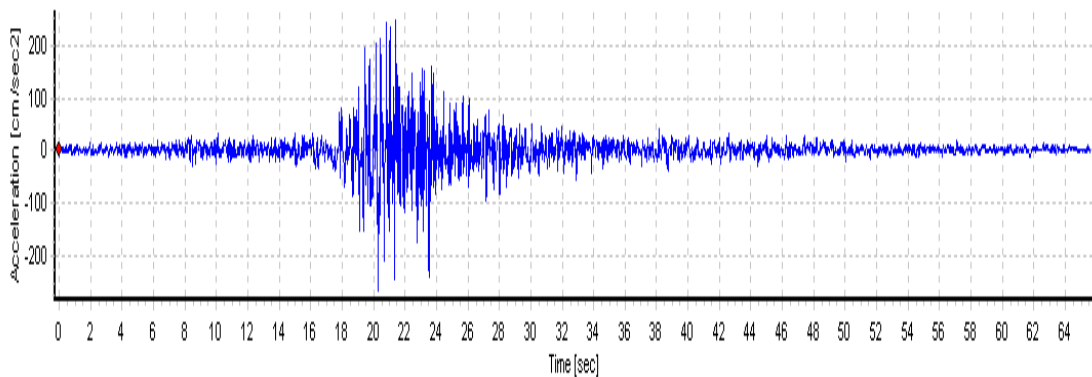


Figura 29: registro del terremoto de 1966

Fuente: Elaboración propia.

Para que la estructura no refleje la energía transmitida, de nuevo hacia la sección seccionada. Se tiene que corregir esto poniendo bordes de transmisión

### Propagación de ondas

En este trabajo de investigación, se considera las recomendaciones sugeridas por kuhlemer (1973), quien manifiesta que para evitar problemas numéricos durante el fenómeno de propagación de ondas, la cual influye en la dimensión máxima de la malla de elementos finitos, para ello debe cumplir:

$$l_{\max} = \lambda/5$$

Se tiene que  $\lambda = V_S/f_{\max}$ , donde  $V_S$ , es la propagación de ondas de corte y  $f_{\max}$  es la frecuencia máxima. Para este caso, se llega a considerar  $f_{\max} = 10 \text{ hz}$ .

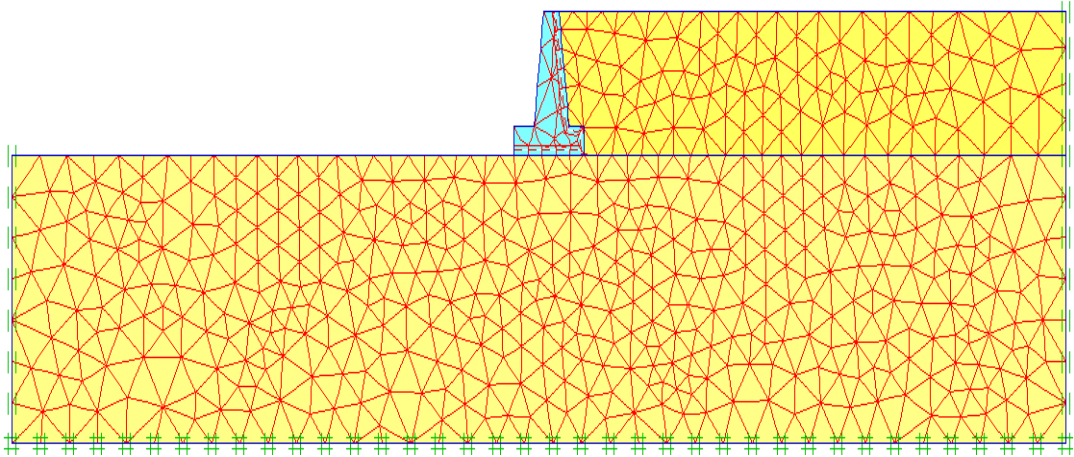


Figura 30: Malla de utilizada en el análisis

Fuente: Elaboración propia

### Puntos de evaluación

Se coloca puntos de evaluación tanto en la corona como en la base del muro. Para determinar los desplazamientos en estos puntos.

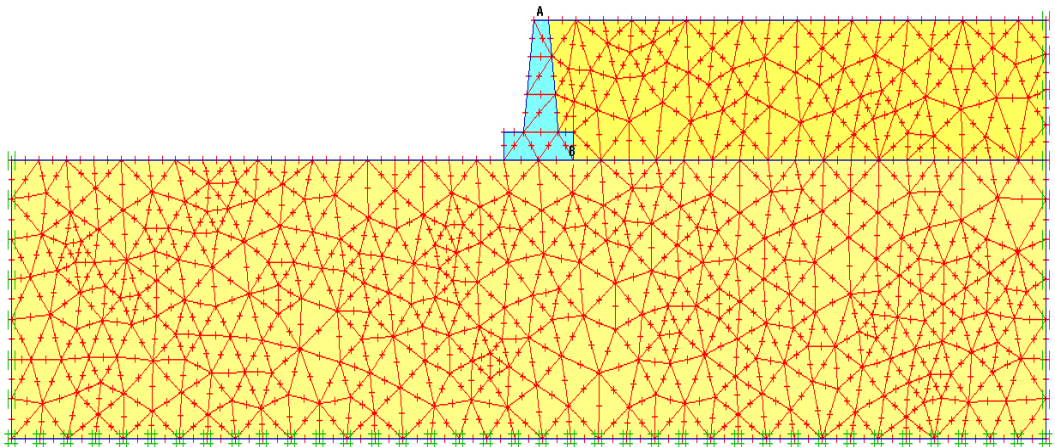


Figura 31: Puntos de evaluación

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos del análisis numérico por medio del método de elementos finitos, realizado por el programa Plaxis. Muestran tanto el desplazamiento del muro para el sismo considerado.

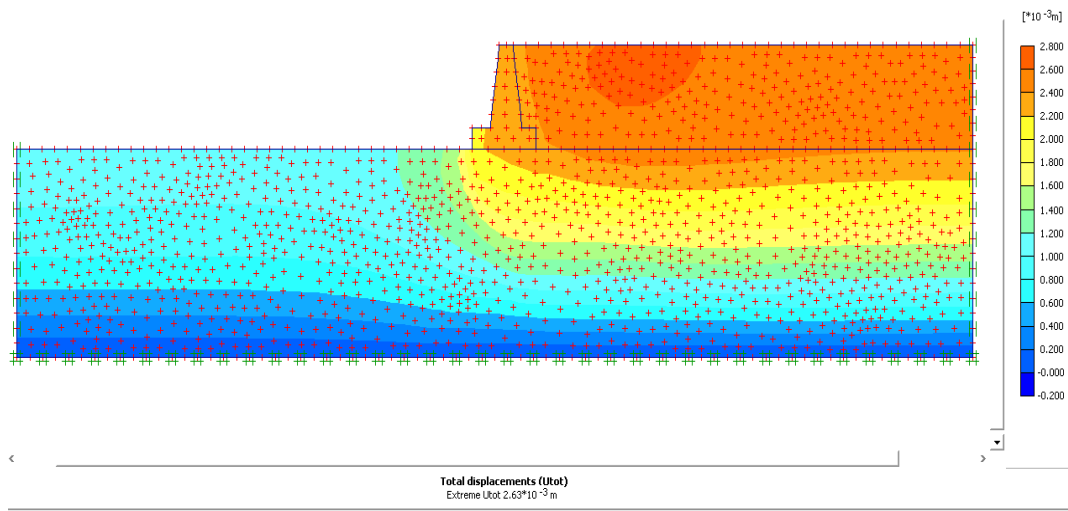


Figura 32: desplazamientos máximos

Fuente: Elaboración propia

Desplazamiento en corona: 2.8 mm

Desplazamiento en la base: 2.2 mm

Tabla 8: desplazamiento de la corona



Fuente: Elaboración propia

## Análisis numérico para relleno cohesivo

Características del muro con relleno cohesivo y condiciones de contorno de estándares fijos (anulando los desplazamientos).

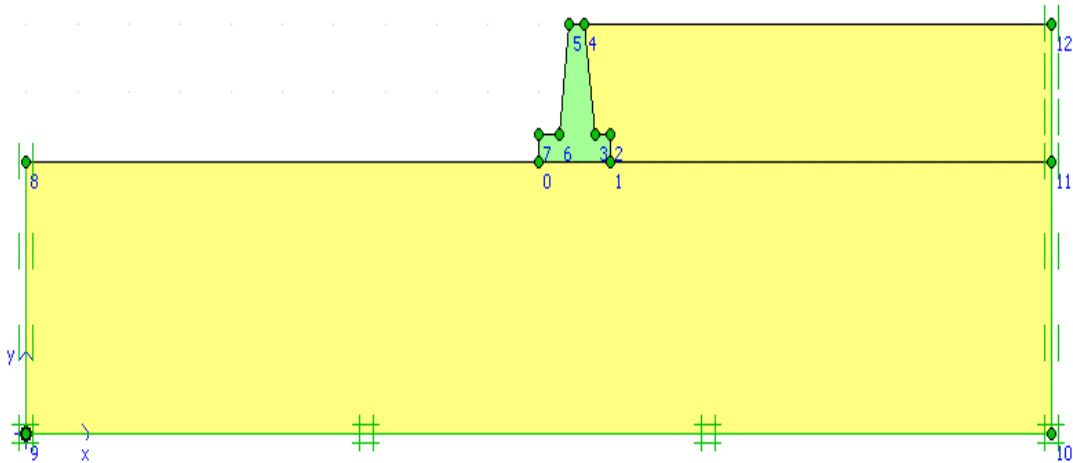


Figura 33: geometría de muro con relleno cohesivo

Fuente: Elaboración propia

## Propagación con de ondas

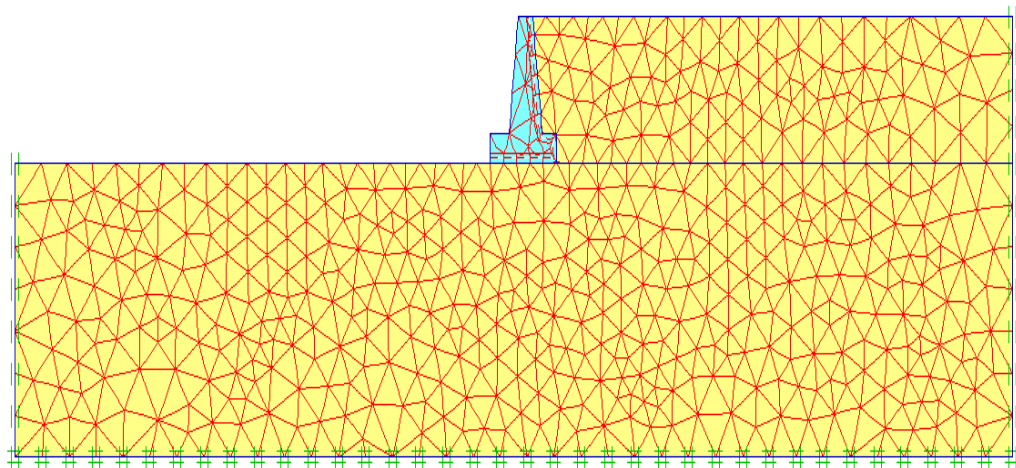


Figura 34: Malla

Fuente: Elaboración propia

Determinación de Puntos de evaluación, para determinar los máximos desplazamientos tanto en la corona con en la base.

Desplazamiento máximo del muro con relleno cohesivo, bajo solicitaciones sísmicas.

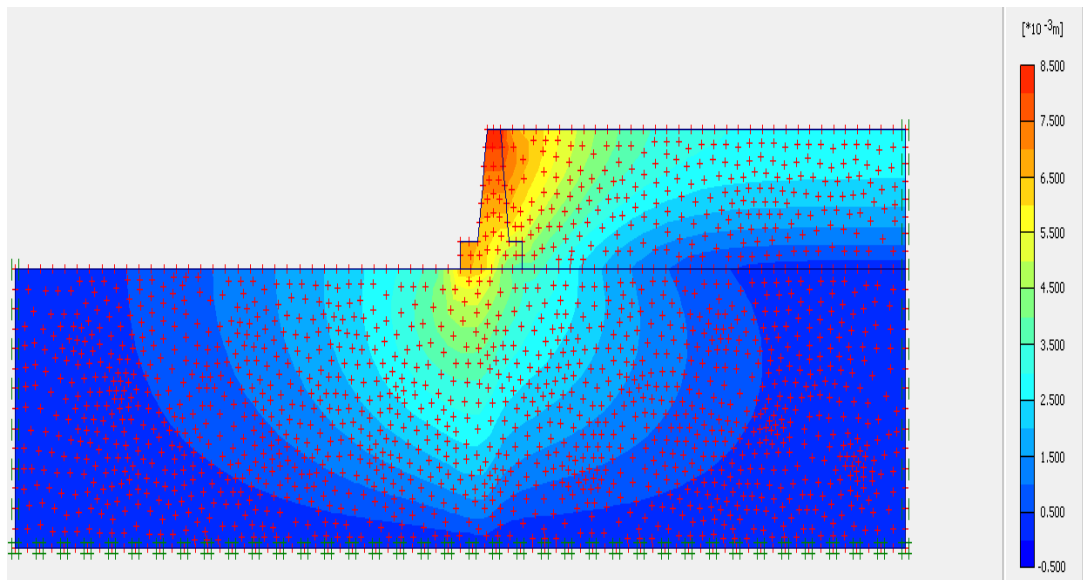


Figura 35: Desplazamientos máximos

Fuente: Elaboración propia

Desplazamiento en corona: 8.5 mm

Desplazamiento en la base: 5.5 mm

Giro del muro

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\chi_C - \chi_B}{H}\right)$$

Tabla 9: Giro total del muro

Suelo	Giro
Granular	0.29 rad
Cohesivo	0.98 rad

Fuente: Elaboración Propia

#### **IV. Discusión**

A partir de los resultados conseguidos en el desplazamiento del relleno cohesivo (2.8mm), manifestamos que guardan relación con lo que sostiene Tiznado (2010), que la respuesta dinámica del muro, como la deformabilidad del relleno tienen una importante dominancia en los resultados, ya que estos modifican de manera significativa el patrón de aceleraciones, aumentando así desplazamientos.

También comparto la idea de Arias (2015), la cual afirma que los diseños derivados de la metodología de Newmark, constituyen un mecanismo muy sencillo para afrontar problemas de comportamiento estructural de contención durante una sollicitación sísmica.

En el uso de relleno granular, dio un desplazamiento máximo de 0.003 m, mientras que en el caso de Ballón y Echenique (2017), se obtuvo un desplazamiento de 0.01m. La cual indica que el muro analizado por Ballón y Echenique tiene mayor desplazamiento.

Concuerdo con lo sustentado por De los ríos (2008), que el diseño de estructuras de contención a gravedad necesitan una transformación o mejora, ya que últimamente estudios realizados, han revelado que hay importantes efectos de interacción suelo-estructura, que no son tomados en cuenta en los procesos de diseño convencionales.



## **V. CONCLUSIONES**

1. Se elaboró un diseño sísmico mediante el análisis ya mencionado, por lo cual se llega a comprender que los métodos basados en la familia de Newmark (métodos deslizantes), no consideran los efectos de rotación del muro. Las cuales solo consideran la falla por deslizamiento en la base. Por ende no estiman un correcto comportamiento de la estructura.
2. De los resultados obtenidos, en los desplazamientos de los muros, se ve que para mayores efectos de sismos, se requiere aumentar las características del muro tanto en la geometría como en las propiedades.
3. De acuerdo a mis resultados obtenidos, se llega a considerar que el muro con relleno granular (GP) presenta un mejor comportamiento ante sollicitaciones sísmicas, ya que se desplaza (2.8 mm) y tiene un giro de (0.29 rad), la cual se encuentra dentro de lo permitido por el manual de puentes. Por otra parte, se llega a observar que el tipo de relleno influye directamente en el comportamiento de la estructura, como se logra apreciar para el relleno cohesivo, en donde se desplaza 8.5mm. La cual la hace muy inestable ante sollicitaciones sísmicas.
4. Finalmente se observó que existen numerosas metodologías para estimar el comportamiento estructural de un muro, las cuales dependen generalmente del tipo de suelo fundación y del relleno, por este motivo se aplicó un análisis numérico basado en el método de elementos finitos, las cuales estiman de mejor manera el comportamiento.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Es recomendable estudiar a la estructura con distintos tipos de cargas (presencia de agua, cargas puntuales), para adquirir una mejor comprensión del comportamiento de la estructura.
- Se recomienda usar otra tipología de muros de contención (voladizo y contrafuertes). Para desniveles más altos y a minorar los gastos.
- Incluir en el análisis otro tipo de cargas dinámicas, aparte de terremotos, tales como tráfico y oleajes con el fin de analizar el comportamiento estructural del muro.
- Para investigaciones futuras de requiere considerar métodos basados en ondas elásticas y elastoplásticas, para la obtención de resultados más precisos.

## **VII. REFERENCIAS**

- BARROS, José. Muros de contención [en línea]. Barcelona: CEAC, 2005 [fecha de consulta: 20 de mayo del 2017].  
Disponible en:  
<https://books.google.com.pe/books?id=2lc9oxNsTx8C&printsec=frontcover&dq=jose+barros&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjY8ariuDUAhWBaSYKHfKqA40Q6AEITAA#v=onepage&q&f=false>
- Bavaresco, Aura. Proceso Metodológico en la Investigación [en línea]. Maracaibo: La Universidad del Zulia, 2006  
Disponible en:  
<https://www.uma.edu.ve/admini/ckfinder/userfiles/files/FCE/5to/Ciencias%20Pedagogicas/Metodologia%20de%20la%20Investigacion.pdf>.
- Braja, Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica [en línea]. California: 2001 [fecha de consulta: 25 abril 2017]  
Disponible en:  
<https://es.slideshare.net/ralvmrz/fundamentos-de-ingeniera-geotcnica-braja-m-das>
- Crespo, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones [en línea]. Monterrey: LIMUSA, 2004 [fecha de consulta: 1 junio 2017]  
Disponible en:  
<https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>
- MORALES Morales, Roberto. Diseño en concreto armado [en línea]. Lima: ICG, 2006 [fecha de consulta: 25 de abril del 2017]  
Disponible en:  
<https://es.slideshare.net/agemiler/diseo-en-concreto-armado-ing-robertomoraless-morales>

- Palella y Martins (2010). Metodología de la Investigación Cuantitativa. Tercera Edición. Caracas - Venezuela: FEDUPEL.

- Gonzales Cueva, Oscar. Análisis estructural [en línea]. Mexico: LIMUSA, 2003, [fecha de consulta: 28 de abril del 2017]

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=0Ztw0QywAoC&pg=PP2&dq=cueva+analisis+estructural&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjOksrYxO7UAhVlKiYKHcBTBBkQ6AEIITAA#v=onepage&q=cueva%20analisis%20estructural&f=false>

- VARGAS, Rubén .Análisis de la influencia de la variabilidad de los parámetros geotécnicos en el diseño geotécnico de muros de contención, utilizando el método Monte Carlo. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Lima .pontificia universidad católica del peru.2013. [Consulta: 30 de abril del2017].

Disponible en:

[https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi1tdv2nHUAhXFWj4KHxWOCTwQFgggMAA&url=http%3A%2F%2Ftesis.pucp.edu.pe%2Frepositorio%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F4995%2FVARGAS\\_RUBEN\\_ANALISIS\\_VARIABILIDAD\\_PARAMETROS\\_GEOTECNICOS\\_MUROS\\_CONTENCION\\_METODO\\_MONTE\\_CARLO.pdf%3Fsequence%3D1&usq=AFQjCNFom1sK-JTAWPhCZjaysflcc0B8Xw](https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi1tdv2nHUAhXFWj4KHxWOCTwQFgggMAA&url=http%3A%2F%2Ftesis.pucp.edu.pe%2Frepositorio%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F4995%2FVARGAS_RUBEN_ANALISIS_VARIABILIDAD_PARAMETROS_GEOTECNICOS_MUROS_CONTENCION_METODO_MONTE_CARLO.pdf%3Fsequence%3D1&usq=AFQjCNFom1sK-JTAWPhCZjaysflcc0B8Xw)

- Espinoza, J. Comparación de dos sistemas de retención de tierras en zona de lomas. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. México. Universidad Nacional Autónoma de México.2014. [Consulta: 20 de abril del2017].

Disponible en:

<http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/4214>

## **VIII. ANEXOS**



## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO: COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN MURO DE CONTENCIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DE DESLIZAMIENTOS ADMISIBLES EN EL AA.HH HIJOS DE HUAYCAN, HUAYCAN 2018**

**AUTOR: OSMAN ALEX CARBAJAL ROMERO**

PROBLEMA GENERAL	OBJETICO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál será el comportamiento estructural de un muro de contención mediante el método de deslizamientos admisibles?	Verificar el comportamiento estructural de un muro de contención mediante los métodos deslizamientos admisibles	El método de deslizamientos admisibles proporciona un comportamiento estructural del muros de contención	Comportamiento estructural	rigidez dimensionamiento carga muertas - vivas	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Tipo aplicativo <b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> No – experimental <b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</b> Cuantitativo <b>POBLACIÓN:</b> Está determinada por 5 muros ya construidos <b>MUESTRA:</b> Está determinada por 2 muro ya construido en el AA - HH hijos de huaycan <b>TÉCNICA</b> Método Mononobe - Okabe y ensayos de suelos <b>INSTRUMENTOS:</b> Plaxis - Normas técnicas peruanas -
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETICOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	
¿Cuáles son las características del muro de contención para determinar el comportamiento estructural?	Determinar las características óptimas del muro de contención	Las características del muro de contención influyen el comportamiento estructural.		PGA	
¿De qué manera el tipo de suelo influye el comportamiento estructural de muros de contención?	Verificar el comportamiento estructural de acuerdo al tipo de suelo.	El tipo de suelo influye en el comportamiento estructural de muros de contención	Método Deslizamientos admisibles	PGV	
¿Qué metodologías existen para evaluar el comportamiento estructural de un muro de contención?	Conocer metodologías existentes para estimar el comportamiento estructural de muros de contención	Las metodologías contribuyen a estimar mejor el comportamiento estructural de muros contención			