

**PROYECTO:** ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL PERFIL DE LA AV. SANTA ROSA (RUTA PE-20-I)  
**CLIENTE:** MTC  
**FECHA:** 9/05/2019  
**SECTOR:** 0+435.45 VIADUCTO COSTANERA

ESTRATO	Z (m)	Ø (Grados)	γ (Tn/m <sup>3</sup> )	C (Tn/m <sup>2</sup> )	q (Tn/m <sup>2</sup> )	pΔL
A	5.4	14.1	1.369	0.98400	7.39	25.45
B	3.8	33.01	2.012	3.30000	7.65	17.91
C	1.8	33.55	2.025	3.62500	3.65	8.48
L =	11		1.698		18.68	51.84

$$D = 1.50 \quad r = 0.75$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR PUNTA (Qp = Ap \* Rp)

$$ZAS = 3D$$

$$ZAI = 3D$$

$$ZDS = 3D$$

$$N = 3.7 \quad (\text{Ø} < 32 \text{ cm})$$

$$N = 2.7 \quad (\text{Ø} > 32 \text{ cm})$$

$$NTn\text{Ø} = 1.79$$

$$\text{Ø} = 34$$

$$Tn\text{Ø} = 0.66$$

Rp = Resistencia unitaria por punta

$$\text{SenØ} = 0.55$$

Ap = Area de la base o punta

$$q = \sum \gamma_i Z_i \quad (\text{Presion de sobrecargas hasta la cota de punta})$$

$$N^*q = 10^{NTn\text{Ø}} \quad (\text{Ec. Caquot y Keresel})$$

$$N^*q = 61.73 \quad (\text{Factor de capacidad de carga})$$

$$q = 18.68 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$N^*c = (N^*q + 1) \cot\phi$$

$$N^*c = 94.59$$

$$c = 3.63 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$R_p = (qN^*q + cN^*c) \quad (\text{Resistencia unitaria por punta})$$

$$R_p = 1496.17 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p = 1.77 \quad \text{m}^2$$

$$Q_p = A_p R_p \quad (\text{Carga ultima por punta})$$

$$Q_p = 2643.95 \quad \text{Tn}$$

Dicho valor no debe sobrepasar el valor limite Ap \* ql

$$Q_p = A_p R_p \leq A_p (0.5 P_a + N^*q Tn\phi)$$

$$P_a = 100 \quad \text{kpa} \quad \text{presion atmosferica}$$

$$q_l = 2046.72 \quad \text{kpa}$$

$$q_l = 208.64 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p * q_l = 368.69 \quad \text{Tn}$$

$$Q_p = 368.69 \quad \text{Tn}$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR FUSTE (Qf)

$$Q_f = \sum p \Delta L R_f$$

p = Perimetro de la seccion del pilote

ΔL = Longitud incremental del pilote

Rf = Resistencia unitaria por friccion a cualquier profundidad

$$R_f = K \sigma'_v \tan \delta$$

K = Coeficiente de presion de tierra

σ'₀ = Esfuerzo efectivo a la profundidad bajo consideracion

δ = Angulo de friccion suelo-pilote

$$p = 4.71 \text{ m}$$

$$K = (1 - \text{SenØ}) = 0.45$$

$$L' = < 15D = 11.00$$

$$\sigma'_v = \gamma L' = 18.68$$

$$\delta = (0.5\text{Ø} \text{ a } 0.8\text{Ø}) = 26.84$$

$$\tan \delta = 0.51$$

Evaluacion de Rf

Para  $Z = 0 \quad R_f = 0$

$$Z = 11 \quad R_f = 4.23$$

$$Q_f = 109.610 \quad T_n$$

Según Coyle y Castillo (1981)

$$Q_f = K \bar{\sigma}_0 \tan(0.8 \varphi') pL$$

$$\bar{\sigma}_0 = 9.34 \quad Tn/m^2$$

$$L/D = 7.333333333$$

$$K = 2.05$$

$$Q_f = 502.31 \quad Tn$$

$$Q_f \text{ (promedio)} = 305.959 \quad Tn$$

#### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA Y CAPACIDAD ADMISIBLE

$$Q_u = Q_p + Q_f = 674.65 \quad Tn$$

$$F_s = 2.5$$

$$Q_{adm} = Q_u / F_s = 269.86 \quad Tn$$

#### CALCULO DE ASENTAMIENTOS

a) Asentamiento Elastico del pilote (S1)

$$S_1 = ((Q_p + \epsilon Q_f) L) / AE$$

$$\epsilon = 0.67$$

$$E_c = (\text{Modulo de elasticidad del concreto})$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad Kg/m^2$$

$$A = \text{Area de la seccion transversal del pilote} \quad 1.77 \quad m^2$$

$$L = \text{Longitud del pilote}$$

$$S_1 = 0.000013 \quad 0.001 \quad cm$$

b) Asentamiento causado por carga en la punta del pilote (S2)

$$S_2 = (q_{wp} * D * (1 - \mu^2)) * l_{wp} / E_s$$

$$q_{wp} = 208.64 \quad \text{Carga en la punta por area unitaria (Tn/m}^2\text{)}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote (m)}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$\mu^2 = 0.11$$

$$E_s = \text{Mod. de elasticidad del suelo debajo del pilote}$$

$$E_s = 5.00E+05 \quad Kg/m^2$$

$$l_{wp} = 0.85 \quad \text{Factor de influencia por punta}$$

$$S_2 = 0.000474 \quad 0.474 \quad cm$$

c) Asentamiento por fuste (S3)

$$S_3 = (Q_{ws} / pL) (D/E) (1 - u^2) * l_{ws}$$

$$Q_{ws} = 305.96 \quad \text{Carga por resistencia superficial}$$

$$p = 4.71 \quad \text{Perimetro del pilote}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$L = 11.00 \quad \text{Longitud del pilote}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote}$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad \text{Modulo de elasticidad del concreto}$$

$$l_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{L/D} \quad \text{Factor de influencia por fuste (Vesic 1977)}$$

$$l_{ws} = 2.95$$

$$S_3 = 0.00005 \quad 0.0465132 \quad cm$$

$$S(\text{Total}) = 0.52 \quad cm$$

#### VERIFICACION DE CARGA

a) Carga de la cimentacion al pilote

Presion maxima (Tn/m2) =	17.2
Diametro pilote (m) =	1.2
Espaciamiento (m) =	3.75
Area efectiva (m2) =	14.0625
Carga efectiva (Ton) =	242.0

b) Capacidad de carga admisible del pilote

$$Q_{adm} = 269.86 \text{ ton}$$

c) Capacidad de carga admisible del pilote

$$\text{Verificacion por capacidad carga} = 0.90 \leq 1$$

### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo de capacidad ultima del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion :

$$Q_{g(u)} = \eta \sum Q_u$$

siendo

$\eta$  = La eficiencia del grupo  
 $Q_u$  = Carga ultima de cada pilote

Tenemos varios criterios para el calculo de la eficiencia de grupo :

Ecuación de Converse-Labarre

$$\eta = 1 - \left[ \frac{(n_1 - 1)n_2 + (n_2 - 1)n_1}{90n_1n_2} \right] \theta$$

donde  $\theta(\text{grados}) = \tan^{-1}(D/d)$

Ecuación de Los Ángeles  
Group Action

$$\eta = 1 - \frac{D}{\pi d n_1 n_2} [n_1(n_2 - 1) + n_2(n_1 - 1) + \sqrt{2}(n_1 - 1)(n_2 - 1)]$$

Ecuación de Seiler-Keeney  
(Seiler y Keeney, 1944)

$$\eta = \left\{ 1 - \left[ \frac{11d}{7(d^2 - 1)} \right] \left[ \frac{n_1 + n_2 - 2}{n_1 + n_2 - 1} \right] \right\} + \frac{0.3}{n_1 + n_2}$$

donde  $d$  está en pies

siendo :

$d$ =	3.75 Separacion > 2.5D, en m
$\theta$ =	17.74 ArcTn(D/d)
$n_1$ =	3 Numero de Fila
$n_2$ =	5 Numero de columnas
$\sum Q_u$ =	10119.7 Tn

#### CALCULO DE EFICIENCIA ( $\eta$ )

Ecuacion Converse -Labarre :

$$\eta (1) = 0.711$$

Ecuacion de los Angeles (Group Action)

$$\eta (2) = 0.774$$

#### CALCULO CAP. ADM. DEL GRUPO

Según ( $\eta$ ) de Converse -Labarre :

$$Q_{g(u)} = 7193.4 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 2877.4 \text{ Tn}$$

Según ( $\eta$ ) de los Angeles (Group Action) :

$$Q_{g(u)} = 7830.4 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 3132.2 \text{ Tn}$$

Ecuacion de Seiler Keeney (1944)

$$n_r(3) = 0.927$$

Según ( $\eta$ ) de Seiler Keeney (1944) :

$$\begin{aligned} Qg(u) &= 9384.0 \text{ Tn} \\ Qg(u)_{adm} &= 3753.6 \text{ Tn} \end{aligned}$$

$$Q_f(\text{promedio}) = 3254.38 \text{ Tn}$$

### CALCULO DEL ASENTAMIENTO DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo del asentamiento del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion según Vesic (1969) :

$$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$$

Donde :

$$\begin{aligned} S_{g(e)} &= \text{Asentamiento elastico del grupo de pilotes.} \\ B_{(g)} &= \text{Ancho de la seccion del grupo de pilotes.} \\ D &= \text{Ancho o diametro de cada pilote en el grupo} \\ S_{(e)} &= \text{Asentamiento elastico de cada pilote.} \end{aligned}$$

$$B_{(g)} = 9 \text{ m}$$

$$S_{g(e)} = 1.41 \text{ cm}$$

**PROYECTO:** ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL PERFIL DE LA AV. SANTA ROSA (RUTA PE-20-I)  
**CLIENTE:** MTC  
**FECHA:** 9/05/2019  
**SECTOR:** 0+484.00 0+584.00 VIADUCTO COSTANERA

ESTRATO	Z (m)	Ø (Grados)	γ (Tn/m <sup>3</sup> )	C (Tn/m <sup>2</sup> )	q (Tn/m <sup>2</sup> )	pΔL
A	1.8	14.1	1.369	0.98420	2.46	8.48
B	1.6	32.46	1.992	2.84500	3.19	7.54
C	7.6	33.10	2.012	3.30000	15.29	35.81
L =	11		1.904		20.94	51.84

$$D = 1.50 \quad r = 0.75$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR PUNTA (Qp = Ap \* Rp)

$$ZAS = 3D$$

$$ZAI = 3D$$

$$ZDS = 3D$$

$$N = 3.7 \quad (\text{Ø} < 32 \text{ cm})$$

$$N = 2.7 \quad (\text{Ø} > 32 \text{ cm})$$

$$NTn\text{Ø} = 1.76$$

$$\text{Ø} = 33$$

$$Tn\text{Ø} = 0.65$$

Rp = Resistencia unitaria por punta

$$\text{Sen}\text{Ø} = 0.55$$

Ap = Area de la base o punta

$$q = \sum \gamma_i Z_i \quad (\text{Presion de sobrecargas hasta la cota de punta})$$

$$N^*q = 10^{NTn\text{Ø}} \quad (\text{Ec. Caquot y Keresel})$$

$$N^*q = 57.58 \quad (\text{Factor de capacidad de carga})$$

$$q = 20.94 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$N^*c = (N^*q + 1) \cot\phi$$

$$N^*c = 89.85$$

$$c = 3.30 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$R_p = (qN^*q + cN^*c) \quad (\text{Resistencia unitaria por punta})$$

$$R_p = 1502.42 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p = 1.77 \quad \text{m}^2$$

$$Q_p = A_p R_p \quad (\text{Carga ultima por punta})$$

$$Q_p = 2654.99 \quad \text{Tn}$$

Dicho valor no debe sobrepasar el valor limite Ap \* ql

$$Q_p = A_p R_p \leq A_p (0.5 P_a + N^*q Tn\phi)$$

$$P_a = 100 \quad \text{kpa} \quad \text{presion atmosferica}$$

$$q_l = 1876.84 \quad \text{kpa}$$

$$q_l = 191.32 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p * q_l = 338.09 \quad \text{Tn}$$

$$Q_p = 338.09 \quad \text{Tn}$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR FUSTE (Qf)

$$Q_f = \sum p \Delta L R_f$$

p = Perimetro de la seccion del pilote

ΔL = Longitud incremental del pilote

Rf = Resistencia unitaria por friccion a cualquier profundidad

$$R_f = K \sigma'_v \tan\delta$$

K = Coeficiente de presion de tierra

σ'₀ = Esfuerzo efectivo a la profundidad bajo consideracion

δ = Angulo de friccion suelo-pilote

$$p = 4.71 \text{ m}$$

$$K = (1 - \text{Sen}\text{Ø}) = 0.45$$

$$L' = < 15D = 11.00$$

$$\sigma'_v = \gamma L' = 20.94$$

$$\delta = (0.5\text{Ø} \text{ a } 0.8\text{Ø}) = 26.48166907$$

$$\tan\delta = 0.50$$

Evaluacion de Rf

Para Z = 0 Rf = 0

$$Z = 11 \quad R_f = 4.74$$

$$Q_f = 122.741 \quad T_n$$

Según Coyle y Castillo (1981)

$$Q_f = K \bar{\sigma}_0' \tan(0.8 \varphi') pL$$

$$\bar{\sigma}_0' = 10.47 \quad Tn/m^2$$

$$L/D = 7.333333333$$

$$K = 2.05$$

$$Q_f = 554.39 \quad Tn$$

$$Q_f \text{ (promedio)} = 338.565 \quad Tn$$

#### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA Y CAPACIDAD ADMISIBLE

$$Q_u = Q_p + Q_f = 676.65 \quad Tn$$

$$F_s = 2.5$$

$$Q_{adm} = Q_u / F_s = 270.66 \quad Tn$$

#### CALCULO DE ASENTAMIENTOS

a) Asentamiento Elastico del pilote (S1)

$$S_1 = ((Q_p + \epsilon Q_f) L) / AE$$

$$\epsilon = 0.67$$

$$E_c = (\text{Modulo de elasticidad del concreto})$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad Kg/m^2$$

$$A = \text{Area de la seccion transversal del pilote} \quad 1.77 \quad m^2$$

$$L = \text{Longitud del pilote}$$

$$S_1 = 0.000013 \quad 0.001 \quad cm$$

b) Asentamiento causado por carga en la punta del pilote (S2)

$$S_2 = (q_{wp} * D * (1 - \mu^2)) * l_{wp} / E_s$$

$$q_{wp} = 191.32 \quad \text{Carga en la punta por area unitaria (Tn/m}^2\text{)}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote (m)}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$\mu^2 = 0.11$$

$$E_s = \text{Mod. de elasticidad del suelo debajo del pilote}$$

$$E_s = 5.00E+05 \quad Kg/m^2$$

$$l_{wp} = 0.85 \quad \text{Factor de influencia por punta}$$

$$S_2 = 0.00043 \quad 0.435 \quad cm$$

c) Asentamiento por fuste (S3)

$$S_3 = (Q_{ws} / pL) (D/E) (1 - u^2) * l_{ws}$$

$$Q_{ws} = 338.57 \quad \text{Carga por resistencia superficial}$$

$$p = 4.71 \quad \text{Perimetro del pilote}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$L = 11.00 \quad \text{Longitud del pilote}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote}$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad \text{Modulo de elasticidad del concreto}$$

$$l_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{L/D} \quad \text{Factor de influencia por fuste (Vesic 1977)}$$

$$l_{ws} = 2.95$$

$$S_3 = 0.00005 \quad 0.0514701 \quad cm$$

$$S(\text{Total}) = 0.49 \quad cm$$

#### VERIFICACION DE CARGA

a) Carga de la cimentacion al pilote

Presion maxima (Tn/m2) =	17.2
Diametro pilote (m) =	1.2
Espaciamiento (m) =	3.75
Area efectiva (m2) =	14.0625
Carga efectiva (Ton) =	242.0

b) Capacidad de carga admisible del pilote

$$Q_{adm} = 270.66 \text{ ton}$$

c) Capacidad de carga admisible del pilote

$$\text{Verificacion por capacidad carga} = 0.89 \leq 1$$

### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo de capacidad ultima del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion :

$$Q_{g(u)} = \eta \sum Q_u$$

siendo

$\eta$  = La eficiencia del grupo  
 $Q_u$  = Carga ultima de cada pilote

Tenemos varios criterios para el calculo de la eficiencia de grupo :

Ecuación de Converse-Labarre

$$\eta = 1 - \left[ \frac{(n_1 - 1)n_2 + (n_2 - 1)n_1}{90n_1n_2} \right] \theta$$

donde  $\theta(\text{grados}) = \tan^{-1}(D/d)$

Ecuación de Los Ángeles  
 Group Action

$$\eta = 1 - \frac{D}{\pi d n_1 n_2} [n_1(n_2 - 1) + n_2(n_1 - 1) + \sqrt{2}(n_1 - 1)(n_2 - 1)]$$

Ecuación de Seiler-Keeney  
 (Seiler y Keeney, 1944)

$$\eta = \left\{ 1 - \left[ \frac{11d}{7(d^2 - 1)} \right] \left[ \frac{n_1 + n_2 - 2}{n_1 + n_2 - 1} \right] \right\} + \frac{0.3}{n_1 + n_2}$$

donde  $d$  está en pies

siendo :

$d$ =	3.75 Separacion > 2.5D, en m
$\theta$ =	17.74 ArcTn(D/d)
$n_1$ =	3 Numero de Fila
$n_2$ =	5 Numero de columnas
$\sum Q_u$ =	10149.8 Tn

#### CALCULO DE EFICIENCIA ( $\eta$ )

Ecuacion Converse -Labarre :

$$\eta (1) = 0.711$$

Ecuacion de los Angeles (Group Action)

$$\eta (2) = 0.774$$

#### CALCULO CAP. ADM. DEL GRUPO

Según ( $\eta$ ) de Converse -Labarre :

$$Q_{g(u)} = 7214.8 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 2885.9 \text{ Tn}$$

Según ( $\eta$ ) de los Angeles (Group Action) :

$$Q_{g(u)} = 7853.7 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 3141.5 \text{ Tn}$$

Ecuacion de Seiler Keeney (1944)

$$n_r(3) = 0.927$$

Según ( $\eta$ ) de Seiler Keeney (1944) :

$$\begin{aligned} Q_g(u) &= 9411.9 \text{ Tn} \\ Q_g(u)_{adm} &= 3764.8 \text{ Tn} \end{aligned}$$

$$Q_f(\text{promedio}) = 3264.05 \text{ Tn}$$

### CALCULO DEL ASENTAMIENTO DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo del asentamiento del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion según Vesic (1969) :

$$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$$

Donde :

$$\begin{aligned} S_{g(e)} &= \text{Asentamiento elastico del grupo de pilotes.} \\ B_{(g)} &= \text{Ancho de la seccion del grupo de pilotes.} \\ D &= \text{Ancho o diametro de cada pilote en el grupo} \\ S_{(e)} &= \text{Asentamiento elastico de cada pilote.} \end{aligned}$$

$$B_{(g)} = 9 \text{ m}$$

$$S_{g(e)} = 1.31 \text{ cm}$$



**PROYECTO:** ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL PERFIL DE LA AV. SANTA ROSA (RUTA PE-20-I)  
**CLIENTE:** MTC  
**FECHA:** 9/05/2019  
**SECTOR:** 0+634.00 0+684.00 VIADUCTO COSTANERA

ESTRATO	Z (m)	Ø (Grados)	γ (Tn/m <sup>3</sup> )	C (Tn/m <sup>2</sup> )	q (Tn/m <sup>2</sup> )	pΔL
A	2.1	14.1	1.369	0.98420	2.87	9.90
B	6.2	34.00	2.039	3.95000	12.64	29.22
C	2.7	35.33	2.076	4.92500	5.61	12.72
L =	11		1.920		21.12	51.84

$$D = 1.50 \quad r = 0.75$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR PUNTA (Qp = Ap \* Rp)

$$ZAS = 3D$$

$$ZAI = 3D$$

$$ZDS = 3D$$

$$N = 3.7 \quad (\text{Ø} < 32 \text{ cm})$$

$$N = 2.7 \quad (\text{Ø} > 32 \text{ cm})$$

$$NTn\text{Ø} = 1.91$$

$$\text{Ø} = 35$$

$$Tn\text{Ø} = 0.71$$

Rp = Resistencia unitaria por punta

$$\text{Sen}\text{Ø} = 0.58$$

Ap = Area de la base o punta

$$q = \sum \gamma_i Z_i \quad (\text{Presion de sobrecargas hasta la cota de punta})$$

$$N^*q = 10^{NTn\text{Ø}} \quad (\text{Ec. Caquot y Keresel})$$

$$N^*q = 82.07 \quad (\text{Factor de capacidad de carga})$$

$$q = 21.12 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$N^*c = (N^*q + 1) \cot\phi$$

$$N^*c = 117.17$$

$$c = 4.93 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$R_p = (qN^*q + cN^*c) \quad (\text{Resistencia unitaria por punta})$$

$$R_p = 2310.62 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p = 1.77 \quad \text{m}^2$$

$$Q_p = A_p R_p \quad (\text{Carga ultima por punta})$$

$$Q_p = 4083.21 \quad \text{Tn}$$

Dicho valor no debe sobrepasar el valor limite Ap \* ql

$$Q_p = A_p R_p \leq A_p (0.5 P_a + N^*q Tn\phi)$$

$$P_a = 100 \quad \text{kpa} \quad \text{presion atmosferica}$$

$$q_l = 2909.20 \quad \text{kpa}$$

$$q_l = 296.55 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p * q_l = 524.05 \quad \text{Tn}$$

$$Q_p = 524.05 \quad \text{Tn}$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR FUSTE (Qf)

$$Q_f = \sum p \Delta L R_f$$

p = Perimetro de la seccion del pilote

ΔL = Longitud incremental del pilote

Rf = Resistencia unitaria por friccion a cualquier profundidad

$$R_f = K \sigma'_v \tan\delta$$

K = Coeficiente de presion de tierra

σ'₀ = Esfuerzo efectivo a la profundidad bajo consideracion

δ = Angulo de friccion suelo-pilote

$$p = 4.71 \text{ m}$$

$$K = (1 - \text{Sen}\text{Ø}) = 0.42$$

$$L' = < 15D = 11.00$$

$$\sigma'_v = \gamma L' = 21.12$$

$$\delta = (0.5\text{Ø} \text{ a } 0.8\text{Ø}) = 28.26799281$$

$$\tan\delta = 0.54$$

Evaluacion de Rf

Para  $Z = 0 \quad R_f = 0$

$$Z = 11 \quad R_f = 4.79$$

$$Q_f = 124.126 \quad T_n$$

Según Coyle y Castillo (1981)

$$Q_f = K \bar{\sigma}_0 \tan(0.8 \varphi') pL$$

$$\bar{\sigma}_0 = 10.56 \quad Tn/m^2$$

$$L/D = 7.333333333$$

$$K = 2.05$$

$$Q_f = 603.49 \quad Tn$$

$$Q_f \text{ (promedio)} = 363.808 \quad Tn$$

#### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA Y CAPACIDAD ADMISIBLE

$$Q_u = Q_p + Q_f = 887.86 \quad Tn$$

$$F_s = 2.5$$

$$Q_{adm} = Q_u / F_s = 355.15 \quad Tn$$

#### CALCULO DE ASENTAMIENTOS

a) Asentamiento Elastico del pilote (S1)

$$S_1 = ((Q_p + \epsilon Q_f) L) / AE$$

$$\epsilon = 0.67$$

$$E_c = (\text{Modulo de elasticidad del concreto})$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad Kg/m^2$$

$$A = \text{Area de la seccion transversal del pilote} \quad 1.77 \quad m^2$$

$$L = \text{Longitud del pilote}$$

$$S_1 = 0.000017 \quad 0.002 \quad cm$$

b) Asentamiento causado por carga en la punta del pilote (S2)

$$S_2 = (q_{wp} * D * (1 - \mu^2)) * l_{wp} / E_s$$

$$q_{wp} = 296.55 \quad \text{Carga en la punta por area unitaria (Tn/m}^2\text{)}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote (m)}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$\mu^2 = 0.11$$

$$E_s = \text{Mod. de elasticidad del suelo debajo del pilote}$$

$$E_s = 5.00E+05 \quad Kg/m^2$$

$$l_{wp} = 0.85 \quad \text{Factor de influencia por punta}$$

$$S_2 = 0.00067 \quad 0.674 \quad cm$$

c) Asentamiento por fuste (S3)

$$S_3 = (Q_{ws} / pL) (D/E) (1 - u^2) * l_{ws}$$

$$Q_{ws} = 363.81 \quad \text{Carga por resistencia superficial}$$

$$p = 4.71 \quad \text{Perimetro del pilote}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$L = 11.00 \quad \text{Longitud del pilote}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote}$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad \text{Modulo de elasticidad del concreto}$$

$$l_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{L/D} \quad \text{Factor de influencia por fuste (Vesic 1977)}$$

$$l_{ws} = 2.95$$

$$S_3 = 0.00006 \quad 0.0553077 \quad cm$$

$$S(\text{Total}) = 0.73 \quad cm$$

#### VERIFICACION DE CARGA

a) Carga de la cimentacion al pilote

Presion maxima (Tn/m2) =	17.2
Diametro pilote (m) =	1.2
Espaciamiento (m) =	3.75
Area efectiva (m2) =	14.0625
Carga efectiva (Ton) =	242.0

b) Capacidad de carga admisible del pilote

$$Q_{adm} = 355.15 \text{ ton}$$

c) Capacidad de carga admisible del pilote

$$\text{Verificacion por capacidad carga} = 0.68 \leq 1$$

### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo de capacidad ultima del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion :

$$Q_{g(u)} = \eta \sum Q_u$$

siendo

$\eta$  = La eficiencia del grupo  
 $Q_u$  = Carga ultima de cada pilote

Tenemos varios criterios para el calculo de la eficiencia de grupo :

Ecuación de Converse-Labarre

$$\eta = 1 - \left[ \frac{(n_1 - 1)n_2 + (n_2 - 1)n_1}{90n_1n_2} \right] \theta$$

donde  $\theta(\text{grados}) = \tan^{-1}(D/d)$

Ecuación de Los Ángeles  
 Group Action

$$\eta = 1 - \frac{D}{\pi d n_1 n_2} [n_1(n_2 - 1) + n_2(n_1 - 1) + \sqrt{2}(n_1 - 1)(n_2 - 1)]$$

Ecuación de Seiler-Keeney  
 (Seiler y Keeney, 1944)

$$\eta = \left\{ 1 - \left[ \frac{11d}{7(d^2 - 1)} \right] \left[ \frac{n_1 + n_2 - 2}{n_1 + n_2 - 1} \right] \right\} + \frac{0.3}{n_1 + n_2}$$

donde  $d$  está en pies

siendo :

$d$ =	3.75 Separacion > 2.5D, en m
$\theta$ =	17.74 ArcTn(D/d)
$n_1$ =	3 Numero de Fila
$n_2$ =	5 Numero de columnas
$\sum Q_u$ =	13317.9 Tn

#### CALCULO DE EFICIENCIA ( $\eta$ )

Ecuacion Converse -Labarre :

$$\eta (1) = 0.711$$

Ecuacion de los Angeles (Group Action)

$$\eta (2) = 0.774$$

#### CALCULO CAP. ADM. DEL GRUPO

Según ( $\eta$ ) de Converse -Labarre :

$$Q_{g(u)} = 9466.8 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 3786.7 \text{ Tn}$$

Según ( $\eta$ ) de los Angeles (Group Action) :

$$Q_{g(u)} = 10305.2 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 4122.1 \text{ Tn}$$

Ecuacion de Seiler Keeney (1944)

$$n_r(3) = 0.927$$

Según ( $\eta$ ) de Seiler Keeney (1944) :

$$\begin{aligned} Q_g(u) &= 12349.7 \text{ Tn} \\ Q_g(u)_{adm} &= 4939.9 \text{ Tn} \end{aligned}$$

$$Q_f(\text{promedio}) = 4282.88 \text{ Tn}$$

### CALCULO DEL ASENTAMIENTO DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo del asentamiento del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion según Vesic (1969) :

$$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$$

Donde :

$$\begin{aligned} S_{g(e)} &= \text{Asentamiento elastico del grupo de pilotes.} \\ B_{(g)} &= \text{Ancho de la seccion del grupo de pilotes.} \\ D &= \text{Ancho o diametro de cada pilote en el grupo} \\ S_{(e)} &= \text{Asentamiento elastico de cada pilote.} \end{aligned}$$

$$B_{(g)} = 9 \text{ m}$$

$$S_{g(e)} = 1.97 \text{ cm}$$

**PROYECTO:** ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL PERFIL DE LA AV. SANTA ROSA (RUTA PE-20-I)  
**CLIENTE:** MTC  
**FECHA:** 9/05/2019  
**SECTOR:** 0+734.00 0+784.00 VIADUCTO COSTANERA

ESTRATO	Z (m)	Ø (Grados)	γ (Tn/m <sup>3</sup> )	C (Tn/m <sup>2</sup> )	q (Tn/m <sup>2</sup> )	pΔL
A	3.8	14.1	1.369	0.98420	5.20	17.91
B	2.7	34.89	2.064	4.60000	5.57	12.72
C	4.5	37.92	2.144	6.87500	9.65	21.21
L =	11		1.857		20.42	51.84

$$D = 1.50 \quad r = 0.75$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR PUNTA (Qp = Ap \* Rp)

$$ZAS = 3D$$

$$ZAI = 3D$$

$$ZDS = 3D$$

$$N = 3.7 \quad (\varnothing < 32 \text{ cm})$$

$$N = 2.7 \quad (\varnothing > 32 \text{ cm})$$

$$NTn\varnothing = 2.10$$

$$\varnothing = 38$$

$$Tn\varnothing = 0.78$$

Rp = Resistencia unitaria por punta

$$\text{Sen}\varnothing = 0.61$$

Ap = Area de la base o punta

$$q = \sum \gamma_i Z_i \quad (\text{Presion de sobrecargas hasta la cota de punta})$$

$$N^*q = 10^{NTn\varnothing} \quad (\text{Ec. Caquot y Keresel})$$

$$N^*q = 126.87 \quad (\text{Factor de capacidad de carga})$$

$$q = 20.42 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$N^*c = (N^*q + 1) \cot\phi$$

$$N^*c = 164.14$$

$$c = 6.88 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$R_p = (qN^*q + cN^*c) \quad (\text{Resistencia unitaria por punta})$$

$$R_p = 3719.30 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p = 1.77 \quad \text{m}^2$$

$$Q_p = A_p R_p \quad (\text{Carga ultima por punta})$$

$$Q_p = 6572.55 \quad \text{Tn}$$

Dicho valor no debe sobrepasar el valor limite Ap \* ql

$$Q_p = A_p R_p \leq A_p (0.5 P_a + N^*q Tn\varnothing)$$

$$P_a = 100 \quad \text{kpa} \quad \text{presion atmosferica}$$

$$q_l = 4941.55 \quad \text{kpa}$$

$$q_l = 503.73 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p * q_l = 890.16 \quad \text{Tn}$$

$$Q_p = 890.16 \quad \text{Tn}$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR FUSTE (Qf)

$$Q_f = \sum p \Delta L R_f$$

p = Perimetro de la seccion del pilote

ΔL = Longitud incremental del pilote

Rf = Resistencia unitaria por friccion a cualquier profundidad

$$R_f = K \sigma'_v \tan \delta$$

K = Coeficiente de presion de tierra

σ'₀ = Esfuerzo efectivo a la profundidad bajo consideracion

δ = Angulo de friccion suelo-pilote

$$p = 4.71 \text{ m}$$

$$K = (1 - \text{Sen}\varnothing) = 0.39$$

$$L' = < 15D = 11.00$$

$$\sigma'_v = \gamma L' = 20.42$$

$$\delta = (0.5\varnothing \text{ a } 0.8\varnothing) = 30.3353623$$

$$\tan \delta = 0.59$$

Evaluacion de Rf

Para  $Z = 0 \quad R_f = 0$

$$Z = 11 \quad R_f = 4.61$$

$$Q_f = 119.388 \quad T_n$$

Según Coyle y Castillo (1981)

$$Q_f = K \bar{\sigma}_0 \tan(0.8 \varphi') pL$$

$$\bar{\sigma}_0 = 10.21 \quad Tn/m^2$$

$$L/D = 7.333333333$$

$$K = 2.05$$

$$Q_f = 634.96 \quad Tn$$

$$Q_f \text{ (promedio)} = 377.172 \quad Tn$$

#### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA Y CAPACIDAD ADMISIBLE

$$Q_u = Q_p + Q_f = 1267.33 \quad Tn$$

$$F_s = 2.5$$

$$Q_{adm} = Q_u / F_s = 506.93 \quad Tn$$

#### CALCULO DE ASENTAMIENTOS

a) Asentamiento Elastico del pilote (S1)

$$S_1 = ((Q_p + \epsilon Q_f) L) / AE$$

$$\epsilon = 0.67$$

$$E_c = (\text{Modulo de elasticidad del concreto})$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad Kg/m^2$$

$$A = \text{Area de la seccion transversal del pilote} \quad 1.77 \quad m^2$$

$$L = \text{Longitud del pilote}$$

$$S_1 = 0.0000025 \quad 0.003 \quad cm$$

b) Asentamiento causado por carga en la punta del pilote (S2)

$$S_2 = (q_{wp} * D * (1 - \mu^2)) * l_{wp} / E_s$$

$$q_{wp} = 503.73 \quad \text{Carga en la punta por area unitaria (Tn/m}^2\text{)}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote (m)}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$\mu^2 = 0.11$$

$$E_s = \text{Mod. de elasticidad del suelo debajo del pilote}$$

$$E_s = 5.00E+05 \quad Kg/m^2$$

$$l_{wp} = 0.85 \quad \text{Factor de influencia por punta}$$

$$S_2 = 0.0011 \quad 1.145 \quad cm$$

c) Asentamiento por fuste (S3)

$$S_3 = (Q_{ws} / pL) (D/E) (1 - u^2) * l_{ws}$$

$$Q_{ws} = 377.17 \quad \text{Carga por resistencia superficial}$$

$$p = 4.71 \quad \text{Perimetro del pilote}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$L = 11.00 \quad \text{Longitud del pilote}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote}$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad \text{Modulo de elasticidad del concreto}$$

$$l_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{L/D} \quad \text{Factor de influencia por fuste (Vesic 1977)}$$

$$l_{ws} = 2.95$$

$$S_3 = 0.00006 \quad 0.0573393 \quad cm$$

$$S(\text{Total}) = 1.20 \quad cm$$

#### VERIFICACION DE CARGA

a) Carga de la cimentacion al pilote

Presion maxima (Tn/m2) =	17.2
Diametro pilote (m) =	1.2
Espaciamiento (m) =	3.75
Area efectiva (m2) =	14.0625
Carga efectiva (Ton) =	242.0

b) Capacidad de carga admisible del pilote

$$Q_{adm} = 506.93 \text{ ton}$$

c) Capacidad de carga admisible del pilote

$$\text{Verificacion por capacidad carga} = 0.48 \leq 1$$

### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo de capacidad ultima del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion :

$$Q_{g(u)} = \eta \sum Q_u$$

siendo

$\eta$  = La eficiencia del grupo  
 $Q_u$  = Carga ultima de cada pilote

Tenemos varios criterios para el calculo de la eficiencia de grupo :

Ecuación de Converse-Labarre

$$\eta = 1 - \left[ \frac{(n_1 - 1)n_2 + (n_2 - 1)n_1}{90n_1n_2} \right] \theta$$

donde  $\theta(\text{grados}) = \tan^{-1}(D/d)$

Ecuación de Los Ángeles  
 Group Action

$$\eta = 1 - \frac{D}{\pi d n_1 n_2} [n_1(n_2 - 1) + n_2(n_1 - 1) + \sqrt{2}(n_1 - 1)(n_2 - 1)]$$

Ecuación de Seiler-Keeney  
 (Seiler y Keeney, 1944)

$$\eta = \left\{ 1 - \left[ \frac{11d}{7(d^2 - 1)} \right] \left[ \frac{n_1 + n_2 - 2}{n_1 + n_2 - 1} \right] \right\} + \frac{0.3}{n_1 + n_2}$$

donde  $d$  está en pies

siendo :

$d$ =	3.75 Separacion > 2.5D, en m
$\theta$ =	17.74 ArcTn(D/d)
$n_1$ =	3 Numero de Fila
$n_2$ =	5 Numero de columnas
$\sum Q_u$ =	19009.9 Tn

#### CALCULO DE EFICIENCIA ( $\eta$ )

Ecuacion Converse -Labarre :

$$\eta (1) = 0.711$$

Ecuacion de los Angeles (Group Action)

$$\eta (2) = 0.774$$

#### CALCULO CAP. ADM. DEL GRUPO

Según ( $\eta$ ) de Converse -Labarre :

$$Q_{g(u)} = 13512.8 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 5405.1 \text{ Tn}$$

Según ( $\eta$ ) de los Angeles (Group Action) :

$$Q_{g(u)} = 14709.5 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 5883.8 \text{ Tn}$$

Ecuacion de Seiler Keeney (1944)

$$n_r(3) = 0.927$$

Según ( $\eta$ ) de Seiler Keeney (1944) :

$$\begin{aligned} Q_g(u) &= 17627.9 \text{ Tn} \\ Q_g(u)_{adm} &= 7051.2 \text{ Tn} \end{aligned}$$

$$Q_f(\text{promedio}) = 6113.36 \text{ Tn}$$

### CALCULO DEL ASENTAMIENTO DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo del asentamiento del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion según Vesic (1969) :

$$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$$

Donde :

$$\begin{aligned} S_{g(e)} &= \text{Asentamiento elastico del grupo de pilotes.} \\ B_{(g)} &= \text{Ancho de la seccion del grupo de pilotes.} \\ D &= \text{Ancho o diametro de cada pilote en el grupo} \\ S_{(e)} &= \text{Asentamiento elastico de cada pilote.} \end{aligned}$$

$$B_{(g)} = 9 \text{ m}$$

$$S_{g(e)} = 3.24 \text{ cm}$$



**PROYECTO:** ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL PERFIL DE LA AV. SANTA ROSA (RUTA PE-20-I)  
**CLIENTE:** MTC  
**FECHA:** 9/05/2019  
**SECTOR:** 0+828.00 0+872.00 VIADUCTO COSTANERA

ESTRATO	Z (m)	Ø (Grados)	γ (Tn/m <sup>3</sup> )	C (Tn/m <sup>2</sup> )	q (Tn/m <sup>2</sup> )	pΔL
A	5.3	14.1	1.369	0.98420	7.26	24.98
B	1.3	31.73	1.968	2.32500	2.56	6.13
C	5.4	32.83	2.004	3.10500	10.82	25.45
L =	12		1.720		20.63	56.55

$$D = 1.50 \quad r = 0.75$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR PUNTA (Qp = Ap \* Rp)

$$ZAS = 3D$$

$$ZAI = 3D$$

$$ZDS = 3D$$

$$N = 3.7 \quad (\text{Ø} < 32 \text{ cm})$$

$$N = 2.7 \quad (\text{Ø} > 32 \text{ cm})$$

$$NTn\text{Ø} = 1.74$$

$$\text{Ø} = 33$$

$$Tn\text{Ø} = 0.65$$

Rp = Resistencia unitaria por punta

$$\text{Sen}\text{Ø} = 0.54$$

Ap = Area de la base o punta

$$q = \sum \gamma_i Z_i \quad (\text{Presion de sobrecargas hasta la cota de punta})$$

$$N^*q = 10^{NTn\text{Ø}} \quad (\text{Ec. Caquot y Keresel})$$

$$N^*q = 55.21 \quad (\text{Factor de capacidad de carga})$$

$$q = 20.63 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$N^*c = (N^*q + 1) \cot\phi$$

$$N^*c = 87.12$$

$$c = 3.11 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$R_p = (qN^*q + cN^*c) \quad (\text{Resistencia unitaria por punta})$$

$$R_p = 1409.67 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p = 1.77 \quad \text{m}^2$$

$$Q_p = A_p R_p \quad (\text{Carga ultima por punta})$$

$$Q_p = 2491.09 \quad \text{Tn}$$

Dicho valor no debe sobrepasar el valor limite Ap \* ql

$$Q_p = A_p R_p \leq A_p (0.5 P_a + N^*q Tn\phi)$$

$$P_a = 100 \quad \text{kpa} \quad \text{presion atmosferica}$$

$$q_l = 1780.89 \quad \text{kpa}$$

$$q_l = 181.54 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p * q_l = 320.80 \quad \text{Tn}$$

$$Q_p = 320.80 \quad \text{Tn}$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR FUSTE (Qf)

$$Q_f = \sum p \Delta L R_f$$

p = Perimetro de la seccion del pilote

ΔL = Longitud incremental del pilote

Rf = Resistencia unitaria por friccion a cualquier profundidad

$$R_f = K \sigma'_v \tan \delta$$

K = Coeficiente de presion de tierra

σ'₀ = Esfuerzo efectivo a la profundidad bajo consideracion

δ = Angulo de friccion suelo-pilote

$$p = 4.71 \text{ m}$$

$$K = (1 - \text{Sen}\text{Ø}) = 0.46$$

$$L' = < 15D = 12.00$$

$$\sigma'_v = \gamma L' = 20.63$$

$$\delta = (0.5\text{Ø} \text{ a } 0.8\text{Ø}) = 26.26342998$$

$$\tan \delta = 0.49$$

Evaluacion de Rf

Para  $Z = 0 \quad R_f = 0$

$$Z = 12 \quad R_f = 4.66$$

$$Q_f = 131.814 \quad T_n$$

Según Coyle y Castillo (1981)

$$Q_f = K \bar{\sigma}_0 \tan(0.8 \varphi') pL$$

$$\bar{\sigma}_0 = 10.32 \quad Tn/m^2$$

$$L/D = 8$$

$$K = 2.05$$

$$Q_f = 590.18 \quad Tn$$

$$Q_f \text{ (promedio)} = 360.996 \quad Tn$$

#### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA Y CAPACIDAD ADMISIBLE

$$Q_u = Q_p + Q_f = 681.80 \quad Tn$$

$$F_s = 2.5$$

$$Q_{adm} = Q_u / F_s = 272.72 \quad Tn$$

#### CALCULO DE ASENTAMIENTOS

a) Asentamiento Elastico del pilote (S1)

$$S_1 = ((Q_p + \epsilon Q_f) L) / AE$$

$$\epsilon = 0.67$$

$$E_c = \text{(Modulo de elasticidad del concreto)}$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad Kg/m^2$$

$$A = \text{Area de la seccion transversal del pilote} \quad 1.77 \quad m^2$$

$$L = \text{Longitud del pilote}$$

$$S_1 = 0.000014 \quad 0.001 \quad cm$$

b) Asentamiento causado por carga en la punta del pilote (S2)

$$S_2 = (q_{wp} * D * (1 - \mu^2)) * l_{wp} / E_s$$

$$q_{wp} = 181.54 \quad \text{Carga en la punta por area unitaria (Tn/m}^2\text{)}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote (m)}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$\mu^2 = 0.11$$

$$E_s = \text{Mod. de elasticidad del suelo debajo del pilote}$$

$$E_s = 5.00E+05 \quad Kg/m^2$$

$$l_{wp} = 0.85 \quad \text{Factor de influencia por punta}$$

$$S_2 = 0.000413 \quad 0.413 \quad cm$$

c) Asentamiento por fuste (S3)

$$S_3 = (Q_{ws} / pL) (D/E) (1 - u^2) * l_{ws}$$

$$Q_{ws} = 361.00 \quad \text{Carga por resistencia superficial}$$

$$p = 4.71 \quad \text{Perimetro del pilote}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$L = 12.00 \quad \text{Longitud del pilote}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote}$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad \text{Modulo de elasticidad del concreto}$$

$$l_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{L/D} \quad \text{Factor de influencia por fuste (Vesic 1977)}$$

$$l_{ws} = 2.99$$

$$S_3 = 0.00005 \quad 0.0510259 \quad cm$$

$$S(\text{Total}) = 0.46 \quad cm$$

#### VERIFICACION DE CARGA

a) Carga de la cimentacion al pilote

Presion maxima (Tn/m2) =	17.2
Diametro pilote (m) =	1.2
Espaciamiento (m) =	3.75
Area efectiva (m2) =	14.0625
Carga efectiva (Ton) =	242.0

b) Capacidad de carga admisible del pilote

$$Q_{adm} = 272.72 \text{ ton}$$

c) Capacidad de carga admisible del pilote

$$\text{Verificacion por capacidad carga} = 0.89 \leq 1$$

### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo de capacidad ultima del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion :

$$Q_{g(u)} = \eta \sum Q_u$$

siendo

$\eta$  = La eficiencia del grupo  
 $Q_u$  = Carga ultima de cada pilote

Tenemos varios criterios para el calculo de la eficiencia de grupo :

Ecuación de Converse-Labarre

$$\eta = 1 - \left[ \frac{(n_1 - 1)n_2 + (n_2 - 1)n_1}{90n_1n_2} \right] \theta$$

donde  $\theta(\text{grados}) = \tan^{-1}(D/d)$

Ecuación de Los Ángeles  
 Group Action

$$\eta = 1 - \frac{D}{\pi d n_1 n_2} [n_1(n_2 - 1) + n_2(n_1 - 1) + \sqrt{2}(n_1 - 1)(n_2 - 1)]$$

Ecuación de Seiler-Keeney  
 (Seiler y Keeney, 1944)

$$\eta = \left\{ 1 - \left[ \frac{11d}{7(d^2 - 1)} \right] \left[ \frac{n_1 + n_2 - 2}{n_1 + n_2 - 1} \right] \right\} + \frac{0.3}{n_1 + n_2}$$

donde  $d$  está en pies

siendo :

$d$ =	3.75 Separacion > 2.5D, en m
$\theta$ =	17.74 ArcTn(D/d)
$n_1$ =	3 Numero de Fila
$n_2$ =	5 Numero de columnas
$\sum Q_u$ =	10227.0 Tn

#### CALCULO DE EFICIENCIA ( $\eta$ )

Ecuacion Converse -Labarre :

$$\eta (1) = 0.711$$

Ecuacion de los Angeles (Group Action)

$$\eta (2) = 0.774$$

#### CALCULO CAP. ADM. DEL GRUPO

Según ( $\eta$ ) de Converse -Labarre :

$$Q_{g(u)} = 7269.6 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 2907.9 \text{ Tn}$$

Según ( $\eta$ ) de los Angeles (Group Action) :

$$Q_{g(u)} = 7913.4 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 3165.4 \text{ Tn}$$

Ecuacion de Seiler Keeney (1944)

$$n_r(3) = 0.927$$

Según ( $\eta$ ) de Seiler Keeney (1944) :

$$\begin{aligned} Qg(u) &= 9483.5 \text{ Tn} \\ Qg(u)_{adm} &= 3793.4 \text{ Tn} \end{aligned}$$

$$Q_f(\text{promedio}) = 3288.87 \text{ Tn}$$

### CALCULO DEL ASENTAMIENTO DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo del asentamiento del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion según Vesic (1969) :

$$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$$

Donde :

$$\begin{aligned} S_{g(e)} &= \text{Asentamiento elastico del grupo de pilotes.} \\ B_{(g)} &= \text{Ancho de la seccion del grupo de pilotes.} \\ D &= \text{Ancho o diametro de cada pilote en el grupo} \\ S_{(e)} &= \text{Asentamiento elastico de cada pilote.} \end{aligned}$$

$$B_{(g)} = 9 \text{ m}$$

$$S_{g(e)} = 1.25 \text{ cm}$$

**PROYECTO:** ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL PERFIL DE LA AV. SANTA ROSA (RUTA PE-20-I)  
**CLIENTE:** MTC  
**FECHA:** 9/05/2019  
**SECTOR:** 0+916.00 0+960.00 VIADUCTO COSTANERA

ESTRATO	Z (m)	Ø (Grados)	γ (Tn/m <sup>3</sup> )	C (Tn/m <sup>2</sup> )	q (Tn/m <sup>2</sup> )	pΔL
A	4.4	10.18	1.457	0.98420	6.41	20.73
B	1.6	32.92	2.007	3.17000	3.21	7.54
C	5	33.73	2.031	3.75500	10.16	23.56
L =	11		1.798		19.78	51.84

$$D = 1.50 \quad r = 0.75$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR PUNTA (Qp = Ap \* Rp)

$$ZAS = 3D$$

$$ZAI = 3D$$

$$ZDS = 3D$$

$$N = 3.7 \quad (\text{Ø} < 32 \text{ cm})$$

$$N = 2.7 \quad (\text{Ø} > 32 \text{ cm})$$

$$NTn\text{Ø} = 1.80$$

$$\text{Ø} = 34$$

$$Tn\text{Ø} = 0.67$$

Rp = Resistencia unitaria por punta

$$\text{Sen}\text{Ø} = 0.56$$

Ap = Area de la base o punta

$$q = \sum_i \gamma_i Z_i \quad (\text{Presion de sobrecargas hasta la cota de punta})$$

$$N^*q = 10^{NTn\text{Ø}} \quad (\text{Ec. Caquot y Keresel})$$

$$N^*q = 63.54 \quad (\text{Factor de capacidad de carga})$$

$$q = 19.78 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$N^*c = (N^*q + 1) \cot\phi$$

$$N^*c = 96.64$$

$$c = 3.76 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$R_p = (qN^*q + cN^*c) \quad (\text{Resistencia unitaria por punta})$$

$$R_p = 1619.48 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p = 1.77 \quad \text{m}^2$$

$$Q_p = A_p R_p \quad (\text{Carga ultima por punta})$$

$$Q_p = 2861.85 \quad \text{Tn}$$

Dicho valor no debe sobrepasar el valor limite Ap \* ql

$$Q_p = A_p R_p \leq A_p (0.5 P_a + N^*q Tn\phi)$$

$$P_a = 100 \quad \text{kpa} \quad \text{presion atmosferica}$$

$$q_l = 2121.49 \quad \text{kpa}$$

$$q_l = 216.26 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p * q_l = 382.16 \quad \text{Tn}$$

$$Q_p = 382.16 \quad \text{Tn}$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR FUSTE (Qf)

$$Q_f = \sum p \Delta L R_f$$

p = Perimetro de la seccion del pilote

ΔL = Longitud incremental del pilote

Rf = Resistencia unitaria por friccion a cualquier profundidad

$$R_f = K \sigma'_v \tan \delta$$

K = Coeficiente de presion de tierra

σ'₀ = Esfuerzo efectivo a la profundidad bajo consideracion

δ = Angulo de friccion suelo-pilote

$$p = 4.71 \text{ m}$$

$$K = (1 - \text{Sen}\text{Ø}) = 0.44$$

$$L' = < 15D = 11.00$$

$$\sigma'_v = \gamma L' = 19.78$$

$$\delta = (0.5\text{Ø} \text{ a } 0.8\text{Ø}) = 26.98766008$$

$$\tan \delta = 0.51$$

Evaluacion de Rf

Para  $Z = 0 \quad R_f = 0$

$$Z = 11 \quad R_f = 4.48$$

$$Q_f = 116.070 \quad T_n$$

Según Coyle y Castillo (1981)

$$Q_f = K \bar{\sigma}_0 \tan(0.8 \varphi') pL$$

$$\bar{\sigma}_0 = 9.89 \quad Tn/m^2$$

$$L/D = 7.333333333$$

$$K = 2.05$$

$$Q_f = 535.12 \quad Tn$$

$$Q_f \text{ (promedio)} = 325.595 \quad Tn$$

#### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA Y CAPACIDAD ADMISIBLE

$$Q_u = Q_p + Q_f = 707.75 \quad Tn$$

$$F_s = 2.5$$

$$Q_{adm} = Q_u / F_s = 283.10 \quad Tn$$

#### CALCULO DE ASENTAMIENTOS

a) Asentamiento Elastico del pilote (S1)

$$S_1 = ((Q_p + \epsilon Q_f) L) / AE$$

$$\epsilon = 0.67$$

$$E_c = (\text{Modulo de elasticidad del concreto})$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad Kg/m^2$$

$$A = \text{Area de la seccion transversal del pilote} \quad 1.77 \quad m^2$$

$$L = \text{Longitud del pilote}$$

$$S_1 = 0.000013 \quad 0.001 \quad cm$$

b) Asentamiento causado por carga en la punta del pilote (S2)

$$S_2 = (q_{wp} * D * (1 - \mu^2)) * l_{wp} / E_s$$

$$q_{wp} = 216.26 \quad \text{Carga en la punta por area unitaria (Tn/m}^2\text{)}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote (m)}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$\mu^2 = 0.11$$

$$E_s = \text{Mod. de elasticidad del suelo debajo del pilote}$$

$$E_s = 5.00E+05 \quad Kg/m^2$$

$$l_{wp} = 0.85 \quad \text{Factor de influencia por punta}$$

$$S_2 = 0.00049 \quad 0.491 \quad cm$$

c) Asentamiento por fuste (S3)

$$S_3 = (Q_{ws} / pL) (D/E) (1 - u^2) * l_{ws}$$

$$Q_{ws} = 325.60 \quad \text{Carga por resistencia superficial}$$

$$p = 4.71 \quad \text{Perimetro del pilote}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$L = 11.00 \quad \text{Longitud del pilote}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote}$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad \text{Modulo de elasticidad del concreto}$$

$$l_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{L/D} \quad \text{Factor de influencia por fuste (Vesic 1977)}$$

$$l_{ws} = 2.95$$

$$S_3 = 0.00005 \quad 0.0494983 \quad cm$$

$$S(\text{Total}) = 0.54 \quad cm$$

#### VERIFICACION DE CARGA

a) Carga de la cimentacion al pilote

Presion maxima (Tn/m2) =	17.2
Diametro pilote (m) =	1.2
Espaciamiento (m) =	3.75
Area efectiva (m2) =	14.0625
Carga efectiva (Ton) =	242.0

b) Capacidad de carga admisible del pilote

$$Q_{adm} = 283.10 \text{ ton}$$

c) Capacidad de carga admisible del pilote

$$\text{Verificacion por capacidad carga} = 0.85 \leq 1$$

### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo de capacidad ultima del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion :

$$Q_{g(u)} = \eta \sum Q_u$$

siendo

$\eta$  = La eficiencia del grupo  
 $Q_u$  = Carga ultima de cada pilote

Tenemos varios criterios para el calculo de la eficiencia de grupo :

Ecuación de Converse-Labarre

$$\eta = 1 - \left[ \frac{(n_1 - 1)n_2 + (n_2 - 1)n_1}{90n_1n_2} \right] \theta$$

donde  $\theta(\text{grados}) = \tan^{-1}(D/d)$

Ecuación de Los Ángeles  
 Group Action

$$\eta = 1 - \frac{D}{\pi d n_1 n_2} [n_1(n_2 - 1) + n_2(n_1 - 1) + \sqrt{2}(n_1 - 1)(n_2 - 1)]$$

Ecuación de Seiler-Keeney  
 (Seiler y Keeney, 1944)

$$\eta = \left\{ 1 - \left[ \frac{11d}{7(d^2 - 1)} \right] \left[ \frac{n_1 + n_2 - 2}{n_1 + n_2 - 1} \right] \right\} + \frac{0.3}{n_1 + n_2}$$

donde  $d$  está en pies

siendo :

$d$ =	3.75 Separacion > 2.5D, en m
$\theta$ =	17.74 ArcTn(D/d)
$n_1$ =	3 Numero de Fila
$n_2$ =	5 Numero de columnas
$\sum Q_u$ =	10616.3 Tn

#### CALCULO DE EFICIENCIA ( $\eta$ )

Ecuacion Converse -Labarre :

$$\eta (1) = 0.711$$

Ecuacion de los Angeles (Group Action)

$$\eta (2) = 0.774$$

#### CALCULO CAP. ADM. DEL GRUPO

Según ( $\eta$ ) de Converse -Labarre :

$$Q_{g(u)} = 7546.4 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 3018.5 \text{ Tn}$$

Según ( $\eta$ ) de los Angeles (Group Action) :

$$Q_{g(u)} = 8214.7 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 3285.9 \text{ Tn}$$

Ecuacion de Seiler Keeney (1944)

$$n_r(3) = 0.927$$

Según ( $\eta$ ) de Seiler Keeney (1944) :

$$\begin{aligned} Qg(u) &= 9844.5 \text{ Tn} \\ Qg(u)_{adm} &= 3937.8 \text{ Tn} \end{aligned}$$

$$Q_f(\text{promedio}) = 3414.07 \text{ Tn}$$

### CALCULO DEL ASENTAMIENTO DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo del asentamiento del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion según Vesic (1969) :

$$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$$

Donde :

$$\begin{aligned} S_{g(e)} &= \text{Asentamiento elastico del grupo de pilotes.} \\ B_{(g)} &= \text{Ancho de la seccion del grupo de pilotes.} \\ D &= \text{Ancho o diametro de cada pilote en el grupo} \\ S_{(e)} &= \text{Asentamiento elastico de cada pilote.} \end{aligned}$$

$$B_{(g)} = 9 \text{ m}$$

$$S_{g(e)} = 1.46 \text{ cm}$$



**PROYECTO:** ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL PERFIL DE LA AV. SANTA ROSA (RUTA PE-20-I)  
**CLIENTE:** MTC  
**FECHA:** 9/05/2019  
**SECTOR:** 1+010.00 1+061.00 VIADUCTO COSTANERA

ESTRATO	Z (m)	Ø (Grados)	γ (Tn/m <sup>3</sup> )	C (Tn/m <sup>2</sup> )	q (Tn/m <sup>2</sup> )	pΔL
A	1.2	10.18	1.457	0.98420	1.75	5.65
B	4.8	31.08	1.946	1.87000	9.34	22.62
C	5	34.98	2.067	4.66500	10.33	23.56
L =	11		1.948		21.42	51.84

$$D = 1.50 \quad r = 0.75$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR PUNTA (Qp = Ap \* Rp)

$$ZAS = 3D$$

$$ZAI = 3D$$

$$ZDS = 3D$$

$$N = 3.7 \quad (\text{Ø} < 32 \text{ cm})$$

$$N = 2.7 \quad (\text{Ø} > 32 \text{ cm})$$

$$NTn\text{Ø} = 1.89$$

$$\text{Ø} = 35$$

$$Tn\text{Ø} = 0.70$$

Rp = Resistencia unitaria por punta

$$\text{Sen}\text{Ø} = 0.57$$

Ap = Area de la base o punta

$$q = \sum_i \gamma_i Z_i \quad (\text{Presion de sobrecargas hasta la cota de punta})$$

$$N^*q = 10^{NTn\text{Ø}} \quad (\text{Ec. Caquot y Keresel})$$

$$N^*q = 77.51 \quad (\text{Factor de capacidad de carga})$$

$$q = 21.42 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$N^*c = (N^*q + 1) \cot\phi$$

$$N^*c = 112.19$$

$$c = 4.67 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$R_p = (qN^*q + cN^*c) \quad (\text{Resistencia unitaria por punta})$$

$$R_p = 2183.78 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p = 1.77 \quad \text{m}^2$$

$$Q_p = A_p R_p \quad (\text{Carga ultima por punta})$$

$$Q_p = 3859.05 \quad \text{Tn}$$

Dicho valor no debe sobrepasar el valor limite Ap \* ql

$$Q_p = A_p R_p \leq A_p (0.5 P_a + N^*q Tn\phi)$$

$$P_a = 100 \quad \text{kpa} \quad \text{presion atmosferica}$$

$$q_l = 2711.77 \quad \text{kpa}$$

$$q_l = 276.43 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$A_p * q_l = 488.49 \quad \text{Tn}$$

$$Q_p = 488.49 \quad \text{Tn}$$

### CALCULO DE CAPACIDAD POR FUSTE (Qf)

$$Q_f = \sum p \Delta L R_f$$

p = Perimetro de la seccion del pilote

ΔL = Longitud incremental del pilote

Rf = Resistencia unitaria por friccion a cualquier profundidad

$$R_f = K \sigma'_v \tan \delta$$

K = Coeficiente de presion de tierra

σ'₀ = Esfuerzo efectivo a la profundidad bajo consideracion

δ = Angulo de friccion suelo-pilote

$$p = 4.71 \text{ m}$$

$$K = (1 - \text{Sen}\text{Ø}) = 0.43$$

$$L' = < 15D = 11.00$$

$$\sigma'_v = \gamma L' = 21.42$$

$$\delta = (0.5\text{Ø} \text{ a } 0.8\text{Ø}) = 27.98606125$$

$$\tan \delta = 0.53$$

Evaluacion de Rf

Para  $Z = 0 \quad R_f = 0$

$$Z = 11 \quad R_f = 4.86$$

$$Q_f = 125.891 \quad T_n$$

Según Coyle y Castillo (1981)

$$Q_f = K \bar{\sigma}_0 \tan(0.8 \varphi') pL$$

$$\bar{\sigma}_0 = 10.71 \quad Tn/m^2$$

$$L/D = 7.333333333$$

$$K = 2.05$$

$$Q_f = 604.86 \quad Tn$$

$$Q_f \text{ (promedio)} = 365.375 \quad Tn$$

#### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA Y CAPACIDAD ADMISIBLE

$$Q_u = Q_p + Q_f = 853.87 \quad Tn$$

$$F_s = 2.5$$

$$Q_{adm} = Q_u / F_s = 341.55 \quad Tn$$

#### CALCULO DE ASENTAMIENTOS

a) Asentamiento Elastico del pilote (S1)

$$S_1 = ((Q_p + \epsilon Q_f) L) / AE$$

$$\epsilon = 0.67$$

$$E_c = (\text{Modulo de elasticidad del concreto})$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad Kg/m^2$$

$$A = \text{Area de la seccion transversal del pilote} \quad 1.77 \quad m^2$$

$$L = \text{Longitud del pilote}$$

$$S_1 = 0.000016 \quad 0.002 \quad cm$$

b) Asentamiento causado por carga en la punta del pilote (S2)

$$S_2 = (q_{wp} * D * (1 - \mu^2)) * l_{wp} / E_s$$

$$q_{wp} = 276.43 \quad \text{Carga en la punta por area unitaria (Tn/m}^2\text{)}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote (m)}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$\mu^2 = 0.11$$

$$E_s = \text{Mod. de elasticidad del suelo debajo del pilote}$$

$$E_s = 5.00E+05 \quad Kg/m^2$$

$$l_{wp} = 0.85 \quad \text{Factor de influencia por punta}$$

$$S_2 = 0.00063 \quad 0.628 \quad cm$$

c) Asentamiento por fuste (S3)

$$S_3 = (Q_{ws} / pL) (D/E) (1 - u^2) * l_{ws}$$

$$Q_{ws} = 365.37 \quad \text{Carga por resistencia superficial}$$

$$p = 4.71 \quad \text{Perimetro del pilote}$$

$$\mu = 0.33 \quad \text{Relacion de Poisson del suelo}$$

$$L = 11.00 \quad \text{Longitud del pilote}$$

$$D = 1.50 \quad \text{Diametro del pilote}$$

$$E_c = 2.80E+09 \quad \text{Modulo de elasticidad del concreto}$$

$$l_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{L/D} \quad \text{Factor de influencia por fuste (Vesic 1977)}$$

$$l_{ws} = 2.95$$

$$S_3 = 0.000056 \quad 0.0555458 \quad cm$$

$$S(\text{Total}) = 0.69 \quad cm$$

#### VERIFICACION DE CARGA

a) Carga de la cimentacion al pilote

Presion maxima (Tn/m2) =	17.2
Diametro pilote (m) =	1.2
Espaciamiento (m) =	3.75
Area efectiva (m2) =	14.0625
Carga efectiva (Ton) =	242.0

b) Capacidad de carga admisible del pilote

$$Q_{adm} = 341.55 \text{ ton}$$

c) Capacidad de carga admisible del pilote

$$\text{Verificacion por capacidad carga} = 0.71 \leq 1$$

### CALCULO DE CAPACIDAD ULTIMA DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo de capacidad ultima del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion :

$$Q_{g(u)} = \eta \sum Q_u$$

siendo

$\eta$  = La eficiencia del grupo  
 $Q_u$  = Carga ultima de cada pilote

Tenemos varios criterios para el calculo de la eficiencia de grupo :

Ecuación de Converse-Labarre

$$\eta = 1 - \left[ \frac{(n_1 - 1)n_2 + (n_2 - 1)n_1}{90n_1n_2} \right] \theta$$

donde  $\theta(\text{grados}) = \tan^{-1}(D/d)$

Ecuación de Los Ángeles  
 Group Action

$$\eta = 1 - \frac{D}{\pi d n_1 n_2} [n_1(n_2 - 1) + n_2(n_1 - 1) + \sqrt{2}(n_1 - 1)(n_2 - 1)]$$

Ecuación de Seiler-Keeney  
 (Seiler y Keeney, 1944)

$$\eta = \left\{ 1 - \left[ \frac{11d}{7(d^2 - 1)} \right] \left[ \frac{n_1 + n_2 - 2}{n_1 + n_2 - 1} \right] \right\} + \frac{0.3}{n_1 + n_2}$$

donde  $d$  está en pies

siendo :

$d$ =	3.75 Separacion > 2.5D, en m
$\theta$ =	17.74 ArcTn(D/d)
$n_1$ =	3 Numero de Fila
$n_2$ =	5 Numero de columnas
$\sum Q_u$ =	12808.0 Tn

#### CALCULO DE EFICIENCIA ( $\eta$ )

Ecuacion Converse -Labarre :

$$\eta (1) = 0.711$$

Ecuacion de los Angeles (Group Action)

$$\eta (2) = 0.774$$

#### CALCULO CAP. ADM. DEL GRUPO

Según ( $\eta$ ) de Converse -Labarre :

$$Q_{g(u)} = 9104.3 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 3641.7 \text{ Tn}$$

Según ( $\eta$ ) de los Angeles (Group Action) :

$$Q_{g(u)} = 9910.6 \text{ Tn}$$

$$Q_{g(u)adm} = 3964.2 \text{ Tn}$$

Ecuacion de Seiler Keeney (1944)

$$n_r(3) = 0.927$$

Según ( $\eta$ ) de Seiler Keeney (1944) :

$$\begin{aligned} Qg(u) &= 11876.8 \text{ Tn} \\ Qg(u)_{adm} &= 4750.7 \text{ Tn} \end{aligned}$$

$$Q_f(\text{promedio}) = 4118.88 \text{ Tn}$$

### CALCULO DEL ASENTAMIENTO DEL GRUPO DE PILOTES

Para el calculo del asentamiento del grupo de pilotes usamos la siguiente relacion según Vesic (1969) :

$$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$$

Donde :

$$\begin{aligned} S_{g(e)} &= \text{Asentamiento elastico del grupo de pilotes.} \\ B_{(g)} &= \text{Ancho de la seccion del grupo de pilotes.} \\ D &= \text{Ancho o diametro de cada pilote en el grupo} \\ S_{(e)} &= \text{Asentamiento elastico de cada pilote.} \end{aligned}$$

$$B_{(g)} = 9 \text{ m}$$

$$S_{g(e)} = 1.85 \text{ cm}$$