



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CALCULO DE COHESIÓN, PESO ESPECIFICOS, DESPLANTES,  
FACTORES DE CARGA DE SUELOS Y ÁNGULOS DE FRICCIÓN  
INTERNA EN SUELOS COLUVIALES.

URDIALES FAJARDO FABRICIO WLADIMIR  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CALCULO DE COHESIÓN, PESO ESPECIFICOS, DESPLANTES,  
FACTORES DE CARGA DE SUELOS Y ÁNGULOS DE FRICCIÓN  
INTERNA EN SUELOS COLUVIALES.

URDIALES FAJARDO FABRICIO WLADIMIR  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

CALCULO DE COHESIÓN, PESO ESPECIFICOS, DESPLANTES, FACTORES DE CARGA DE SUELOS Y ÁNGULOS DE FRICCIÓN INTERNA EN SUELOS COLUVIALES.

URDIALES FAJARDO FABRICIO WLADIMIR  
INGENIERO CIVIL

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

MACHALA, 01 DE MARZO DE 2023

MACHALA  
01 de marzo de 2023

# FABRICIO WLADIMIR INDALES FAJARDO

*por* Fabricio Wladimir Undales Fajardo

---

**Fecha de entrega:** 22-feb-2023 12:59p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2020575021

**Nombre del archivo:** FABRICIO\_WLADIMIR\_FAJARDO.docx (45.66K)

**Total de palabras:** 1880

**Total de caracteres:** 9664

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, URDIALES FAJARDO FABRICIO WLADIMIR, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado CALCULO DE COHESIÓN, PESO ESPECIFICOS, DESPLANTES, FACTORES DE CARGA DE SUELOS Y ÁNGULOS DE FRICCIÓN INTERNA EN SUELOS COLUVIALES., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 01 de marzo de 2023

  
URDIALES FAJARDO FABRICIO WLADIMIR  
0705974160

# FABRICIO WLADIMIR URDIALES FAJARDO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.utmachala.edu.ec](https://repositorio.utmachala.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

2

[vsip.info](https://vsip.info)

Fuente de Internet

1%

3

[www.coursehero.com](https://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

1%

4

[repositorio.upla.edu.pe](https://repositorio.upla.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

5

[de.slideshare.net](https://de.slideshare.net)

Fuente de Internet

1%

6

[tdx.cat](https://tdx.cat)

Fuente de Internet

1%

7

[www.dspace.uce.edu.ec](https://www.dspace.uce.edu.ec)

Fuente de Internet

<1%

8

[civilgeeks.com](https://civilgeeks.com)

Fuente de Internet

<1%

9

[ementoring.suttontrust.com](https://ementoring.suttontrust.com)

Fuente de Internet

<1%

10

## Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1%

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es dedicado en primer lugar al creador de todo, por brindarme salud y fortaleza y sabiduría todos los días de estudio a lo largo de mi formación profesional. A mis padres Fanny Fajardo y Luis Urdiales que son mi sustento diario y han estado a mi lado día a día dando apoyo económico y emocional necesario, familiares y amigos que siempre estuvieron ahí brindando pequeñas ayudas que al final sumaron y fueron de gran ayuda para alcanzar la meta propuesta, que ya estoy por culminar y así ser un gran profesional y traer un aporte positivo para la sociedad.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, doy gracias a Dios, el creador de todo, por poner personas en mi vida que se encargaron de guiarme por el buen camino y así alcanzar mis objetivos y metas en mi formación como profesional, agradezco a mis padres por brindarme el apoyo desde el primer día, ellos que fueron mi impulso para superarme y esforzarme cada día un poco más.

Al resto de mi familia y amigos que han ayudado mediante consejos que puse en práctica y sumaron de manera positiva en mi formación y por último a mis profesores que fueron los que me nutrieron con sus conocimientos y experiencia adquirida en su vida de docencia, para estar preparado en mi vida laboral.

## RESUMEN

En el presente trabajo se describe paso a paso el cálculo de los siguientes datos (cohesión, pesos específicos, desplantes, factores de carga de suelos, ángulos de fricción interna, carga ultima según Terzaghi)

Las muestras fueron extraídas con los tubos de pared delgada o tubos shelby en las faldas de un terreno montañoso en la carretera Buenavista – Vega Rivera que es suelo coluvial, que cuenta con varias capas de materiales con distintos tamaños, las muestra se extrajeron a 1.50 m. de profundidad debido a normas del Municipio de Pasaje.

Estos estudios de suelo fueron realizados en los predios de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Técnica de Machala, haciendo uso de su laboratorio de suelos, con el mayor cuidado posible para evitar alteraciones en la muestra, para así realizar los ensayos correspondientes con el fin de obtener los datos requeridos y contar con un buen análisis de la zona de extracción para poder cumplir con los requerimientos mínimos en futuras construcciones civiles y evitar fallas en la estructura edificada.

**Palabras clave:** Tubos de pared delgada, coluvial, cohesión, desplantes.

## **ABSTRACT**

In the present work the calculation of the following data is described step by step (cohesion, specific weight, luges, soil load factors, internal friction angles, ultimate load according to Terzaghi)

The samples were extracted with thin-walled tubes or shelby tubes on the slopes of a mountainous terrain on the Buenavista - Vega Rivera highway, which is colluvial soil, which has several layers of materials with different sizes, the samples were extracted at 1.50 m . deep due to regulations of the Municipality of Pasaje.

These soil studies were carried out on the premises of the Faculty of Civil Engineering of the Technical University of Machala, making use of its soil laboratory, with the greatest possible care to avoid alterations in the sample, in order to carry out the corresponding tests with the In order to obtain the required data and have a good analysis of the extraction area in order to meet the minimum requirements in future civil constructions and avoid failures in the built structure.

**Keywords:** Thin-walled tubes, colluvial, cohesion, implants.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	I
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	II
<b>RESUMEN</b> .....	III
<b>ABSTRACT</b> .....	IV
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>1.1. Definición y contextualización del objeto de estudio</b> .....	8
<b>1.2. Objetivos:</b> .....	8
<b>1.2.1. Objetivo general:</b> .....	8
<b>1.2.2. Objetivos específicos:</b> .....	8
<b>1.3. Ubicación</b> .....	9
<b>2. DESARROLLO</b> .....	10
<b>2.1. Fundamentación Teórica</b> .....	10
<b>2.1.1. Mecánica de suelos</b> .....	10
<b>2.1.2. Suelos Coluviales</b> .....	10
<b>2.1.3. Cohesión</b> .....	10
<b>2.1.4. Peso específico del suelo</b> .....	10
<b>2.1.5. Angulo de fricción interna</b> .....	11
<b>2.1.6. Factores de carga</b> .....	11
<b>2.1.7. Cimentación</b> .....	12
<b>2.1.8. Clasificación de cimentaciones</b> .....	12
<b>2.1.9. Cimentación Superficial</b> .....	13
<b>2.1.10. Cimentación Profunda</b> .....	13
<b>2.2. Ensayos de laboratorio</b> .....	14
<b>2.3. Resultados</b> .....	22
<b>3. CONCLUSIONES</b> .....	23
<b>4. RECOMENDACIONES</b> .....	24
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	25

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Ubicación del proyecto .....	9
<b>Ilustración 2.</b> Ubicación del proyecto .....	9
<b>Ilustración 3.</b> Factores de Capacidad de Carga Terzaghi .....	12
<b>Ilustración 4.</b> Distribución de tensión transmitida al terreno .....	13
<b>Ilustración 5.</b> Distribución de tensión transmitida al terreno .....	14
<b>Ilustración 6.</b> Muestra extraída por el torno de tallado .....	14
<b>Ilustración 7.</b> Tallado a mano del suelo.....	15
<b>Ilustración 8.</b> Muestra colocada en la maquina de compresión simple .....	15
<b>Ilustración 9.</b> Muestra colocada en la maquina de compresión simple .....	16
<b>Ilustración 10.</b> Muestra colocada en la maquina de compresión simple .....	16
<b>Ilustración 11.</b> Muestra pesada para calculo de % de humedad.....	17
<b>Ilustración 12.</b> Muestra colocada en horno, para retirar después de 24 horas.....	17
<b>Ilustración 13.</b> Datos obtenidos del ensayo de compresión simple.....	18
<b>Ilustración 14.</b> Deformación Unitaria calculada .....	18
<b>Ilustración 15.</b> Área corregida .....	19
<b>Ilustración 16.</b> Esfuerzos por compresión simple .....	19
<b>Ilustración 17.</b> Catetos de la muestra .....	20
<b>Ilustración 18.</b> Grafica Esfuerzo - Deformación .....	21
Ilustración 19. Fachada domicilio de 3 plantas.....	27
Ilustración 20. Plano en planta.....	27
<b>Ilustración 21.</b> Hoja de Cálculo (Ensayo Compresión Simple) .....	29
<b>Ilustración 22.</b> Hoja de Cálculo (Capacidad de carga).....	30
<b>Ilustración 23.</b> Área de Sustentación.....	32
<b>Ilustración 24.</b> Dimensiones d/2.....	33
<b>Ilustración 25.</b> Gráfico de zapata diseñada.....	36
<b>Ilustración 26.</b> Varillado de zapata, vista en planta.....	36

## 1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil, es una de las carreras con gran impacto en la sociedad, debido a que estos cumplen sinnúmero de papeles a lo largo de su vida profesional, para esto tiene que adquirir conocimientos sobre cálculo, resistencia de materiales, hidrología, mecánica de suelos entre otros, es de gran importancia contar con una formación de liderazgo en su trayectoria como estudiante, con todos estos aspectos entre otros estaría listo para solucionar problemas con restricciones económicas, sociales y técnicas. [1]

En la actualidad el estudio de suelo es un requerimiento muy importante antes de proceder a la edificación, gracias a estos estudios se tiene conocimientos de las características del suelo tanto físicas, químicas y mecánicas del lugar de construcción, en el mayor de los casos los terrenos no son adecuados para la ejecución del proyecto debido a que los terrenos no cuentan con la capacidad de soportar las cargas de la estructura. [2]

Según los datos obtenidos en los estudios de laboratorio de muestras extraídas en el terreno escogido, se adaptará un diseño de una cimentación o base, que forma parte de la estructura y es la encargada de conectarla al suelo y transferir las cargas de dicha edificación con el suelo, existen 2 clasificaciones de cimentación, se diseñara un tipo de cimentaciones superficial, que cuenta con la capacidad de soportar la carga de una estructura de 3 plantas. [3]

## **1.1. Definición y contextualización del objeto de estudio**

La finalidad de realizar los ensayos en el laboratorio de suelos, con la muestra extraída en la carretera Buenavista – Vega Rivera es para obtener conocimiento de las características presentes en el terreno, y poder contar con estos datos para realizar futuros diseños de cimentaciones que cumplan con la respectiva normativa, y no tener problemas a la hora de la ejecución del proyecto.

## **1.2. Objetivos:**

### **1.2.1. Objetivo general:**

Realizar el cálculo de cohesión, peso específico, desplantes, factores de carga de suelos y ángulos de fricción interna de las muestras extraídas en la carretera Buena vista – Vega Rivera, mediante ensayos de laboratorio.

### **1.2.2. Objetivos específicos:**

- Extraer la muestra de suelo de la carretera Buena vista – Vega Rivera para el análisis de laboratorio.
- Calcular la cohesión, peso específico, desplantes, factores de carga y ángulo de fricción interna, mediante ensayo de compresión simple.
- Calcular la carga última del suelo, para definir si contamos con un terreno óptimo para una edificación.

### 1.3. Ubicación

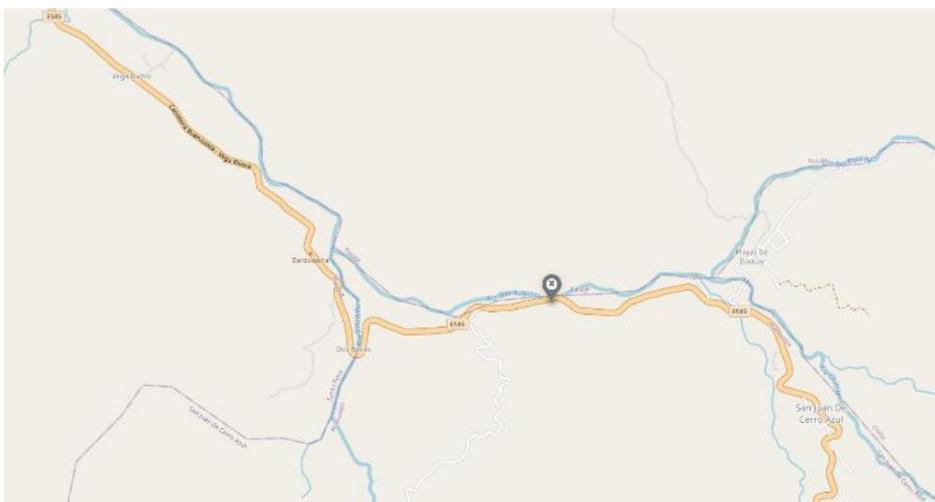
El lugar escogido para la extracción de la muestra está situado en la carretera Buenavista – Vega Rivera, para mayor exactitud en las siguientes coordenadas.

LATITUD	LONGITUD
9616824.00 m. S	638913.00 m. E



*Ilustración 1. Ubicación del proyecto*

Fuente: Google Earth



*Ilustración 2. Ubicación del proyecto*

Fuente: Sistema Integral de Gestión de Riego y Drenaje

## **2. DESARROLLO**

### **2.1. Fundamentación Teórica**

#### **2.1.1. Mecánica de suelos**

La mecánica de suelo es un campo de la ingeniería civil muy utilizado, debido que por medio de esta se puede realizar el estudio de las cargas que ejercen fuerzas sobre el suelo, y cómo se comporta este después de ser sometido a estas cargas.

Antes de realizar una construcción de cualquier obra civil, es de vital importancia realizar el estudio de suelo, para obtener las características de él, y proceder con el respectivo mejoramiento si es lo necesario, cumpliendo con la normativa del lugar seleccionado. [4]

#### **2.1.2. Suelos Coluviales**

Este tipo de suelo se forma por lo general en las laderas de las montañas, debido a la gravedad existente, y otros factores como son los fuertes vientos y lluvias de la zona, se suelen crear desprendimientos y juntos a partículas pequeñas ya sean de limo, arcillas y arenas, todo esto viene acumularse en las zonas medias o faldas de las montañas. [5]

#### **2.1.3. Cohesión**

La cohesión es una propiedad que se encuentra presente en los suelos que provee una resistencia al cambio de forma, esto se produce debido a la una fuerza de atracción mutua creadas por mecanismos internos de los suelos tanto físicos como químicos y esto provoca que se adhieran las partículas, por medio de la cohesión y el ángulo de fricción interna podemos calcular la resistencia mecánica al esfuerzo de corte del suelo. [6]

#### **2.1.4. Peso específico del suelo**

El peso específico del suelo es la relación existente entre el peso de la muestra y el volumen de la misma, es de gran importancia este valor debido a que interviene de manera directa con la mayoría de cálculos en la rama de mecánica de suelos.

En ocasiones que se llega a obtener un valor bajo de peso específico, es debido a que el suelo cuenta con materia orgánica, o si no se podría asumir que el terreno tiene una alta porosidad. [7]

### **2.1.5. Angulo de fricción interna**

El ángulo de fricción interna es el dato más relevante a la hora de evaluar la resistencia al corte, que por medio de ellos podremos evaluar las capacidades portantes ya sean las últimas como las admisibles, este valor es el que indica el mayor ángulo de pendiente de un material granular. [8]

En nuestros ensayos calculamos el ángulo de fricción interno con la ayuda del calibrador vernier, por medio del ensayo de compresión simple.

### **2.1.6. Factores de carga**

#### **Metodología de Terzaghi**

Por medio de Karl Terzaghi en el año 1943 se pudo evaluar la capacidad de carga última en las cimentaciones superficiales ya que él nos presentó una teoría en unión de la mecánica del medio continuo con la mecánica de suelos.

Una de las características de esta teoría, es que por encima del desplante se desprecia su resistencia al esfuerzo cortante, debido a esto la fórmula se asume se produce un único efecto y debido a esto se puede presentar por una sobrecarga  $q = Y * D_f$  que esta actúa en el plano de la abscisa y.

Terzaghi propuso la siguiente fórmula para calcular la capacidad de carga última para un cimiento corrido y esta es muy usada en la actualidad. [9]

$$q_u = c N_c + D_f \gamma N_q + 0.5 B \gamma N_\gamma$$

$N_c N_q N_\gamma =$  Factores de capacidad de carga

$D_f =$  Profundidad de desplante.

$\gamma =$  Peso específico del suelo

$B =$  Ancho de la zapata

Los factores de carga extraemos de la siguiente tabla, este valor depende del ángulo de fricción interna de nuestro suelo. [10]

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.70	1.00	-	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	515.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1,072.80
25	25.13	12.72	8.34				

**Ilustración 3.** Factores de Capacidad de Carga Terzaghi

**Fuente:** Fundamentals of Geotechnical Engineering de Braja M. Das

### 2.1.7. Cimentación

La cimentación es parte de la estructura, se encuentra ubicada en la zona inferior, por debajo del suelo que se va realizar la edificación, es la encargada de transmitir las cargas generadas por la estructura hacia el suelo o roca donde se apoya, esta tiene que trabajar sobre bajo una carga y siempre mantener su estado en equilibrio, en palabras menos técnicas, evitar que se produzcan asentamientos o deformaciones. [11]

### 2.1.8. Clasificación de cimentaciones

Las cimentaciones se clasifican según su profundidad, estas son cimentaciones superficiales y cimentaciones profundas. [12]

$$\frac{D_f}{B} \leq 4 = \text{Cimentación Superficial}$$

$$\frac{D_f}{B} > 4 = \text{Cimentación Profunda}$$

Donde:

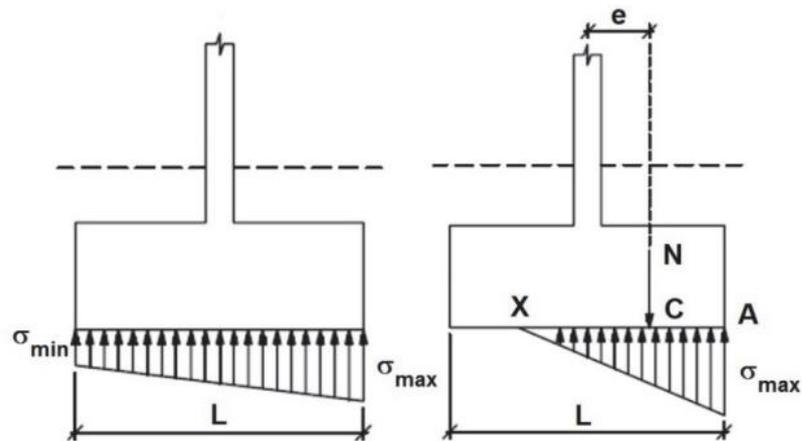
$D_f$  = Profundidad de Desplante

$B$  = Ancho de Cimentación

### 2.1.9. Cimentación Superficial

Estas son las cimentaciones más solicitadas en el mundo de la construcción, debido a que su precio es más económico y es más fácil su realización.

En este tipo de cimentación sus esfuerzos verticales y horizontales son transmitidos al suelo por medio de la base que está en contacto con el terreno, como todo tipo de cimentación no hay que sobrepasar la capacidad portante del suelo y las deformaciones no deben producir fallas en la estructura. [13]



*Ilustración 4. Distribución de tensión transmitida al terreno*

**Fuente:** Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención

### 2.1.10. Cimentación Profunda

Este tipo de cimentaciones se utilizan cuando tenemos una estructura grande, y una estructura superficial no va a cumplir con una capacidad de soporte debido a que sus cargas son muy altas, también se suelen realizar estas cimentaciones cuando se cuenta con un terreno relleno o una baja calidad de suelo.

En el presente trabajo práctico realizaremos el diseño de una zapata corrida que es un tipo de cimentación superficial. [14]

## 2.2. Ensayos de laboratorio

Para el cálculo de cohesión, pesos específico y ángulo de fricción interna, se realizó el ensayo de compresión simple, y se procedió de la siguiente forma.

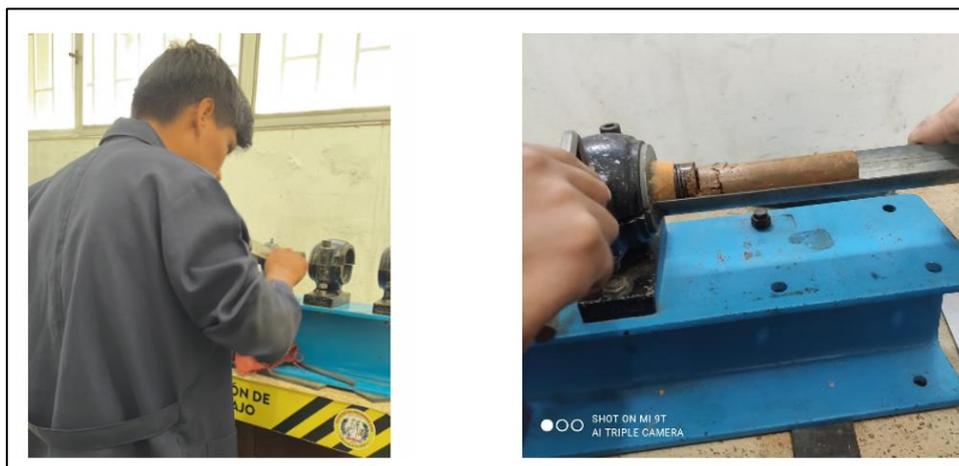
1. Extracción de las muestras inalteradas con los tubos Shelby a una profundidad aproximada de 1.50 m.



*Ilustración 5. Distribución de tensión transmitida al terreno*

**Fuente:** Propia

2. Una vez teniendo la muestra, las llevamos al laboratorio para extraerlas a presión de los tubos de pared delgada con la ayuda del torno de tallado.



*Ilustración 6. Muestra extraída por el torno de tallado*

**Fuente:** Propia

3. Después de la extracción de los tubos de pared delgada, se realiza el tallado la muestra, el cilindro con 3.7 cm. de diámetro tanto superior, inferior como medio, con una longitud de 7 cm, que cumple con la norma ya que la altura no tiene que ser mayor a 2.5 veces que su diámetro.



*Ilustración 7. Tallado a mano del suelo*

**Fuente:** Propia

4. Colocamos la muestra en la maquina de compresión simple, de manera firme para evitar obtener datos erróneos.



*Ilustración 8. Muestra colocada en la maquina de compresión simple*

**Fuente:** Propia

5. Se prosigue con la compresión de la muestra, con la ayuda de un celular móvil grabar para mayor facilidad de toma de datos (Tiempo, carga y lectura del micrómetro).



*Ilustración 9. Muestra colocada en la maquina de compresión simple*

**Fuente:** Propia

6. Se presencia la rotura por compresión, con la ayuda del calibrado se mide las longitudes del agrietamiento y mediante formula, obtenemos el ángulo de falla.



*Ilustración 10. Muestra colocada en la maquina de compresión simple*

**Fuente:** Propia

7. Pesamos la muestra comprimida.



*Ilustración 11. Muestra pesada para calculo de % de humedad*

**Fuente:** Propia

8. Colocamos en el horno el cilindro, para pesar 24 hora después para poder calcular el % de humedad del suelo.



*Ilustración 12. Muestra colocada en horno, para retirar después de 24 horas*

**Fuente:** Propia

Una vez realizado el ensayo de compresión simple se obtuvieron las siguientes cargas de la máquina.

4.28
4.52
5.16
5.40
5.96
6.74
8.18
9.04
10.38
11.12

*Ilustración 13. Datos obtenidos del ensayo de compresión simple*

**Fuente:** Propia

Con estas cargas, se calculó la deformación unitaria por medio de la siguiente fórmula.

$$D.U. = \frac{\text{Deformación} * 0.01}{H_m * 10}$$

0.00143
0.00286
0.00429
0.00571
0.00714
0.01071
0.01429
0.01786
0.02143
0.02500

*Ilustración 14. Deformación Unitaria calculada*

**Fuente:** Propia

Se calcula el Área corregida dividiendo el Área media para la deformación unitaria.

$$A. Corre. = \frac{Area\ media}{1 - D. U.}$$

10.767
10.783
10.798
10.814
10.829
10.869
10.908
10.948
10.988
11.028

**Ilustración 15.** Área corregida

**Fuente:** Propia

### **Cohesión**

Para calcular la cohesión, necesitamos tener el esfuerzo, y este se calcula dividiendo la carga para el área corregida, el mayor esfuerzo (1.017) se divide para 2 y obtenemos la cohesión de muestra de suelo.

0.397
0.419
0.478
0.499
0.550
0.620
0.750
0.826
0.945
1.017

**Ilustración 16.** Esfuerzos por compresión simple

**Fuente:** Propia

$$Cohesión = \left( \frac{1.017}{2} \right) = 0.50871 \text{ KgF/cm}^2$$

### Peso específico

Obtenemos el peso específico dividiendo el peso seco para el volumen de la muestra.

$$\gamma = \frac{149.64}{75.265} = 1.9881 \frac{g}{cm^3}$$

### Cálculo del desplante donde se va colocar la cimentación

Mediante ensayo de Límites de Atterberg, se obtuvo el valor de  $IP = 7.52\%$  y por medio de compresión simple se obtuvo un peso específico de  $2.19 \text{ Ton}/m^3$

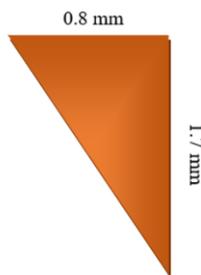
$$\gamma_s = 2.19 \text{ Ton}/m^3$$

$$IP = 7,52\% \quad \gamma_s = 2,19 \text{ Ton}/m^3$$

$$D_f = \frac{(0,83 - 0,017 * IP)(IP - 4)}{\gamma_s} = \frac{(0,83 - 0,017 * 7,52)(7,52 - 4)}{1,56 \text{ Ton}/m^3}$$

$$D_f = 0.585 \text{ m} = 0.60 \text{ m}.$$

Angulo de fricción interna



**Ilustración 17.** Catetos de la muestra

**Fuente:** Propia

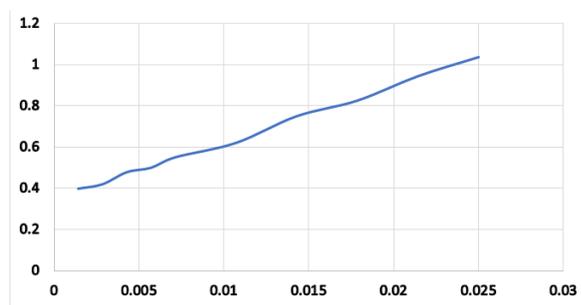
$$\text{Tan}^{-1} \left( \frac{0.7}{1.8} \right) = 21.25^\circ$$

## Porcentaje de humedad

Obtenemos el porcentaje de humedad dividiendo el peso del agua con el peso de suelo seco.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{19.36}{149.64} = 0.1294$$

Por último, con los datos obtenidos creamos la gráfica de esfuerzo – deformación que se presenta a continuación:



*Ilustración 18. Grafica Esfuerzo - Deformación*

**Fuente:** Propia

## Fator de carga de suelo

$$N_c \ N_q \ N_\gamma = \text{Factores de capacidad de carga}$$

Estos factores son dependientes del ángulo de fricción interna, que es de  $21.25^\circ$

$$N_c = 18.92$$

$$N_q = 8.26$$

$$N_\gamma = 4.31$$

### Cálculo de la carga última del suelo

$$q_c = c' * N'c + Gm * Df * N'q + 0,5 * Gm * B * N'g$$

$$c * Nc = 42,8$$

$$g * Df * N'q = 7,2$$

$$0,5 * g * B * N'g = 3,6$$

$$q_c = 53,6 \text{ Ton/m}^2$$

Con estos datos se procedió al dimensionamiento de una zapata que soporte las cargas puntuales requeridas por la estructura tipo, que se vaya a realizar en el terreno.

### 2.3. Resultados

ESTUDIO DE SUELO	
COHESIÓN	0.50871 KgF/cm <sup>2</sup>
PESO ESPECIFICO	1.9881 $\frac{g}{cm^3}$
DESPLANTE	0.60 m
FACTORES DE CARGA	$N_c = 18.92$ $N_q = 8.26$ $N_\gamma = 4.31$
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA	21.25°
CAPACIDAD DE CARGA	53,6 Ton/m <sup>2</sup>

### 3. CONCLUSIONES

- Mediante los ensayos realizados en el laboratorio de Ingeniería civil en la Universidad Técnica de Machala, se obtuvieron los siguientes resultados.

$$\text{Cohesión} = 0.50871 \text{ KgF/cm}^2$$

$$\text{Peso específico} = 1.9881 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Desplante} = 0.585 \text{ m} = 0.60 \text{ m.}$$

$$\text{Angulo de fricción interna} = 21.25^\circ$$

- Con el ángulo de  $21.25^\circ$  se obtuvieron unos factores de carga de suelo de:

$$N_c = 18.92 \quad N_q = 8.26 \quad N_\gamma = 4.31$$

- Según la Teoría de capacidad de carga de Terzagui el suelo cuenta con una carga última de  $53,6 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$ , que es óptimo para implantar una estructura de 3 plantas.

#### **4. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda extraer varias muestras de suelo, con los tubos de pared delgada, para usar la muestra más uniforme después del tallado y obtener correctamente los resultados.
- Se recomienda extraer varias muestras haciendo un área de análisis para tener datos más enriquecedores en el estudio del suelo.
- Realizar los ensayos de manera correcta, para obtener los datos reales del lugar de análisis.
- Se recomienda contar con el conocimiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, antes de empezar con estos estudios para poder realizar un correcto análisis y cumplir de manera correcta con los objetivos planteados en el proyecto.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] M. F. Serrano Guzmán, D. D. Pérez Ruiz, N. C. Solarte Vanegas, L. M. Torrada Gómez y D. Trigueros Sabogal, «Una visión general de los programas de Ingeniería Civil en Colombia,» *Revista de la Educación Superior*, vol. 49, nº 196, pp. 125-140, 2021.
- [2] F. da Casa-Martín, E. Echeverría-Valiente y F. Celis-D'Amico, «La intervención en cimentaciones en suelos problemáticos a través de los tratados históricos de construcción en español,» *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, vol. 11, nº 21, pp. 33-44, 2022.
- [3] A. Luévanos Rojas, S. López Chavarría, M. Medina Elizondo, R. Sandoval Rivas y O. Farías Montemayor, «Un modelo analítico para el diseño de zapatas combinadas de esquina,» *Revista ALCONPAT*, vol. 10, nº 3, pp. 317-335, 2020.
- [4] A. B. Gómez Ávila y W. Y. Hoyos Rojas, «Evaluación de la calidad de un suelo sometido a diferentes usos,» Universidad de los Llanos, Villavicencio, 2020.
- [5] T. B. Fabio Andrés , «Análisis de la influencia de factores geotécnicos de suelos en la susceptibilidad a deslizamientos,» Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, 2020.
- [6] A. Carvajal-Rivadeneira, R. Cevallos-Mera, D. Carvajal-Rivadeneira y E. Vega-Ponce, «Incidencia del grado de humedad en suelos en textura franco limoso, ante la aplicación de las labores de arado y rastrado,» *Polo del conocimiento*, vol. 4, nº 1, pp. 113-133, 2019.
- [7] R. J. Gallardo Amaya, C. A. Martínez Ovallos y A. A. Muñoz Quintero, «Caracterización de un suelo plástico para estabilización con cementantes,» *Respuesta Journal of Engineering Sciences*, vol. 25, nº S2, pp. 6-13, 2020.
- [8] J. R. Beltrán Cueva y D. A. Díaz Vargas, «Análisis de la capacidad de carga admisible de los suelos de cimentación del Complejo Arqueológico Chan Chan debido al ascenso del nivel freático,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2018.
- [9] E. A. Fernández-Sixto y O. Gonzales-Campos, «Identificación y caracterización de las arcillas de la ciudad de Huánuco,» *Investigación Valdiviana*, vol. 12, nº 1, pp. 26-34, 2018.
- [10] E. W. Salome Lavado, «Análisis comparativo de las teorías de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, Cullpa Alta El Tambo - Huancayo 2021,» Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, 2022.
- [11] O. M. Farias Montemayor, A. Luévanos Rojas, S. López Chavarría y M. Medina Elizondo, «Modelo optimizado para cabezales rectangulares apoyados sobre un grupo de pilotes: Parte 1) Superficie óptima,» *Acta Universitaria*, vol. 30, nº 1, pp. 1-19, 2020.
- [12] Geotecnica y Cimentaciones, Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014.
- [13] V. Yepes Piqueras, Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de

contención, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2020.

- [14] L. Ibáñez Mora, «Análisis de la influencia de la profundidad de cimentación en la disminución de asentamientos en losas de fundación combinadas con pilotes.,» *Obras y proyectos*, vol. 1, nº 22, pp. 42-49, 2017.

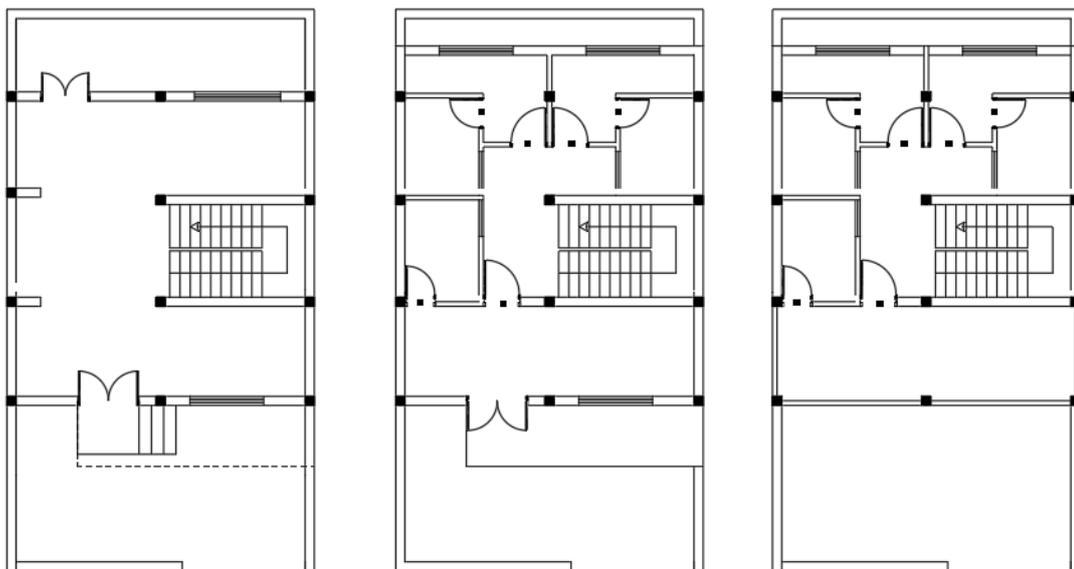
## ANEXOS

Vivienda simulada de 3 plantas en la carretera Buenavista – Vega Rivera, en la ciudad de Pasaje, de la provincia de El Oro



*Ilustración 19. Fachada domicilio de 3 plantas*

**Fuente:** Propia



*Ilustración 20. Plano en planta*

**Fuente:** Propia

### Obtención de datos de la estructura para diseño de zapata

Asumiendo la evaluación de carga con un domicilio de 3 pisos, se tomó una carga axial para una columna, este edificio cuenta con 3 plantas, que comparten la misma dimensión, y se obtuvo un peso de 200.80 Tn para cada planta del domicilio.

$$C. \text{ del edificio} = \# \text{ pisos} * w. \text{ de cada planta}$$

$$C. \text{ del edificio} = 3 * 200.80 \text{ Tn}$$

$$C. \text{ del edificio} = 602.40 \text{ Tn}$$

Contamos con 12 columnas con cargas distribuidas de manera uniforme.

$$C. \text{ de Columna} = \frac{C. \text{ domicilio}}{\# \text{ columnas}}$$

$$C. \text{ de Columna} = \frac{602.40 \text{ Tn}}{12}$$

$$C. \text{ de Columna} = 50.20 \text{ Tn}$$

Cada columna de la estructura soportaría una carga puntual de 50.20 Tn y esta sería la carga de la zapata.

Cálculo del desplante donde se va colocar la cimentación

$$IP = 7,52 \% \quad \gamma_s = 2,19 \text{ Ton/m}^3$$

$$D_f = \frac{(0,83 - 0,017 * IP)(IP - 4)}{\gamma_s} = \frac{(0,83 - 0,017 * 7,52)(7,52 - 4)}{1,56 \text{ Ton/m}^3}$$

$$D_f = 0.585 \text{ m} = 0.60 \text{ m.}$$



 <b>CAPACIDAD DE CARGA</b> 1.5	PROYECTO: <b>CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO</b>	FECHA: <b>16/02/23</b>															
	LOCALIZACIÓN: <b>CARRETERA BUENAVISTA - VEGA RIVERA</b>																
	ELABORADO PARA: <b>DISEÑO DE CIMENTACION</b>																
	ELABORÓ: <b>ING. PAUL CABRERA</b>																
<b>DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -METODO DE TERZAGHI-</b>																	
<b>Datos:</b>																	
<table border="1"> <tr> <td>Profundidad de desplante, Df, (mts):</td> <td><b>0.6</b></td> </tr> <tr> <td>Peso Volumétrico del suelo, Gm (Ton/m3):</td> <td><b>2.19</b></td> </tr> <tr> <td>Cohesión del suelo, c; (Ton/m2):</td> <td><b>5.1</b></td> </tr> <tr> <td>Ángulo de fricción interna del suelo, Fi (grados):</td> <td><b>21</b></td> </tr> <tr> <td>Ancho o Radio del cimiento; B ó R (mts):</td> <td><b>1.2</b></td> </tr> <tr> <td>Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso</td> <td><b>2</b></td> </tr> <tr> <td>Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)</td> <td><b>3.0</b></td> </tr> </table>			Profundidad de desplante, Df, (mts):	<b>0.6</b>	Peso Volumétrico del suelo, Gm (Ton/m3):	<b>2.19</b>	Cohesión del suelo, c; (Ton/m2):	<b>5.1</b>	Ángulo de fricción interna del suelo, Fi (grados):	<b>21</b>	Ancho o Radio del cimiento; B ó R (mts):	<b>1.2</b>	Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	<b>2</b>	Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	<b>3.0</b>	
Profundidad de desplante, Df, (mts):	<b>0.6</b>																
Peso Volumétrico del suelo, Gm (Ton/m3):	<b>2.19</b>																
Cohesión del suelo, c; (Ton/m2):	<b>5.1</b>																
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi (grados):	<b>21</b>																
Ancho o Radio del cimiento; B ó R (mts):	<b>1.2</b>																
Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	<b>2</b>																
Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	<b>3.0</b>																
<b>Cálculos y Resultados:</b>																	
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Factores dependientes del ángulo de fricción:</td> <td>Para suelo arcilloso blando o arenoso:</td> </tr> <tr> <td>Factor de cohesión, Nc =</td> <td>18.92</td> <td>c' = 2/3c = 3.39</td> </tr> <tr> <td>Factor de sobrecarga, Nq =</td> <td>8.26</td> <td>N' c = 2/3N' c = 12.61</td> </tr> <tr> <td>Factor de piso, Ng =</td> <td>4.31</td> <td>N' q = 2/3N' q = 5.51</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>N' g = 2/3N' g = 2.87</td> </tr> </table>			Factores dependientes del ángulo de fricción:		Para suelo arcilloso blando o arenoso:	Factor de cohesión, Nc =	18.92	c' = 2/3c = 3.39	Factor de sobrecarga, Nq =	8.26	N' c = 2/3N' c = 12.61	Factor de piso, Ng =	4.31	N' q = 2/3N' q = 5.51			N' g = 2/3N' g = 2.87
Factores dependientes del ángulo de fricción:		Para suelo arcilloso blando o arenoso:															
Factor de cohesión, Nc =	18.92	c' = 2/3c = 3.39															
Factor de sobrecarga, Nq =	8.26	N' c = 2/3N' c = 12.61															
Factor de piso, Ng =	4.31	N' q = 2/3N' q = 5.51															
		N' g = 2/3N' g = 2.87															
<p>Para todo cimiento:</p> <p>Capacidad de carga última, qc:</p> $qc = c' \cdot N' c + Gm \cdot Df \cdot N' q + 0.5 \cdot Gm \cdot B \cdot N' g$ <p>Capacidad de carga admisible; qa:</p> $qa = qc / FS$ <p style="margin-left: 40px;"> <math>c' \cdot N' c = 42.8</math>  <math>g \cdot Df \cdot N' q = 7.2</math>  <math>0.5 \cdot g \cdot B \cdot N' g = 3.6</math>  <math>qc, (Ton/m2) = 53.6</math>  <math>qa, (Ton/m2) = 17.9</math> </p>																	

*Ilustración 22. Hoja de Cálculo (Capacidad de carga)*

**Fuente:** Ing. Paul Cabrera

## CÁLCULO DEL DISEÑO DE LA ZAPATA CORRIDA

Datos:

$$P = 50,2 \text{ Ton}$$

$$F_c = 1,4$$

$$F'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$R_t; q; q_c = 53,6 \text{ Ton/m}^2$$

$$B = 40 \text{ cm}$$

Área de sustentación:

$$P_u = P * F_c$$

$$P_u = 50,2 \text{ Ton} * 1,4$$

$$P_u = 70,28 \text{ Ton}$$

$$\text{Área} = \frac{P_u}{R_t}$$

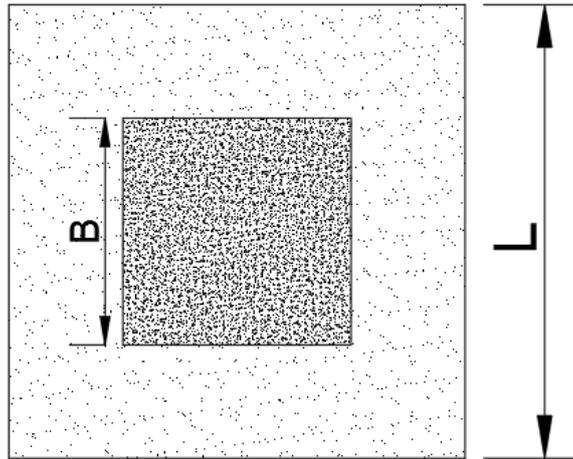
$$\text{Área} = \frac{70,28 \text{ Ton}}{53,6 \text{ Ton/m}^2} = 1,3112 \text{ m}^2$$

Longitud de Zapata

$$L = \sqrt{\text{Área de sustentación}}$$

$$L = \sqrt{1,3112 \text{ m}^2} = 1,15 \text{ m}$$

Ancho de la zapata es de 1.15 m.



*Ilustración 23. Área de Sustentación*

**Fuente:** Propia

Se propone un espesor de zapata y columna de 0,4m.

$$Columna = 0,4 \text{ m}$$

$$L = 1,15 \text{ m}$$

**Momento flexionante**

$$W = Rt * L$$

$$W = 61,38 \text{ Ton/m}$$

$$l = \frac{L - Columna}{2} = \frac{1,15 \text{ m} - 0,4\text{m}}{2} = 0,37\text{m}$$

$$M = \frac{W * l^2}{2} = \frac{\left(61,38 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}\right) (0,37\text{m})^2}{2} = 4,26 \text{ Ton} * \text{m}$$

## CÁLCULO DE PERALTE

Según (Normas Nec-2015)

$\rho = 0,02357$  Valor por norma.

$$d = \sqrt{\frac{M}{0,9 * \rho * B * f_y * \left(1 - \frac{0,59 * \rho * f_y}{f'_c}\right)}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4,26 \text{ Ton} * m * 100000}{0,9 * (0,02357) * (1,15m * 100) * (4200 \text{ Kg/cm}^2 * \left(1 - \frac{0,59 * \rho * f_y}{f'_c}\right))}}$$

$$d = 7,43 \text{ cm}$$

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$d; \text{peralte} = h - \text{Rec} = 40\text{cm} - 7,43\text{cm} = 32,57 \text{ cm}$$

$$\text{Rec} = 7,43 \text{ cm}$$

Número de varillas

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{20,05 \text{ cm}^2}{2,01 \text{ cm}^2} = 9,97$$

Separación:

$$S = \frac{L}{\text{Número de varillas}} = \frac{115\text{cm}}{9,97} = 11\text{cm}$$

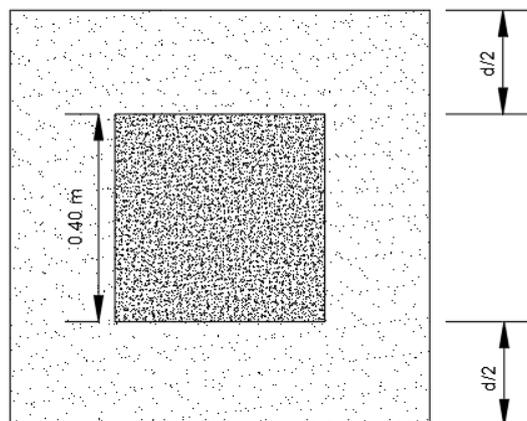


Ilustración 24. Dimensiones  $d/2$

**Fuente:** Propia

$$d = B = 40\text{cm}$$

$$\frac{d}{2} = 20\text{cm}$$

$$l = d + \frac{d}{2} * 2 = 40\text{ cm} + \frac{20\text{cm}}{2} * 2 = 80\text{cm}$$

### **Perímetro**

$$P = 4 * l$$

$$P = 4 * 80\text{ cm} = 320\text{ cm} = 3,2\text{ m}$$

### **Resistencia del concreto al cortante**

$$V = Rt(b^2 - d^2)$$

$$V = 53,6 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} * ((1,15\text{ m})^2 - (\frac{40}{100}\text{m})^2)$$

$$V = 61,7\text{ Ton}$$

### **Esfuerzo cortante**

$$EC = \frac{V}{\text{Perímetro} * d}$$

$$EC = \frac{61700\text{ kg}}{320\text{ cm} * 40\text{ cm}}$$

$$EC = 4,82 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

### **Cortante por penetración**

#### **Factor de resistencia= 0.8**

$$F_c = F_r * F'_c$$

$$F_c = 0,8 * 240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$F_c = 192 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

### Comprobación de cortantes

$$VCr = \sqrt{F_c}$$

$$VCr = \sqrt{192 \frac{kg}{cm^2}}$$

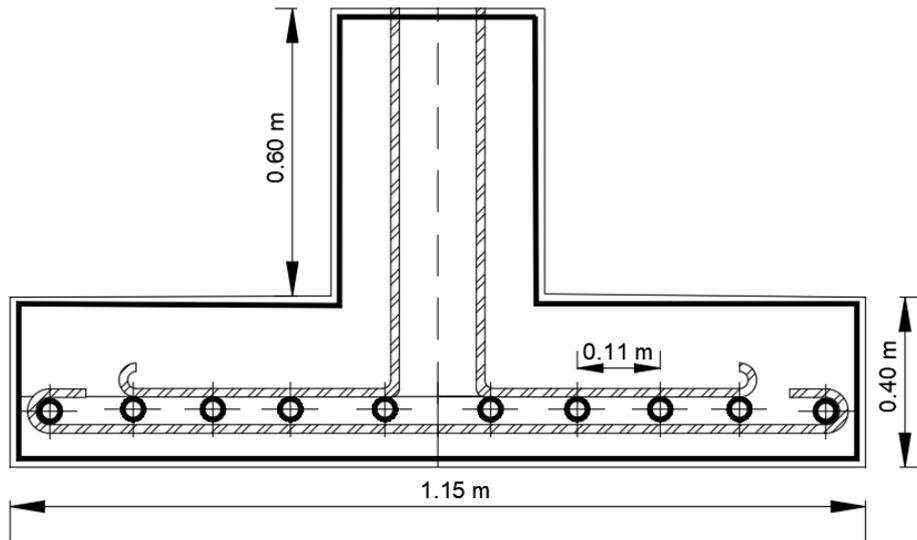
$$VCr = 11,0851 \frac{kg}{cm^2}$$

$$V \leq VCr$$

$$4,82 \frac{kg}{cm^2} \leq 11,08 \frac{kg}{cm^2}$$

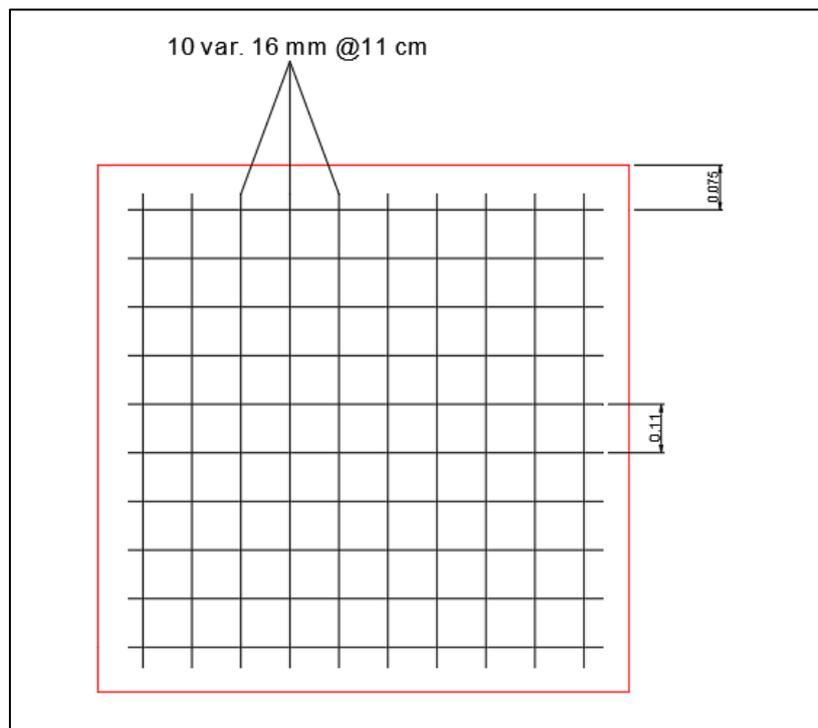
**SI CUMPLE**

La zapata cuenta con 10 varillas de 16 mm con un espaciamiento de 11 cm, se contará con un recubrimiento de 7,5 cm según norma (ACI-318).



*Ilustración 25. Gráfico de zapata diseñada*

**Fuente:** Propia



*Ilustración 26. Varillado de zapata, vista en planta*

**Fuente:** Propia