CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE - CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

TEORÍA ESTÁTICA Y ECUACIÓN GENERAL DE HANSEN, J. B. (1970), APROXIMACIÓN DINÁMICA POR RICHARDS, R. et al. (1993)

Proyecto: Adecuación de Escenarios "Unidad Deportiva de La Calle 42" - Ibagué

ZONA DE TRIBUNAS PARA PISCINAS

Cimentación tipo: Zapatas aisladas y cimientos corridos

Estrato de Arena limo-arcillosa con gravas — **Condición de carga**: CM + CVN | CM + CVM

B	L	Prof.	γ_{hum}	NF	H	γ_e	q'	Su	ϕ_u	k	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	q_{ult}	q_{adm} (kPa)		k_{SV}
m	m	D_f (m)	t/m³	m	m	t/m³	t/m²	t/m²	°											t/m²	FS_{ICP} = 3.0	FS_{ICP} = 2.5	kPa/m
1.00	1.00	2.00	1.70	0.0	0.50	0.70	1.4	4.4	0	1.1	1.0	5.1	0.0	0.20	1.00	0.60	0.44	1.00	1.00	38.3	125.4	150.5	24,268
1.40	1.40	2.00	1.70	0.0	0.70	0.70	1.4	4.4	0	1.0	1.0	5.1	0.0	0.20	1.00	0.60	0.38	1.00	1.00	37.0	121.1	145.3	23,431
1.60	1.60	2.00	1.70	0.0	0.80	0.70	1.4	4.4	0	0.9	1.0	5.1	0.0	0.20	1.00	0.60	0.36	1.00	1.00	36.4	119.2	143.0	23,066
2.00	2.00	2.00	1.70	0.0	1.00	0.70	1.4	4.4	0	1.0	1.0	5.1	0.0	0.20	1.00	0.60	0.40	1.00	1.00	37.4	122.2	146.7	23,658
1.00	8.00	1.00	1.70	0.0	0.50	0.70	0.7	4.4	0	1.0	1.0	5.1	0.0	0.03	1.00	0.95	0.40	1.00	1.00	32.7	107.1	128.5	18,896
1.20	9.60	1.00	1.70	0.0	0.60	0.70	0.7	4.4	0	0.8	1.0	5.1	0.0	0.03	1.00	0.95	0.33	1.00	1.00	31.2	102.2	122.6	18,031
1.40	11.20	1.00	1.70	0.0	0.70	0.70	0.7	4.4	0	0.7	1.0	5.1	0.0	0.03	1.00	0.95	0.29	1.00	1.00	30.2	98.7	118.4	17,413
1.60	12.80	1.00	1.70	0.0	0.80	0.70	0.7	4.4	0	0.6	1.0	5.1	0.0	0.03	1.00	1.0	0.25	1.00	1.00	29.4	96.0	115.3	16,949
																				Promedios:	111	134	20,714

Su, ϕ_u: Parámetros de resistencia para condición no drenada (Cohesión y Ángulo de fricción) - Esfuerzos totales.

ZONA DE GRADERÍAS Y EDIFICIO WUSHU

Cimentación tipo: Zapatas aisladas y cimientos corridos — **Análisis de Sismo** (Seudo-Estático): k_h = 0.20 k_v = 0.13

Estrato de Arena limo-arcillosa con gravas — **Condición de carga**: CM + CVN | CM + CVM | CM + CVN + Sismo

B	L	Prof.	γ_{hum}	NF	H	γ_e	q'	c'	ϕ'	k	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	q_{ult}	q_{adm} (kPa)			k_{SV}
m	m	D_f (m)	t/m³	m	m	t/m³	t/m²	t/m²	°											t/m²	FS_{ICP} = 3.0	FS_{ICP} = 2.5	FS_{ICP} = 1.5	kPa/m
1.00	1.00	2.50	1.80	0.0	0.91	0.80	2.0	0.50	33	1.2	24.6	37.0	22.5	1.66	1.54	0.60	1.48	1.32	1.00	151.0	493.8	592.6	335.9	61,392
1.50	1.50	2.50	1.80	0.0	1.37	0.80	2.0	0.50	33	1.0	24.6	37.0	22.5	1.66	1.54	0.60	1.41	1.28	1.00	148.4	485.4	582.5	342.6	60,350
2.00	2.00	2.50	1.80	0.0	1.82	0.80	2.0	0.50	33	0.9	24.6	37.0	22.5	1.66	1.54	0.60	1.36	1.24	1.00	146.7	479.8	575.7	349.4	59,650
2.50	2.50	2.50	1.80	0.0	2.28	0.80	2.0	0.50	33	1.0	24.6	37.0	22.5	1.66	1.54	0.60	1.40	1.27	1.00	152.9	499.8	599.8	356.2	62,142
1.50	12.00	2.50	1.80	0.0	1.37	0.80	2.0	0.50	33	1.0	24.6	37.0	22.5	1.08	1.07	0.95	1.41	1.28	1.00	108.4	354.4	425.3	243.0	36,397
2.00	16.00	2.50	1.80	0.0	1.82	0.80	2.0	0.50	33	0.9	24.6	37.0	22.5	1.08	1.07	0.95	1.36	1.24	1.00	109.7	358.6	430.3	253.7	36,828
2.50	20.00	2.50	1.80	0.0	2.28	0.80	2.0	0.50	33	1.0	24.6	37.0	22.5	1.08	1.07	0.95	1.40	1.27	1.00	116.3	380.2	456.2	264.5	39,045
3.00	24.00	2.50	1.80	0.0	2.73	0.80	2.0	0.50	33	0.8	24.6	37.0	22.5	1.08	1.07	1.0	1.33	1.23	1.00	116.8	382.0	458.4	275.2	39,234
																				Promedios:	429	515	303	49,380

c', ϕ': Parámetros de resistencia efectivos (intercepto de Cohesión y Ángulo de fricción) - Esfuerzos Efectivos.

Título H - NSR-10: Con los factores de seguridad mínimos indirectos por capacidad portante (FS_{ICP}) se satisfacen los básicos mínimo directos (FS_{BM}).

CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE - CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

TEORÍA ESTÁTICA Y ECUACIÓN GENERAL DE HANSEN, J. B. (1970), APROXIMACIÓN DINÁMICA POR RICHARDS, R. et al. (1993)

Proyecto: Adecuación de Escenarios "Unidad Deportiva de La Calle 42" - Ibagué

ZONA RAMPA DE ACCESO - MUROS LATERALES

Cimentación tipo: Zapatas aisladas y cimientos corridos

Análisis de Sismo (Seudo-Estático): k_h = 0.20 k_v = 0.13

Estrato de Arena limo-arcillosa con gravas

Condición de carga: CM + CVN | CM + CVM | CM + CVN + Sismo

B	L	Prof.	γ_{hum}	NF	H	γ_e	q'	c'	ϕ'	k	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	q_{ult}	q_{adm} (kPa)			k_{sv}
m	m	D_f (m)	t/m³	m	m	t/m³	t/m²	t/m²	°											t/m²	FS$_{ICP}$ = 3.0	FS$_{ICP}$ = 2.5	FS$_{ICP}$ = 1.5	kPa/m
2.00	2.00	1.00	1.80	0.0	1.80	0.80	0.8	0.5	32	0.5	23.2	35.5	20.8	1.65	1.53	0.60	1.20	1.14	1.00	77.5	253.3	304.0	195.8	42,739
2.20	2.20	1.00	1.80	0.0	1.98	0.80	0.8	0.5	32	0.5	23.2	35.5	20.8	1.65	1.53	0.60	1.18	1.13	1.00	77.6	253.7	304.4	198.3	42,799
2.40	2.40	1.00	1.80	0.0	2.16	0.80	0.8	0.5	32	0.4	23.2	35.5	20.8	1.65	1.53	0.60	1.17	1.12	1.00	77.8	254.5	305.4	200.8	42,940
2.60	2.60	1.00	1.80	0.0	2.35	0.80	0.8	0.5	32	0.4	23.2	35.5	20.8	1.65	1.53	0.60	1.15	1.11	1.00	78.2	255.7	306.8	203.2	43,145
0.80	6.40	1.00	1.80	0.0	0.72	0.80	0.8	0.5	32	0.9	23.2	35.5	20.8	1.08	1.07	0.95	1.36	1.25	1.00	57.1	186.6	223.9	127.4	44,071
1.00	8.00	1.00	1.80	0.0	0.90	0.80	0.8	0.5	32	1.0	23.2	35.5	20.8	1.08	1.07	0.95	1.40	1.28	1.00	60.0	196.2	235.4	131.3	46,346
1.20	9.60	1.00	1.80	0.0	1.08	0.80	0.8	0.5	32	0.8	23.2	35.5	20.8	1.08	1.07	0.95	1.33	1.23	1.00	59.4	194.2	233.0	135.3	45,875
1.40	11.20	1.00	1.80	0.0	1.26	0.80	0.8	0.5	32	0.7	23.2	35.5	20.8	1.08	1.07	1.0	1.29	1.20	1.00	59.4	194.3	233.1	139.2	45,887

c', **ϕ'**: Parámetros de resistencia efectivos (intercepto de Cohesión y Ángulo de fricción) - Esfuerzos Efectivos.

Promedio 223.5 | 268.3 | 166.4 | 42,906

Título H - NSR-10: Con los factores de seguridad mínimos indirectos por capacidad portante (FS$_{ICP}$) se satisfacen los básicos mínimo directos (FS$_{BM}$).

ZONA COLISEO MENOR (REFORZAMIENTO)

Cimentación tipo: Zapatas aisladas

Análisis de Sismo (Seudo-Estático): k_h = 0.20 k_v = 0.13

Estrato de Limos-arcillosos con arenas y gravas

Condición de carga: CM + CVN | CM + CVM | CM + CVN + Sismo

B	L	Prof.	γ_{hum}	NF	H	γ_e	q'	c'	ϕ'	k	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	q_{ult}	q_{adm} (kPa)			k_{sv}
m	m	D_f (m)	t/m³	m	m	t/m³	t/m²	t/m²	°											t/m²	FS$_{ICP}$ = 3.0	FS$_{ICP}$ = 2.5	FS$_{ICP}$ = 1.5	kPa/m
1.00	1.00	1.50	1.80	0.0	0.80	0.80	1.2	1.0	26	1.0	11.9	22.3	7.9	1.53	1.44	0.60	1.39	1.30	1.00	76.1	248.8	298.5	160.3	31,094
1.50	1.50	1.50	1.80	0.0	1.20	0.80	1.2	1.0	26	1.0	11.9	22.3	7.9	1.53	1.44	0.60	1.40	1.31	1.00	77.4	253.0	303.6	162.3	31,624
2.00	2.00	1.50	1.80	0.0	1.60	0.80	1.2	1.0	26	0.8	11.9	22.3	7.9	1.53	1.44	0.60	1.30	1.23	1.00	73.3	239.8	287.8	164.3	29,976
2.50	2.50	1.50	1.80	0.0	2.00	0.80	1.2	1.0	26	0.6	11.9	22.3	7.9	1.53	1.44	0.60	1.24	1.18	1.00	71.3	233.1	279.8	166.3	29,143
1.00	1.00	2.00	1.80	0.0	0.80	0.80	1.6	1.0	26	1.1	11.9	22.3	7.9	1.53	1.44	0.60	1.44	1.34	1.00	87.7	286.8	344.1	181.2	30,185
1.50	1.50	2.00	1.80	0.0	1.20	0.80	1.6	1.0	26	0.9	11.9	22.3	7.9	1.53	1.44	0.60	1.37	1.29	1.00	84.7	276.9	332.3	183.2	29,149
2.00	2.00	2.00	1.80	0.0	1.60	0.80	1.6	1.0	26	1.0	11.9	22.3	7.9	1.53	1.44	0.60	1.40	1.31	1.00	87.2	285.3	342.3	185.2	30,029
2.50	2.50	2.00	1.80	0.0	2.00	0.80	1.6	1.0	26	0.8	11.9	22.3	7.9	1.53	1.44	0.6	1.32	1.25	1.00	83.8	274.0	328.8	187.2	28,839

c', **ϕ'**: Parámetros de resistencia efectivos (intercepto de Cohesión y Ángulo de fricción) - Esfuerzos Efectivos.

Promedio 262 | 315 | 174 | 30,005

FS$_{BM}$ = 1.49 | 1.39 | 2.65

Título H - NSR-10: Con los factores de seguridad mínimos indirectos por capacidad portante (FS$_{ICP}$) se satisfacen los básicos mínimo directos (FS$_{BM}$).

CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE - CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

TEORÍA ESTÁTICA Y ECUACIÓN GENERAL DE HANSEN, J. B. (1970), APROXIMACIÓN DINÁMICA POR RICHARDS, R. et al. (1993)

Proyecto: Adecuación de Escenarios "Unidad Deportiva de La Calle 42" - Ibagué

ZONA COLISEO MENOR (CONDICIÓN ACTUAL)

Cimentación tipo: Zapatas aisladas — **Análisis de Sismo** (Seudo-Estático): k_h = 0.20 k_v = 0.13

Estrato de Limos-arcillosos con arenas y gravas — **Condición de carga**: CM + CVN | CM + CVM | CM + CVN + Sismo

B	L	Prof.	γ_{hum}	NF	H	γ_e	q'	c'	ϕ'	k	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	q_{ult}	q_{adm} (kPa)			k_{sv}
m	m	D_f (m)	t/m³	m	m	t/m³	t/m²	t/m²	°											t/m²	FS_{ICP} = 3.0	FS_{ICP} = 2.5	FS_{ICP} = 1.5	kPa/m
1.50	1.50	1.70	1.85	0.0	1.20	0.85	1.4	1.0	26	0.8	11.9	22.3	7.9	1.53	1.44	0.60	1.34	1.26	1.00	79.8	260.9	313.1	175.2	33,303
2.00	2.00	1.70	1.85	0.0	1.60	0.85	1.4	1.0	26	0.9	11.9	22.3	7.9	1.53	1.44	0.60	1.34	1.26	1.00	80.8	264.3	317.2	177.3	33,745
2.50	2.50	1.70	1.85	0.0	2.00	0.85	1.4	1.0	26	0.7	11.9	22.3	7.9	1.53	1.44	0.60	1.27	1.21	1.00	78.2	255.9	307.0	179.4	32,662
3.00	3.00	1.70	1.85	0.0	2.40	0.85	1.4	1.0	26	0.6	11.9	22.3	7.9	1.53	1.44	0.60	1.23	1.17	1.00	76.8	251.3	301.6	181.4	32,080
1.50	1.50	1.70	1.85	0.0	1.24	0.85	1.4	1.0	28	0.8	13.9	24.8	10.1	1.56	1.46	0.60	1.34	1.26	1.00	92.8	303.3	364.0	206.4	33,457
2.00	2.00	1.70	1.85	0.0	1.65	0.85	1.4	1.0	28	0.9	13.9	24.8	10.1	1.56	1.46	0.60	1.34	1.26	1.00	94.1	307.7	369.3	209.2	33,941
2.50	2.50	1.70	1.85	0.0	2.06	0.85	1.4	1.0	28	0.7	13.9	24.8	10.1	1.56	1.46	0.60	1.27	1.21	1.00	91.2	298.4	358.1	212.0	32,910
3.00	3.00	1.70	1.85	0.0	2.47	0.85	1.4	1.0	28	0.6	13.9	24.8	10.1	1.56	1.46	0.6	1.23	1.17	1.00	89.8	293.6	352.3	214.7	32,377

c', **ϕ'**: Parámetros de resistencia efectivos (intercepto de Cohesión y Ángulo de fricción) - Esfuerzos Efectivos.

Promedio	279	335	194	33,059
FS_{BM} =	1.49	1.39	2.65	

Título H - NSR-10: Con los factores de seguridad mínimos indirectos por capacidad portante (FS_{ICP}) se satisfacen los básicos mínimo directos (FS_{BM}).

ZONA COLISEO DE GIMNASIA

Cimentación tipo: Zapatas aisladas — **Análisis de Sismo** (Seudo-Estático): k_h = 0.20 k_v = 0.13

Estrato de limos-arcillosos con arenas y gravas — **Condición de carga**: CM + CVN | CM + CVM | CM + CVN + Sismo

B	L	Prof.	γ_{hum}	NF	H	γ_e	q'	c'	ϕ'	k	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	q_{ult}	q_{adm} (kPa)			k_{sv}
m	m	D_f (m)	t/m³	m	m	t/m³	t/m²	t/m²	°											t/m²	FS_{ICP} = 3.0	FS_{ICP} = 2.5	FS_{ICP} = 1.5	kPa/m
1.50	1.50	1.00	1.65	0.0	1.07	0.65	0.7	2.5	20	0.7	6.4	14.8	2.9	1.43	1.34	0.60	1.27	1.21	1.00	74.9	244.8	293.7	148.7	23,462
2.00	2.00	1.00	1.65	0.0	1.43	0.65	0.7	2.5	20	0.5	6.4	14.8	2.9	1.43	1.34	0.60	1.20	1.16	1.00	71.3	233.2	279.8	149.2	22,351
2.50	2.50	1.00	1.65	0.0	1.79	0.65	0.7	2.5	20	0.4	6.4	14.8	2.9	1.43	1.34	0.60	1.16	1.13	1.00	69.3	226.6	271.9	149.6	21,721
3.00	3.00	1.00	1.65	0.0	2.14	0.65	0.7	2.5	20	0.3	6.4	14.8	2.9	1.43	1.34	0.60	1.13	1.11	1.00	68.1	222.5	267.1	150.1	21,330
1.50	1.50	1.50	1.65	0.0	1.07	0.65	1.0	2.5	20	1.0	6.4	14.8	2.9	1.43	1.34	0.60	1.40	1.32	1.00	86.2	281.9	338.2	157.0	27,015
2.00	2.00	1.50	1.65	0.0	1.43	0.65	1.0	2.5	20	0.8	6.4	14.8	2.9	1.43	1.34	0.60	1.30	1.24	1.00	80.5	263.3	315.9	157.5	25,234
2.50	2.50	1.50	1.65	0.0	1.79	0.65	1.0	2.5	20	0.6	6.4	14.8	2.9	1.43	1.34	0.60	1.24	1.19	1.00	77.2	252.5	303.0	157.9	24,202
3.00	3.00	1.50	1.65	0.0	2.14	0.65	1.0	2.5	20	0.5	6.4	14.8	2.9	1.43	1.34	0.6	1.20	1.16	1.00	75.1	245.6	294.8	158.4	23,544

c', **ϕ'**: Parámetros de resistencia efectivos (intercepto de Cohesión y Ángulo de fricción) - Esfuerzos Efectivos.

Promedio	246.3	295.6	153.6	22,216

Título H - NSR-10: Con los factores de seguridad mínimos indirectos por capacidad portante (FS_{ICP}) se satisfacen los básicos mínimo directos (FS_{BM}).

CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE - CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

TEORÍA ESTÁTICA Y ECUACIÓN GENERAL DE HANSEN, J. B. (1970), APROXIMACIÓN DINÁMICA POR RICHARDS, R. et al. (1993)

Proyecto: Adecuación de Escenarios "Unidad Deportiva de La Calle 42" - Ibagué

ZONA COLISEO DE COMBATE

Cimentación tipo: Cimiento corrido / Losas de cimentación — **Análisis de Sismo** (Seudo-Estático): k_h = 0.20 k_v = 0.13

Estrato de Arenas limo-arcillosas con gravas — **Condición de carga**: CM + CVN | CM + CVM | CM + CVN + Sismo

B	L	Prof.	γ_{hum}	NF	H	γ_e	q'	c'	ϕ'	k	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	q_{ult}	q_{adm} (kPa)			k_{sv}
m	m	Df (m)	t/m³	m	m	t/m³	t/m²	t/m²	°											t/m²	FSICP = 3.0	FSICP = 2.5	FSICP = 1.5	kPa/m
0.40	5.00	3.00	1.95	0.0	0.30	0.95	2.9	1.2	22	1.4	7.8	16.9	4.1	1.04	1.03	0.97	1.58	1.45	1.00	67.9	222.2	266.6	121.6	46,285
0.60	7.50	3.00	1.95	0.0	0.44	0.95	2.9	1.2	22	1.4	7.8	16.9	4.1	1.04	1.03	0.97	1.55	1.43	1.00	67.3	220.1	264.1	122.2	45,844
0.80	10.00	3.00	1.95	0.0	0.59	0.95	2.9	1.2	22	1.3	7.8	16.9	4.1	1.04	1.03	0.97	1.52	1.41	1.00	66.7	218.0	261.6	122.8	45,421
1.00	12.50	3.00	1.95	0.0	0.74	0.95	2.9	1.2	22	1.2	7.8	16.9	4.1	1.04	1.03	0.97	1.50	1.39	1.00	66.1	216.1	259.3	123.4	45,021
5.00	5.00	3.50	1.95	0.0	3.71	0.95	3.3	1.2	22	0.7	7.8	16.9	4.1	1.46	1.37	0.60	1.28	1.22	1.00	88.3	288.7	346.4	195.4	19,462
10.00	10.00	3.50	1.95	0.0	7.41	0.95	3.3	1.2	22	0.4	7.8	16.9	4.1	1.46	1.37	0.60	1.14	1.11	1.00	86.0	281.2	337.4	204.4	18,955
15.00	15.00	3.50	1.95	0.0	11.12	0.95	3.3	1.2	22	0.2	7.8	16.9	4.1	1.46	1.37	0.60	1.09	1.07	1.00	89.1	291.5	349.8	213.5	19,651
20.00	20.00	3.50	1.95	0.0	14.83	0.95	3.3	1.2	22	0.2	7.8	16.9	4.1	1.46	1.37	0.6	1.07	1.06	1.00	93.7	306.3	367.6	222.5	20,649
																				Promedio	255.5	306.6	165.7	45,643

c', **ϕ'**: Parámetros de resistencia efectivos (intercepto de Cohesión y Ángulo de fricción) - Esfuerzos Efectivos.

Título H - NSR-10: Con los factores de seguridad mínimos indirectos por capacidad portante (FS_{ICP}) se satisfacen los básicos mínimo directos (FS_{BM}).

Nomenclatura: **Ver**: Hansen, J. B. (1970), Richards, R. et al. (1993), Bowles, J.E. (1997)

- **B**, **L** : Ancho y Largo del cimiento
- **D**f : Profundidad o nivel de base de la cimentación
- **γ**hum : Peso unitario húmedo o total del suelo
- **NF** : Nivel freático o de agua subterránea más superficial en el subsuelo
- **H** : Profundidad de influencia del cimiento
- **q'** : Presión efectiva de sobrecarga del terreno
- **C'** : Cohesión efectiva del suelo
- **S**u : Resistencia cortante No-Drenada (aplica a suelos arcillosos, saturados, no fisurados)
- **ϕ'** : Ángulo de fricción efectiva del suelo
- **k** : Coeficiente (D/B) para el cálculo del factor de profundidad dc
- **Nc, Nq, Nγ** : Factores de capacidad portante por cohesión, sobrecarga (lateral) y peso unitario (cuña)
- **Sc, Sq, Sγ** : Factores de correción por forma del cimiento
- **dc, dq, dγ** : Factores de corrección por profundidad del cimiento
- **q**ult : Capacidad portante última del suelo
- **q**adm : Capacidad portante admisible
- **ks**v : Módulo de reacción vertical de la subrasante
- **k**h, **k**v : Coeficiente de aceleración sísmica horizontal y vertical en la superficie del terreno (**k**v = 2/3 **k**h)
- **FS**ICP : Factor de seguridad mínimo indirecto por capacidad portante (NSR-10, Tabla H.4.7-1)
- **FS**BM : Factor de seguridad básico mínimo directo (NSR-10, Tabla H.2.4-1)
- **CM, CV** : Condición de carga muerta y carga viva (Normal y Máxima Extraordinaria)

Ecuación general de Capacidad portante última:

Hansen (1970).

General: $q_{ult} = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + \bar{q} N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$

when $\phi = 0$

use $q_{ult} = 5.14 s_u (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + \bar{q}$

Factores de Capacidad portante:

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

$$N_c = (N_q - 1)\cot\phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1)\tan\phi$$