



*CONFERENCIA SOBRE  
CALZADURAS.*

*ANTONIO BLANCO BLASCO*

*Ingenieros E.I.R.L.*

**EL TÉRMINO CALZADURA SE EMPLEA EN NUESTRO PAÍS PARA MUROS DE CONTENCIÓN, DE GRAVEDAD, HECHOS CON CARÁCTER PROVISIONAL, CUANDO SE HACE UNA EXCAVACIÓN EN UN TERRENO COLINDANTE CON ALGÚN VECINO O LA CALLE.**

**TAMBIÉN PARA EL CASO DE CALZAR UNA CIMENTACIÓN EXISTENTE, QUE HA SUFRIDO ALGÚN ASENTAMIENTO, CON EL OBJETO DE PODER TRANSMITIR LAS CARGAS ACTUANTES A UN ESTRATO MEJOR MÁS PROFUNDO.**

**IMAGINEMOS QUE TENEMOS UNA CIMENTACIÓN DE UNA COLUMNA O MURO Y NECESITAMOS PROFUNDIZAR SU NIVEL.**

**TENDRÍAMOS QUE EXCAVAR POR LOS COSTADOS DE ESA CIMENTACIÓN E IR COLOCANDO CONCRETO POBRE, SEGMENTO POR SEGMENTO, CREAR UNA SUBAZAPATA O FALSA ZAPATA, CON UN NIVEL INFERIOR MÁS PROFUNDO.**

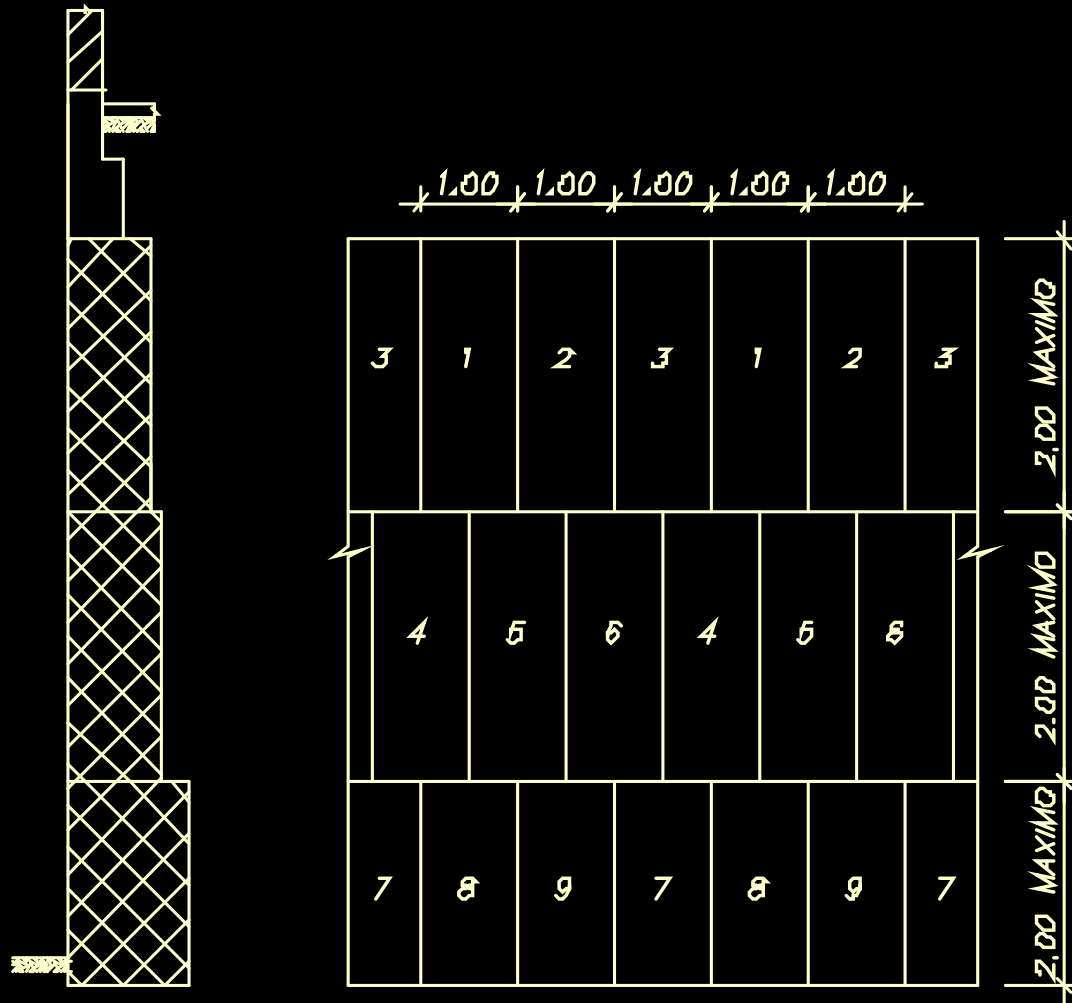
**EN ESTE CASO NO HAY EMPUJE LATERAL SINO SÓLO CARGA VERTICAL.**

**IMAGINEMOS QUE TENEMOS QUE HACER UN SÓTANO EN UN TERRENO, PARA CONSTRUIR UN NUEVO INMUEBLE Y AL COSTADO SE TIENE UN VECINO SIN SÓTANO.**

**EN ESTE CASO TENEMOS QUE CALZAR EL CIMIENTO DEL VECINO E IR CONSTRUYENDO SEGMENTOS DE CONCRETO POBRE, CONSTITUYENDO UN MURO DE CONTENCIÓN, QUE DEBE SOPORTAR LOS EMPUJES LATERALES DEL TERRENO VECINO Y A LA VEZ, TRASMITIR LAS CARGAS VERTICALES DEL CIMIENTO EXISTENTE .**

**ESTE ÚLTIMO CASO ES EL QUE NOS INTERESA EXPLICAR, PUES CADA VEZ ES MÁS FRECUENTE QUE LOS EDIFICIOS TENGAN SÓTANOS Y QUE ESTOS SE CONSTRUYEN, AL COSTADO DE UN VECINO QUE NO TIENE SÓTANO.**

**LA CIUDAD DE LIMA, TIENE EN GRAN CANTIDAD DE SUS DISTRITOS UN SUELO CONSTITUIDO POR GRAVAS CON MATRIZ DE ARENAS, QUE TIENE MUY BUENA CAPACIDAD PORTANTE Y DONDE SE HACEN EXCAVACIONES SIN MAYORES PROBLEMAS.**



## ELEVACION TIPICA DE CALZADURA


NOTA: LOS NUMEROS INDICAN LA SECUENCIA DE CONSTRUCCION DE LOS PAÑOS DE LA CALZADURA.

**EN TERRENOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE, GENERALMENTE SUELTOS, NO ES FÁCIL HACER UNA EXCAVACIÓN Y CONSTRUIR CALZADURAS TRADICIONALES, COMO LAS QUE SÍ HACEMOS EN LA GRAVA DE LIMA.**

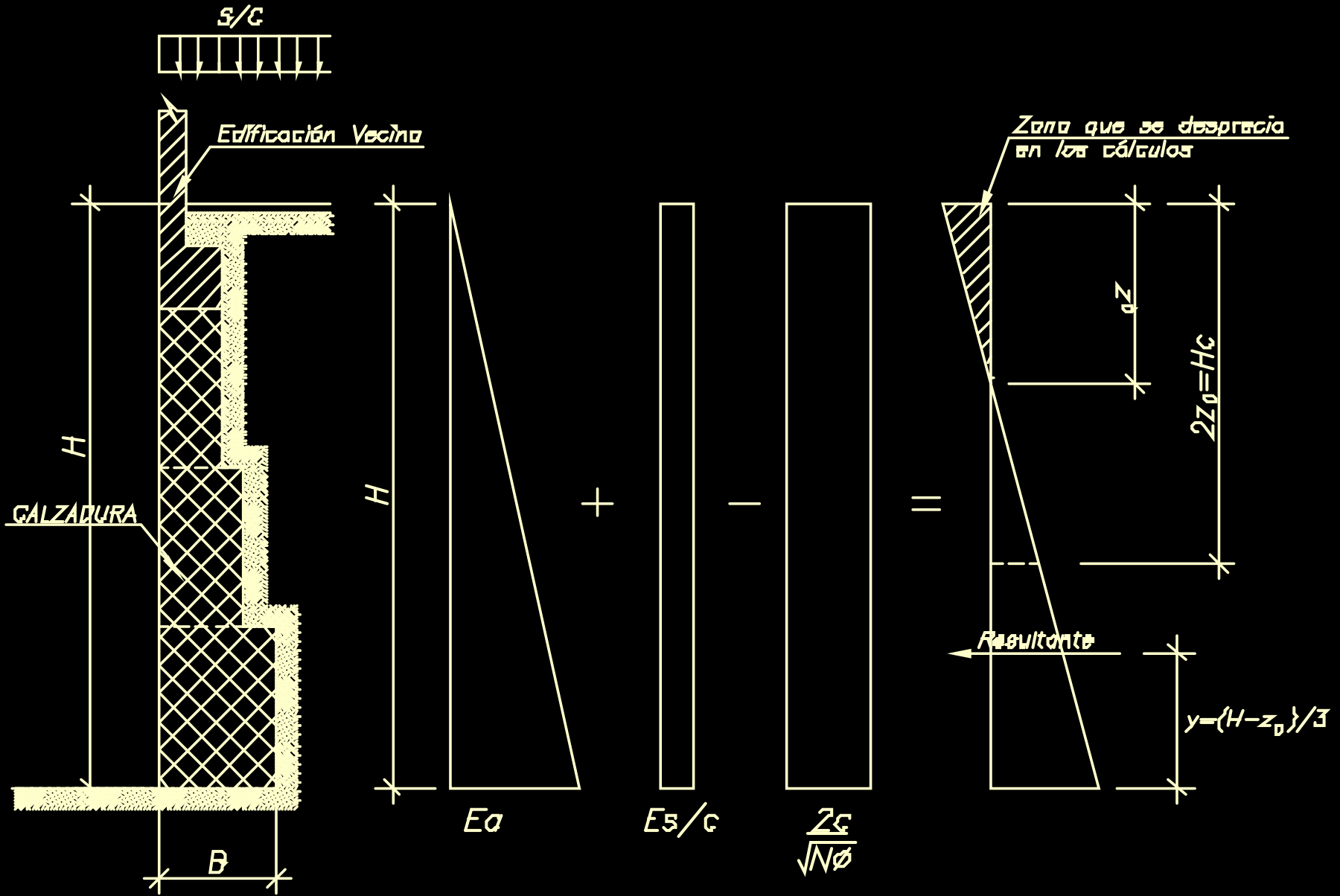
**LA RAZÓN FUNDAMENTAL ES QUE LA CALZADURA TRABAJA COMO UN MURO DE CONTENCIÓN, GENERALMENTE EN VOLADIZO, Y LOS EMPUJES LATERALES SON MAYORES EN TERRENOS SUELTOS.**

**EXPLIQUEMOS LOS EMPUJES LATERALES  
QUE SE PRESENTAN SOBRE UN MURO  
DE CONTENCIÓN:**

**SE TIENE UN EMPUJE LATERAL DE  
FORMA TRIANGULAR CUYA MAGNITUD  
DEPENDE DE:**

- 
- **PESO UNITARIO DEL TERRENO,**
  - **ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNO DEL  
TERRENO,**
  - **COHESIÓN DEL TERRENO,**
  - **SOBRECARGA EN EL TERRENO  
VECINO.**





**Donde:**  $\gamma$  = Peso específico del terreno  
 $z$  = Altura desde la superficie  
 $\phi$  = Ángulo de fricción interna del terreno  
 $K_a$  = Coeficiente de empuje activo del terreno  
 $K_p$  = Coeficiente de empuje pasivo del terreno  
 $c$  = Cohesión del terreno  
 $H_c$  = Altura en donde se tiene una fuerza horizontal resultante nula  
 $s/c$  = sobrecarga actuante

$$N_{\phi} = \frac{1}{\tan^2\left(45^{\circ} - \frac{\phi}{2}\right)} = K_p = \frac{1}{K_a}$$

## Fuerzas Distribuidas

$$E_a = \frac{\gamma z}{N_{\phi}} = \gamma z K_A$$

$$E_{s/c} = \frac{s/c}{N_{\phi}} = s/c \times K_A$$

$$\text{Cohesión} = \frac{2c}{\sqrt{N_{\phi}}}$$

## Fuerzas Totales

$$E_a = \frac{\gamma H^2}{2N_{\phi}} = \frac{\gamma H^2 K_A}{2}$$

$$E_{s/c} = \frac{s/c}{N_{\phi}} H = \frac{s/c \times K_A \times H^2}{2}$$

$$\text{Cohesión} = \frac{2c}{\sqrt{N_{\phi}}} H$$

**SI EL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA ES MENOR, LOS EMPUJES SON MAYORES.**

**SI NO HAY COHESIÓN, TAMBIÉN EL EMPUJE ES MAYOR.**

**EL SUELO GRAVOSO DE LIMA, ES GRANULAR Y NO DEBIERA TENER COHESIÓN. SIN EMBARGO TIENE UNA COHESIÓN APARENTE, QUE ES LA QUE FACILITA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CALZADURAS.**

**SI HAY FILTRACIONES DE AGUA, ESTA COHESIÓN SE PIERDE.**

$$\text{Fuerza Total en zona que se desprecia} = \frac{(2c\sqrt{N_\phi} - q)^2}{2\gamma N_\phi}$$

$$\text{Fuerza Total Resultante } F_{ACT} = \frac{\gamma H^2}{2N_\phi} + \frac{s/c}{N_\phi} H - \frac{(2c\sqrt{N_\phi} - q)^2}{2\gamma N_\phi}$$

$$\text{Altura de aplicación de la Resultante } y = \frac{y - z_0}{3}$$

$$\text{Donde } z_0 = \frac{2c\sqrt{N_\phi} - q}{\gamma}$$

Se tendría que el momento actuante de los empujes sería igual a:

$$M_{ACT} = F_{ACT} \times y$$

Para la calzadura, se tendrían los siguientes efectos que contrarrestan el volteo:

$$M_{CALZ} = \frac{(\gamma' BH + s/c \times B) \times B}{2} \quad F_{CALZ} = (\gamma' BH + s/c \times B) \times \mu$$

Donde  $\gamma'$  = Peso específico promedio de la calzadura y el terreno encima

Finalmente, usando los factores de seguridad al volteo y deslizamiento se puede obtener el ancho necesario para la calzadura:

Factor de seguridad al volteo (FS<sub>v</sub>) = M<sub>calz</sub> / M<sub>act</sub>

Obteniendo: 
$$B = \sqrt{\frac{FS_V \times M_{ACT} \times 2}{\gamma' H + s/c}}$$

Factor de seguridad al deslizamiento (FSD) = E<sub>calz</sub> / F<sub>act</sub>

Obteniendo: 
$$B = \frac{FS_D \times F_{ACT}}{\mu \times (\gamma' H + s/c)}$$

# CONSTRUCCIÓN DE UNA CALZADURA

**SE HACE UNA PRIMERA EXCAVACIÓN  
POR DEBAJO DEL CIMIENTO DEL  
VECINO, CON UN ANCHO DEL ORDEN  
DE 1M.**

**LA ALTURA DE LA EXCAVACIÓN DEBE  
SER DEL ORDEN DE 2M, AÚN CUANDO  
SE PODRÍA HACER CON MENOS  
ALTURA.**

**EL ESPESOR DE LA EXCAVACIÓN SERÁ  
DE 40 A 60CM, PARA LA PRIMERA  
FILA.**

**SIMULTÁNEAMENTE SE PUEDE HACER  
OTRA EXCAVACIÓN SIMILAR,  
SEPARADA DE LA PRIMERA, DE  
MANERA QUE EL CIMIENTO DEL  
VECINO NO PIERDA SU SUSTENTO Y  
QUEDE LIBRE EN SEGMENTOS DE  
MÁXIMO 1M.**

**SI LO QUE HAY QUE CALZAR ES UNA  
ZAPATA AISLADA, LA SITUACIÓN ES  
MÁS COMPLEJA, Y MUY  
PROBABLEMENTE SE DEBA  
TRABAJAR CON ANCHOS MENORES A  
1M, DEPENDIENDO DEL ANCHO DE LA  
ZAPATA EXISTENTE.**

**EL CONCRETO QUE SE USA ES UN CONCRETO POBRE, CICLÓPEO, EN PROPORCIÓN 1 DE CEMENTO POR 10 DE HORMIGÓN, CON UN AÑADIDO DE LA DENOMINADA PIEDRA GRANDE, TRATANDO DE QUE EL VOLUMEN DE ÉSTA REPRESENTA UN 30% DEL VOLUMEN TOTAL DE LA MEZCLA. EL LLENADO DEL ESPACIO EXCAVADO, DEBE HACERSE ASEGURANDO QUE LA MEZCLA HAYA LLEGADO A LA PARTE SUPERIOR DEL HUECO, DE MODO QUE CONSTITUYA SUSTENTO PARA EL CIMIENTO EXISTENTE.**



**GENERALMENTE SE USA UN ENCOFRADO CON LA PARTE SUPERIOR INCLINADA, DE MODO QUE EL NIVEL SUPERIOR DE ÉSTA ESTÉ MÁS ALTO QUE EL NIVEL SUPERIOR DEL ESPACIO A RELLENAR, DE MODO DE EJERCER PRESIÓN.(CACHIMBA).**

**A PESAR DE ESTA CONSIDERACIÓN, DEBE RECORDARSE QUE EL CONCRETO TIENE UNA RETRACCIÓN DE SECADO, POR LO QUE DEBE CONSIDERARSE LA INYECCIÓN DE UN MORTERO EN LA ZONA SUPERIOR.**

**TERMINADA UNA PRIMERA FILA DE  
SEGMENTOS, SE COMIENZA CON UNA  
FILA INFERIOR.**

**EN ESTA CALZAREMOS A NUESTRA  
PRIMERA FILA YA VACIADA.**

**SE RECOMIENDA QUE LOS SEGMENTOS  
DE LA SEGUNDA FILA, ESTÉN  
DESFASADOS CON LOS SEGMENTOS  
DE LA PRIMERA FILA Y ASÍ  
SUCESIVAMENTE PARA LAS FILAS  
UBICADAS EN PROFUNDIDADES  
MAYORES.**

**CADA FILA DEBE TENER UN ESPESOR O PROFUNDIDAD DIFERENTE, DE MANERA QUE SE VAYA AUMENTANDO EL ESPESOR.**

**RECORDAMOS QUE UN MURO DE CONTENCIÓN, HECHO SIN REFUERZO DE ACERO (MUROS DE GRAVEDAD), TIENEN UN ESPESOR VARIABLE, PUDIENDO LLEGAR A UN ANCHO EQUIVALENTE AL 50% DE LA ALTURA DEL MURO.**

**EN EL CASO DE LAS CALZADURAS, EL MURO SE CONSTRUYE EN FORMA INDEPEDIENTE, SEGMENTO POR SEGMENTO Y DENTRO DE UNA ALTURA MANTENEMOS UN ESPESOR. LOS COEFICIENTES DE SEGURIDAD PARA EL VOLTEO Y DESLIZAMIENTO, SON MENORES A LOS QUE USAMOS EN EL DISEÑO DE UN MURO NORMAL, POR EL HECHO DE SER UNA OBRA PROVISIONAL.**

**EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CALZADURA, NO SÓLO DEBE VERIFICAR EL FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO Y AL DESLIZAMIENTO, SINO EL VALOR DE LAS PRESIONES SOBRE EL SUELO.**

**EL MURO TIENDE A GIRAR Y POR TANTO LAS PRESIONES SON VARIABLES, SIENDO COMÚN CONSIDERAR UNA DISTRIBUCIÓN TRAPEZOIDAL O TRIANGULAR, QUE ORIGINA VALORES ALTOS EN EL EXTREMO .**

**EL CONSTRUCTOR DEBE OBSERVAR EL  
COMPORTAMIENTO DEL SUELO Y LA  
PRESENCIA DE ALGUNA FILTRACIÓN,  
PUES GENERALMENTE LAS  
CALZADURAS SE DISEÑAN CON  
FACTORES DE SEGURIDAD BAJOS Y  
CONSIDERANDO EL EFECTO  
BENEFICIOSO DE LA COHESIÓN DEL  
TERRENO.**

**DEBE CONSIDERARSE  
APUNTALAMIENTOS QUE PUEDAN  
CONTROLAR CUALQUIER  
IMPREVISTO.**

# DAÑOS EN LOS INMUEBLES VECINOS

**LAS CALZADURAS, SON MUROS DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO Y COMO TALES, TIENEN DESPLAZAMIENTOS LATERALES EN LA PARTE SUPERIOR (GIRO).**

**ESTOS GIROS Y DEFORMACIONES SON LAS QUE ACTIVAN EL EMPUJE ( CUÑA DE FALLA) Y SON LOS QUE ORIGINAN UNA FISURA O GRIETA DE TRACCIÓN EN EL PISO DEL VECINO, PARALELA A LA CALZADURA.**

**TAMBIÉN ES FACTIBLE LA OCURRENCIA DE ASENTAMIENTOS VERTICALES, SEA POR LOS EFECTOS DE RETRACCIÓN DEL CONCRETO DE LA CALZADURA, O POR UN MAL LLENADO DE ALGUNOS DE LOS SEGMENTOS.**

**ESTO PRODUCE QUE EN LOS MUROS DEL INMUEBELE VECINO, UBICADOS PERPENDICULARMENTE A LA CALZADURA, SE PUEDAN PRODUCIR FISURAS DIAGONALES, QUE INDICAN QUE EL EXTREMO MÁS CERCANO A LA CALZADURA SE HA ASENTADO.**



**SI LA CALZADURA ESTÁ BIEN DISEÑADA  
Y SI ESTÁ BIEN CONSTRUIDA, ESTAS  
FISURAS SON MÍNIMAS Y NO  
REPRESENTAN DAÑO ESTRUCTURAL,  
DEBIENDO SER REPARADAS POR EL  
CONTRATISTA DE LA OBRA.**

**LOS DAÑOS IMPORTANTES O LAS  
FALLAS OCURRIDAS HAN  
COINCIDIDO SIEMPRE CON ANCHOS  
O ESPESORES DE CALZADURA  
INSUFICIENTES Y/O CON  
FILTRACIONES DE AGUA.**

# EXPERIENCIAS DE CALZADURAS EN LIMA.

**ANTES DE 1996, NO SE USABA EN LIMA,  
EL SISTEMA DE MUROS CON  
ANCLAJES, QUE HOY ES PRÁCTICA  
COMÚN PARA EXCAVACIONES DE  
MÁS DE DOS O TRES SÓTANOS.**

**SIN EMBARGO HAY EDIFICIOS DE 4 Y 5  
SÓTANOS QUE SE HAN HECHO CON  
EL SISTEMA TRADICIONAL DE  
CALZADURAS.**

**PARA CITAR ALGUNOS EJEMPLOS,  
PUEDO INDICAR LA OBRA DEL BANCO  
CENTRAL DE RESERVA, EN EL AÑO  
1972, EN EL CENTRO DE LIMA, CON  
EXCAVACIONES VECINAS A LA  
IGLESIA DE SAN PEDRO (ADOBE Y  
QUINCHA) Y AL ANTIGUO LOCAL DE  
LA BIBLIOTECA NACIONAL.**

**EN ESA OBRA SE HICIERON  
CALZADURAS DE 14M DE  
PROFUNDIDAD, CON  
APUNTALAMIENTOS IMPORTANTES.**

**VARIOS EDIFICIOS RELATIVAMENTE MODERNOS, COMO EL ACTUAL LOCAL DE LA SUNAT EN LA AV. BENAVIDES, LA OBRA DEL HOTEL MARRIOT, EL LOCAL DEL BANCO DE LA NACIÓN EN LA ESQUINA DE AV. AREQUIPA CON JAVIER PRADO, TIENEN 5 SÓTANOS Y HAN SIDO HECHAS CON CALZADURAS QUE HAN TENIDO ESPESORES EN LA BASE DEL ORDEN DE 3.6 A 4M Y HAN TENIDO UN BUEN COMPORTAMIENTO..**

**INDICAMOS EN LAS SIGUIENTES VISTAS  
CÁLCULOS QUE HEMOS REALIZADO  
PARA DIFERENTES ALTURAS,  
SOBRECARGAS, CON EL OBJETO DE  
MOSTRAR ANCHOS REQUERIDOS  
PARA LAS CALZADURAS.**

**DEBEMOS RECORDAR QUE NO SON  
APLICABLES PARA OTROS  
TERRENOS, DIFERENTES A LIMA.**

# 1. DIMENSIONES DE CALZADURAS (m) PARA DIFERENTES EFECTOS

H (m)	VOLTEO	DESLIZAM.	ESF. TERR.	<u>Datos</u>	
5	<b>0.04</b>	0.01	0.04	q =	2.00Ton/m <sup>2</sup>
6	<b>0.23</b>	0.12	0.22	μ =	0.45
7	<b>0.47</b>	0.31	0.46	φ =	37°
8	<b>0.75</b>	0.54	<b>0.75</b>	γ =	2.20Ton/m <sup>3</sup>
9	1.04	0.81	<b>1.07</b>	FSvolteo =	1.50
10	1.34	1.10	<b>1.42</b>	FSdesliz =	1.50
11	1.65	1.41	<b>1.81</b>	wadm =	60Ton/m <sup>2</sup>
12	1.97	1.74	<b>2.24</b>	c =	3.0Ton/m <sup>2</sup>

## 2. TABLA COMPARANDO EFECTOS DE SOBRECARGA

H (m)	1 Ton/m <sup>2</sup>	2 Ton/m <sup>2</sup>	3 Ton/m <sup>2</sup>	<u>Datos</u>
5		0.04	0.12	q = Ver Tabla
6	0.13	0.23	0.34	μ = 0.45
7	0.36	0.47	0.59	φ = 37 °
8	0.62	0.75	0.89	γ = 2.20 Ton/m <sup>3</sup>
9	0.92	1.07	1.22	FSvolteo = 1.50
10	1.26	1.42	1.60	FSdesliz = 1.50
11	1.63	1.81	2.00	wadm = 60 Ton/m <sup>2</sup>
12	2.04	2.24	2.44	c = 3.0 Ton/m <sup>2</sup>

### 3. TABLA COMPARANDO VALORES DE COHESIÓN

H (m)	0.2 Kg/cm2	0.3 Kg/cm2	0.4 Kg/cm2	<u>Datos</u>		
5	0.49	0.04		q =	2.00	Ton/m2
6	0.78	0.23		$\mu$ =	0.45	
7	1.09	0.47	0.06	$\phi$ =	37 °	
8	1.41	0.75	0.24	$\gamma$ =	2.20	Ton/m3
9	1.79	1.07	0.48	FSvolteo =	1.50	
10	2.19	1.42	0.77	FSdesliz =	1.50	
11	2.63	1.81	1.10	wadm =	60	Ton/m2
12	3.11	2.24	1.47	c =	Ver Tabla	



#### 4. TABLA COMPARANDO FACTORES DE SEGURIDAD

H (m)	FS=1.25	FS=1.50	FS=1.75	Datos
5	0.04	0.04	0.05	q = 2.00 Ton/m2
6	0.22	0.23	0.25	μ = 0.45
7	0.46	0.47	0.51	φ = 37 °
8	0.75	0.75	0.81	γ = 2.20 Ton/m3
9	1.07	1.07	1.12	FSvolteo = Ver Tabla
10	1.42	1.42	1.45	FSdesliz = Ver Tabla
11	1.81	1.81	1.81	wadm = 60 Ton/m2
12	2.24	2.24	2.24	c = 3.0 Ton/m2

### 5. TABLA COMPARANDO ESFUERZOS ADMISIBLES DEL TERRENO

H (m)	4 Kg/cm <sup>2</sup>	6 Kg/cm <sup>2</sup>	8 Kg/cm <sup>2</sup>	<u>Datos</u>	
5	0.04	0.04	0.04	q =	2.00 Ton/m <sup>2</sup>
6	0.24	0.23	0.23	μ =	0.45
7	0.52	0.47	0.47	φ =	37 °
8	0.86	0.75	0.75	γ =	2.20 Ton/m <sup>3</sup>
9	1.27	1.07	1.04	FSvolteo =	1.50
10	1.76	1.42	1.34	FSdesliz =	1.50
11	2.34	1.81	1.65	wadm =	Ver Tabla
12	3.07	2.24	2.01	c =	3.0 Ton/m <sup>2</sup>