

REACCION DE SOPORTE EN PLATEAS CIRCULARES ANULARES SOPORTADAS SOBRE FUNDACIONES ELASTICAS

Claudio J. Orbanich*; Juan C. Paloto; Néstor F. Ortega

Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur
Av. Alem 1253. 8000 Bahía Blanca, Argentina
e-mail: nfortega@criba.edu.ar

* Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As.

Palabras clave: Hormigón Armado, Plateas Circulares, Fundaciones Elásticas.

Resumen: *En este trabajo se presentan las investigaciones realizadas con modelos numéricos, en los que se analizó el comportamiento mecánico de plateas circulares de fundación con vigas de bordes, con un orificio central. Se aplicó un procedimiento numérico que emplea el Método de las Diferencias Finitas, imponiendo como variables adimensionales, relaciones que tienen en cuenta la rigidez de la platea, asentamiento inicial y el coeficiente de reacción del terreno.*

Es importante destacar que se desarrolló un algoritmo de integración numérica, que permite evaluar la resultante de la reacción del suelo y los desplazamientos originados en distintos puntos de la platea. Para la resolución del mismo se efectuaron programas en Ambiente Matlab. Cabe acotar que se efectuaron comparaciones de resultados con plateas circulares que poseen similares condiciones, analizadas mediante el Método de los Elementos Finitos.

En este trabajo se muestra la aplicación a casos donde las cargas poseen una distribución lineal axilsimétrica con distintas pendientes, previendo dos tendencias de distribución eventual de un material suelto depositado sobre la platea.

Cabe acotar que esta técnica empleada para plateas circulares sobre Fundación Elástica, también es aplicable para analizar losas circulares con vigas de borde, que soportan eventualmente grandes cargas, provenientes por ejemplos de materiales a granel, por ejemplo el fondo de un silo.

1 INTRODUCCIÓN

La evolución de los conocimientos vinculados con el análisis mecánico de las plateas de fundación, en los últimos veinte años, están relacionados con el desarrollo de métodos numéricos apropiados que permiten evaluarlas, al igual que lo que ocurre en otras ramas de la Ingeniería.

Para la determinación de la capacidad de soporte de las estructuras de fundación, es necesario conocer el valor de los asentamientos previsible, que dependen del tipo de suelo. En trabajos anteriores, sobre plateas de Fundaciones Elásticas^{1, 6}, se pudo determinar el Asentamiento Final y evaluar la distribución de la Reacción del Terreno.

En este trabajo se analizan plateas de fundaciones circulares anulares con vigas de borde, con el fin de desarrollar un procedimiento para la obtención de valores que permitan caracterizar su comportamiento mecánico, de tal manera que a partir de la definición de la estructura, sea posible verificar el dimensionado y decidir las modificaciones del diseño, previas al cálculo definitivo.

Partiendo de una definición general de la estructura, se estará en condiciones de establecer el porcentaje de reacción que toman directamente la platea y la viga de borde.

En función de la experiencia recogida en trabajos realizados para plateas rectangulares^{1, 6} y circulares⁷, en esta oportunidad se desarrolla un algoritmo aplicado a las plateas circulares anulares, apoyadas sobre subrasante de respuesta elástica lineal.

Cabe acotar que en el caso de presentarse un terreno, cuyo Coeficiente de Reacción tiene una variación no lineal⁶ y se pretende abordar este problema, mediante un modelo resuelto con el Método de Elementos Finitos^{8, 9}, debería calcularse individualmente el valor de este coeficiente para cada punto de la malla, con lo cual se perdería la versatilidad que tienen estos software comerciales. Cuando se emplea el método de las Diferencias Finitas, esto se simplifica al no tener la necesidad de resolverlo punto a punto.

También la simulación de los Asentamientos Iniciales de la platea es dificultosa, calculados con software comerciales que emplean el Método de Elementos Finitos, mientras que la modelación con la técnica aquí propuesta es más sencilla⁴.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A los efectos de hallar el comportamiento mecánico de plateas circulares anulares, inicialmente se dispone del procedimiento para el caso de carga q constante, es decir que se plantea la solución de un problema axial simétrico, Figura 1. Esto permite la obtención del porcentaje de reacción tomada por la platea y por la viga, sin la consideración de variables geométricas. Así se generaliza la solución, en función de los factores α y N .

Para ello, el procedimiento numérico resuelto computacionalmente se implementa en dos etapas:

- a) La obtención de los asentamientos en la platea; y
- b) El cálculo de la distribución de las reacciones de soporte.

El análisis comienza a partir de la ecuación general desarrollada para el problema axisimétrico, aplicada a plateas circulares anulares¹⁰, apoyadas sobre una subrasante con una reacción elástico lineal, tal que:

$$\frac{\delta^4 w}{\delta r^4} + \frac{2\delta^3 w}{r\delta r^3} - \frac{1\delta^2 w}{r^2\delta r^2} + \frac{1\delta w}{r^3\delta r} = \frac{q(x,y) - k w(x,y)}{D} \quad (1)$$

donde:

$w = w(x,y)$: Función Asentamiento o Elástica

w_0 : Asentamiento Inicial

$q(x,y)$: Carga distribuida aplicada

k : Módulo de Reacción del Terreno

D : Rigidez Flexional de la Platea

$$D = \frac{E d^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \quad (2)$$

donde:

E : Modulo de Elasticidad del hormigón

μ : Modulo de Poisson del hormigón

Con el fin de resolver la Ecuación (1), en forma numérica, se plantea un desarrollo en Diferencias Finitas¹¹, con un paso de malla s (Figura 1), obteniéndose los valores w_i , de la Función Asentamiento $w(x,y)$.

$$w_{i+2}(1 + \lambda_i) - w_{i+1} \left(4 + 2\lambda_i + \lambda_i^2 - \frac{\lambda_i^3}{2} \right) + w_i (6 + 2\lambda_i^2) - w_{i-1} \left(4 - 2\lambda_i + \lambda_i^2 + \frac{\lambda_i^3}{2} \right) + w_{i-2}(1 - \lambda_i) = \frac{q_i - k w_{i0} s^4}{D} \quad (3)$$

siendo:

$$\lambda_i = \frac{s}{r_i}$$

$$w_{i0} = w_i + w_0$$

Imponiendo un valor uniforme del Asentamiento Inicial en toda la fundación, tal que este valor (w_0), esta dado por:

$$w_0 = \alpha \cdot \frac{q}{k} \quad (4)$$

con α factor de asentamiento inicial.

También resulta adimensional el Factor de Reacción Relativa del Terreno (N), expresado como:

$$N = \frac{k s^4}{D} \quad (5)$$

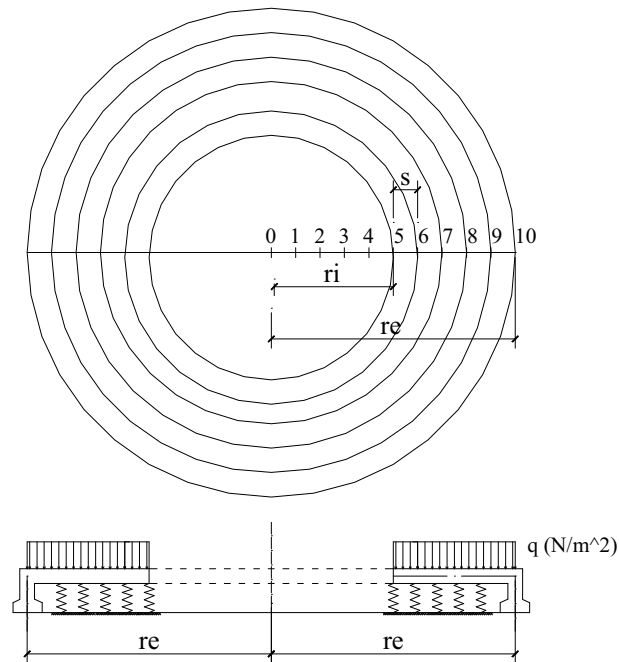


Figura 1: Esquema de Platas Anulares Circulares

Reemplazando en la Ecuación (3), los parámetros presentados en (4) y (5), y operando matemáticamente se obtiene:

$$\begin{aligned}
 &w_{i+2}(1 + \lambda_i) - w_{i+1} \left(4 + 2\lambda_i + \lambda_i^2 - \frac{\lambda_i^3}{2} \right) + w_i (6 + 2\lambda_i^2 + N) - \\
 &- w_{i-1} \left(4 - 2\lambda_i + \lambda_i^2 + \frac{\lambda_i^3}{2} \right) + w_{i-2}(1 - \lambda_i) = \frac{Nq}{k}(1 - \alpha)
 \end{aligned} \tag{6}$$

Aplicando la ecuación (6), punto a punto se obtiene un sistema y considerando las condiciones de borde¹¹, se lo resuelve para los casos donde $r = ri$

Tal que $M = 0$ y $Q = 0$ y operando matemáticamente se obtiene la siguiente ecuación:

$$w_{(i-1)} = \frac{-2}{1 + \frac{\mu\lambda_i}{2}} w_i + \left(\frac{1 - \frac{\mu - \lambda_i}{2}}{1 + \frac{\mu - \lambda_i}{2}} \right) w_{(i-1)}$$

$$w_{(i-2)} = \left[\frac{-2}{\left(1 + \frac{\mu\lambda_5}{2}\right)} w_{(i)} + \frac{\left(1 - \frac{\mu\lambda_i}{2}\right)}{\left(1 + \frac{\mu\lambda_i}{2}\right)} w_{(i+1)} \right] (2 - 2\lambda_5 + \lambda_5^2) + 4w_{(i)}\lambda_i - w_{(i+1)}(2 + 2\lambda_i + \lambda_i^2) + w_{(i+2)} \quad (7)$$

para $r = re$

Tal que, $M = 0$ y operando matemáticamente, se tiene:

$$w_{(i+1)} = \left(\frac{1 - \frac{\mu\lambda_i}{2}}{1 + \frac{\mu\lambda_i}{2}} \right) w_{(i-1)} \quad (8)$$

Una vez obtenidos los valores de los asentamientos en los puntos previstos, con el diámetro de la platea, se puede evaluar el empuje de soporte sobre la misma, con que reacciona el material de la subrasante. Si el mismo es de comportamiento elástico-lineal, con el coeficiente $k = cte$, el cálculo de la resultante de la reacción del terreno, se reduce a la evaluación del volumen de la elástica de la platea, ya que:

$$R_p = 2\pi k \int_{r_i}^{r_e} r_i w_i dr + \pi(re^2 - ri^2)kw_o \quad (9)$$

donde el término $\pi(re^2 - ri^2)kw_o$ corresponde al valor del empuje que implica el asentamiento inicial w_o del borde apoyado de la platea.

Con un programa realizado en el entorno Matlab 5.3 ¹², que permiten resolver los algoritmos (6) y (8), con las condiciones de borde modeladas con las Ecuaciones (7) y (8), se obtienen los porcentajes de carga que toma directamente la platea y las vigas de borde.

3 RESULTADOS OBTENIDOS

Para los distintos casos desarrollados en esta investigación, se mantuvo el radio exterior (re) en 10 m y la cantidad de puntos de la malla constantes. Se fue variando el radio interior de la platea, desde $ri = 4$ m hasta $ri = 9$ m, por lo que se varió el paso (s), como lo indica la Figura 2.

Se resolvió cada caso aplicando el Método de las Diferencia Finitas, mediante un programa realizado en Ambiente Matlab y se pudieron calcular los porcentajes de carga que toma la platea, para distintos valores de ri .

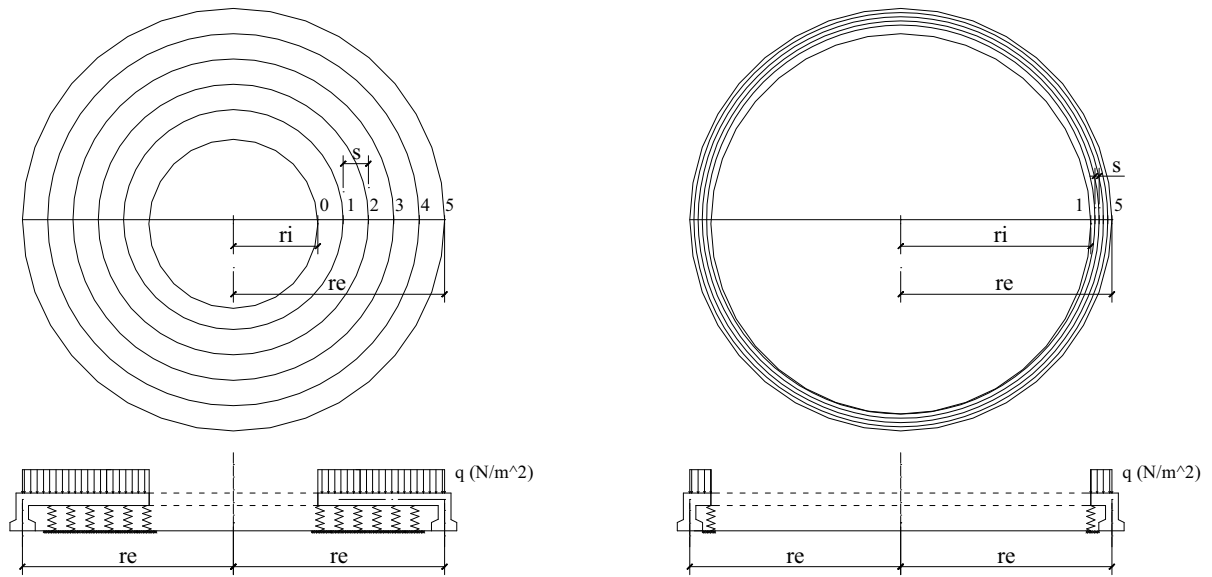


Figura 2: Variación del radio interior de las Platas Anulares Circulares

3.1 Platea Circular Anular con carga constante

En este punto se analizará el comportamiento de platas circulares con carga constante.

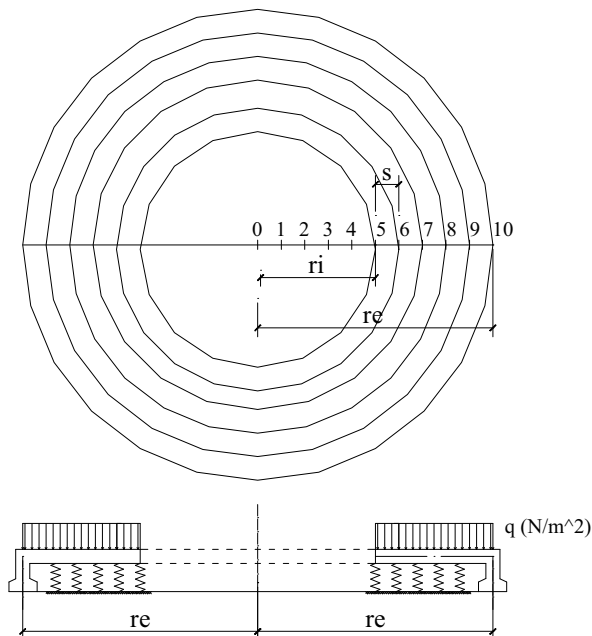


Figura 3: Esquema de Platas Anulares Circulares con r_i variable y q constante.

Planteando un sistema de ecuaciones, mediante la aplicación de la Ecuación (6) en cada punto de la malla, considerando las condiciones de borde, se resuelve el sistema de ecuaciones, obteniéndose los porcentajes de carga que toma directamente la platea. Los cálculos se realizan mediante un programa en Ambiente Matlab 5.3. En Tabla 1 se muestran los resultados de este análisis, para un $re = 10$ m.

Tabla 1: Porcentaje de reacción tomado por las plateas para $re = 10$ m.

ri	$\alpha \backslash N$	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
4	0.00	82.18	89.86	93.47	95.76	97.42	98.70	99.74	100.60	101.33	101.96
4	0.20	94.56	100.71	103.59	105.43	106.75	107.77	108.60	109.29	109.88	110.38
4	0.40	106.94	111.55	113.71	115.08	116.08	116.85	117.47	117.99	118.43	118.81
4	0.60	119.31	122.39	123.83	124.75	125.41	125.92	126.34	126.68	126.97	127.23
5	0.00	63.18	72.07	74.17	75.59	76.67	77.54	78.24	78.84	79.35	79.80
5	0.20	74.50	77.67	79.34	80.49	81.35	82.03	82.61	83.08	83.50	83.85
5	0.40	80.89	83.26	84.52	85.38	86.02	86.54	86.96	87.32	87.63	87.90
5	0.60	87.27	88.86	89.69	90.27	90.70	91.05	91.33	91.57	91.77	91.95
5	0.80	93.66	94.45	94.87	95.16	95.37	95.54	95.68	95.81	95.91	96.00
6	0.00	54.07	55.49	56.57	57.40	58.07	58.63	59.10	59.50	59.85	60.16
6	0.20	56.06	57.20	58.06	58.73	59.26	59.71	60.08	60.61	60.69	60.93
6	0.40	58.05	58.91	59.55	60.05	60.46	60.79	61.07	61.31	61.52	61.71
6	0.60	60.40	60.61	61.05	61.38	61.65	61.87	62.06	62.22	62.36	62.44
6	0.80	62.04	62.32	62.54	62.71	62.84	62.95	63.04	63.12	63.20	63.26
7	0.00	40.18	40.09	40.52	40.96	41.34	41.68	41.97	42.23	42.45	42.65
7	0.20	39.35	39.27	39.62	39.97	40.27	40.55	40.78	40.98	41.46	41.32
7	0.40	38.51	38.46	38.72	38.98	39.21	39.41	39.59	39.74	39.87	40.00
7	0.60	37.68	37.64	37.82	38.00	38.14	38.28	38.40	38.50	38.59	38.67
7	0.80	36.85	36.83	36.92	37.00	37.08	37.15	37.21	37.25	37.30	37.34
8	0.00	26.53	25.76	25.84	26.03	26.22	26.40	26.56	26.71	26.84	26.95
8	0.20	24.42	23.81	23.87	24.02	24.18	24.32	24.45	24.57	24.67	24.76
8	0.40	22.31	21.86	21.91	22.02	22.14	22.24	22.34	22.43	22.51	22.58
8	0.60	20.22	19.91	19.94	20.00	20.10	20.16	20.23	20.29	20.34	20.39
8	0.80	18.11	17.96	17.97	18.01	18.05	18.08	18.12	18.14	18.17	18.20
9	0.00	13.13	12.43	12.38	12.43	12.50	12.57	12.64	12.70	12.75	12.81
9	0.20	11.30	10.74	10.70	10.74	10.80	10.85	10.91	10.96	11.00	11.04
9	0.40	9.48	9.06	9.03	9.06	9.10	9.14	9.18	9.22	9.25	9.28
9	0.60	7.65	7.37	7.35	7.37	7.40	7.43	7.46	7.48	7.50	7.52
9	0.80	5.83	5.69	5.67	5.68	5.70	5.72	5.73	5.74	5.75	5.76

En la Figura 4 se puede observar como varía el porcentaje de carga que toma directamente la platea, para un valor de coeficiente de asentamiento $\alpha = 0,2$, para diferentes valores del radio interior (r_i) y del Parámetro Adimensional N ,

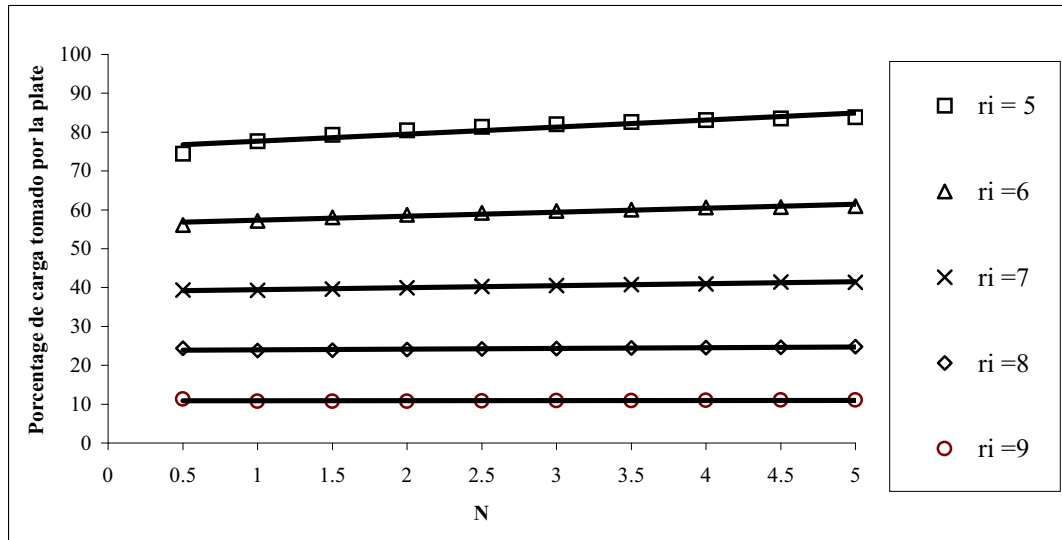


Figura 4: Porcentaje de carga que toma la platea; para distintos valores de r_i y $\alpha=0,2$

3.2 Platea Circular Anular con carga variable linealmente

En este caso se analiza una platea con carga que varía linealmente en una dirección radial, en este caso en la dirección y , la variación de la carga está dado por:

$$q_i(y) = (m_i/m) q \tag{10}$$

donde:

$q = 98000 \text{ N/m}^2$ (Carga Máxima)

m_i : número de fila a que pertenece el punto

m : número total de filas consideradas en la malla.

Reemplazando en la Ecuación (3), el valor de la carga aplicada (con variación lineal) en la dirección radial, expresada en la Ecuación (10), se obtiene la ecuación general en Diferencia Finita, para una platea circular anular, con este tipo de cargas variables linealmente se obtiene:

$$\begin{aligned}
 &w_{i+2}(1 + \lambda_i) - w_{i+1} \left(4 + 2\lambda_i + \lambda_i^2 - \frac{\lambda_i^3}{2} \right) + w_i (6 + 2\lambda_i^2 + N) - \\
 &- w_{i-1} \left(4 - 2\lambda_i + \lambda_i^2 + \frac{\lambda_i^3}{2} \right) + w_{i-2}(1 - \lambda_i) = \frac{Nq}{k} \left(\frac{m_i}{m} - \alpha \right)
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

donde:

$k = 980000 \text{ N/m}^3$ (Coeficiente de Reacción del Terreno)

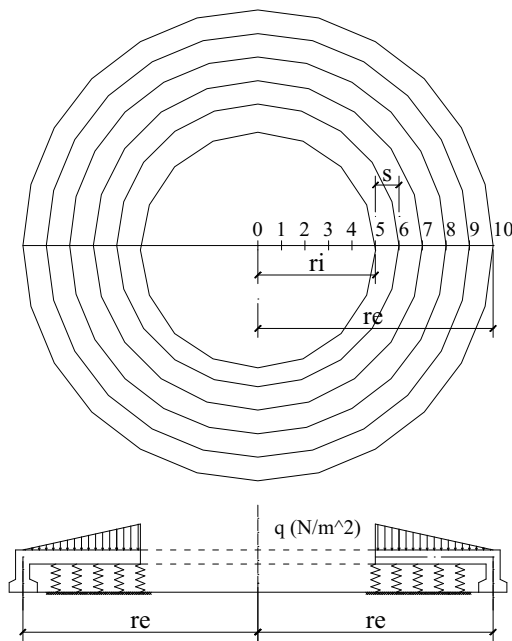


Figura 5: Esquema de Placas Anulares Circulares con r_i variable y q variable, con máximo en r_i .

Resolviendo la Ecuación (11), donde la carga es variable radialmente, se tiene el porcentaje de distribución de carga en función del radio interior, que se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2: Porcentaje de reacción tomado por las plateas para $r_e = 10$ m.

r_i	$\alpha \backslash N$	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
4	0.00	47.93	51.37	52.68	53.40	53.87	54.21	54.48	54.70	54.87	55.02
4	0.20	67.16	69.91	70.96	71.53	71.91	72.18	72.40	72.57	72.71	72.84
4	0.40	86.38	88.45	89.23	89.67	89.95	90.16	90.32	90.45	90.55	90.65
4	0.60	105.60	107.00	107.51	107.80	108.00	108.13	108.23	108.32	108.39	108.45
5	0.00	40.56	41.88	42.36	42.64	42.83	42.97	43.08	43.18	43.26	43.34
5	0.20	52.46	53.51	53.90	54.12	54.27	54.39	54.48	54.56	54.62	54.68
5	0.40	64.36	65.15	65.44	65.61	65.72	65.80	65.87	65.93	65.98	66.02
5	0.60	76.26	76.78	76.98	77.09	77.16	77.22	77.26	77.30	77.33	77.37
5	0.80	88.15	88.42	88.51	88.57	88.61	88.64	88.65	88.68	88.69	88.71
6	0.00	32.77	57.78	32.67	32.68	32.70	32.73	32.76	32.78	32.81	32.83
6	0.20	39.01	32.69	38.94	38.95	38.97	39.00	39.01	39.03	39.05	39.07
6	0.40	45.27	38.95	45.22	45.22	45.23	45.25	45.27	45.28	45.29	45.31
6	0.60	51.52	45.22	51.48	51.49	51.50	51.51	51.52	51.53	51.54	51.55
6	0.80	57.78	51.49	57.76	57.76	57.77	57.77	57.78	57.78	57.79	57.79
7	0.00	24.72	23.88	23.61	23.50	23.44	23.40	23.38	23.38	23.37	23.37
7	0.20	26.98	26.31	26.10	26.00	25.95	25.93	25.91	25.90	25.90	25.90
7	0.40	29.24	28.73	28.57	28.50	28.47	28.45	28.44	28.43	28.43	28.43
7	0.60	31.50	31.16	31.05	31.01	30.99	30.97	30.96	30.96	30.96	30.96
7	0.80	33.76	33.59	33.54	33.51	33.50	33.50	33.49	33.48	33.49	33.49
8	0.00	16.53	15.50	15.18	15.03	14.95	14.90	14.86	14.84	14.83	14.82
8	0.20	16.42	15.60	15.34	15.23	15.16	15.12	15.09	15.07	15.06	15.05
8	0.40	16.32	15.70	15.51	15.42	15.37	15.34	15.32	15.30	15.30	15.30
8	0.60	16.21	15.80	15.68	15.62	15.58	15.56	15.55	15.54	15.54	15.53
8	0.80	16.11	15.91	15.84	15.81	15.80	15.78	15.78	15.78	15.77	15.77
9	0.00	8.27	7.53	7.32	7.21	7.16	7.12	7.10	7.08	7.07	7.06
9	0.20	7.41	6.83	6.66	6.58	6.53	6.50	6.48	6.47	6.46	6.45
9	0.40	6.56	6.12	6.00	5.93	5.90	5.88	5.86	5.85	5.84	5.84
9	0.60	5.70	5.41	5.33	5.29	5.27	5.25	5.24	5.23	5.23	5.23
9	0.80	4.80	4.71	4.67	4.65	4.63	4.63	4.62	4.62	4.62	4.61

En algunos casos puede existir la posibilidad de que la carga sea variable linealmente en dirección radial pero en este caso con el máximo en r_e , para lo cual se han calculado los porcentajes de reacción tomados por las plateas, para $r_e = 10$ m y con r_i variables desde 4 m hasta 9 m, ver Tabla 3

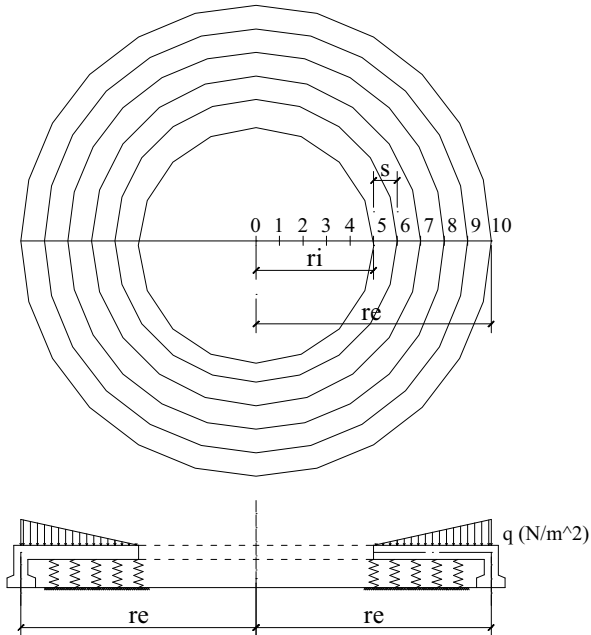


Figura 6: Esquema de Placas Anulares Circulares con r_i variable y q variable.

Tabla 3: Porcentaje de reacción tomado por la placa para $r_e = 10$ m.

r_i	α	N	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
4	0.00		34.26	38.49	40.79	42.36	43.55	44.48	45.25	45.90	46.46	46.94
4	0.20		56.22	59.61	61.45	62.71	63.65	64.40	65.02	65.54	65.98	66.37
4	0.40		78.18	80.73	82.10	83.05	83.75	84.31	84.78	85.17	85.50	85.79
4	0.60		100.14	101.84	102.76	103.39	103.86	104.24	104.55	104.80	105.03	105.22
5	0.00		27.55	30.20	31.80	32.96	33.84	34.56	35.16	35.66	36.09	36.47
5	0.20		42.06	44.17	45.45	46.37	47.09	47.66	48.14	48.54	48.88	49.18
5	0.40		56.55	58.14	59.10	59.79	60.33	60.75	61.12	61.42	61.67	61.90
5	0.60		71.05	72.11	72.75	73.21	73.57	73.86	74.10	74.29	74.47	74.62
5	0.80		85.55	86.08	86.40	86.63	86.81	86.95	87.07	87.17	87.26	87.33
6	0.00		21.30	22.81	23.90	24.73	25.37	25.90	26.34	26.72	27.04	27.33
6	0.20		29.85	31.06	31.93	32.58	33.10	33.53	33.88	34.18	34.44	34.67
6	0.40		38.39	39.30	39.95	40.45	40.84	41.15	41.42	41.64	41.84	42.01
6	0.60		46.94	47.55	47.98	48.31	48.57	48.78	48.95	49.10	49.23	49.35
6	0.80		55.48	55.79	56.00	56.17	56.30	56.41	56.50	56.57	56.63	56.69
7	0.00		15.47	16.21	16.90	17.46	17.91	18.27	18.59	18.85	19.08	19.27
7	0.20		19.58	20.17	20.73	21.17	21.53	21.82	22.07	22.28	22.47	22.63
7	0.40		23.69	24.13	24.55	24.88	25.15	25.37	25.56	25.71	25.85	25.97
7	0.60		27.80	28.09	28.37	28.36	28.77	28.92	29.04	29.15	29.24	29.32
7	0.80		31.91	32.06	32.20	32.31	32.40	32.47	32.53	32.58	32.63	32.67

ri	$\alpha \backslash N$	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
8	0.00	10.00	10.27	10.66	11.00	11.27	11.50	11.70	11.86	12.01	12.13
8	0.20	11.20	11.42	11.73	12.00	12.22	12.40	12.56	12.69	12.81	12.91
8	0.40	12.40	12.56	12.80	13.00	13.16	13.31	13.42	13.52	13.61	13.68
8	0.60	13.60	13.71	13.87	14.00	14.11	14.21	14.28	14.35	14.41	14.46
8	0.80	14.81	14.86	14.94	15.00	15.06	15.11	15.15	15.18	15.21	15.23
9	0.00	4.86	4.89	5.05	5.21	5.34	5.49	5.54	5.62	5.69	5.75
9	0.20	4.68	4.71	4.85	4.96	5.07	5.16	5.23	5.30	5.35	5.40
9	0.40	4.51	4.53	4.64	4.73	4.80	4.87	4.92	4.97	5.01	5.05
9	0.60	4.34	4.36	4.42	4.49	4.54	4.58	4.62	4.65	4.68	4.70
9	0.80	4.17	4.18	4.21	4.24	4.27	4.29	4.31	4.33	4.34	4.35

4 CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos en este trabajo se puede afirmar que la técnica propuesta, permite evaluar la distribución de las Reacciones del Terreno, entre la platea y las que se descargan directamente sobre las vigas de borde. Como conclusiones específicas de esta investigación se puede decir que:

- Cuando disminuye la rigidez de la platea, es decir aumenta el Coeficiente Adimensional N , se incrementa la reacción tomada por la platea.
- Para un mismo valor de N (igual Rigidez), al aumentar el Asentamiento Inicial w_o (mayor α), es la platea la que toma mayor carga, llegando a obligar a las vigas a trabajar como anclaje (Reacción de la platea mayor del 100%), esta situación se plantea en general, para asentamientos $w_o > \alpha_i q/k$, donde α_i depende de la relación de radio (ri/re).
- A medida que la relación de radios tiende a la unidad ($ri \rightarrow re$), para cualquier valor de los coeficientes adimensionales, como es de suponer, se incrementa el porcentaje de carga tomado por las vigas de borde.

5 REFERENCIAS

- [1] J.C. Paloto, R.D. Santos, “Estudio de plateas de fundación mediante métodos numéricos”, *X ENIEF – Mecánica Computacional*, AMCA, Bariloche, Argentina, 415–420, (1997).
- [2] J.C. Paloto, R.D. Santos.; “Distribución de las reacciones en plateas de fundación bajo carga variable”, *MECOM '99*, AMCA, 107, Mendoza, Argentina, (1999).

- [3] J.C. Paloto, R.D. Santos, “Sobre la capacidad de soporte en fundaciones según el tipo de reacción del suelo”, *XXIX Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural*, Punta del Este, Uruguay, Vol. I, **147**, en CDRom, Trabajo N° 1.10.3, (2000).
- [4] J.C. Paloto, J.C., R.D. Santos, C.J. Orbanich; “Procedimiento Mejorado para Determinar la Repartición de Reacciones de Fundación”, *XII ENIEF – Mecánica Computacional*, AMCA, Córdoba, Argentina, 306-312, (2001).
- [5] J.C. Paloto, R.D. Santos, P. Domínguez; “Predeterminación de la repartición de las reacciones en un dispositivo de platea de fundación”. *Congreso de Ingeniería 2000*, Buenos Aires., en CDRom, Trabajo N° 49, (2002).
- [6] C.J. Orbanich, J.C. Paloto, N.F. Ortega ; “Plateas de Fundación con Reacción de Terreno no Lineal”, *XIII ENIEF – Mecánica Computacional*, AMCA, Bahía Blanca, Argentina, 540-551, (2003).
- [7] J.C. Paloto, R.D. Santos; “Reacciones de soporte en plateas circulares de fundación con vigas de borde”. *V CIDIM, IV CONIM*, Mérida, Venezuela, 341-345, (2001).
- [8] O.C.Zienkiewicz, R.L.Taylor; *El Método de los Elementos Finitos. Formulación básica y problemas lineales*, McGraw-Hill; CIMNE; Volumen 1; Barcelona, (1994).
- [9] ALGOR 12 Profesional Mech/VE, Linear Stress and Dynamics Reference División. Algor, Pittsburg, EEUU, (2000).
- [10] S. Timoshenko, S. Woinowsky Krieger; *Theory of Plate and Shells*, Mc Graw Hill, Kogakusha, Japan, (1959).
- [11] A. Gusman, C. Luisoni, G. Ventura; *Curso de Elasticidad Aplicada*, Cuaderno II; Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas, Universidad Nacional de Tucumán, (1961).
- [12] Matlab 5.3 and Simulink (TM), Versión 1.2c, for Microsoft Windows, The MathWorks, Inc, (1998).