

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



**Aplicación del Método de Simulación
de carga al Diseño de Electrodo de
Campo Eléctrico Uniforme**

TESIS

Para Optar El Título Profesional De

INGENIERO ELECTRICISTA

Miguel Zacarias Delgado León

Lima – Peru

1991

Dedicado a:

mi madre ANGELICA LEON CISNEROS

mi esposa TERESA MONTESINOS BLANCO

mi hija ANGELICA MARIA DELGADO MONTESINOS

mi hijo LUIS ENRIQUE DELGADO MONTESINOS

EXTRACTO

El Método de simulación de carga (MSC) es apropiado para el análisis numérico del campo eléctrico para sistemas en alta tensión, que mediante métodos analíticos no se puede establecer la solución del campo.

El presente trabajo provee un comprensible estudio básico del MSC. Asimismo, la aplicación de este método al cálculo de la intensidad de campo eléctrico, en la superficie de diferentes configuraciones geométricas de electrodos prácticos, desde el más sencillo, hasta el más complejo y sofisticado contorno geométrico. Los resultados de la intensidad de campo, muestran que el electrodo de contorno plano-semicircular-plano tiene una creciente intensidad de campo en el cambio de la sección plana a la circular. En el contorno exponencial-circular-plano (Rogowski), la intensidad de campo es más uniforme, dependiendo de la distancia entre electrodos. El contorno plano-senoidal-circular-plano (Bruce), tiene una intensidad más uniforme que el primero y es casi similar al segundo, resultando ser una buena alternativa entre estos dos.

INDICE

Introducció	pag. 6
Capitulo I	
EL METODO DE SIMULACION DE CARGA M.S.C.	
1.1 Principio básico del Método de simulación de carga M.S.C.	pag. 9
1.2 El M.S.C. en un simple medio dieléctrico.	pag. 12
1.3 Tipos de cargas simuladas.	pag. 13
1.4 Criterios para la perfección del M.S.C.	pag. 15
1.5 Coeficiente de potencial e intensidad de campo eléctrico para una carga puntual y su imagen.	pag. 15
1.6 Coeficiente de potencial e intensidad de campo eléctrico para un anillo cargado y su imagen.	pag. 17
Capitulo II	
DISEÑO DE ELECTRODOS DE CAMPO ELECTRICO UNIFORME	
2.1 Configuración de los electrodos para el diseño.	pag. 26
2.2 Electrodo de contorno plano-semicircular-plano.	pag. 28
2.3 Electrodo de contorno exponencial-circular-plano.	pag. 31
2.4 Electrodo de contorno plano-senoidal-circular-plano.	pag. 34

2.5	Criterios para calcular la intensidad de campo elèctrico.	pag. 38
2.6	Criterios para la elaboraciòn de los programas.	pag. 40
2.7	Datos, Programa, Resultados y grafica de la intensidad de campo elèctrico, para las diferentes configuraciones de electrodos	pag. 43
2.7.1	Contorno plano-semicircular-plano	pag. 44
2.7.2	Contorno exponencial-circular-plano (Rogowski)	pag. 72
2.7.3	Contorno plano -senoidal-circular-plano (Bruce)	pag. 97
2.8	Comparaciòn y selecciòn de la eficiencia de campo elèctrico uniforme de los tres tipos diferentes de electrodos	pag. 123
	Conclusiones y Recomendaciones	pag. 126
	Bibliografia	pag. 128

Introducción

Para propósitos de diseño en alta tensión, se requiere tener un completo conocimiento de la distribución del campo eléctrico, tratándose de un sistema físico simple, es posible encontrar una solución analítica de la intensidad del campo; sin embargo, en muchos casos el sistema es tan complejo que es extremadamente difícil, si no imposible, establecer una solución analítica; en tales casos se aplican métodos numéricos para calcular la intensidad del campo, siendo los más conocidos, el Método de Diferencias Finitas, el Método de Elementos Finitos, el Método de Monte Carlo, el Método Momento, el Método de Imágenes y el Método de Simulación de Carga (MSC), que será adoptado en este trabajo.

En el método de Simulación de Carga, se simula que un número de cargas discretas son las que producen el campo de un sistema eléctrico, estas cargas se ubican fuera de la región donde se desea conocer la distribución del campo eléctrico. La figura 1 muestra la región donde residen las cargas simuladas, la región donde se desea conocer la distribución del campo eléctrico, y la frontera entre estas.

Los valores numéricos de las cargas discretas se determinan cuando se satisfacen las condiciones de frontera para un selecto número de puntos. Una vez que la ubicación y valor de cada carga es conocida, la distribución del

potencial y la intensidad del campo eléctrico puede calcularse fácilmente en cualquier región del espacio.

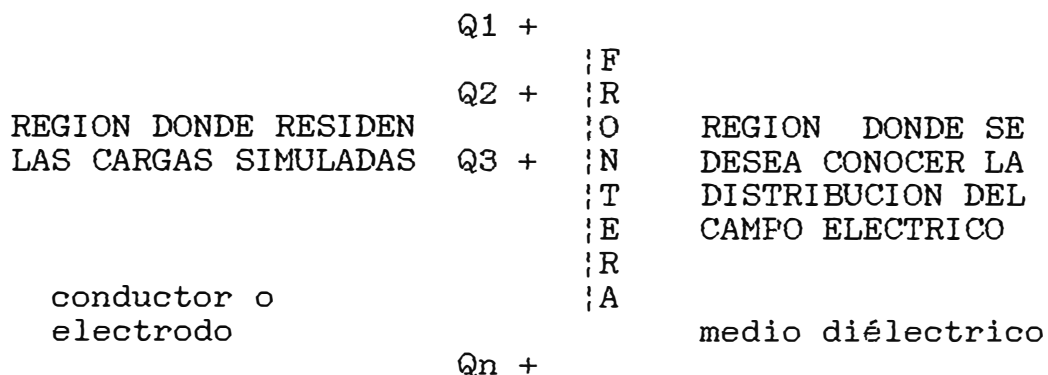


FIGURA 1

La aplicación de este método numérico, es para calcular la intensidad de campo eléctrico, para diferentes configuraciones geométricas de electrodos, que aproximadamente producen un campo uniforme y establecer cual de estas produce un campo más uniforme, para lo cual, se simula que un número de cargas discretas tipo anillo, son las que producen el campo de los electrodos, estas cargas se ubican interiormente a la superficie de los electrodos. La frontera es la superficie metálica, que es equipotencial, por lo tanto se asume un valor conocido.

En la primera parte de este trabajo, se fundamenta una teoría comprensible del método de simulación de carga. En la segunda parte, se aplica este poderoso método al diseño de electrodos de campo eléctrico uniforme.

Los aportes originales al diseño de electrodos de campo elèctrico uniforme son: Los diferentes aspectos del mètodo de simulaciòn de carga. Todos los paràmetros necesarios con sus respectivos valores. El desarrollo completo del software, sustentando la funciòn de cada subprograma. Los resultados lo màs completo posible, desde las dimensiones de los electrodos, las coordenadas de las cargas simuladas, las coordenadas de los puntos en la superficie, el valor de las cargas elèctricas, hasta el valor de la intensidad de campo elèctrico en cada punto de la superficie.

Un agradecimiento a las siguientes instituciones y por el prestamo de computadora:

Centro de Compuo de la UNI

Elèctroperu Ing. Justo Yanque M.

Centro de compuo de la FIEE Ing. Victor Cacères

Laboratorio de Fisica de la Facultad de Ciencias

CAPITULO I
EL METODO DE SIMULACION DE CARGA M.S.C.

1.1 Principio Básico del Método de simulación de carga M.S.C

El principio básico del MSC es simple. Si varias cargas discretas de cualquier tipo (punto, línea, anillo, disco, esfera, etc.) se ubican en una región del espacio, el potencial electrostático en cualquier punto C_i puede calcularse, sumando el potencial que resulta de cada carga individual, siempre que ninguna de estas resida en la región de C_i .

Sea Q_j una de las n cargas individuales y U_i el potencial en cualquier punto C_i del espacio. De acuerdo con el principio de Superposición, el potencial será:

$$U_i = \sum_{j=1}^n P_{ij} Q_j \quad (1)$$

donde P_{ij} es el coeficiente de potencial, el cual puede ser expresado analíticamente para muchos tipos de cargas; por ejemplo, en la figura 2 se muestran tres cargas puntuales: Q_1 , Q_2 , Q_3 , el potencial U_i en el punto C_i estará dado por:

$$U_i = P_{i1} Q_1 + P_{i2} Q_2 + P_{i3} Q_3 \quad (2)$$

$$U_i = \frac{1}{4\pi\epsilon R_1} Q_1 + \frac{1}{4\pi\epsilon R_2} Q_2 + \frac{1}{4\pi\epsilon R_3} Q_3 \quad (3)$$

Aqui se muestra que el coeficiente de potencial depende del tipo de carga, pero no de su valor.

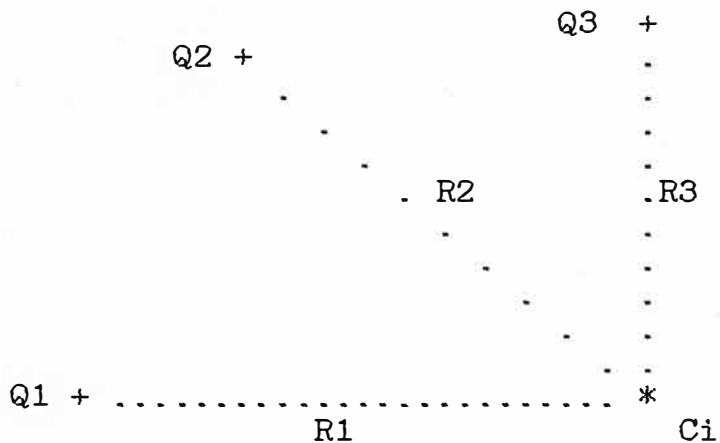


FIGURA 2

Cuando se evalúa el potencial para m puntos, se obtendrá m ecuaciones lineales. que expresado matricialmente será:

$$\begin{array}{cccc|c|c|c}
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} & Q_1 & U_1 \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} & Q_2 & U_2 \\
 \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\
 P_{m1} & P_{m2} & \dots & P_{mn} & Q_n & U_m
 \end{array} = \quad (4)$$

Para hallar el valor numérico de las cargas eléctricas se evalúa el potencial en la frontera, seleccionando n puntos. Generalmente el potencial en la frontera es constante, pero si su valor no es conocido, se puede asumir un valor con o sin unidades; por ejemplo, para un conductor o electrodo la frontera es la superficie metálica, y, según la teoría

electromagnética cualquier punto tiene el mismo potencial. El valor de los coeficientes de potencial P_{ij} es posible conocer como se prueba en (2) y en (3), dependiendo del tipo de carga que se elige. Luego, para el sistema de ecuaciones dado en (4) las únicas incógnitas son las cargas Q_j , y el problema se reduce a resolver un sistema de ecuaciones lineales.

Una vez conocida la ubicación y valor de cada carga, se verifica si esta simulación es correcta, para lo cual, se evalúa el potencial que producen estas cargas en cualquier punto de la frontera, de hecho, en puntos no considerados anteriormente; luego, se compara el potencial que se obtiene con el potencial real de la frontera, y se calcula su error relativo, es posible obtener errores de hasta el 0.1 % y en el presente trabajo se acepta como máximo errores de hasta el 0.8 %.

Una vez que la simulación de carga es correcta, es fácil evaluar la intensidad del campo eléctrico en la región de interés para el diseño. Se puede decir que el MSC es ciencia y arte, en primer lugar porque se aplica los principios de la electrostática y en segundo lugar porque el diseñador tiene libertad de elegir el tipo de carga, su ubicación, y determinar los puntos en la frontera.

Aparte de las múltiples aplicaciones que tiene el MSC, según artículos publicados en la IEEE, recientemente,

este método es recomendado como una atractiva enseñanza de la electrostática a estudiantes antegraduados.

1.2 El M.S.C. en un simple medio dieléctrico

El procedimiento para calcular la intensidad de campo eléctrico en un simple medio dieléctrico, para un punto del espacio, es parecido al cálculo del potencial, es decir, se suma vectorialmente la intensidad que produce cada carga individualmente. Generalmente la dirección de las componentes es el sistema de coordenadas cartesianas. La intensidad se calcula mediante la siguiente relación conocida:

$$E_i = - \frac{d U_i}{d x} a_x - \frac{d U_i}{d y} a_y - \frac{d U_i}{d z} a_z \quad (5)$$

a_x , a_y , a_z son los vectores unitarios en las direcciones X, Y y Z respectivamente. Puesto que U_i se expresa en (1) mediante P_{ij} , entonces, la intensidad será:

$$E_i = \left(\sum_{j=1}^n - \frac{d P_{ij}}{d x} Q_j \right) a_x + \left(\sum_{j=1}^n - \frac{d P_{ij}}{d y} Q_j \right) a_y + \left(\sum_{j=1}^n - \frac{d P_{ij}}{d z} Q_j \right) a_z \quad (6)$$

Es posible expresar anàliticamente las derivadas de los P_{ij}

$$E_i = \left(\sum_{j=1}^n (f_{ij})_x Q_j \right) a_x + \left(\sum_{j=1}^n (f_{ij})_y Q_j \right) a_y$$

$$+ \left(\sum_{j=1}^n (f_{ij})_z Q_j \right) az \quad (7)$$

$(f_{ij})_x$, $(f_{ij})_y$ y $(f_{ij})_z$ son los coeficientes de intensidad de campo elèctrico, en las direcciones X, Y y Z respectivamente.

1.3 Tipos de cargas simuladas

Las cargas simuladas a emplearse pueden ser desde las configuraciones mäs sencillas, hasta las mäs complejas, así por ejemplo, pueden ser cargas puntuales, lineales, segmentos, anillos, discos, esferas, cilindros, figuras elípticas, etc. Para cada caso particular se requiere un determinado tipo de carga simulada, que depende del sistema físico; para sistemas planos, debe elegirse cargas de forma plana, y para sistemas circulares, debe elegirse cargas de forma circular; por ejemplo, para sistemas físicos que tienen zonas planas y zonas circulares, es conveniente elegir cargas tipo anillo ò disco, de tal manera que los planos que contienen a los discos ò anillos sean paralelos a las zonas planas del sistema, y la parte circular de las cargas, se situen frente a las zonas circulares del sistema físico.

Para los tipos de cargas de configuración compleja no es fácil encontrar las expresiones de los coeficientes de potencial e intensidad de campo, depende del nivel matemático del diseñador. Puede elegirse un tipo de

carga de configuración sencilla, por ejemplo, cargas puntuales, y así, encontrar rápidamente el coeficiente de potencial e intensidad de campo. La ventaja de emplear tipos de carga de configuración compleja radica en que, se emplean pocas en comparación de las configuraciones sencillas, reduciéndose así, el tamaño de la matriz de los coeficientes de potencial, el número de ecuaciones lineales, no se pierde precisión en los cálculos, se ahorra memoria de la computadora y tiempo de computación. Otras consideraciones para el empleo de cargas complejas, son las siguientes:

- 1.- para modelos de campos eléctricos en tres dimensiones,
- 2.- para cálculos de campos eléctricos en sistemas multi dieléctricos,
- 3.- para modelos de electrodos de forma puntiaguda.

En general, la selección del tipo de carga simulada depende de la complejidad del sistema físico, de disponibilidad de recursos de computación, y la experiencia personal. Principalmente, es importante contar con una buena computadora para la ejecución de los programas, en caso de contar con una PC XT es conveniente incorporar un coprocesador matemático. En la ejecución de los programas de la segunda parte de este trabajo, se emplea cerca de una hora sin coprocesador matemático, y con un coprocesador, se reduce el tiempo a minutos. También, es conveniente para obtener resultados no alejados de la realidad, trabajar con doble precisión en los programas.

1.4 Criterios para la perfección del M.S.C.

La única condición para que el método sea correcto, es que el potencial que producen las cargas simuladas debe de satisfacer las condiciones de frontera. Si la simulación no es óptima, el cálculo debe repetirse cambiando uno o varios de los siguientes parametros:

- 1.- el número de cargas simuladas
- 2.- la localización de las cargas simuladas
- 3.- el tipo de carga simulada
- 4.- la localización de los puntos en la frontera.

Otro criterio para comprobar la corrección del método, es la comparación de la solución del MSC con la solución de otros análisis numéricos. También es correcto comparar con la experiencia personal; por ejemplo, si mediante el MSC se calcula la intensidad de campo para dos planos paralelos, este valor debe ser muy próximo a la expresión teórica aproximada $E = V/d$, donde V la diferencia de potencial, y d la distancia entre los planos.

1.5 Coeficiente de potencial e intensidad de campo eléctrico para una carga puntual y su imagen

Se considera la carga puntual ubicada en un punto del espacio, cuyas coordenadas son (X_j, Y_j, Z_j) y su carga imagen en $(X_j, Y_j, -Z_j)$; es decir, las cargas están a una misma distancia del plano XY. El punto C_i donde se evaluará

los coeficientes de potencial e intensidad de campo, se ubica en cualquier región del espacio, cuyas coordenadas son (X_i, Y_i, Z_i) , tal como se muestra en la figura 3.

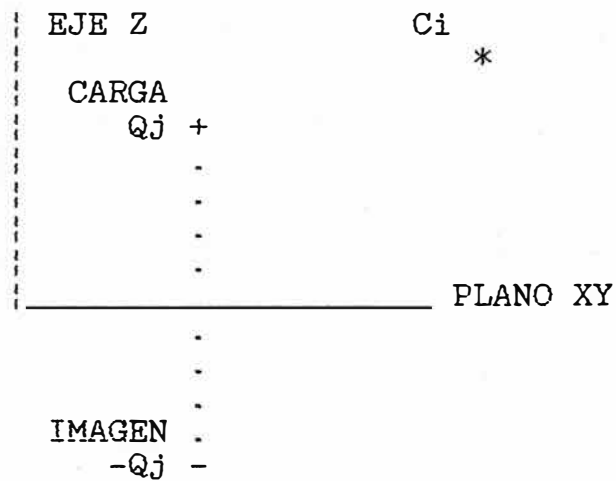


FIGURA 3

El coeficiente de potencial electrostático en el punto C_i con respecto a la carga Q_j y su imagen es:

$$P_{ij} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{D} - \frac{1}{d} \right) \quad (8)$$

D y d son las distancias desde la carga y su imagen al punto C_i respectivamente.

$$D = \left((X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 + (Z_i - Z_j)^2 \right)^{1/2} \quad (9)$$

$$d = \left((X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 + (Z_i + Z_j)^2 \right)^{1/2} \quad (10)$$

Los coeficientes de intensidad de campo se obtienen aplicando las ecuaciones (6) y (7), obteniéndose:

$$(f_{ij})_x = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left((X_i - X_j) \frac{3}{D} - (X_i - X_j) \frac{3}{d} \right) \quad (11)$$

$$(f_{ij})_y = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left((Y_i - Y_j) \frac{3}{D} - (Y_i - Y_j) \frac{3}{d} \right) \quad (12)$$

$$(f_{ij})_z = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left((Z_i - Z_j) \frac{3}{D} - (Z_i + Z_j) \frac{3}{d} \right) \quad (13)$$

1.6 Coeficiente de potencial e intensidad de campo eléctrico para un anillo cargado y su imagen

Se considera el anillo cargado ubicado en un punto del espacio, cuyas coordenadas son (X_j, Y_j, Z_j) y su carga imagen en $(X_j, Y_j, -Z_j)$; es decir, las cargas están a una misma distancia del plano XY. El punto C_i , donde se evaluará los coeficientes de potencial e intensidad de campo se ubica en cualquier región del espacio, cuyas coordenadas son (X_i, Y_i, Z_i) , tal como se muestra en la figura 4.

Para calcular el potencial que produce uno de los anillos en el punto C_i , un procedimiento es desarrollar la ecuación de Laplace en coordenadas esféricas, la demostración se puede encontrar en cualquier libro de Campos electromagnéticos. Por la simetría del anillo, la solución depende del radio y del ángulo polar, pero no del ángulo azimutal. La solución será:

$$U_i = \sum_{n=0}^{\infty} (A_n r^n + B_n r^{-(n+1)}) P_n(\cos\theta) \quad (14)$$

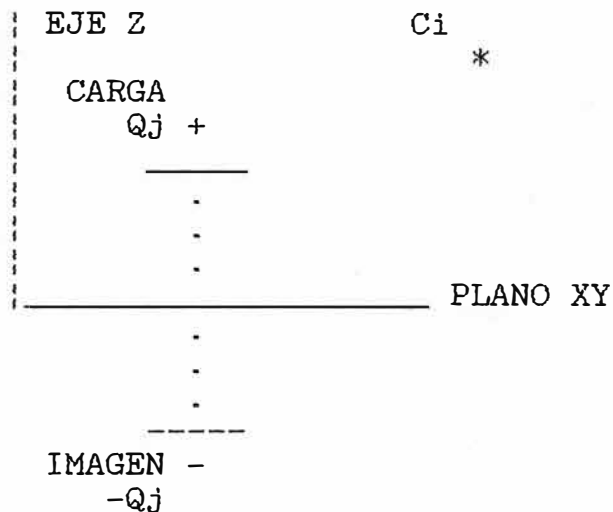


FIGURA 4

A_n, B_n : son coeficientes por determinar

r : es la magnitud del vector que va desde el centro del anillo al punto C_i

θ : es el ángulo polar, formado por el radio vector r y el vector unitario en la dirección del eje Z

$P_n(\cos\theta)$: es el polinomio de Legendre de orden n .

Existen dos soluciones para el potencial U_i : la primera es para $A_n=0$, cuando $r \geq R$, y la segunda solución es para $B_n=0$, cuando $r < R$, siendo R el radio del anillo cargado. El término que requiere más comentario, es el polinomio de Legendre, por eso, se da la relación de los primeros polinomios:

$$\begin{aligned}
 \text{para } n=0 & \quad P_n(\cos\theta) = 1. \\
 n=1 & \quad P_n(\cos\theta) = \cos\theta \\
 n=2 & \quad P_n(\cos\theta) = \frac{3 \cos^2 \theta - 1}{2}
 \end{aligned} \tag{15}$$

ademàs, los polinomios de Legendre tienen una regla de recurrencia, es decir, que conociendo los polinomios de orden 0 y 1, se puede conocer el de orden 2, y conociendo el de orden 1 y 2, se puede encontrar el de orden 3, y así sucesivamente. Se indica aquí la fórmula, porque es necesario para la elaboración de un algoritmo para un subprograma del segundo capítulo.

$$P_{k+1}(\cos\theta) = \frac{(2k + 1) \cos\theta P_k(\cos\theta) - k P_{k-1}(\cos\theta)}{k + 1} \tag{16}$$

Es más conveniente trabajar en el MSC cuando $r > R$ es decir, solamente será necesario determinar los coeficiente B_n , para lo cual, se aplica un método conocido como: expansión multipolar, que consiste en hallar la expresión del potencial en el eje de simetría del anillo, independientemente de (14). No ofrece dificultad, hallar este potencial:

$$U_i = \frac{Q_j}{4\pi\epsilon} \left(R + Z \right)^{-1/2} \tag{17}$$

donde R es el radio del anillo, Z es la distancia del centro del anillo al punto ubicado en su eje. Si la expresión (14) se evalúa en el mismo punto, entonces, $r = Z$, el ángulo

polar $\theta = 0$, $\cos\theta = 1$; según (15) todos los polinomios de Legendre serán iguales a 1, si se desea una demostración completa, se aplica la demostración de inducción matemática en (16). Luego, el potencial dado en (14) se reduce a:

$$U_i = \sum_{n=0}^{\infty} (B_n Z^{-(n+1)}) \quad (18)$$

Se aplica el desarrollo del binomio de Newton, en la expresión (17) para que tenga la misma forma que la expresión (18), luego se identifican términos que tengan la misma variable. Es así, como se obtienen los valores de B_n . La expresión final del potencial será:

$$U_i = \frac{Q_j}{4\pi\epsilon} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{-1}{2} \right)^k \frac{1.3\dots(2k-1)}{(k)!} \left(\frac{R}{r} \right)^{2k+1} P_{2k}(\cos\theta) \quad (19)$$

la expresión (19) del potencial, es solamente para un anillo cargado, para considerar su imagen, se aplica el principio de superposición, obteniéndose:

$$U_i = \frac{Q_j}{4\pi\epsilon} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{-1}{2} \right)^k \frac{1.3\dots(2k-1)}{(k)!} \left(\frac{R}{rc} \right)^{2k+1} P_{2k}(\cos\theta_c) +$$

$$\frac{-Q_j}{4\pi\epsilon} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{-1}{2} \right)^k \frac{1.3\dots(2k-1)}{(k)!} \left(\frac{R}{rI} \right)^{2k+1} P_{2k}(\cos\theta_I) \quad (20)$$

r_c : es la magnitud del vector que va desde el centro del anillo cargado al punto C_i

r_I : es la magnitud del vector que va desde el centro del anillo imagen al punto C_i

θ_c : es el ángulo polar, formado por el radio vector r_c y el vector unitario en la dirección del eje Z

θ_I : es el ángulo polar, formado por el radio vector r_I y el vector unitario en la dirección del eje Z

De (20), se puede factorizar Q_j , y encontrar el coeficiente de potencial, teniendo en cuenta que $U_i = P_{ij} Q_j$:

$$P_{ij} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{-1}{2} \right)^k \frac{1 \cdot 3 \dots (2k-1)}{(k)!} \left(\frac{R}{r_c} \right)^{2k+1} P_{2k}(\cos\theta_c) -$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{-1}{2} \right)^k \frac{1 \cdot 3 \dots (2k-1)}{(k)!} \left(\frac{R}{r_I} \right)^{2k+1} P_{2k}(\cos\theta_I) \quad (21)$$

Los coeficientes de intensidad de campo eléctrico se obtienen aplicando (6) y (7), obteniéndose:

$$(f_{ij})_x = \frac{1}{4\pi\epsilon} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{-1}{2} \right)^k \frac{1 \cdot 3 \dots (2k+1)}{(k)!} \left(\frac{R}{r_c} \right)^{2k+1} A -$$

$$\left(\frac{R}{r_c} \right)^{2k+1} B \quad (22)$$

donde:

$$A = \frac{1}{rc} \left(\frac{d rc}{d x} \right) P_{2k}(\cos\theta_c) - a \left(\frac{d \cos\theta_c}{d x} \right) \quad (23)$$

$$B = \frac{1}{rI} \left(\frac{d rI}{d x} \right) P_{2k}(\cos\theta_I) - b \left(\frac{d \cos\theta_I}{d x} \right) \quad (24)$$

a y b se expresan:

$$a = \frac{\cos\theta_c P_{2k}(\cos\theta_c) - P_{2k+1}(\cos\theta_c)}{(1 - \cos\theta_c)(1 + \cos\theta_c)} \quad (25)$$

$$b = \frac{\cos\theta_I P_{2k}(\cos\theta_I) - P_{2k+1}(\cos\theta_I)}{(1 - \cos\theta_I)(1 + \cos\theta_I)} \quad (26)$$

y las derivadas parciales seràn:

$$\frac{d \cos\theta_c}{d x} = -\left(\frac{1}{rc}\right) \cos\theta_c \left(\frac{d rc}{d x}\right) \quad (27)$$

$$\frac{d \cos\theta_I}{d x} = -\left(\frac{1}{rI}\right) \cos\theta_I \left(\frac{d rI}{d x}\right) \quad (28)$$

$$\frac{d rc}{d x} = \left(\frac{X_i - X_j}{rc} \right) \quad (29)$$

$$\frac{d rI}{d x} = \left(\frac{X_i - X_j}{rI} \right) \quad (30)$$

el valor de los radios r_c y r_I es conocido, el valor de $\cos\theta_c$ y $\cos\theta_I$ se deduce de la figura 4, aqui sus expresiones:

$$r_c = \left((X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 + (Z_i - Z_j)^2 \right)^{1/2} \quad (31)$$

$$r_I = \left((X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 + (Z_i + Z_j)^2 \right)^{1/2} \quad (32)$$

$$\cos\theta_c = \frac{Z_i - Z_j}{r_c} \quad (33)$$

$$\cos\theta_I = \frac{Z_i + Z_j}{r_I} \quad (34)$$

Para hallar el coeficiente de intensidad con respecto al eje Y, el procedimiento es similar:

$$(f_{ij})_y = \frac{1}{4\pi\epsilon} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{2} \left(\frac{1 \cdot 3 \dots (2k+1)}{(k)!} \right) \left(\frac{R}{r_c} \right)^{2k+1} C - \frac{R}{r_c} D \quad (35)$$

donde:

$$C = \frac{1}{r_c} \left(\frac{d r_c}{d y} \right) P_{2k}(\cos\theta_c) - a \left(\frac{d \cos\theta_c}{d y} \right) \quad (36)$$

$$D = \frac{1}{r_I} \left(\frac{d r_I}{d y} \right) P_{2k}(\cos\theta_I) - b \left(\frac{d \cos\theta_I}{d y} \right) \quad (37)$$

a y b se definen en (25) y (26), y las derivadas parciales con respecto a y seràn:

$$\frac{d \cos\theta_c}{d y} = -\left(\frac{1}{rc}\right) \cos\theta_c \left(\frac{d rc}{d y}\right) \quad (38)$$

$$\frac{d \cos\theta_I}{d y} = -\left(\frac{1}{rI}\right) \cos\theta_I \left(\frac{d rI}{d y}\right) \quad (39)$$

$$\frac{d rc}{d y} = \left(\frac{Y_i - Y_j}{rc} \right) \quad (40)$$

$$\frac{d rI}{d y} = \left(\frac{Y_i - Y_j}{rI} \right) \quad (41)$$

el valor de los radios rc y rI se ha definido en (31) y (32) asi como tambièn cosθc y cosθI en (33) y (34).

Para hallar el coeficiente de intensidad con respecto al eje Z, el procedimiento es similar:

$$(f_{ij})_z = \frac{1}{4\pi\epsilon} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{-1}{2}\right)^k \left(\frac{1.3\dots(2k+1)}{(k)!}\right) \left(\frac{R}{rc}\right)^{2k+1} F \quad (42)$$

donde:

$$F = \frac{1}{rc} \left(\frac{d rc}{d z}\right) P_{2k}(\cos\theta_c) - a \left(\frac{d \cos\theta_c}{d z}\right) \quad (43)$$

$$G = \frac{1}{rI} \left(\frac{d rI}{d z} \right) P_{2k}(\cos\theta I) - b \left(\frac{d \cos\theta I}{d z} \right) \quad (44)$$

a y b se definen en (25) y (26), y las derivadas parciales con respecto a z seràn:

$$\frac{d \cos\theta c}{d z} = \frac{1}{rc} - \left(\frac{1}{rc} \right) \cos\theta c \left(\frac{d rc}{d z} \right) \quad (45)$$

$$\frac{d \cos\theta I}{d z} = \frac{1}{rI} - \left(\frac{1}{rI} \right) \cos\theta I \left(\frac{d rI}{d z} \right) \quad (46)$$

$$\frac{d rc}{d z} = \left(\frac{Z_i - Z_j}{rc} \right) \quad (47)$$

$$\frac{d rI}{d z} = \left(\frac{Z_i + Z_j}{rI} \right) \quad (48)$$

La parte que ofrece mayor dificultad para determinar los coeficientes de intensidad de campo, es cuando se tiene que derivar los polinomios de Legendre, existe un teorema que se aplica aqui, y es importante indicar:

$$\frac{d P_{2k}(W)}{d W} = \frac{(2k + 1)}{(1 - W)(1 + W)} (W P_{2k}(W) - P_{2k+1}(W)) \quad (49)$$

CAPITULO II DISEÑO DE ELECTRODOS DE CAMPO ELECTRICO UNIFORME

2.1 Configuración de los electrodos para el diseño

Por sus características particulares, una región de campo eléctrico uniforme se emplea para pruebas de dieléctricos. Teóricamente, la intensidad de campo eléctrico uniforme se produce, en el espacio entre dos placas paralelas de dimensiones infinitas, que están sujetas a una diferencia de potencial V y separadas una distancia D . El valor de la intensidad será:

$$E_0 = \frac{V}{D} \quad (50)$$

sin embargo, no es posible construir electrodos de dimensiones infinitas, por esa razón, se realizan cuidadosos diseños de la forma geométrica de los contornos extremos, para eliminar los efectos de borde del campo. Existen distintos modelos de electrodos que responden a ecuaciones de la forma geométrica de los contornos extremos, que aproximadamente producen una intensidad de campo eléctrico uniforme. Sin el empleo de la computación digital, es muy difícil establecer cual de estos modelos es más eficiente de reproducir un campo uniforme. El desarrollo de la computación digital hace posible establecer, que tipo de electrodo reproduce mejor un campo uniforme. El método numérico aplicado para encontrar el campo de los diferentes modelos

de electrodos, es el método de simulación de carga, apropiado para configuraciones geométricas complicadas.

Para establecer una buena comparación del campo eléctrico, para los diferentes modelos de electrodos, se supone que todos ellos tienen idénticas dimensiones, es decir: el mismo diámetro y el mismo ancho, además que están sujetas a una misma diferencia de potencial, y que tienen una misma distancia de separación con respecto a tierra.

Se encuentra la intensidad del campo eléctrico, para tres modelos diferentes de electrodos, todos ellos tienen la forma de plato, pero se diferencian en los contornos extremos. El primero de ellos tiene una sección plana paralela a tierra, en los extremos tiene una sección semicircular, finalmente una sección plana también paralela a tierra. El segundo tipo de electrodo, comienza en el eje de simetría del plato con una sección que responde a una función exponencial de crecimiento muy suave, que parece ser paralela a tierra, la siguiente sección, es la tres cuartas partes de una semicircunferencia, finalmente, termina con una sección plana, paralela a tierra. El tercer modelo de electrodo, tiene una combinación de hasta cuatro secciones diferentes: la primera es un plano paralelo a tierra, la sección que continúa, es una función senoidal negativa con respecto a un eje girado $\pi/4$ radianes, cuyo origen es el punto final de la primera sección, la siguiente sección es una parte circular, y comienza en el punto final de la

sección senoidal, correspondiente al ángulo $\pi/2$ radianes, finalmente, se termina con una sección plana paralela a tierra.

Las ecuaciones de las secciones para los diferentes modelos de electrodos se obtienen teniendo en cuenta que la evaluación de la derivada de dos secciones vecinas es la misma en su punto de unión. Además como datos comunes a los diferentes modelos son: R el radio de los platos, T el ancho, y D la distancia tierra-electrodo.

2.2 Electrodo de contorno plano-semicircular-plano

En este tipo de electrodo, la primera sección es plana, tiene una distancia radial con respecto al eje de simetría del plato de R_0 ; la siguiente sección es de forma circular, tiene un radio de R_c ; y la última sección es también plana, retorna al eje de simetría, y su radio es R_0 . La figura 5 muestra una vista de planta completa, y la figura 6 muestra una vista de perfil de la mitad del electrodo. El radio del electrodo será:

$$R = R_0 + R_c \quad (51)$$

el ancho del electrodo será:

$$T = 2 R_c \quad (52)$$

De (52) se determina el valor de R_c , y de (51) el valor de R_0 . La ecuación de la primera sección será:

VISTA DE PLANTA DEL ELECTRODO

RADIO DEL ELECT. 105 cm.

EJE Y EN cm.

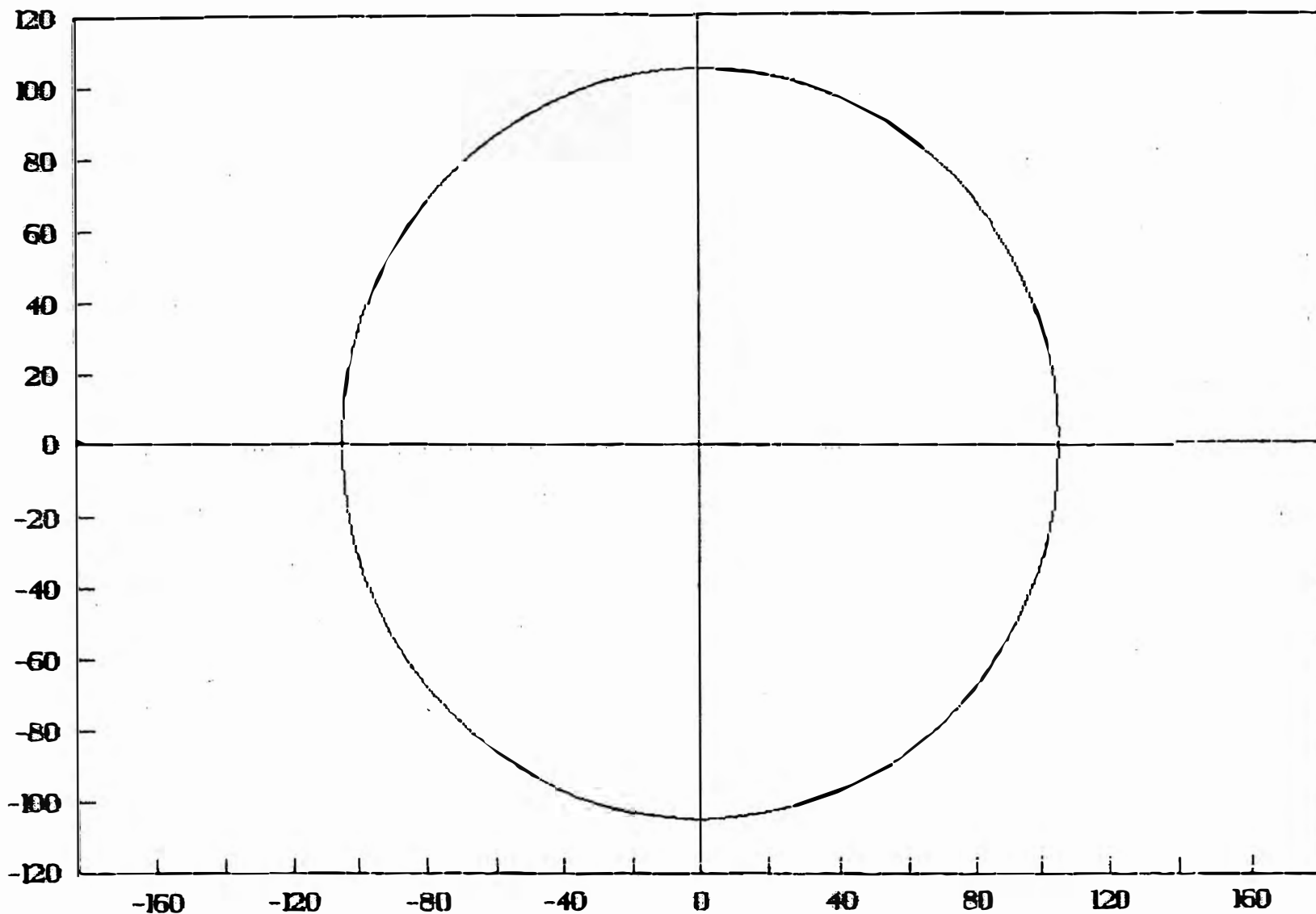


FIGURA 5

— SUPERF. DEL ELECTR.

VISTA DE PERFIL DEL ELECTRODO

DIMENSIONES EN cm.

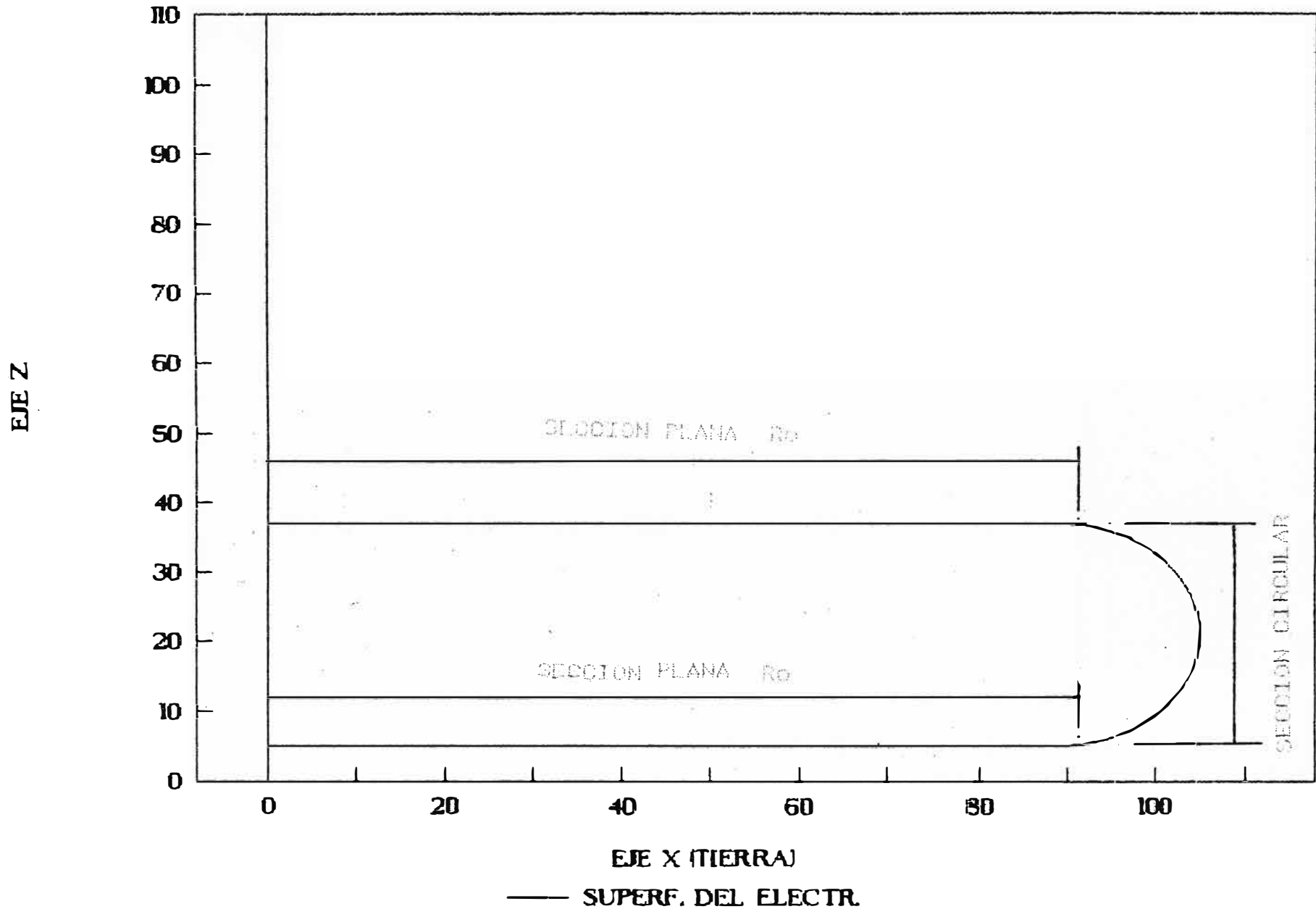


FIGURA 6

$$Z = D \quad \text{para } X < R_o \quad (53)$$

La ecuación de la segunda sección será:

$$(X - R_o)^2 + (Z - D - R_c)^2 = R_c^2 \quad (54)$$

para $X \geq R_o$. La ecuación de la tercera sección será:

$$Z = D + T \quad \text{para } X < R_o \quad (53)$$

2.3 Electrodo de contorno exponencial-circular-plano

Este tipo de electrodo esta compuesto de tres secciones: La primera corresponde a una funcion exponencial, la segunda tiene una forma circular, y la tercera una forma plana, paralela a tierra. La figura 7 muestra una vista de perfil de la mitad del electrodo. A este tipo de electrodo también se le llama contorno Rogowski, Aqui no se hace un análisis de como proviene este contorno, sino, se acepta su forma geométrica, para la evaluación del campo eléctrico mediante el MSC, y observar los resultados.

La ecuación de la primera sección será:

$$Z = \frac{A}{\pi} \left(e^{(\pi/A)(X - M)} - e^{(\pi/A)M} \right) + D \quad (56)$$

donde:

$$M = R - \frac{A}{\pi} \left(2^{1/2} - 1 \right) \quad (57)$$

SUPERFICIE DE PERFIL DEL ELECTRODO

ROGOWSKI

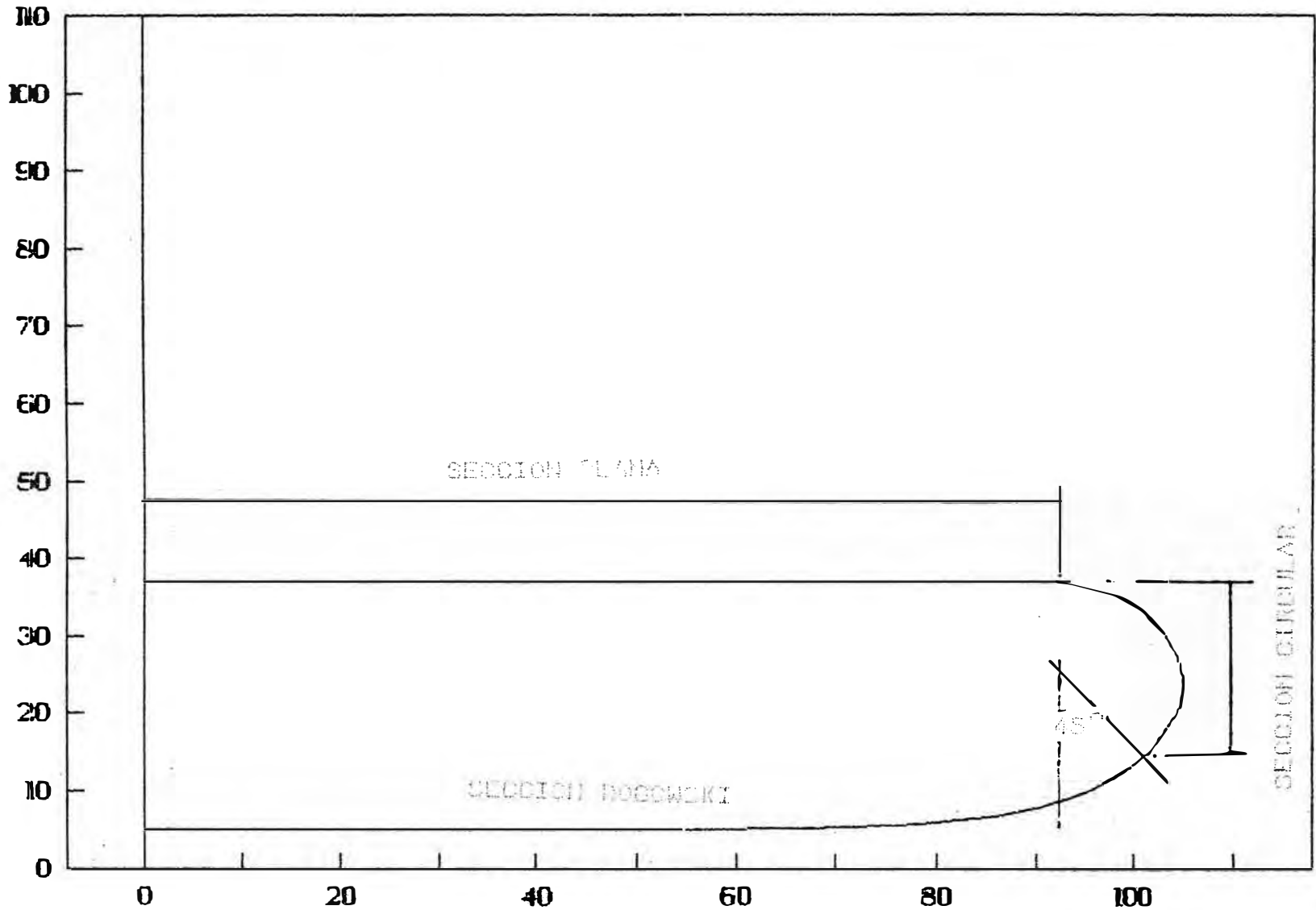


FIGURA 7

EJE Z EJE DE ROTACION

EJE X INFINITA TIERRA PLANA

— ELECTRODO ROGOWSKI

aquí A es un valor característico por determinar, R es el radio del electrodo, y de D es la distancia tierra-electrodo. De estos tres parámetros, el único que no se conoce, es el valor de A , y en esta sección se indica como obtener su valor. La abscisa y la ordenada del centro de la parte circular es:

$$X_c - R = \frac{A}{\pi} \left(\frac{1}{2} \right) \quad (58)$$

$$Z_c = D - \frac{A}{\pi} \left(\frac{1}{2} e^{-(\pi/A)M} \right) \quad (59)$$

y el radio de la sección circular será:

$$R_c = \frac{A}{\pi} \left(\frac{1}{2} \right) \quad (60)$$

el ancho del electrodo será:

$$T = Z_c - Z(0) + R_c \quad (61)$$

Puesto que el ancho T es conocido, mediante (61) se determina el valor de A ; previamente es conveniente hacer unas transformaciones: el segundo término de (61) se obtiene reemplazando el valor de $X=0$ en (56), obteniéndose $Z(0)=D$; la ecuación (61) será con una incógnita, pero no de tipo lineal, sino exponencial, se puede evitar esta dificultad, haciendo una aproximación en (59): el valor de e está elevado a un exponente negativo, relativamente grande, por

lo tanto se puede despreciar. Con esta consideración se obtiene de (61) lo siguiente:

$$T = \frac{A}{\pi} (2^{1/2} + 2) \quad (62)$$

mediante la expresión (62) se encuentra el valor de A más rápidamente. La ecuación de la sección circular será:

$$(X - X_0)^2 + (Z - Z_c)^2 = R_c^2 \quad (63)$$

Se cumple (56) para $X < M$, y se cumple (54) para $X \geq M$. Finalmente se termina con una sección plana paralela a tierra cuya ecuación es:

$$Z = Z_c + R_c \quad (64)$$

2.4 Electrodo de contorno plano-senoidal-circular-plano

Este tipo de electrodo está compuesto de cuatro secciones: La primera corresponde a una sección plana paralela a tierra, luego sigue una sección senoidal, con respecto a un sistema de coordenadas girado y que su origen está en el punto final de la sección plana, la tercera sección tiene una forma circular que comienza en el punto final de la sección senoidal correspondiente al ángulo $\pi/2$ radianes, finalmente se termina con la sección plana paralela a tierra. La figura 8 muestra una vista de perfil del electrodo. A este tipo de electrodo también se le llama contorno Bruce, Aquí no se hace un análisis de como

proviene este contorno, sino, se acepta su forma geometrica para la evaluacion de su campo electrico mediante el MSC y comprobar su uniformidad.

La ecuaciòn de la primera seccion plana con respecto al sistema de coordenadas original serà:

$$Z = D \quad \text{para } X < R_0 \quad (65)$$

el valor de R_0 se determinará en esta sección, La ecuaciòn de la segunda seccion serà:

$$Z' = - R_c \text{ Sen}(\pi X' / 2X_0') \quad (66)$$

R_c es el radio de la secciòn circular, X_0' es la abcisa del centro de la secciòn circular. Las variables indicadas con superindice quiere decir que se refieren al sistema de coordenadas girado. el rango serà para: $X' \geq 0$, y $X' < X_0'$, el valor de X_0' tambièn se determinará en esta sección. Debe cumplirse las siguientes relaciones:

$$R_c = (2/\pi) X_0' \text{Tan}(\theta) \quad (67)$$

$$X_0' = B / \text{Cos}(\theta) \quad (68)$$

donde θ es el angulo caracteristico de la secciòn senoidal, tambièn es el àngulo que forma el plano de la tierra con el eje X' del sistema de coordenadas girado.

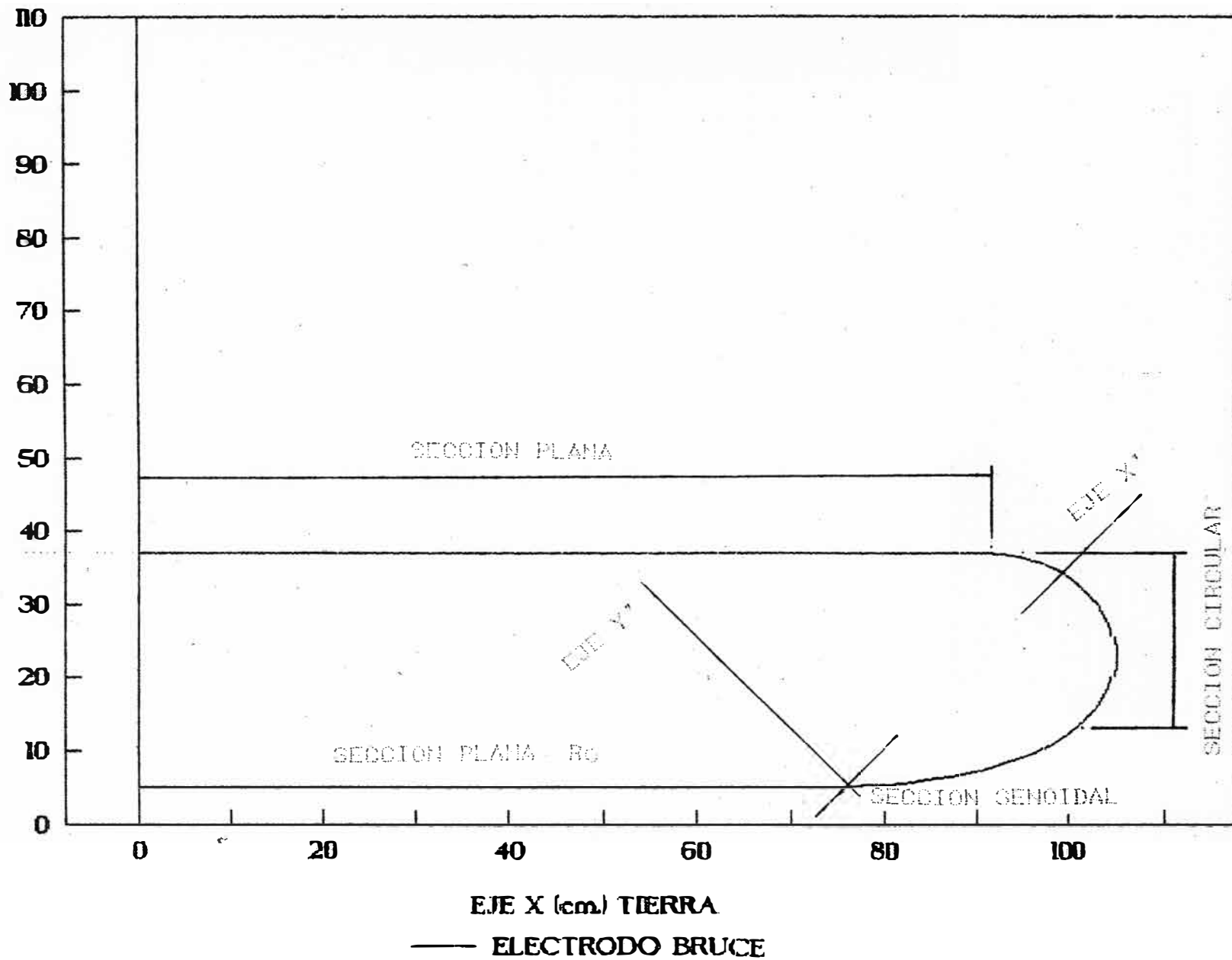
El radio total del electrodo serà:

$$R = R_p + R_c + B \quad (69)$$

SUPERFICIE VISTO DE PERFIL

DEL ELECTRODO BRUCE

FIGURA 8
EJE DE SIMETRIA
EJE Z (cm.)
Ej



R_p es la distancia radial desde el eje de simetría hasta el punto final de la primera sección plana, el ancho del electrodo será:

$$T = B \tan(\theta) + R_c \quad (70)$$

$$T = B \tan(\theta) \left(1 + \frac{2}{\pi \cos(\theta)} \right) \quad (71)$$

El ángulo θ debe ser un valor conocido, en el trabajo de la segunda parte se considera $\theta = \pi/4$. Sin embargo puede tener cualquier valor alrededor de $\pi/4$, puesto que el valor de T es conocido, entonces de (71) se encuentra el valor de B , en (68) se determina el valor de X_0 , y en (67) se determina el valor de R_c ; el radio del electrodo R es conocido entonces de (69) se determina el valor de R_p .

La ecuación de la sección circular con respecto al sistema de coordenadas girado será:

$$(X' - X_0')^2 + Z'^2 = R_c^2 \quad (72)$$

Finalmente, continúa la sección plana paralela a tierra, cuya ecuación es:

$$Z = D + T \quad (73)$$

esta ecuación es con respecto al sistema de coordenadas original, y cumple para valores de $X < R_p + B$.

El criterio que se ha seguido para calcular los puntos en la superficie del electrodo es el siguiente: cada

punto evaluado en el sistema de coordenadas girado se ha pasado al sistema de coordenadas original.

2.5 Criterios para calcular la intensidad de campo eléctrico

La intensidad del campo eléctrico en el espacio entre los dos electrodos se calcula, aplicando el conocido MSC, que es apropiado para electrodos de forma geométrica compleja. En este método, la distribución de las cargas se representará por un sistema de n cargas tipo anillo, cada una de ellas tiene una carga Q_j , se localizará interiormente a la superficie del electrodo. La figura 9 muestra la distribución de las cargas tipo anillo, la tierra, y el electrodo imagen.

La posición de las cargas anillo es arbitraria. La introducción de la tierra, es porque se trabaja con el método de imágenes, y tiene dos interpretaciones: el electrodo está a una distancia D de tierra o la distancia entre electrodos es $2D$. El potencial que producen todas las cargas en cada punto de la superficie se evalúa de acuerdo a la ecuación (1), la intensidad de campo eléctrico que producen todas las cargas en cada punto de la superficie se calcula de acuerdo a la ecuación (7). Las expresiones del coeficiente de potencial e intensidad de campo eléctrico se ha dado en 1.6 y ya no se volverá a escribir aquí. La condición en la frontera o en la superficie metálica, es que el potencial es 1 en electrodo positivo, y -1 en el

electrodo negativo, y por lo tanto 0 en tierra, el potencial no tiene unidades, por lo tanto, las unidades de la intensidad de campo tiene como unidades cm. a la -1, pero en el programa se expresa mejor como mts. a la -1.

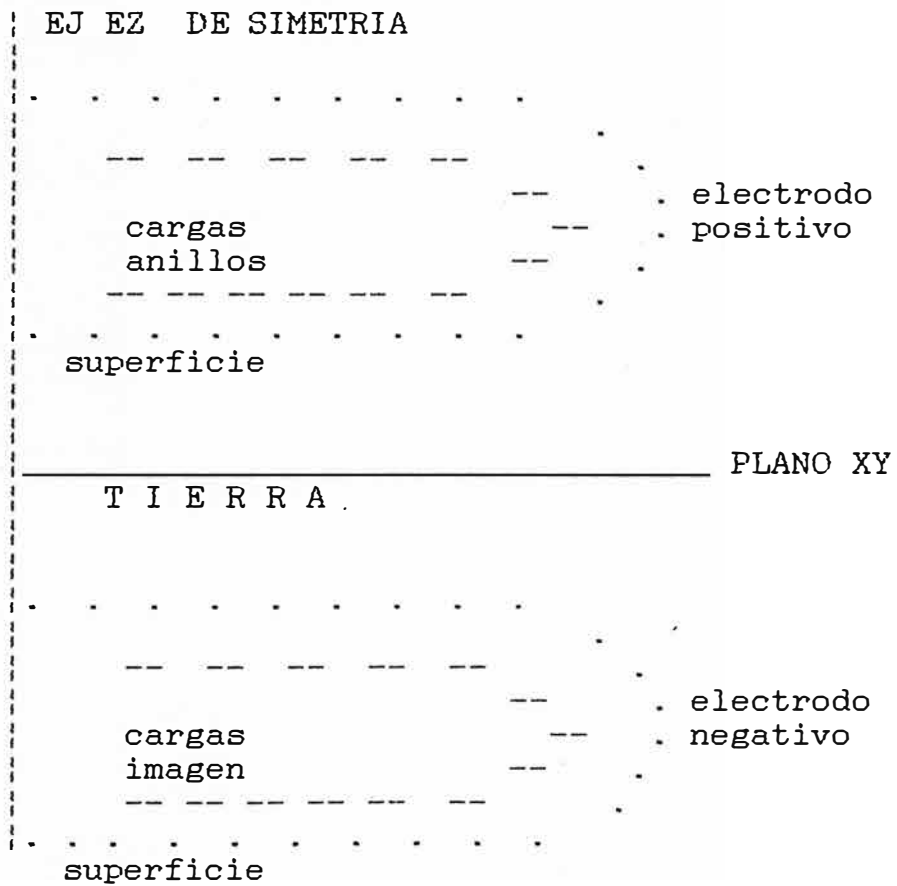


FIGURA 9

Conocido el valor de cada carga, se evalúa el potencial que producen estas, en otros puntos de la superficie del electrodo, debiendo obtenerse valores muy próximos a 1. Si no ocurre así, se varían los parámetros indicados en 1.4. Una vez superado este problema, se evalúa

la intensidad de campo en cada punto de la superficie del electrodo a lo largo de una línea recta. La intensidad es un vector, cuyo origen se sitúa en cada punto evaluado y la cabeza de la flecha se graficará en el mismo plano de la superficie.

2.6 Criterios para la elaboración de los programas

En primer lugar, se tiene que representar las coordenadas de los puntos de la superficie de los electrodos, que representen las ecuaciones de los distintos modelos; estos son los puntos frontera, estas variables, se representan como XC , YC , y ZC , y se dimensionan vectorialmente. Luego, se representan las coordenadas de los centros de las cargas anillos, las cargas se ubican interiormente a la superficie de los electrodos, estas variables se representan como XO , YO , y ZO , y se dimensionana vectorialmente; un buen resultado es considerar estas coordenadas frente a los puntos frontera. Todas estas ubicaciones es muy conveniente obtenerlas mediante un subprograma, que dentro de los programas aparecerá con el nombre de subroutine `coor`.

En segundo lugar, se tiene que encontrar el coeficiente de potencial P_{ij} , de cada punto frontera $XC(i)$, $YC(i)$, $ZC(i)$ con respecto a cada carga anillo y su respectiva imagen, cuya coordenada es: $XO(j)$, $YO(j)$, $ZO(j)$. Puesto que estas coordenadas ya se establecieron en la

subrutina coor, se les llama de la memoria de la computadora. No es tan difícil evaluar los coeficientes de potencial, se elabora un algoritmo que responde a las expresiones que se encuentran en 1.6. Esta parte de encontrar los coeficientes de potencial se encuentra en el subprograma copot, estas variables se representan vectorialmente como AS.

En tercer lugar, se tiene que encontrar el valor de cada carga eléctrica, para lo cual, en el programa principal se asume que el potencial en la frontera es 1. sin unidades; luego, conocida la matriz de los coeficientes de potencial, y el potencial en cada punto, entonces, las únicas incógnitas, son los valores de las cargas eléctricas simuladas. Mediante un subprograma que resuelve ecuaciones lineales, se encuentra el valor de cada carga; se emplea el método de eliminación de Gauss con Pivote completo. Este subprograma es llamado dgelg, y las cargas eléctricas se dimensionan, apareciendo como variable $Q(i)$ en el programa. Una indicación que este programa resuelve bien las ecuaciones lineales, es que un parámetro IER debe ser cero, en caso de no ser cero, se tiene que aumentar la precisión, es decir, hacer más pequeño el valor de EPS.

En cuarto lugar, mediante un subprograma llamado prueba, se obtiene puntos a lo largo del eje X en la superficie del electrodo, las coordenadas que se obtienen se dimensionan vectorialmente como XC1, YC1, ZC1; se encuentra

el coeficiente de potencial de cada punto de prueba, con respecto a cada carga, no es necesario efectuar otro subprograma para evaluar los coeficientes de potencial, sino, se llama nuevamente al subprograma copot; puesto que se conoce el valor de cada carga simulada, y los coeficientes de potencial de los puntos de prueba; entonces, en el programa principal se evalúa el potencial en estos puntos. Si no se acerca a 1. entonces, nuevamente se corre el programa, variando los parámetros que se mencionan en 1.4.

En quinto lugar, una vez verificado que, en los puntos de prueba el potencial que producen las cargas es muy cercano a 1, con un error menor que 0.9%, entonces, se procede a calcular la intensidad de campo eléctrico en estos puntos, para lo cual se inicializa los valores de la intensidad en el programa principal, para evaluar los coeficientes de intensidad de campo, se elabora un algoritmo que responde a las expresiones deducidos en 1.6, y se introducen en un subprograma llamado migu, este subprograma evalúa los coeficientes de intensidad en las tres componentes, configurandose desde el programa principal. El valor de la intensidad de campo en cada punto se calcula en el programa principal, dimensionandose vectorialmente como: $EX(i)$, $EY(i)$, $EZ(i)$.

Así, el programa principal, esta constituido de cinco subprogramas, se ha hecho todo lo necesario, para que

sea lo más simplificado posible, obteniéndose alrededor de 430 pasos. Los parámetros son los siguientes:

- R: radio del electrodo
- T: ancho del electrodo
- D: distancia tierra electrodo
- A: radio de cada carga anillo
- DR: distancia radial entre puntos en la frontera
- DZ: distancia entre cada carga anillo y la superficie
- ANN: toma en cuenta la parte circular a considerar
- EPS: la precisión a trabajarse en el subprograma dgelg
- U: el potencial en la frontera (en el dato aparece 1)
- N: indica numero de vectores del potencial en dgelg
- L: indica la cantidad de cargas a trabajar
- ND: indica las partes divididas de la sección circular
- DH: distancia azimutal entre puntos frontera

2.7 Datos, Programa, Resultados y grafica de la intensidad de campo eléctrico, para las diferentes configuraciones de electrodos

Los datos responden a los parámetros indicados anteriormente, el programa es diferente para cada modelo de electrodo, y se ha escrito en fortran 77 versión 4.1, para PC. Se escribe los datos, programa, resultados (completo solo en el primer caso, por ser muy extenso), y las graficas correspondiente a cada caso. En los tres casos se varia la distancia tierra electrodo para 5, 10, 15, 20, 25 y 30 cm.

2.7.1 Configuraciòn plano-semicircular-plano

Los datos en el programa son los siguientes:

Radio del electrodo	R = 105 cm.
Ancho del electrodo	T = 32 cm.
Distancia tierra-electrodo	D = 5 cm.
Radio de cada carga anillo	A = 1 cm.
Distancia radial entre puntos frontera	DR= 3.2 cm.
Distancia entre cada anillo y la frontera	DZ= 5 cm.
Parte circular considerada	ANN= 8.
Presiciòn del subprograma dgelg	EPS= 1 E -18
Potencial en la superficie del electrodo	U= 1.
Número de vectores del Potencial	N= 1
Número de cargas elèctricas	L= 80
Divisiòn de la parte circular	ND= 16
Distancia azimutan entre dos puntos frontera	DZ= 2.6 cm.

El archivo de datos es simple:

```
105. 32. 5. 1. 3.2 5. 8. 1E-18 1.
1 80 16 2.6
```

Para el caso de una distancia tierra electrodo de 10 cm., solamente se cambia el tercer dato de la primera fila. Los datos estan escritos en el mismo orden de la lectura en el programa. A continuaciòn se escribe el programa completo, los resultados, y las graficas.

```

C      PROGRAMA QUE CALCULA LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO DE UN
C      ELECTRODO CON UNA SECCION RECTA Y UNA SECCION SEMI-CIRCULAR
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
      CHARACTER*80 ROTULO
      DIMENSION Q(200),AS(40000),XD(200),YD(200),ZD(200)
      DIMENSION XC(200),YC(200),ZC(200),XC1(25),YC1(25),ZC1(25)
      DIMENSION EX(25),EY(25),EZ(25),PULE(30)
      WRITE (*,'(A)\') ' ARCHIVO DE DATOS '?'
      READ  (*,'(A)\') ROTULO
      OPEN (5, FILE=ROTULO)
      WRITE (*,'(A)\') ' ARCHIVO DE SALIDA '?'
      READ  (*,'(A)\') ROTULO
      OPEN (6,FILE=ROTULO, STATUS='NEW')
      READ(5,*)R,T,D,A,DR,DZ,ANN,EPS,U
      READ(5,*)N,L,ND,DH
      WRITE(6,51)R
      WRITE(6,52)T
      WRITE(6,53)D
      WRITE(6,54)U
51  FORMAT('O',10X,'RADIO DEL ELECTRODO (CM) R=',2X,F6.2,/)
52  FORMAT('O',10X,'ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T=',2X,F6.2,/)
53  FORMAT('O',10X,'DIST. TIFRRA-ELECTR. (CM) D=',2X,F6.2,/)
54  FORMAT('O',10X,'POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U=',2X,F6.2,/)
      CALL COOR(XD,YD,ZD,XC,YC,ZC,R,A,T,D,DR,DZ,KC,DH,ANN,ND,l)
      M=L
      DO 25 I=1,M
      Q(I)=U
25  CONTINUE
      CALL COPOT(AS,XD,YD,ZD,XC,YC,ZC,A,L,M)
      CALL DGELG(Q,AS,M,N,EPS,IER)
      WRITE(6,65)IER
65  FORMAT('O',10X,'INDICACION DE IER=',2X,I6,/)
      WRITE(6,66)M
66  FORMAT('O',10X,'NUMERO DE CARGAS ELECTRICAS=',2X,I6,/)
      WRITE(6,67)(Q(I),I=1,M)
67  FORMAT(1X,4G15.6)
      CALL PRUEBA(XC1,YC1,ZC1,R,A,T,D,DR,DZ,KC,ANN,ND,NN)
      CALL COPOT(AS,XD,YD,ZD,XC1,YC1,ZC1,A,L,NN)
      SPO=0.DO
      DO 41 I=1,NN
      POT=0.DO
      DO 42 J=1,L
      KM=NN*(J-1)+I
      POT=AS(KM)*Q(J)+POT
42  CONTINUE
      POTE(I)=POT
41  CONTINUE
      WRITE(6,68)NN
68  FORMAT('O',10X,'PRUEBA DEL POTEN=',2X,I6,/)
      WRITE(6,69)(POTE(NN-I+1),I=1,NN)
69  FORMAT(1X,4G15.6)
      NC=0
      DO 10 I=1,NN
      CAX=0.DO

```

```

CAY=0.DO
CAZ=0.DO
DO 20 J=1,L
RA=((XC1(I)-XO(J))**2+(YC1(I)-YO(J))**2+(ZC1(I)-ZO(J))**2)**0.5
RB=((XC1(I)-XO(J))**2+(YC1(I)-YO(J))**2+(ZC1(I)+ZO(J))**2)**0.5
CA=(ZC1(I)-ZO(J))/RA
CB=(ZC1(I)+ZO(J))/RB
IF(SNGL(XC1(I)).NE.SNGL(XO(J)))GOTO 23
CEX=0.DO
GOTO 24
23 DRA=(XC1(I)-XO(J))/RA
DRB=(XC1(I)-XO(J))/RB
DCA=-CA*DRA/RA
DCB=-CB*DRB/RB
CALL MIGU(CEX,A,RA,RB,CA,CB,DRA,DRB,DCA,DCB)
24 CAX=CAX+CEX*Q(J)
IF(SNGL(YC1(I)).NE.SNGL(YO(J)))GOTO 26
CEY=0.DO
GOTO 27
26 DRA=(YC1(I)-YO(J))/RA
DRB=(YC1(I)-YO(J))/RB
DCA=-CA*DRA/RA
DCB=-CB*DRB/RB
CALL MIGU(CEY,A,RA,RB,CA,CB,DRA,DRB,DCA,DCB)
27 CAY=CAY+CEY*Q(J)
IF(SNGL(XC1(I)).NE.SNGL(XO(J)))GOTO 29
IF(SNGL(YC1(I)).NE.SNGL(YO(J)))GOTO 29
CZA=A*(ZC1(I)-ZO(J))/(A**2+(ZC1(I)-ZO(J))**2)**1.5
CZB=A*(ZC1(I)+ZO(J))/(A**2+(ZC1(I)+ZO(J))**2)**1.5
CEZ=CZA-CZB
GOTO 32
29 DRA=(ZC1(I)-ZO(J))/RA
DRB=(ZC1(I)+ZO(J))/RB
DCA=(1.DO-CA*DRA)/RA
DCB=(1.DO-CB*DRB)/RB
CALL MIGU(CEZ,A,RA,RB,CA,CB,DRA,DRB,DCA,DCB)
32 CAZ=CAZ+CEZ*Q(J)
20 CONTINUE
NC=NC+1
EX(NC)=100.DO*CAX
EY(NC)=100.DO*CAY
EZ(NC)=100.DO*CAZ
10 CONTINUE
WRITE(6,71)NC
WRITE(6,*)(EX(NC-I+1),EY(NC-I+1),EZ(NC-I+1),I=1,NC)
71 FORMAT('0',10X,'C. ELECT.=',2X,I6,'/11X2HEX26X2HEY26X2HEZ/')
STOP
END

```

```

C
C *****
C PROGRAMA QUE CALCULA LA INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO
C EX(I) EY(I) EZ(I) EN LOS PUNTOS XC1(I) YC1(I) ZC1(I)
C *****
C

```

```

SUBROUTINE MIGU(CE,A,RA,RB,CA,CB,DRA,DRB,DCA,DCB)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
K=0
FA=A/RA
FB=A/RB
DIA=(A/RA)**2
DIB=(A/RB)**2
F=FA*DRA/RA-FB*DRB/RB
POA=1.DO
POB=1.DO
P1A=CA
P1B=CB
1 K=K+1
AK=FLOAT(K)
LK=2*K
ALK=FLOAT(LK)
P2A=((2.DO*ALK-1.DO)*CA*P1A-(ALK-1.DO)*POA)/ALK
P2B=((2.DO*ALK-1.DO)*CB*P1B-(ALK-1.DO)*POB)/ALK
P3A=((2.DO*ALK+1.DO)*CA*P2A-ALK*P1A)/(ALK+1.DO)
P3B=((2.DO*ALK+1.DO)*CB*P2B-ALK*P1B)/(ALK+1.DO)
AMI=(CA*P2A-P3A)/(1.DO-CA**2)
BMI=(CB*P2B-P3B)/(1.DO-CB**2)
AMA=DRA*P2A/RA-AMI*DCA
BMA=DRB*P2B/RB-BMI*DCB
FA=-((2.DO*AK+1.DO)*FA*DIA/(2.DO*AK))
FB=-((2.DO*AK+1.DO)*FB*DIB/(2.DO*AK))
ST=FA*AMA-FB*BMA
F=F+ST
XE=ST/F
XX=DABS(XE)
IF(XX.LT.1.D-03)GOTO 2
POA=P2A
POB=P2B
P1A=P3A
P1B=P3B
GOTO 1
2 CE=F
RETURN
END

```

```

C
C *****
C CALCULO DE LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE PRUEBA, EN ESTOS
C PUNTOS SE EVALUARA EL POTENCIAL XC1,YC1,ZC1
C *****

```

```

SUBROUTINE PRUEBA(XC1,YC1,ZC1,R,A,T,D,DR,DZ,KC,ANN,ND,NN)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
DIMENSION XC1(1),YC1(1),ZC1(1)
PI=3.1415926536DO
K=0
~KC=KC-2
KAL=ANN
RT=R-T/2.DO
AL1=PI/FLOAT(ND)

```

```

        IF (ND.GT.1)GOTO 6
        AL=PI
        GOTO 5
6       AL=ANN*AL1
17      AL=AL+AL1
        KAL=KAL+1
        IF (KAL.GT.ND)GOTO 12
        IF (SNGL(AL).GT.SNGL(PI))GOTO 12
5       RP=RT+(T/2.DO)*DSIN(AL)
        ZP=D+T/2.DO+(T/2.DO)*DCOS(AL)
        GOTO 14
12      RP=RP-DR
        ZP=D
14      K=K+1
        IF (K.GT.KC)GOTO 16
        XC1(K)=RP
        YC1(K)=0.DO
        ZC1(K)=ZP
        GOTO 17
16      NN=K-1
        WRITE(6,68)NN
        WRITE(6,*)(XC1(NN-I+1),YC1(NN-I+1),ZC1(NN-I+1),I=1,NN)
68     FORMAT('0',10X,'PUNTOS DE PRUEBA=',2X,I6,/'11X1HX26X1HY26X1HZ/')
        RETURN
        END

```

```

C      *****
C      CALCULO DE LAS CARGAS ELECTRICAS ANILLOS Q(I) I=1 HASTA M
C      MEDIANTE EL METODO DE ELIMINACION DE GAUSS CON PIVOTE COMPL.
C      *****
C

```

```

SUBROUTINE DGELG(Q,AS,M,N,EPS,IER)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
DIMENSION Q(1),AS(1)
IF (M)23,23,1
1     IER=0
        PIV=0.DO
        MM=M*M
        NM=N*M
        DO 3 L=1,MM
            TB=DABS(AS(L))
            IF (TB-PIV)3,3,2
2     PIV=TB
            I=L
3     CONTINUE
        TOL=EPS*PIV
        LST=1
        DO 17 K=1,M
            IF (PIV)23,23,4
4     IF (IER)7,5,7
5     IF (PIV-TOL)6,6,7
6     IER=K-1
7     PIVI=1.DO/AS(I)
        J=(I-1)/M

```



```

      I=I-J*M-K
      J=J+1-K
      DO 8 L=K,NM,M
      LL=L+I
      TB=PIVI*Q(LL)
      Q(LL)=Q(L)
8     Q(L)=TB
      IF(K-M)9,18,18
9     LEND=LST+M-K
      IF(J)12,12,10
10    II=J*M
      DO 11 L=LST,LEND
      TB=AS(L)
      LL=L+II
      AS(L)=AS(LL)
11   AS(LL)=TB
12   DO 13 L=LST,MM,M
      LL=L+I
      TB=PIVI*AS(LL)
      AS(LL)=AS(L)
13   AS(L)=TB
      AS(LST)=J
      PIV=0.DO
      LST=LST+1
      J=0
      DO 16 II=LST,LEND
      PIVI=-AS(II)
      IST=II+M
      J=J+1
      DO 15 L=IST,MM,M
      LL=L-J
      AS(L)=AS(L)+PIVI*AS(LL)
      TB=DABS(AS(L))
      IF(TB-PIV)15,15,14
14   PIV=TB
      I=L
15   CONTINUE
      DO 16 L=K,NM,M
      LL=L+J
16   Q(LL)=Q(LL)+PIVI*Q(L)
17   LST=LST+M
18   IF(M-1)23,22,19
19   IST=MM+M
      LST=M+1
      DO 21 I=2,M
      II=LST-I
      IST=IST-LST
      L=IST-M
      L=AS(L)+.5DO
      DO 21 J=II,NM,M
      TB=Q(J)
      LL=J
      DO 20 K=IST,MM,M
      LL=LL+1

```

```

20  TB=TB-AS(K)*Q(LL)
    K=J+L
    Q(J)=Q(K)
21  Q(K)=TB
22  RETURN
23  IER=-1
    RETURN
    END

```

C
C
C
C
C
C

```

*****
CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE POTENCIAL DE CADA PUNTO EN LA
FRONTERA Y CADA CARGA ANILLO AS(ML)  DONDE ML=M*L
*****

```

```

SUBROUTINE COPOT(AS,XO,YO,ZO,XC,YC,ZC,A,L,M)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
DIMENSION XO(1),YO(1),ZO(1),XC(1),YC(1),ZC(1),AS(1)
ML=0
DO 10 I=1,M
DO 20 J=1,L
IF(SNGL(XC(I)).NE.SNGL(XO(J)))GOTO 5
IF(SNGL(YC(I)).NE.SNGL(YO(J)))GOTO 5
CPA=A/(A**2+(ZC(I)-ZO(J))**2)**0.5
CPB=A/(A**2+(ZC(I)+ZO(J))**2)**0.5
CP=CPA-CPB
GOTO 2
5  RA=((XC(I)-XO(J))**2+(YC(I)-YO(J))**2+(ZC(I)-ZO(J))**2)**0.5
   RB=((XC(I)-XO(J))**2+(YC(I)-YO(J))**2+(ZC(I)+ZO(J))**2)**0.5
   CA=(ZC(I)-ZO(J))/RA
   CB=(ZC(I)+ZO(J))/RB
   K=0
   N=0
   FA=A/RA
   FB=A/RB
   DIA=(A/RA)**2
   DIB=(A/RB)**2
   CP=FA-FB
   POA=1.DO
   POB=1.DO
   P1A=CA
   P1B=CB
1  AN=FLOAT(N)
   P2A=((2.DO*AN+3.DO)*CA*P1A-(AN+1.DO)*POA)/(AN+2.DO)
   P2B=((2.DO*AN+3.DO)*CB*P1B-(AN+1.DO)*POB)/(AN+2.DO)
   K=K+1
   AK=FLOAT(K)
   FA=-((2.DO*AK-1.DO)*FA*DIA)/(2.DO*AK)
   FB=-((2.DO*AK-1.DO)*FB*DIB)/(2.DO*AK)
   ST=FA*P2A-FB*P2B
   CP=CP+ST
   XE=ST/CP
   XX=DABS(XE)
   IF(XX.LT.1.D-04)GOTO 2
   P3A=((2.DO*AN+5.DO)*CA*P2A-(AN+2.DO)*P1A)/(AN+3.DO)

```

```

P3B=( (2.DO*AN+5.DO)*CB*P2B-(AN+2.DO)*P1B)/(AN+3.DO)
POA=P2A
POB=P2B
P1A=P3A
P1B=P3B
N=N+2
GOTO 1
2 ML=M*(J-1)+I
AS(ML)=CP
20 CONTINUE
10 CONTINUE
WRITE(6,63)ML
WRITE(6,64)(AS(I),I=1,ML,L)
63 FORMAT('0',10X,'NUMERO DE COEFICIENTES DE POTENCIAL=',2X,I6,/)
64 FORMAT(1X,4G15.6)
RETURN
END

```

C
C
C
C
C
C

```

*****
CALCULO DE LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE LAS CARGAS Y DE
LOS PUNTOS EN LA FRONTERA XO,YO,ZO,XC,YC,ZC
*****

```

```

SUBROUTINE COOR(XO,YO,ZO,XC,YC,ZC,R,A,T,D,DR,DZ,KC,DH,ANN,ND,L)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
DIMENSION XO(1),YO(1),ZO(1),XC(1),YC(1),ZC(1)
PI=3.1415926536DO
K=0
KC=0
KK=-1
KAL=ANN-1
RT=R-T/2.DO
1 A=A-2.D-01
IF(A.GE.DZ)GOTO 1
AL1=PI/FLOAT(ND)
IF(ND.GT.1)GOTO 6
AL=PI
GOTO 5
6 AL=(ANN-1.DO)*AL1
17 AL=AL+AL1
KAL=KAL+1
IF(KAL.GT.ND)GOTO 12
IF(SNGL(AL).GT.SNGL(PI))GOTO 12
5 RF=RT+(T/2.DO)*DSIN(AL)
ZF=D+T/2.DO+(T/2.DO)*DCOS(AL)
RA=RT+(T/2.DO-DZ)*DSIN(AL)
ZA=D+T/2.DO+(T/2.DO-DZ)*DCOS(AL)
GOTO 14
12 RF=RF-DR
IF(RF.LT.T)GOTO 16
ZF=D
RA=RF
ZA=D+DZ
14 NA=2.DO*PI*RF/DH

```

```

ANG1=2.DO*PI/FLOAT(NA)
KK=-KK
IF(KK.EQ.1)GOTO 7
ANG=-ANG1
GOTO 18
7  ANG=-.5DO*ANG1
18  KC=KC+1
    DO 15 I=1,NA
    ANG=ANG+ANG1
    IF(ANG.LE.(PI/45.DO))GOTO 23
    IF(ANG.LT.(89.DO*PI/45.DO))GOTO 15
23  K=K+1
    XC(K)=RF*DCOS(ANG)
    YC(K)=RF*DSIN(ANG)
    ZC(K)=ZF
    XO(K)=RA*DCOS(ANG)
    YO(K)=RA*DSIN(ANG)
    ZO(K)=ZA
15  CONTINUE
    IF(K.LT.L)GOTO 17
16  L=K
    WRITE(6,60)L
    WRITE(6,*)(XO(L-I+1),YO(L-I+1),ZO(L-I+1),I=1,L)
    WRITE(6,61)L
    WRITE(6,*)(XC(L-I+1),YC(L-I+1),ZC(L-I+1),I=1,L)
60  FORMAT('0',10X,'NUMERO DE CARGAS=',2X,I6,/'11X1HX26X1HY26X1HZ/')
61  FORMAT('0',10X,'PUNTOS FRONTERA=',2X,I6,/'11X1HX26X1HY26X1HZ/')
    RETURN
    END

```

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00
 ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00
 DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D= 5.00
 POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

NUMERO DE CARGAS= 80
 COORDENADAS DE LAS CARGAS ELECTRICAS
 XO(J) YO(J) ZO(J)

63.38663524839100	-1.30171881247030	10.00000000000000
63.27975104184500	-3.90296144760220	10.00000000000000
63.27975104176500	3.90296144889460	10.00000000000000
63.38663524836400	1.30171881376480	10.00000000000000
66.54865381352200	-2.61470372819850	10.00000000000000
66.54865381346900	2.61470372955600	10.00000000000000
66.59999999983700	.00000000000000	10.00000000000000
69.78779623157300	-1.30518087545440	10.00000000000000
69.69019168816000	-3.91371721573770	10.00000000000000
69.69019168808000	3.91371721715950	10.00000000000000
69.78779623154600	1.30518087687820	10.00000000000000
72.95348627285000	-2.60554036876010	10.00000000000000
72.95348627279700	2.60554037024820	10.00000000000000
72.99999999983700	.00000000000000	10.00000000000000
76.18889346652200	-1.30096591886000	10.00000000000000
76.10006062490100	-3.90138089162280	10.00000000000000
76.10006062482100	3.90138089317560	10.00000000000000
76.18889346649600	1.30096592041450	10.00000000000000
79.35704197119000	-2.61149182592050	10.00000000000000
79.22821436857500	-5.22015784638820	10.00000000000000
79.22821436846800	5.22015784800520	10.00000000000000
79.35704197113700	2.61149182754010	10.00000000000000
79.39999999983700	.00000000000000	10.00000000000000
82.58970717402200	-1.30394358864310	10.00000000000000
82.50737995783100	-3.91053096997240	10.00000000000000
82.50737995775100	3.91053097165570	10.00000000000000
82.58970717399500	1.30394359032810	10.00000000000000
85.76047762863600	-2.60393488401760	10.00000000000000
85.64194692560000	-5.20547084947730	10.00000000000000
85.64194692549300	5.20547085122410	10.00000000000000
85.76047762858300	2.60393488576680	10.00000000000000
85.79999999983700	.00000000000000	10.00000000000000
88.99049887322100	-1.30042695884830	10.00000000000000
88.91450203071900	-3.90017033080070	10.00000000000000
88.91450203064000	3.90017033261430	10.00000000000000
88.99049887319400	1.30042696066340	10.00000000000000
91.10949022051900	-2.57932753424300	10.21136191554400
91.00000949439100	-5.15658906571010	10.21136191554400
91.00000949428600	5.15658906756520	10.21136191554400
91.10949022046700	2.57932753610030	10.21136191554400
91.14599354207400	.00000000000000	10.21136191554400
93.20074669286400	-1.27867751396860	10.83732514233800

93.13058809224600	-3.83506999735690	10.83732514233800
92.99032370415200	-6.38857556026390	10.83732514233800
92.99032370402100	6.38857556216090	10.83732514233800
93.13058809216700	3.83506999925670	10.83732514233800
93.20074669283800	1.27867751586990	10.83732514233800
95.07756618616100	-2.53191166831020	11.85383426462100
94.97647094545000	-5.06202877589690	11.85383426462100
94.97647094534600	5.06202877783400	11.85383426462100
95.07756618610900	2.53191167024930	11.85383426462100
95.11127256314000	.00000000000000	11.85383426462100
96.77001984877400	-1.25631843874580	13.22182540688800
96.70479014028800	-3.76810847437630	13.22182540688800
96.57437469261300	-6.27735854341480	13.22182540688800
96.57437469248500	6.27735854538400	13.22182540688800
96.70479014021100	3.76810847634820	13.22182540688800
96.77001984874900	1.25631844071900	13.22182540688800
98.11441266297300	-2.49637263602180	14.88872743672000
98.01917399197700	-4.99112997913800	14.88872743672000
98.01917399187500	4.99112998113940	14.88872743672000
98.11441266292200	2.49637263802520	14.88872743672000
98.14616573528500	.00000000000000	14.88872743672000
99.15484538967800	-1.24608212517910	16.79048224391900
99.09221706415500	-3.73745932741020	16.79048224391900
98.96699997045000	-6.22647587022360	16.79048224391900
98.96699997032300	6.22647587224510	16.79048224391900
99.09221706407800	3.73745932943430	16.79048224391900
99.15484538965200	1.24608212720450	16.79048224391900
99.75786666910700	-2.47796859800580	18.85400645776100
99.66557140076800	-4.95440895590780	18.85400645776100
99.66557140066700	4.95440895794330	18.85400645776100
99.75786666905600	2.47796860004310	18.85400645776100
99.78863808442300	.00000000000000	18.85400645776100
99.99229055480300	-1.24170431418840	20.99999999994400
99.93062212515600	-3.72434714805880	20.99999999994400
99.80732329869600	-6.20469305844640	20.99999999994400
99.80732329856900	6.20469306048480	20.99999999994400
99.93062212508000	3.72434715009970	20.99999999994400
99.99229055477800	1.24170431623060	20.99999999994400

PUNTOS FRONTERA=

80

COORDENADAS DE LOS PUNTOS FRONTERA

XC(I)

YC(I)

ZC(I)

63.38663524839100	-1.30171881247030	5.00000000000000
63.27975104184500	-3.90296144760220	5.00000000000000
63.27975104176500	3.90296144889460	5.00000000000000
63.38663524836400	1.30171881376480	5.00000000000000
66.54865381352200	-2.61470372819850	5.00000000000000
66.54865381346900	2.61470372955600	5.00000000000000
66.599999999983700	.00000000000000	5.00000000000000
69.78779623157300	-1.30518087545440	5.00000000000000
69.69019168816000	-3.91371721573770	5.00000000000000
69.69019168808000	3.91371721715950	5.00000000000000
69.78779623154600	1.30518087687820	5.00000000000000

72.95348627285000	-2.60554036876010	5.000000000000000
72.95348627279700	2.60554037024820	5.000000000000000
72.99999999983700	.000000000000000	5.000000000000000
76.18889346652200	-1.30096591886000	5.000000000000000
76.10006062490100	-3.90138089162280	5.000000000000000
76.10006062482100	3.90138089317560	5.000000000000000
76.18889346649600	1.30096592041450	5.000000000000000
79.35704197119000	-2.61149182592050	5.000000000000000
79.22821436857500	-5.22015784638820	5.000000000000000
79.22821436846800	5.22015784800520	5.000000000000000
79.35704197113700	2.61149182754010	5.000000000000000
79.39999999983700	.000000000000000	5.000000000000000
82.58970717402200	-1.30394358864310	5.000000000000000
82.50737995783100	-3.91053096997240	5.000000000000000
82.50737995775100	3.91053097165570	5.000000000000000
82.58970717399500	1.30394359032810	5.000000000000000
85.76047762863600	-2.60393488401760	5.000000000000000
85.64194692560000	-5.20547084947730	5.000000000000000
85.64194692549300	5.20547085122410	5.000000000000000
85.76047762858300	2.60393488576680	5.000000000000000
85.79999999983700	.000000000000000	5.000000000000000
88.99049887317000	-1.30042695884750	5.000000000000000
88.91450203066800	-3.90017033079840	5.000000000000000
88.91450203058900	3.90017033261200	5.000000000000000
88.99049887314300	1.30042696066260	5.000000000000000
92.08455116912700	-2.60693170090250	5.30743551351840
91.97389877163500	-5.21177528850450	5.30743551351840
91.97389877152900	5.21177529037940	5.30743551351840
92.08455116907400	2.60693170277970	5.30743551351840
92.12144515210800	.000000000000000	5.30743551351840
95.11398380111900	-1.30492637308220	6.21792747976470
95.04238497557900	-3.91379681545720	6.21792747976470
94.89924122179500	-6.51972107427010	6.21792747976470
94.89924122166200	6.51972107620600	6.21792747976470
95.04238497549900	3.91379681739600	6.21792747976470
95.11398380109300	1.30492637502240	6.21792747976470
97.85443291167200	-2.60585951474430	7.69648620308560
97.75038505005100	-5.20987205623340	7.69648620308560
97.75038504994400	5.20987205822700	7.69648620308560
97.85443291161900	2.60585951674010	7.69648620308560
97.88912372820300	.000000000000000	7.69648620308560
100.30525584273000	-1.30221470053710	9.68629150092860
100.23764313987000	-3.90576632262890	9.68629150092860
100.10246330973000	-6.50668518718660	9.68629150092860
100.10246330960000	6.50668518922770	9.68629150092860
100.23764313979000	3.90576632467280	9.68629150092860
100.30525584270000	1.30221470258230	9.68629150092860
102.27041570429000	-2.60211583914520	12.11087627159300
102.17114284305000	-5.20254796361020	12.11087627159300
102.17114284294000	5.20254796569640	12.11087627159300
102.27041570423000	2.60211584123350	12.11087627159300
102.30351379678000	.000000000000000	12.11087627159300
103.77387832400000	-1.30412966034960	14.87706508206400
103.70833251828000	-3.91156526904280	14.87706508206400

103.57728230691000	-6.51653024927400	14.87706508206400
103.57728230678000	6.51653025138970	14.87706508206400
103.70833251820000	3.91156527116120	14.87706508206400
103.77387832398000	1.30412966246930	14.87706508206400
104.66028086733000	-2.59974374059100	17.87855484765200
104.56344992027000	-5.19788413857010	17.87855484765200
104.56344992016000	5.19788414070570	17.87855484765200
104.66028086728000	2.59974374272850	17.87855484765200
104.69256448643000	.0000000000000000	17.87855484765200
104.99190508254000	-1.30378952989780	20.99999999991800
104.92715323141000	-3.91056450546170	20.99999999991800
104.79768946363000	-6.51492771136870	20.99999999991800
104.79768946350000	6.51492771350910	20.99999999991800
104.92715323133000	3.91056450760470	20.99999999991800
104.99190508252000	1.30378953204220	20.99999999991800

NUMERO DE COEFICINTES DE POTENCIAL= 6400
 VALOR DE LOS COEFICIENTES DE POTENCIAL (DE 80 EN 80)

.142128	.124451	.937133E-01	.692345E-01
.937133E-01	.124451	.118967	.118967
.980424E-01	.747025E-01	.980424E-01	.902339E-01
.837956E-01	.697644E-01	.555760E-01	.699428E-01
.839338E-01	.643834E-01	.643059E-01	.583920E-01
.498346E-01	.585790E-01	.479209E-01	.461020E-01
.415492E-01	.360317E-01	.417836E-01	.462479E-01
.358255E-01	.357538E-01	.336804E-01	.304930E-01
.338718E-01	.278251E-01	.270742E-01	.251496E-01
.227668E-01	.253713E-01	.272015E-01	.220405E-01
.219813E-01	.210004E-01	.195472E-01	.211643E-01
.182727E-01	.178664E-01	.170227E-01	.179709E-01
.141807E-01	.141378E-01	.136403E-01	.129507E-01
.137617E-01	.111441E-01	.109521E-01	.105950E-01
.110190E-01	.880199E-02	.877486E-02	.853300E-02
.822555E-02	.861090E-02	.704524E-02	.694702E-02
.678407E-02	.698882E-02	.568222E-02	.566504E-02
.558764E-02	.463789E-02	.458233E-02	.450158E-02
.461013E-02	.381609E-02	.380445E-02	.376484E-02
.317207E-02	.313860E-02	.309598E-02	.315749E-02

INDICACION DE IER= 0
 VALORES DE LAS CARGAS ELECTRICAS

1.07727	-.965593	3.48623	3.48623
-.965593	1.07727	-1.85946	1.26612
-2.32408	-2.32408	1.26612	.545923
-.839617	2.62146	2.62146	-.839617
.545923	-1.38970	1.53932	-1.60882
-1.60882	1.53932	.581792	-1.79628
3.12580	3.12580	-1.79628	.581792
-2.53143	2.89769	-1.78141	-1.78141
2.89769	1.11198	-3.42481	4.00511
4.00511	-3.42481	1.11198	.498020
.223507	2.02778	2.02778	.223507

.405310	-.316634	-.316634	.405310
2.60986	-3.05514	3.70546	3.70546
-3.05514	.566415	-.605447E-01	-.605447E-01
.566415	3.97124	-4.08845	4.21781
4.21781	-4.08845	-.331309	1.78822
1.78822	-.331309	1.22980	-.715615
-.715615	-1.14203	4.54112	4.54112
-1.14203	3.02570	-3.48429	-3.48429
-.811812	6.63697	6.63697	-.811812

FUNTOS DE PRUEBA=

XC1(I)	YC1(I)	ZC1(I)
66.59999999983700	.0000000000000000	5.0000000000000000
69.79999999983700	.0000000000000000	5.0000000000000000
72.99999999983700	.0000000000000000	5.0000000000000000
76.19999999983700	.0000000000000000	5.0000000000000000
79.39999999983700	.0000000000000000	5.0000000000000000
82.59999999983700	.0000000000000000	5.0000000000000000
85.79999999983700	.0000000000000000	5.0000000000000000
88.99999999983700	.0000000000000000	5.0000000000000000
92.12144515210800	.0000000000000000	5.30743551351840
95.12293491770900	.0000000000000000	6.21792747976470
97.88912372820300	.0000000000000000	7.69648620308560
100.31370849890000	.0000000000000000	9.68629150092860
102.30351379678000	.0000000000000000	12.11087627159300
103.78207252014000	.0000000000000000	14.87706508206400
104.69256448643000	.0000000000000000	17.87855484765200

PRUEBA DEL POTEN= 15

1.00000	.994941	1.00000	.998293
1.00000	1.00164	1.00000	1.00053
1.00000	1.00217	1.00000	.999998
1.00000	.999987	1.00000	

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 15

EX(I)	EY(I)	EZ(I)
6.2649634990927E-001	1.2982146729270E-010	-20.32161455117600
-2.2381837465684E-001	4.7472823740645E-010	-19.65561565453300
-3.4579441974826E-003	1.2636240521349E-010	-20.20270621285300
2.9139979535545E-002	1.6713266974313E-010	-19.96110382139100
-1.0787452073425E-001	-1.2451224961477E-010	-20.23844433852900
6.4251872536139E-002	-2.0219895509182E-010	-20.36283051098700
-1.0763995164625E-001	-1.2768634800091E-010	-20.20744429729000
5.5391852732194E-001	-7.7204172971301E-011	-21.22674383864400
3.91787796914330	-8.0839689527976E-011	-20.60806710203300
7.07097722330470	-2.8263665739178E-010	-16.96467661889500
8.33316333781060	1.5460836526767E-011	-12.38974256087400
8.78449650128770	1.0701376569552E-011	-8.79493018502850
8.79022893168970	3.5804446317143E-011	-5.90505400932390
8.80836573498260	1.0894286449683E-011	-3.55111913134670
8.57608860938790	9.1371417581594E-012	-1.95876288817790

INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

CONVENIO P-Y-P

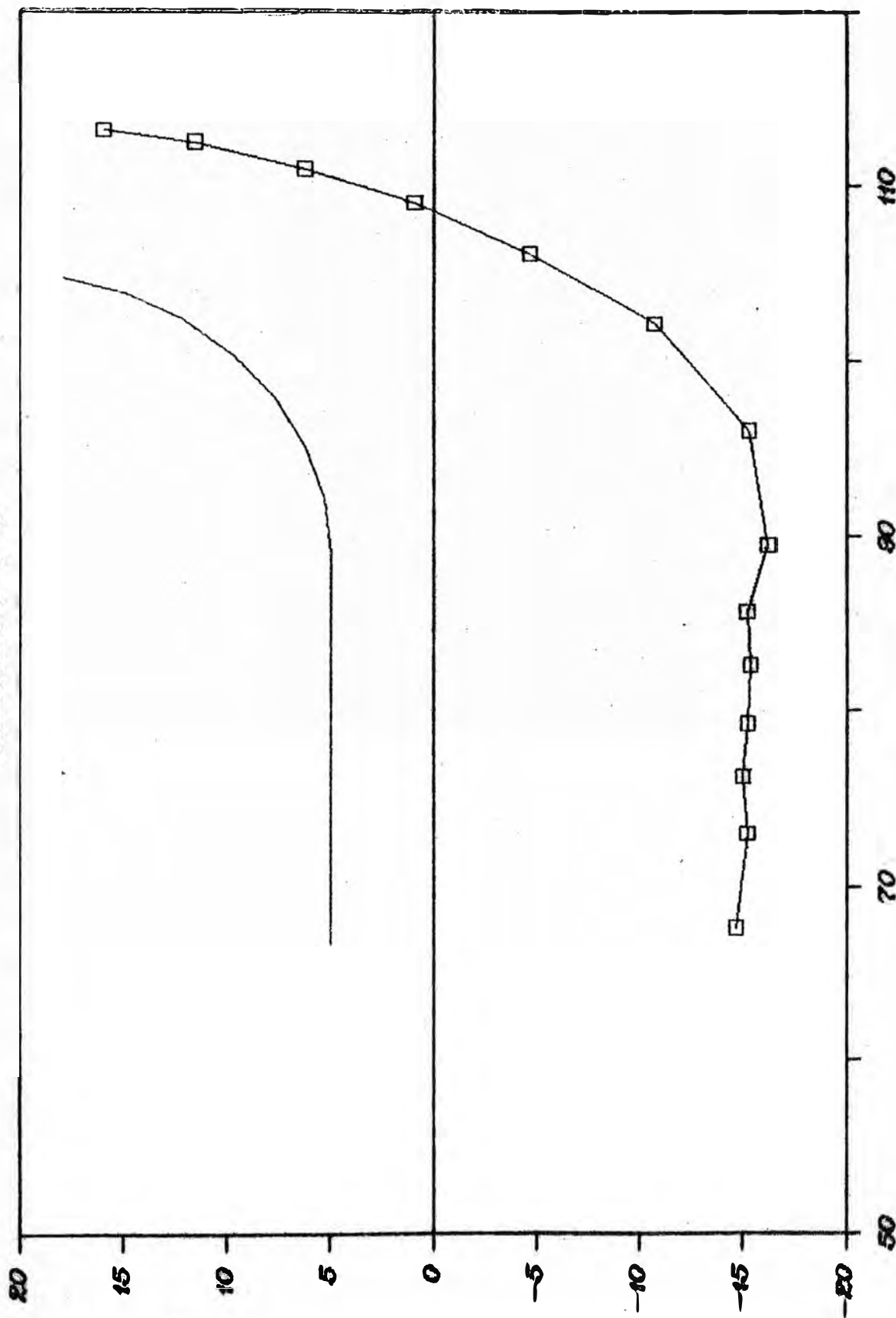


Fig. 10 dist. tierra-electrodo 5 cm.

INTENSIDAD DE CAMPO

YLP 8337838

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00
 ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00
 DIST. TIERRA-ELECTR. (CM) D= 10.00
 POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

INDICACION DE IER= 0
 VALORES DE LAS CARGAS ELECTRICAS

1.12128	-.935489	3.54493	3.54493
-.935489	1.12128	-1.87795	1.22903
-2.34313	-2.34313	1.22903	.562468
-.764657	2.55718	2.55718	-.764657
.562468	-1.27843	1.38046	-1.50798
-1.50798	1.38046	.537732	-1.52030
2.81568	2.81568	-1.52030	.537732
-2.02073	2.28850	-1.54578	-1.54578
2.28850	.857995	-2.55721	3.20380
3.20380	-2.55721	.857995	.885535E-01
.227109	1.09414	1.09414	.227109
.234201	-.303993	-.303993	.234201
1.83350	-2.20403	2.60726	2.60726
-2.20403	.361975	-.148689	-.148689
.361975	2.85831	-3.03767	3.03056
3.03056	-3.03767	-.279911	1.23482
1.23482	-.279911	.918040	-.665587
-.665587	-.879555	3.34338	3.34338
-.879555	2.37716	-2.89293	-2.89293
-.720087	5.19988	5.19988	-.720087

PUNTOS DE PRUEBA= 15
 XC1(I) YC1(I) ZC1(I)

66.59999999983700	.000000000000000	10.000000000000000
69.79999999983700	.000000000000000	10.000000000000000
72.99999999983700	.000000000000000	10.000000000000000
76.19999999983700	.000000000000000	10.000000000000000
79.39999999983700	.000000000000000	10.000000000000000
82.59999999983700	.000000000000000	10.000000000000000
85.79999999983700	.000000000000000	10.000000000000000
88.99999999983700	.000000000000000	10.000000000000000
92.12144515210800	.000000000000000	10.30743551351800
95.12293491770900	.000000000000000	11.21792747976500
97.88912372820300	.000000000000000	12.69648620308600
100.31370849890000	.000000000000000	14.68629150092900
102.30351379678000	.000000000000000	17.11087627159300
103.78207252014000	.000000000000000	19.87706508206400
104.69256448643000	.000000000000000	22.87855484765200

PRUEBA DEL POTEN= 15

1.00000	.996317	1.00000	.998794
---------	---------	---------	---------

1.00000	1.00122	1.00000	1.00035
1.00000	1.00155	1.00000	1.00009
1.00000	1.00000	1.00000	

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 15

EX(I)	EY(I)	EZ(I)
4.9214825023778E-001	9.2922814756500E-011	-11.42771634119300
-1.7943876562231E-001	3.4446638984942E-010	-10.62197102299100
5.3034720347009E-003	8.7282812959389E-011	-10.85478600784400
1.5470461911995E-002	1.1739022166607E-010	-10.59040583807200
-7.1745762204739E-002	-9.4052018815385E-011	-10.73764768191100
3.4282142662965E-002	-1.5196861966482E-010	-10.82792376717500
-4.8704651162521E-002	-9.2978023335982E-011	-10.79859225363300
2.9926148650020E-001	-5.2729690944082E-011	-11.63834101863300
2.27634372464460	-5.6520269462837E-011	-11.96569923353500
4.50555368579630	-2.0212643571480E-010	-10.83088396675200
5.89529577136450	1.3117594676864E-011	-8.75863536097360
6.85361326113620	-4.4389171404335E-012	-6.86092700841580
7.39257584018870	2.9944986928966E-011	-4.97035272549990
7.86367041085440	7.8791937458052E-012	-3.15642194586380
7.95673243408260	7.5904537487463E-012	-1.84697761085490

INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

CONFINADO P-Y-P

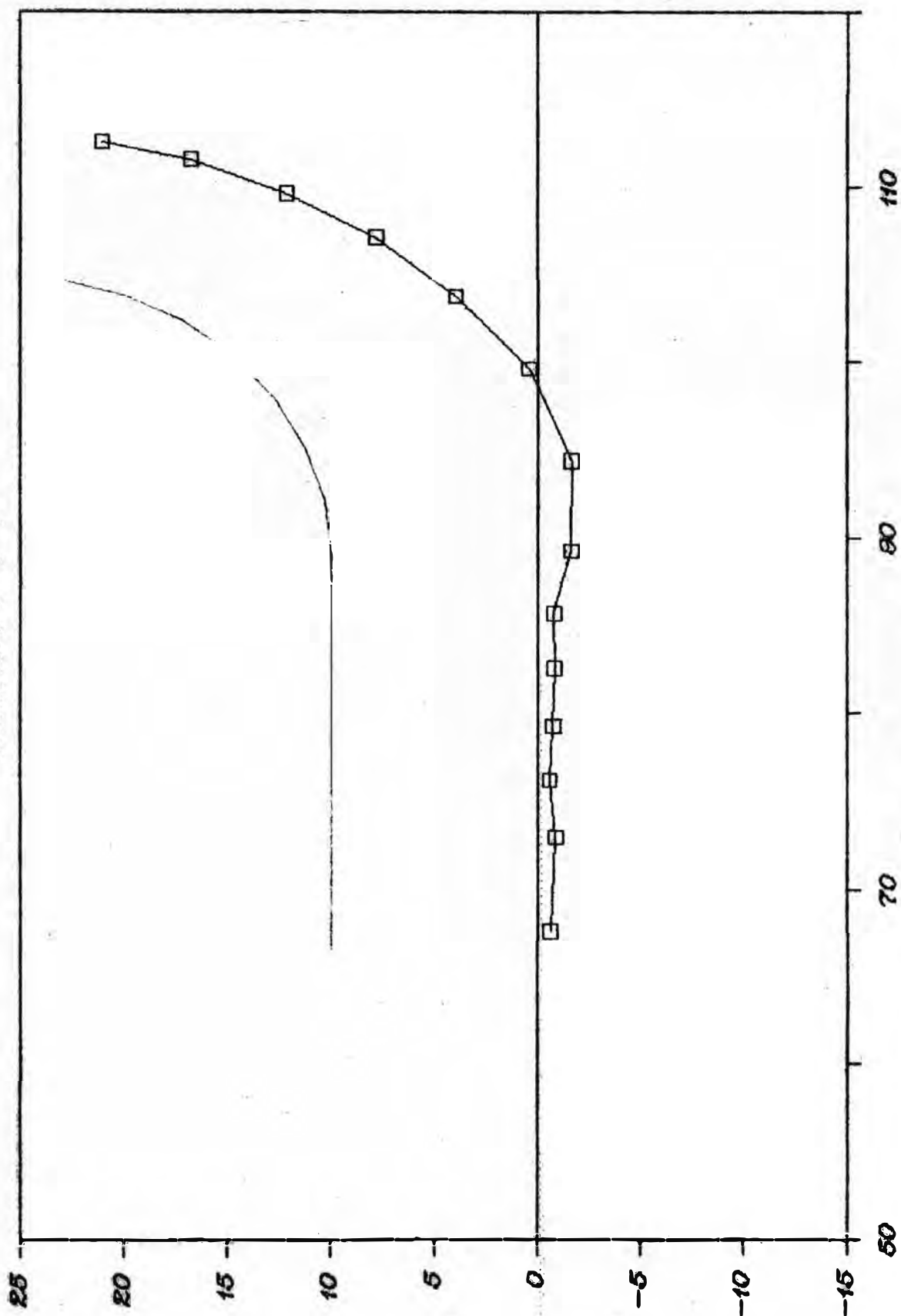


Fig. 11 dist. electro-electrode 10 cm.

YLP8939898

INTENSIDAD DE CAMPO

□

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00
 ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00
 DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D= 15.00
 POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

INDICACION DE IER= 0
 VALORES DE LAS CARGAS ELECTRICAS

1.11905	-.903484	3.50306	3.50306
-.903484	1.11905	-1.84640	1.18398
-2.30465	-2.30465	1.18398	.553127
-.709489	2.46184	2.46184	-.709489
.553127	-1.19653	1.27466	-1.42624
-1.42624	1.27466	.498271	-1.37153
2.59846	2.59846	-1.37153	.498271
-1.78483	2.00712	-1.41345	-1.41345
2.00712	.736303	-2.19036	2.80631
2.80631	-2.19036	.736303	-.383438E-02
.211434	.807737	.807737	.211434
.181121	-.271642	-.271642	.181121
1.53903	-1.86486	2.18573	2.18573
-1.86486	.292367	-.154021	-.154021
.292367	2.41656	-2.59543	2.55824
2.55824	-2.59543	-.248549	1.03473
1.03473	-.248549	.795652	-.617861
-.617861	-.759751	2.87795	2.87795
-.759751	2.09796	-2.60251	-2.60251
-.649499	4.61094	4.61094	-.649499

PUNTOS DE PRUEBA= 15
 XC1(I) YC1(I) ZC1(I)

66.59999999983700	.00000000000000	15.00000000000000
69.79999999983700	.00000000000000	15.00000000000000
72.99999999983700	.00000000000000	15.00000000000000
76.19999999983700	.00000000000000	15.00000000000000
79.39999999983700	.00000000000000	15.00000000000000
82.59999999983700	.00000000000000	15.00000000000000
85.79999999983700	.00000000000000	15.00000000000000
88.99999999983700	.00000000000000	15.00000000000000
92.12144515210800	.00000000000000	15.30743551351800
95.12293491770900	.00000000000000	16.21792747976500
97.88912372820300	.00000000000000	17.69648620308600
100.31370849890000	.00000000000000	19.68629150092900
102.30351379678000	.00000000000000	22.11087627159300
103.78207252014000	.00000000000000	24.87706508206400
104.69256448643000	.00000000000000	27.87855484765200

PRUEBA DEL POTEN= 15

1.00000	.996858	1.00000	.998984
---------	---------	---------	---------

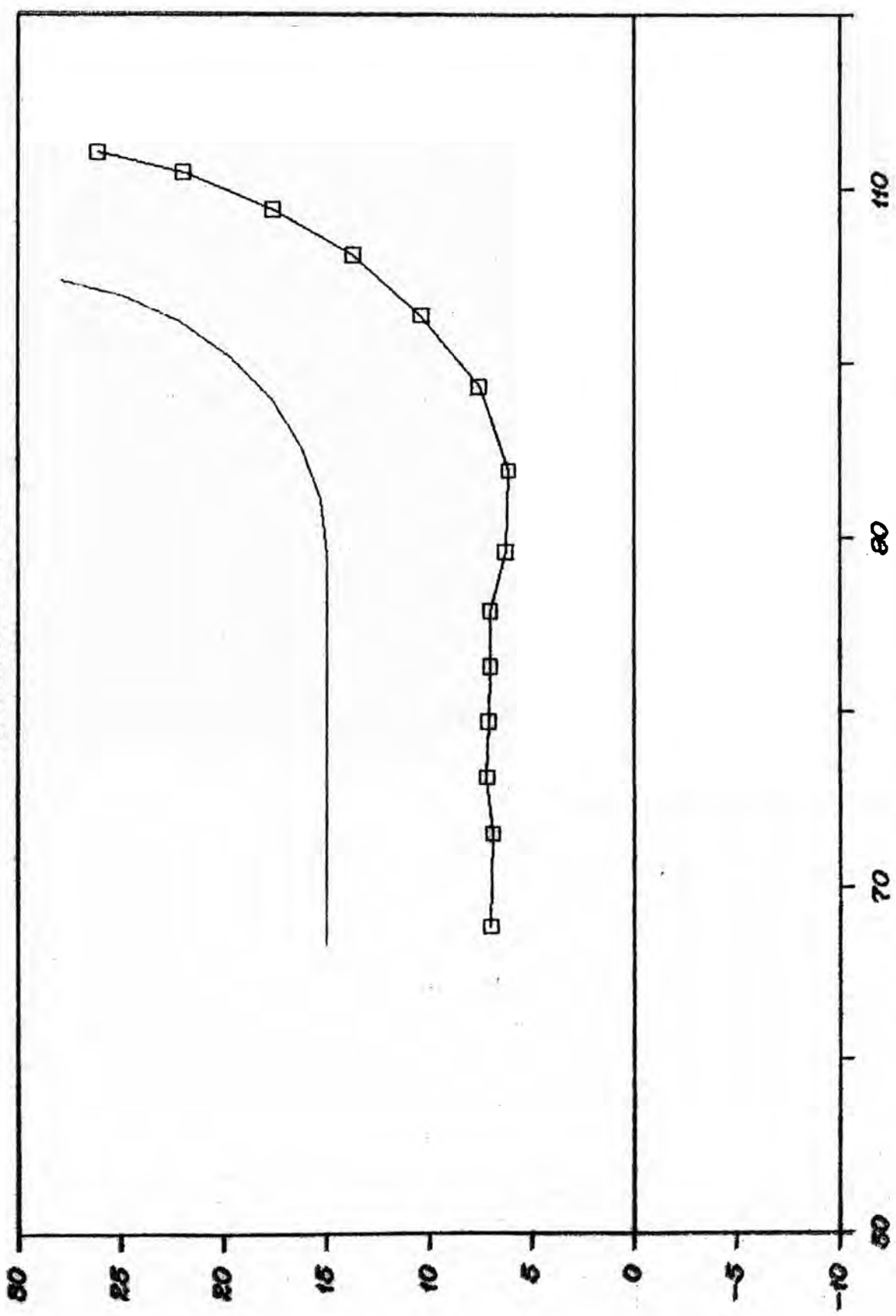
1.00000	1.00105	1.00000	1.00029
1.00000	1.00131	1.00000	1.00012
1.00000	.999999	1.00000	

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 15

EX(I)	EY(I)	EZ(I)
4.3860065975800E-001	7.8918014231190E-011	-8.82840889690760
-1.6159435827752E-001	2.9312979754354E-010	-7.98516316889070
8.4074238441753E-003	7.2530855084517E-011	-8.07796479399020
1.0756463580868E-002	9.8357224320930E-011	-7.79140837843380
-5.8605143276404E-002	-8.0831413375512E-011	-7.88526820800890
2.5149678860149E-002	-1.3046884279192E-010	-7.96279371359840
-3.2480444704977E-002	-7.9141337201731E-011	-7.97164123240030
2.2262697905567E-001	-4.3542139057448E-011	-8.70828919943150
1.74685539399330	-4.7432875731349E-011	-9.18277389894420
3.59344687146960	-1.6990525361016E-010	-8.64388776533270
4.90995636206270	1.1962946650614E-011	-7.29368489425220
5.96228547982650	-8.2839498705490E-012	-5.96716531970890
6.66320574205890	2.7009688118671E-011	-4.48308689075560
7.30444598615210	7.0460211352052E-012	-2.92440019762630
7.54485579841930	6.6818326142831E-012	-1.76610554643640

INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

BOLETIN NO 9-4-9



INTENSIDAD DE CAMPO
539. 12 dia.orno de radio 15 cm

574888938

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00

ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00

DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D= 20.00

POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

INDICACION DE IER= 0

VALORES DE LAS CARGAS ELECTRICAS

1.10867	-.877155	3.45015	3.45015
-.877155	1.10867	-1.81312	1.14687
-2.26366	-2.26366	1.14687	.542361
-.670404	2.38244	2.38244	-.670404
.542361	-1.14002	1.20278	-1.36713
-1.36713	1.20278	.470862	-1.27853
2.45115	2.45115	-1.27853	.470862
-1.64758	1.84414	-1.32845	-1.32845
1.84414	.668283	-1.98750	2.57390
2.57390	-1.98750	.668283	-.389608E-01
.200243	.675075	.675075	.200243
.156813	-.250043	-.250043	.156813
1.38319	-1.68189	1.96385	1.96385
-1.68189	.258439	-.150237	-.150237
.258439	2.18222	-2.35437	2.30783
2.30783	-2.35437	-.229216	.932899
.932899	-.229216	.728373	-.582969
-.582969	-.692472	2.62965	2.62965
-.692472	1.94024	-2.42952	-2.42952
-.604098	4.28004	4.28004	-.604098

PUNTOS DE PRUEBA= 15

XC1(I)

YC1(I)

ZC1(I)

66.59999999983700	.00000000000000	20.00000000000000
69.79999999983700	.00000000000000	20.00000000000000
72.99999999983700	.00000000000000	20.00000000000000
76.19999999983700	.00000000000000	20.00000000000000
79.39999999983700	.00000000000000	20.00000000000000
82.59999999983700	.00000000000000	20.00000000000000
85.79999999983700	.00000000000000	20.00000000000000
88.99999999983700	.00000000000000	20.00000000000000
92.12144515210800	.00000000000000	20.30743551351800
95.12293491770900	.00000000000000	21.21792747976500
97.88912372820300	.00000000000000	22.69648620308600
100.31370849890000	.00000000000000	24.68629150092900
102.30351379678000	.00000000000000	27.11087627159300
103.78207252014000	.00000000000000	29.87706508206400
104.69256448643000	.00000000000000	32.87855484765200

PRUEBA DEL POTEN= 15

1.00000	.997148	1.00000	.999081
---------	---------	---------	---------

1.00000	1.00095	1.00000	1.00025
1.00000	1.00117	1.00000	1.00012
1.00000	1.00000	1.00000	

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 15

EX(I)

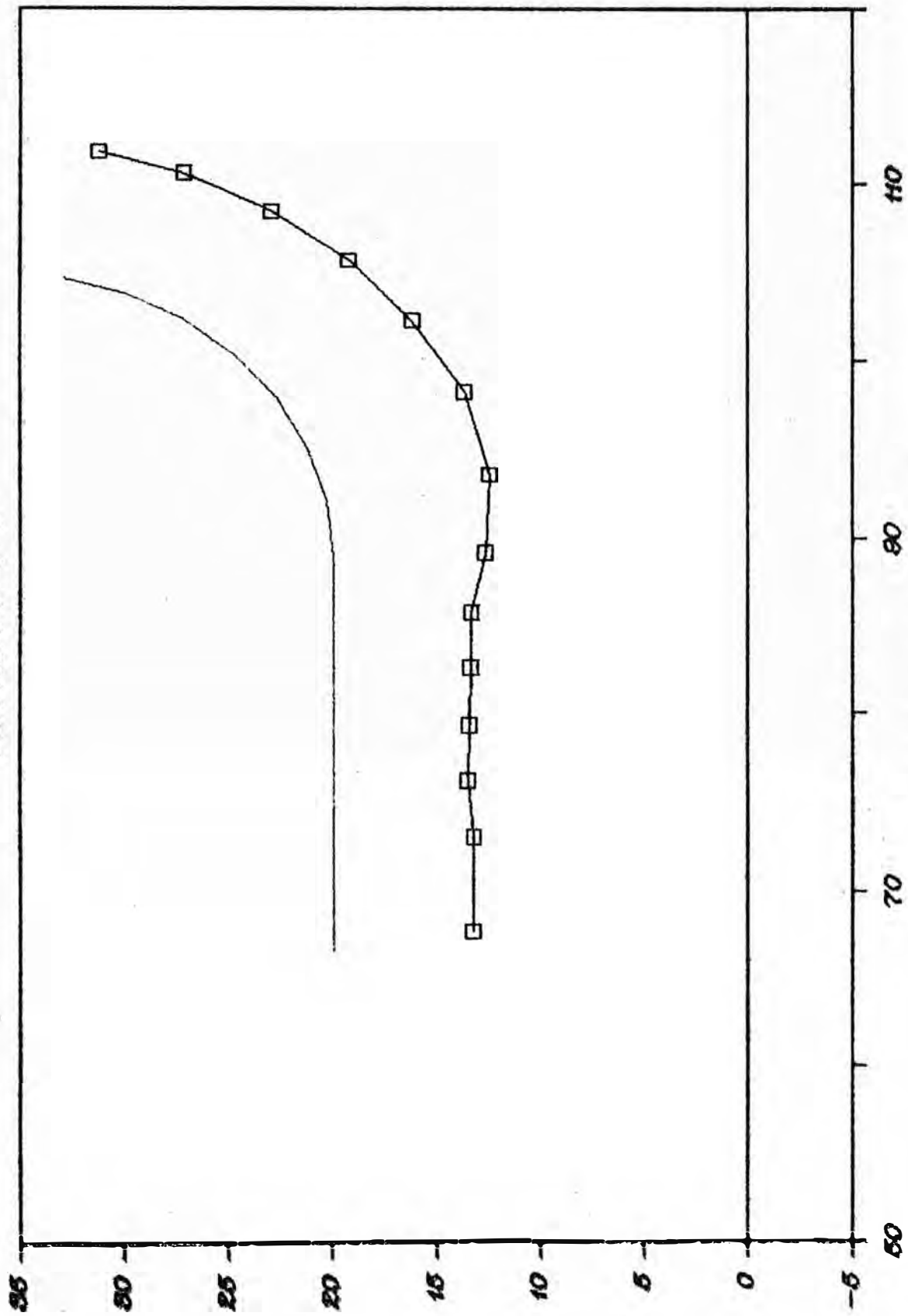
EY(I)

EZ(I)

4.0867724737672E-001	7.1582423733150E-011	-7.63749372647560
-1.5139827280731E-001	2.6598275994809E-010	-6.79854718148940
9.8545942026105E-003	6.5229577345893E-011	-6.82880542327900
8.4200942604649E-003	8.8726670542443E-011	-6.53557734886800
-5.1945374929183E-002	-7.3364361844693E-011	-6.60227562624880
2.1085186463418E-002	-1.1844413815104E-010	-6.66967305536520
-2.5611104364986E-002	-7.1410214807985E-011	-6.68964949226130
1.8761762593038E-001	-3.8668409417959E-011	-7.36123900830800
1.49623027268660	-4.2436309020643E-011	-7.86612398035490
3.14046577318160	-1.5258361413970E-010	-7.55667649531070
4.38862519037330	1.1229096681984E-011	-6.51905207634600
5.45537597201700	-9.6405676972928E-012	-5.45867834805580
6.21761180057450	2.5219340639129E-011	-4.18556505241050
6.93704623153300	6.6723325916071E-012	-2.77265060395180
7.25511896950240	6.0893595020964E-012	-1.70698761703640

INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

CONFIGURACION P-Y-P



□ INFORMACION DE C.A.M.P.O. 559. 13 dist. tierra-electrodo 20 cm.

7198399898

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00
 ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00
 DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D= 25.00
 POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

INDICACION DE IER= 0
 VALORES DE LAS CARGAS ELECTRICAS

1.09701	-.856003	3.40065	3.40065
-.856003	1.09701	-1.78352	1.11737
-2.22750	-2.22750	1.11737	.532492
-.641638	2.31936	2.31936	-.641638
.532492	-1.09920	1.15179	-1.32356
-1.32356	1.15179	.451234	-1.21532
2.34692	2.34692	-1.21532	.451234
-1.55815	1.73868	-1.26991	-1.26991
1.73868	.625350	-1.85991	2.42343
2.42343	-1.85991	.625350	-.549063E-01
.191858	.601026	.601026	.191858
.143117	-.234969	-.234969	.143117
1.28898	-1.56994	1.82930	1.82930
-1.56994	.238758	-.145335	-.145335
.238758	2.04020	-2.20608	2.15563
2.15563	-2.20608	-.216510	.872439
.872439	-.216510	.687056	-.558697
-.558697	-.650331	2.47652	2.47652
-.650331	1.83941	-2.31528	-2.31528
-.573454	4.06641	4.06641	-.573454

FUNTOS DE PRUEBA= 15
 XC1(I) YC1(I) ZC1(I)

66.59999999983700	.00000000000000	25.00000000000000
69.79999999983700	.00000000000000	25.00000000000000
72.99999999983700	.00000000000000	25.00000000000000
76.19999999983700	.00000000000000	25.00000000000000
79.39999999983700	.00000000000000	25.00000000000000
82.59999999983700	.00000000000000	25.00000000000000
85.79999999983700	.00000000000000	25.00000000000000
88.99999999983700	.00000000000000	25.00000000000000
92.12144515210800	.00000000000000	25.30743551351800
95.12293491770900	.00000000000000	26.21792747976500
97.88912372820300	.00000000000000	27.69648620308600
100.31370849890000	.00000000000000	29.68629150092900
102.30351379678000	.00000000000000	32.11087627159300
103.78207252014000	.00000000000000	34.87706508206400
104.69256448643000	.00000000000000	37.87855484765200

PRUEBA DEL POTEN= 15

1.00000	.997326	1.00000	.999140
---------	---------	---------	---------

1.00000	1.00089	1.00000	1.00024
1.00000	1.00109	1.00000	1.00012
1.00000	1.999999	1.00000	

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 1.5

EX(I)	EY(I)	EZ(I)
3.8930407607111E-001	6.7055860160089E-011	-6.96687710525770
-1.4466719243333E-001	2.4935383301392E-010	-6.14287622908130
1.0508422985836E-002	6.0795921243397E-011	-6.14304293468160
7.1302137796936E-003	8.2897875353135E-011	-5.85038745830390
-4.7990564336633E-002	-6.8765678577781E-011	-5.90209871741910
1.8832631606892E-002	-1.1095723994410E-010	-5.96212508807590
-2.1968148267622E-002	-6.6643342238221E-011	-5.98478357858760
1.6821479676718E-001	-3.5713239102928E-011	-6.61210722946520
1.35396379257290	-3.9376864880407E-011	-7.11881795768440
2.87495038890470	-1.4194547938971E-010	-6.91896897678420
4.07027135078540	1.0720490785308E-011	-6.04618199374900
5.13075588793900	-1.0167249290546E-011	-5.13301891854600
5.91827999775690	2.4025668292252E-011	-3.98563748659470
6.67742518894920	6.5322304319444E-012	-2.66576559763680
7.04083872222410	5.6775798435573E-012	-1.66235521471810

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00

ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00

DIST. TIERRA-ELECTR. (CM) D= 30.00

POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

INDICACION DE IER= 0

VALORES DE LAS CARGAS ELECTRICAS

1.08592	-.838935	3.35713	3.35713
-.838935	1.08592	-1.75822	1.09378
-2.19668	-2.19668	1.09378	.524004
-.619828	2.26909	2.26909	-.619828
.524004	-1.06853	1.11403	-1.29042
-1.29042	1.11403	.436702	-1.16989
2.27014	2.27014	-1.16989	.436702
-1.49563	1.66535	-1.22747	-1.22747
1.66535	.596075	-1.77286	2.31886
2.31886	-1.77286	.596075	-.624980E-01
.184858	.555447	.555447	.184858
.134650	-.224448	-.224448	.134650
1.22641	-1.49514	1.74022	1.74022
-1.49514	.226163	-.141251	-.141251
.226163	1.94574	-2.10651	2.05460
2.05460	-2.10651	-.207689	.832523
.832523	-.207689	.658784	-.540512
-.540512	-.621798	2.37274	2.37274
-.621798	1.76915	-2.23379	-2.23379
-.551810	3.91694	3.91694	-.551810

PUNTOS DE PRUEBA=

15

XC1(I)

YC1(I)

ZC1(I)

66.59999999983700	.00000000000000	30.00000000000000
69.79999999983700	.00000000000000	30.00000000000000
72.99999999983700	.00000000000000	30.00000000000000
76.19999999983700	.00000000000000	30.00000000000000
79.39999999983700	.00000000000000	30.00000000000000
82.59999999983700	.00000000000000	30.00000000000000
85.79999999983700	.00000000000000	30.00000000000000
88.99999999983700	.00000000000000	30.00000000000000
92.12144515210800	.00000000000000	30.30743551351800
95.12293491770900	.00000000000000	31.21792747976500
97.88912372820300	.00000000000000	32.69648620308600
100.31370849890000	.00000000000000	34.68629150092900
102.30351379678000	.00000000000000	37.11087627159300
103.78207252014000	.00000000000000	39.87706508206400
104.69256448643000	.00000000000000	42.87855484765200

PRUEBA DEL POTEN=

15

1.00000	.997445	1.00000	.999180
---------	---------	---------	---------

1.00000	1.00085	1.00000	1.00022
1.00000	1.00104	1.00000	1.00012
1.00000	.999998	1.00000	

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 15

EX(I)

EY(I)

EZ(I)

3.7564204883786E-001	6.4049083144475E-011	-6.54179605199230
-1.3984742706941E-001	2.3823112845667E-010	-5.73387133186330
1.0782732806922E-002	5.7894666615617E-011	-5.71840675904080
6.3675499580450E-003	7.9061647544320E-011	-5.42879423731360
-4.5444348875577E-002	-6.5689415717926E-011	-5.47178099206730
1.7450731431018E-002	-1.0595865003002E-010	-5.52667070422730
-1.9804632866140E-002	-6.3494954469307E-011	-5.54939959386830
1.5616826985202E-001	-3.3854018075523E-011	-6.14539301697760
1.26395959967390	-3.7445856217241E-011	-6.64601378595350
2.70294390629930	-1.3484191915627E-010	-6.50566647835470
3.85785924604730	1.0348183415330E-011	-5.73072288120770
4.90655999801800	-1.0366823220713E-011	-4.90811719107950
5.70422249594790	2.3182235356288E-011	-3.84261281230570
6.48468622227970	6.4880773002684E-012	-2.58662337779350
6.87632030042320	5.3804312289595E-012	-1.62758359847960

2.7.2 Configuración exponencial-circular-plano (Rogowski)

El valor de los parámetros es el siguiente:

Radio del electrodo	R = 105 cm.
Ancho del electrodo	T = 32 cm.
Distancia tierra-electrodo	D = 5 cm.
Radio de cada carga anillo	A = 1 cm.
Distancia radial entre puntos frontera	DR= 4.2 cm.
Distancia entre cada anillo y la frontera	DZ= 5 cm.
Parte circular considerada	ANN= 7.
Presición del subprograma dgelg	EPS= 1 E -18
Potencial en la superficie del electrodo	U= 1.
Numero de vectores del Potencial	N= 1
Numero de cargas eléctricas	L= 83
División de la parte circular	ND= 10
Distancia azimutan entre dos puntos frontera	DZ= 2.6 cm.

El archivo de datos es simple:

```
105. 32. 5. 1. 4.2 5. 7. 1E-18 1.
1 83 10 2.6
```

Para el caso de una distancia tierra electrodo de 10 cm., solamente se cambia el tercer dato de la primera fila. Los datos están escritos en el mismo orden de la lectura en el programa. A continuación se escribe el programa completo, los resultados, y las gráficas.


```

C   PROGRAMA QUE CALCULA LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO DE UN
C   ELECTRODO CON UNA SECCION EXPON. Y UNA SECCION SEMI-CIRCULAR
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
      CHARACTER*80 ROTULO
      DIMENSION Q(200),AS(40000),XO(200),YO(200),ZO(200)
      DIMENSION XC(200),YC(200),ZC(200),XC1(25),YC1(25),ZC1(25)
      DIMENSION EX(25),EY(25),EZ(25),POTE(30)
      WRITE (*,'(A)\') ' ARCHIVO DE DATOS ? '
      READ  (*,'(A)\') ROTULO
      OPEN (5, FILE=ROTULO)
      WRITE (*,'(A)\') ' ARCHIVO DE SALIDA ? '
      READ  (*,'(A)\') ROTULO
      OPEN (6,FILE=ROTULO, STATUS='NEW')
      READ(5,*)R,T,D,A,DR,DZ,ANN,EPS,U
      READ(5,*)N,L,ND,DH
      WRITE(6,51)R
      WRITE(6,52)T
      WRITE(6,53)D
      WRITE(6,54)U
51  FORMAT('0',10X,'RADIO DEL ELECTRODO (CM) R=' ,2X,F6.2,/)
52  FORMAT('0',10X,'ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T=' ,2X,F6.2,/)
53  FORMAT('0',10X,'DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D=' ,2X,F6.2,/)
54  FORMAT('0',10X,'POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U=' ,2X,F6.2,/)
      CALL COOR(XO,YO,ZO,XC,YC,ZC,R,A,T,D,DR,DZ,KC,DH,ANN,ND,L)
      M=L
      DO 25 I=1,M
      Q(I)=U
25  CONTINUE
      CALL COPOT(AS,XO,YO,ZO,XC,YC,ZC,A,L,M)
      CALL DGELG(Q,AS,M,N,EPS,IER)
      WRITE(6,65)IER
65  FORMAT('0',10X,'INDICACION DE IER=' ,2X,I6,/)
      WRITE(6,66)M
66  FORMAT('0',10X,'NUMERO DE CARGAS ELECTRICAS=' ,2X,I6,/)
      WRITE(6,67)(Q(I),I=1,M)
67  FORMAT(1X,4G15.6)
      CALL PRUEBA(XC1,YC1,ZC1,R,A,T,D,DR,DZ,KC,ANN,ND,NN)
      CALL COPOT(AS,XO,YO,ZO,XC1,YC1,ZC1,A,L,NN)
      SPO=0.DO
      DO 41 I=1,NN
      POT=0.DO
      DO 42 J=1,L
      KM=NN*(J-1)+I
      POT=AS(KM)*Q(J)+POT
42  CONTINUE
      POTE(I)=POT
41  CONTINUE
      WRITE(6,68)NN
68  FORMAT('0',10X,'PRUEBA DEL POTEN=' ,2X,I6,/)
      WRITE(6,69)(POTE(NN-I+1),I=1,NN)
69  FORMAT(1X,4G15.6)
      NC=0
      DO 10 I=1,NN
      CAX=0.DO

```

```

CAY=0.DO
CAZ=0.DO
DO 20 J=1,L
RA=((XC1(I)-X0(J))**2+(YC1(I)-Y0(J))**2+(ZC1(I)-Z0(J))**2)**0.5
RB=((XC1(I)-X0(J))**2+(YC1(I)-Y0(J))**2+(ZC1(I)+Z0(J))**2)**0.5
CA=(ZC1(I)-Z0(J))/RA
CB=(ZC1(I)+Z0(J))/RB
IF(SNGL(XC1(I)).NE.SNGL(X0(J)))GOTO 23
CEX=0.DO
GOTO 24
23 DRA=(XC1(I)-X0(J))/RA
DRB=(XC1(I)-X0(J))/RB
DCA=-CA*DRA/RA
DCB=-CB*DRB/RB
CALL MIGU(CEX,A,RA,RB,CA,CB,DRA,DRB,DCA,DCB)
24 CAX=CAX+CEX*Q(J)
IF(SNGL(YC1(I)).NE.SNGL(Y0(J)))GOTO 26
CEY=0.DO
GOTO 27
26 DRA=(YC1(I)-Y0(J))/RA
DRB=(YC1(I)-Y0(J))/RB
DCA=-CA*DRA/RA
DCB=-CB*DRB/RB
CALL MIGU(CEY,A,RA,RB,CA,CB,DRA,DRB,DCA,DCB)
27 CAY=CAY+CEY*Q(J)
IF(SNGL(XC1(I)).NE.SNGL(X0(J)))GOTO 29
IF(SNGL(YC1(I)).NE.SNGL(Y0(J)))GOTO 29
CZA=A*(ZC1(I)-Z0(J))/(A**2+(ZC1(I)-Z0(J))**2)**1.5
CZB=A*(ZC1(I)+Z0(J))/(A**2+(ZC1(I)+Z0(J))**2)**1.5
CEZ=CZA-CZB
GOTO 32
29 DRA=(ZC1(I)-Z0(J))/RA
DRB=(ZC1(I)+Z0(J))/RB
DCA=(1.DO-CA*DRA)/RA
DCB=(1.DO-CB*DRB)/RB
CALL MIGU(CEZ,A,RA,RB,CA,CB,DRA,DRB,DCA,DCB)
32 CAZ=CAZ+CEZ*Q(J)
20 CONTINUE
NC=NC+1
EX(NC)=100.DO*CAX
EY(NC)=100.DO*CAY
EZ(NC)=100.DO*CAZ
10 CONTINUE
WRITE(6,71)NC
WRITE(6,*)(EX(NC-I+1),EY(NC-I+1),EZ(NC-I+1),I=1,NC)
71 FORMAT('0',10X,'C. ELECT.=',2X,I6,'/11X2HEX26X2HEY26X2HEZ/')
STOP
END

```

```

C
C *****
C PROGRAMA QUE CALCULA LA INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICICO
C EX(I) EY(I) EZ(I) EN LOS PUNTOS XC1(I) YC1(I) ZC1(I)
C *****
C

```

```

SUBROUTINE MIGU(CE,A,RA,RB,CA,CB,DRA,DRB,DCA,DCB)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
K=0
FA=A/RA
FB=A/RB
DIA=(A/RA)**2
DIB=(A/RB)**2
F=FA*DRA/RA-FB*DRB/RB
POA=1.DO
POB=1.DO
P1A=CA
P1B=CB
1 K=K+1
AK=FLOAT(K)
LK=2*K
ALK=FLOAT(LK)
P2A=((2.DO*ALK-1.DO)*CA*P1A-(ALK-1.DO)*POA)/ALK
P2B=((2.DO*ALK-1.DO)*CB*P1B-(ALK-1.DO)*POB)/ALK
P3A=((2.DO*ALK+1.DO)*CA*P2A-ALK*P1A)/(ALK+1.DO)
P3B=((2.DO*ALK+1.DO)*CB*P2B-ALK*P1B)/(ALK+1.DO)
AMI=(CA*P2A-P3A)/(1.DO-CA**2)
BMI=(CB*P2B-P3B)/(1.DO-CB**2)
AMA=DRA*P2A/RA-AMI*DCA
BMA=DRB*P2B/RB-BMI*DCB
FA=-((2.DO*AK+1.DO)*FA*DIA)/(2.DO*AK)
FB=-((2.DO*AK+1.DO)*FB*DIB)/(2.DO*AK)
ST=FA*AMA-FB*BMA
F=F+ST
XE=ST/F
XX=DABS(XE)
IF(XX.LT.1.D-03)GOTO 2
POA=P2A
POB=P2B
P1A=P3A
P1B=P3B
GOTO 1
2 CE=F
RETURN
END

C
C *****
C CALCULO DE LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE PRUEBA, EN ESTOS
C PUNTOS SE EVALUARA EL POTENCIAL XC1,YC1,ZC1
C *****
C
SUBROUTINE PRUEBA(XC1,YC1,ZC1,R,A,T,D,DR,DZ,KC,ANN,ND,NN)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
DIMENSION XC1(1),YC1(1),ZC1(1)
PI=3.1415926536DO
PII=0.75DO*PI
XPO=2.7182818285DO
DRR=DR+.6DO
AA=T*PI/(2.DO+2.DO**.5)
RIN=R-AA*(2.DO**.5)/PI+AA/PI

```

```

VIN=-R*PI/AA+2.DO** .5-1.DO
VFN=PI/AA
YW=D+AA*(2.DO-XPO**VIN)/PI
K=0
KC=KC-2
KAL=ANN
AL1=PII/FLOAT(ND)
IF(ND.GT.1)GOTO 6
AL=PII
GOTO 5
6 AL=ANN*AL1
17 AL=AL+AL1
KAL=KAL+1
IF(KAL.GT.ND)GOTO 12
IF(SNGL(AL).GT.SNGL(PII))GOTO 12
5 RP=RIN-AA/PI+AA*(2.DO** .5)*DSIN(AL)/PI
ZP=YW+AA*(2.DO** .5)*DCOS(AL)/PI
GOTO 14
12 DRR=DRR+.2DO
DR1=.5DO*DRR
RP=RP-DR1
XVFN=VFN*RP
ZP=D+AA*(XPO**VIN)*(XPO**XVFN-1.DO)/PI
14 K=K+1
IF(K.GT.KC)GOTO 16
XC1(K)=RP
YC1(K)=0.DO
ZC1(K)=ZP
GOTO 17
16 NN=K-1
WRITE(6,68)NN
WRITE(6,*)(XC1(NN-I+1),YC1(NN-I+1),ZC1(NN-I+1),I=1,NN)
68 FORMAT('0',10X,'PUNTOS DE PRUEBA=',2X,I6,'/11X1HX26X1HY26X1HZ/')
RETURN
END

```

```

C
C *****
C CALCULO DE LAS CARGAS ELECTRICAS ANILLOS Q(I) I=1 HASTA M
C MEDIANTE EL METODO DE ELIMINACION DE GAUSS CON PIVOTE COMPL.
C *****
C

```

```

SUBROUTINE DGELG(Q,AS,M,N,EPS,IER)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
DIMENSION Q(1),AS(1)
IF(M)23,23,1
1 IER=0
PIV=0.DO
MM=M*M
NM=N*M
DO 3 L=1,MM
TB=DABS(AS(L))
IF(TB-PIV)3,3,2
PIV=TB
I=L

```

```

3  CONTINUE
   TOL=EPS*PIV
   LST=1
   DO 17 K=1,M
   IF(PIV)23,23,4
4  IF(IER)7,5,7
5  IF(PIV-TOL)6,6,7
6  IER=K-1
7  PIVI=1.DO/AS(I)
   J=(I-1)/M
   I=I-J*M-K
   J=J+1-K
   DO 8 L=K,NM,M
   LL=L+I
   TB=PIVI*Q(LL)
   Q(LL)=Q(L)
8  Q(L)=TB
   IF(K-M)9,18,18
9  LEND=LST+M-K
   IF(J)12,12,10
10 II=J*M
   DO 11 L=LST,LEND
   TB=AS(L)
   LL=L+II
   AS(L)=AS(LL)
11 AS(LL)=TB
12 DO 13 L=LST,MM,M
   LL=L+I
   TB=PIVI*AS(LL)
   AS(LL)=AS(L)
13 AS(L)=TB
   AS(LST)=J
   PIV=0.DO
   LST=LST+1
   J=0
   DO 16 II=LST,LEND
   PIVI=-AS(II)
   IST=II+M
   J=J+1
   DO 15 L=IST,MM,M
   LL=L-J
   AS(L)=AS(L)+PIVI*AS(LL)
   TB=DABS(AS(L))
   IF(TB-PIV)15,15,14
14 PIV=TB
   I=L
15 CONTINUE
   DO 16 L=K,NM,M
   LL=L+J
16 Q(LL)=Q(LL)+PIVI*Q(L)
17 LST=LST+M
18 IF(M-1)23,22,19
19 IST=MM+M
   LST=M+1

```

```

DO 21 I=2,M
  II=LST-I
  IST=IST-LST
  L=IST-M
  L=AS(L)+.5DO
  DO 21 J=II,NM,M
    TB=Q(J)
    LL=J
    DO 20 K=IST,MM,M
      LL=LL+1
20    TB=TB-AS(K)*Q(LL)
      K=J+L
      Q(J)=Q(K)
21    Q(K)=TB
22    RETURN
23    IER=-1
      RETURN
      END

```

```

C
C *****
C CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE POTENCIAL DE CADA PUNTO EN LA
C FRONTERA Y CADA CARGA ANILLO AS(ML) DONDE ML=M*L
C *****
C

```

```

SUBROUTINE COPOT(AS,XO,YO,ZO,XC,YC,ZC,A,L,M)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
DIMENSION XO(1),YO(1),ZO(1),XC(1),YC(1),ZC(1),AS(1)
ML=0
DO 10 I=1,M
  DO 20 J=1,L
    IF(SNGL(XC(I)).NE.SNGL(XO(J)))GOTO 5
    IF(SNGL(YC(I)).NE.SNGL(YO(J)))GOTO 5
    CPA=A/(A**2+(ZC(I)-ZO(J))**2)**0.5
    CPB=A/(A**2+(ZC(I)+ZO(J))**2)**0.5
    CP=CPA-CPB
    GOTO 2
5    RA=((XC(I)-XO(J))**2+(YC(I)-YO(J))**2+(ZC(I)-ZO(J))**2)**0.5
    RB=((XC(I)-XO(J))**2+(YC(I)-YO(J))**2+(ZC(I)+ZO(J))**2)**0.5
    CA=(ZC(I)-ZO(J))/RA
    CB=(ZC(I)+ZO(J))/RB
    K=0
    N=0
    FA=A/RA
    FB=A/RB
    DIA=(A/RA)**2
    DIB=(A/RB)**2
    CP=FA-FB
    POA=1.DO
    POB=1.DO
    P1A=CA
    P1B=CB
1    AN=FLOAT(N)
    P2A=((2.DO*AN+3.DO)*CA*P1A-(AN+1.DO)*POA)/(AN+2.DO)
    P2B=((2.DO*AN+3.DO)*CB*P1B-(AN+1.DO)*POB)/(AN+2.DO)

```

```

K=K+1
AK=FLOAT(K)
FA=-(2.DO*AK-1.DO)*FA*DIA/(2.DO*AK)
FB=-(2.DO*AK-1.DO)*FB*DIB/(2.DO*AK)
ST=FA*P2A-FB*P2B
CP=CP+ST
XE=ST/CP
XX=DABS(XE)
IF(XX,LT,1.D-04)GOTO 2
P3A=((2.DO*AN+5.DO)*CA*P2A-(AN+2.DO)*P1A)/(AN+3.DO)
P3B=((2.DO*AN+5.DO)*CB*P2B-(AN+2.DO)*P1B)/(AN+3.DO)
P0A=P2A
P0B=P2B
P1A=P3A
P1B=P3B
N=N+2
GOTO 1
2 ML=M*(J-1)+I
AS(ML)=CP
20 CONTINUE
10 CONTINUE
WRITE(6,63)ML
WRITE(6,64)(AS(I),I=1,ML,L)
63 FORMAT('0',10X,'NUMERO DE COEFICIENTES DE POTENCIAL=',2X,16,/)
64 FORMAT(1X,4G15.6)
RETURN
END

```

```

C
C *****
C CALCULO DE LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE LAS CARGAS Y DE
C LOS PUNTOS EN LA FRONTERA XO,YO,ZO,XC,YC,ZC
C *****
C
SUBROUTINE COOR(XO,YO,ZO,XC,YC,ZC,R,A,T,D,DR,DZ,KC,DH,ANN,ND,L):
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
DIMENSION XO(1),YO(1),ZO(1),XC(1),YC(1),ZC(1)
PI=3.1415926536D0
XPO=2.7182818285D0
PII=0.75D0*PI
K=0
KC=0
KK=-1
DRR=DR+.6D0
AA=T*PI/(2.DO+2.DO**.5)
RIN=R-AA*(2.DO**.5)/PI+AA/PI
VIN=-R*PI/AA+2.DO**.5-1.DO
VFN=PI/AA
YW=D+AA*(2.DO-XPO**VIN)/PI
KAL=ANN-1
1 A=A-2.D-01
IF(A.GE.DZ)GOTO 1
AL1=PII/FLOAT(ND)
IF(ND.GT.1)GOTO 6
AL=PII

```

```

        GOTO 5
6      AL=(ANN-1.DO)*AL1
17     AL=AL+AL1
        KAL=KAL+1
        IF(KAL.GT.ND)GOTO 12
        IF(SNGL(AL).GT.SNGL(PII))GOTO 12
5      RF=RIN-AA/PI+AA*(2.DO**.5)*DSIN(AL)/PI
        ZF=YW+AA*(2.DO**.5)*DCOS(AL)/PI
        RA=RIN-AA/PI+(AA*(2.DO**.5)-DZ)*DSIN(AL)/PI
        ZA=YW+(AA*(2.DO**.5)-DZ)*DCOS(AL)/PI
        GOTO 14
12     DRR=DRR+.2DO
        DR1=.5DO*DRR
        RF=RF-DR1
        XVFN=VFN*RF
        ZF=D+AA*(XPO**VIN)*(XPO**XVFN-1.DO)/PI
        IF(AL.LT.PI)GOTO 13
        RA=RF
        ZA=ZF+DZ
        GOTO 14
13     RA=RIN-AA/PI+(AA*(2.DO**.5)-DZ)*DSIN(AL)/PI
        ZA=YW+(AA*(2.DO**.5)-DZ)*DCOS(AL)/PI
14     NA=2.DO*PI*RF/DH
        ANG1=2.DO*PI/FLOAT(NA)
        KK=-KK
        IF(KK.EQ.1)GOTO 7
        ANG=-ANG1
        GOTO 18
7      ANG=-.5DO*ANG1
18     KC=KC+1
        DO 15 I=1,NA
        ANG=ANG+ANG1
        IF(ANG.LE.(PI/45.DO))GOTO 23
        IF(ANG.LT.(89.DO*PI/45.DO))GOTO 15
23     K=K+1
        XC(K)=RF*DCOS(ANG)
        YC(K)=RF*DSIN(ANG)
        ZC(K)=ZF
        XO(K)=RA*DCOS(ANG)
        YO(K)=RA*DSIN(ANG)
        ZO(K)=ZA
15     CONTINUE
        IF(K.LT.L)GOTO 17
        L=K
        WRITE(6,60)L
        WRITE(6,*)(XO(L-I+1),YO(L-I+1),ZO(L-I+1),I=1,L)
        WRITE(6,61)L
        WRITE(6,*)(XC(L-I+1),YC(L-I+1),ZC(L-I+1),I=1,L)
60     FORMAT('0',10X,'NUMERO DE CARGAS=',2X,I6,'/11X1HX26X1HY26X1HZ/')
61     FORMAT('0',10X,'PUNTOS FRONTERA=',2X,I6,'/11X1HX26X1HY26X1HZ/')
        RETURN
        END

```


RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00

ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00

DIST. TIERRA-ELECTR. (CM) D= 5.00

POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

INDICACION DE IER= 0

VALORES DE LAS CARGAS ELECTRICAS

.265929	.256247	.589227	.589227
.256247	.265929	.913313E-01	.819110E-01
.202883	.202883	.819110E-01	.103846
.701944E-01	.432511	.432511	.701944E-01
.103846	.833456E-01	.809924E-01	.180895
.180895	.809924E-01	.971822E-01	-.254557E-01
.460828	.460828	-.254557E-01	.971822E-01
.447362E-01	.598785E-01	.303799	.303799
.598785E-01	.288940	-.341626	-.341626
.288940	.735695	-1.53437	3.67864
3.67864	-1.53437	.809371	-.847665
-.847665	.809371	1.96255	-2.31587
3.59177	3.59177	-2.31587	.431641
-.439830E-01	-.439830E-01	.431641	3.91005
-3.77501	3.86507	3.86507	-3.77501
-.532754	1.97343	1.97343	-.532754
.994604	-.126698	-.126698	-1.30593
3.80403	3.80403	-1.30593	.994281
-.283340	-.283340	-.872844	3.66549
3.66549	-.872844	-4.87380	2.86425
2.86425	3.43237	3.43237	

PUNTOS DE PRUEBA=

17

XC1(I)

YC1(I)

ZC1(I)

57.01774900602000	.00000000000000	5.08460962792900
60.81774900602000	.00000000000000	5.12700766277790
64.51774900602000	.00000000000000	5.18857811752520
68.11774900602000	.00000000000000	5.27697807642070
71.61774900602000	.00000000000000	5.40245589282100
75.01774900602000	.00000000000000	5.57853085063330
78.31774900602000	.00000000000000	5.82277423412520
81.51774900602000	.00000000000000	6.15767756206650
84.61774900602000	.00000000000000	6.61157969408550
87.61774900602000	.00000000000000	7.21960724142500
90.51774900602000	.00000000000000	8.02456279528230
93.31774900602000	.00000000000000	9.07767408325470
96.01774900602000	.00000000000000	10.43909608964200
98.61774900602000	.00000000000000	12.17803990218800
101.11774900602000	.00000000000000	14.37238962825700
103.04676984080000	.00000000000000	16.81934089185500
104.35126224828000	.00000000000000	19.64900366791800

PRUEBA DEL POTEN= 17

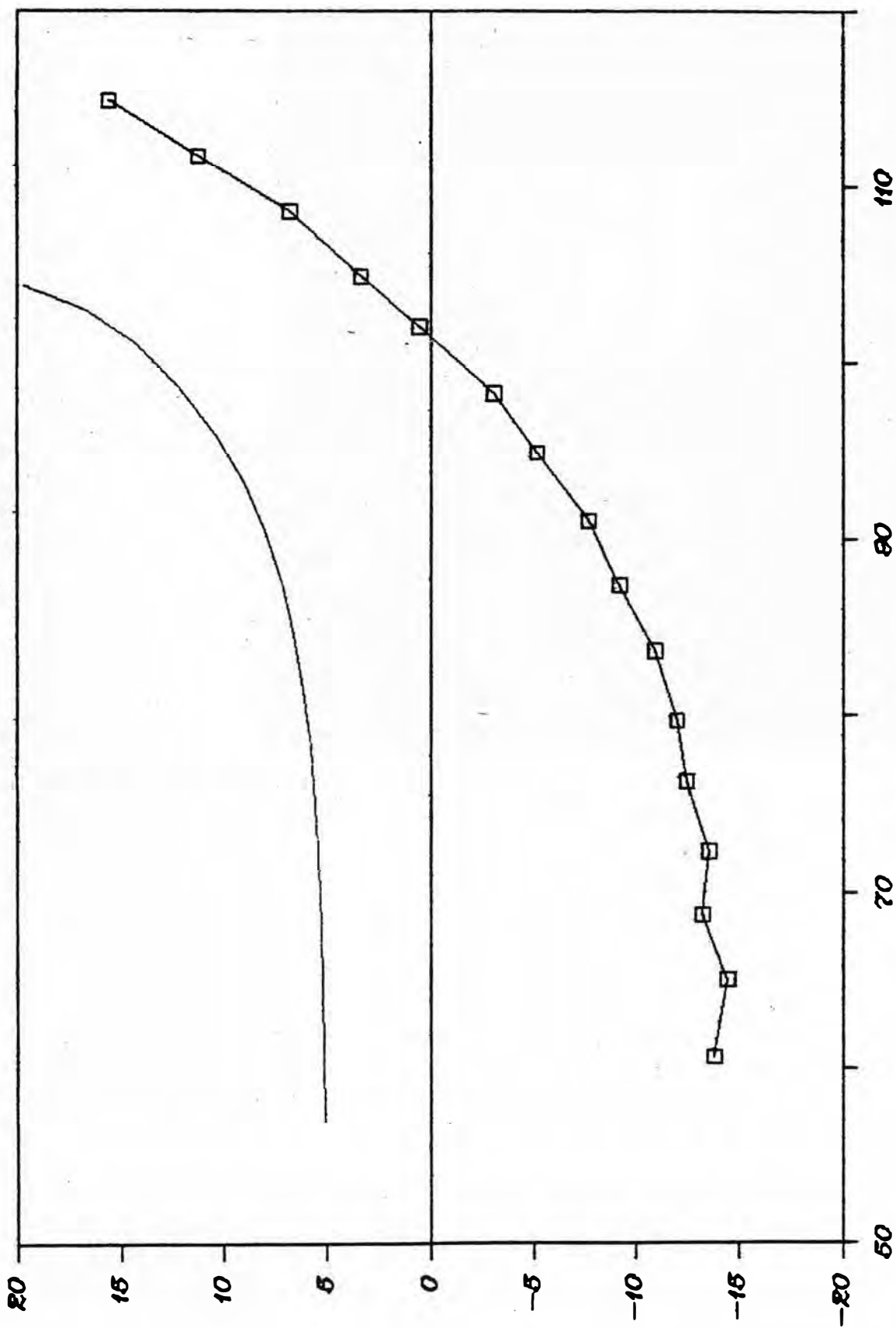
1.00000	.991058	1.00000	.993264
1.00000	.997286	1.00000	1.00226
1.00000	1.00240	1.00000	1.00302
1.00000	1.00082	1.00000	.997690
1.00000			

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 17

EX(I)	EY(I)	EZ(I)
1.82444353924330	1.8940895240652E-010	-19.72463176504500
-2.0764234529711E-001	6.9213250539882E-010	-18.92843442725800
4.6694836427088E-001	2.0487200945956E-010	-19.62564189679400
5.7586412141636E-001	5.7850992289778E-010	-18.48470038400400
6.7553615321051E-001	1.6129383493435E-010	-18.93872590862100
1.21751064622570	2.4825772872489E-010	-18.00684921216900
1.38752706712990	-1.1663728338679E-010	-17.78973459864300
2.14441254033880	-2.5311756874077E-010	-17.07161091311200
2.74646564871970	-1.4443077175906E-010	-15.80042435927200
3.42576932366460	-2.8919379771577E-010	-14.87880125190200
4.42022030477860	-1.7508368428550E-010	-13.15691082300300
5.00191515060640	-3.6833167092241E-010	-12.13634843961700
6.08092654070060	-2.0038684374879E-011	-9.92378631344670
6.35975846189850	2.3263176901346E-011	-8.79984846352370
7.51397162030010	4.6066626504786E-010	-7.57980842299120
8.76412253170770	7.6817908223536E-010	-5.57587689681760
10.61838985104800	6.0632482614811E-010	-4.06690881085520

INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

CONSORCIO E-8-P ROSOVSKS



□ INTENSIDAD DE CAMPO 5 cm. — 500. 14 del. termo-electrodo 5 cm.

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00
 ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00
 DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D= 10.00
 POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

INDICACION DE IER= 0
 VALORES DE LAS CARGAS ELECTRICAS

.267191	.257397	.584998	.584998
.257397	.267191	.896488E-01	.803785E-01
.198499	.198499	.803785E-01	.998250E-01
.675449E-01	.415759	.415759	.675449E-01
.998250E-01	.781166E-01	.755846E-01	.170465
.170465	.755846E-01	.889416E-01	-.228576E-01
.428739	.428739	-.228576E-01	.889416E-01
.436212E-01	.487260E-01	.275146	.275146
.487260E-01	.240333	-.278120	-.278120
.240333	.669087	-1.35842	3.11563
3.11563	-1.35842	.636450	-.732936
-.732936	.636450	1.52232	-1.87860
2.84285	2.84285	-1.87860	.313777
-.122253	-.122253	.313777	2.93676
-2.93709	2.94176	2.94176	-2.93709
-.432204	1.39858	1.39858	-.432204
.732094	-.195057	-.195057	-1.03035
2.79344	2.79344	-1.03035	.736538
-.346264	-.346264	-.709851	2.72832
2.72832	-.709851	-3.96160	2.12947
2.12947	2.69428	2.69428	

PUNTOS DE PRUEBA= 17
 XC1(I) YC1(I) ZC1(I)

57.01774900602000	.0000000000000000	10.08460962792900
60.81774900602000	.0000000000000000	10.12700766277800
64.51774900602000	.0000000000000000	10.18857811752500
68.11774900602000	.0000000000000000	10.27697807642100
71.61774900602000	.0000000000000000	10.40245589282100
75.01774900602000	.0000000000000000	10.57853085063300
78.31774900602000	.0000000000000000	10.82277423412500
81.51774900602000	.0000000000000000	11.15767756206600
84.61774900602000	.0000000000000000	11.61157969408600
87.61774900602000	.0000000000000000	12.21960724142500
90.51774900602000	.0000000000000000	13.02456279528200
93.31774900602000	.0000000000000000	14.07767408325500
96.01774900602000	.0000000000000000	15.43909608964200
98.61774900602000	.0000000000000000	17.17803990218800
101.11774900602000	.0000000000000000	19.37238962825700
103.04676984080000	.0000000000000000	21.81934089185500
104.35126224828000	.0000000000000000	24.64900366791800

PRUEBA DEL POTEN# 17

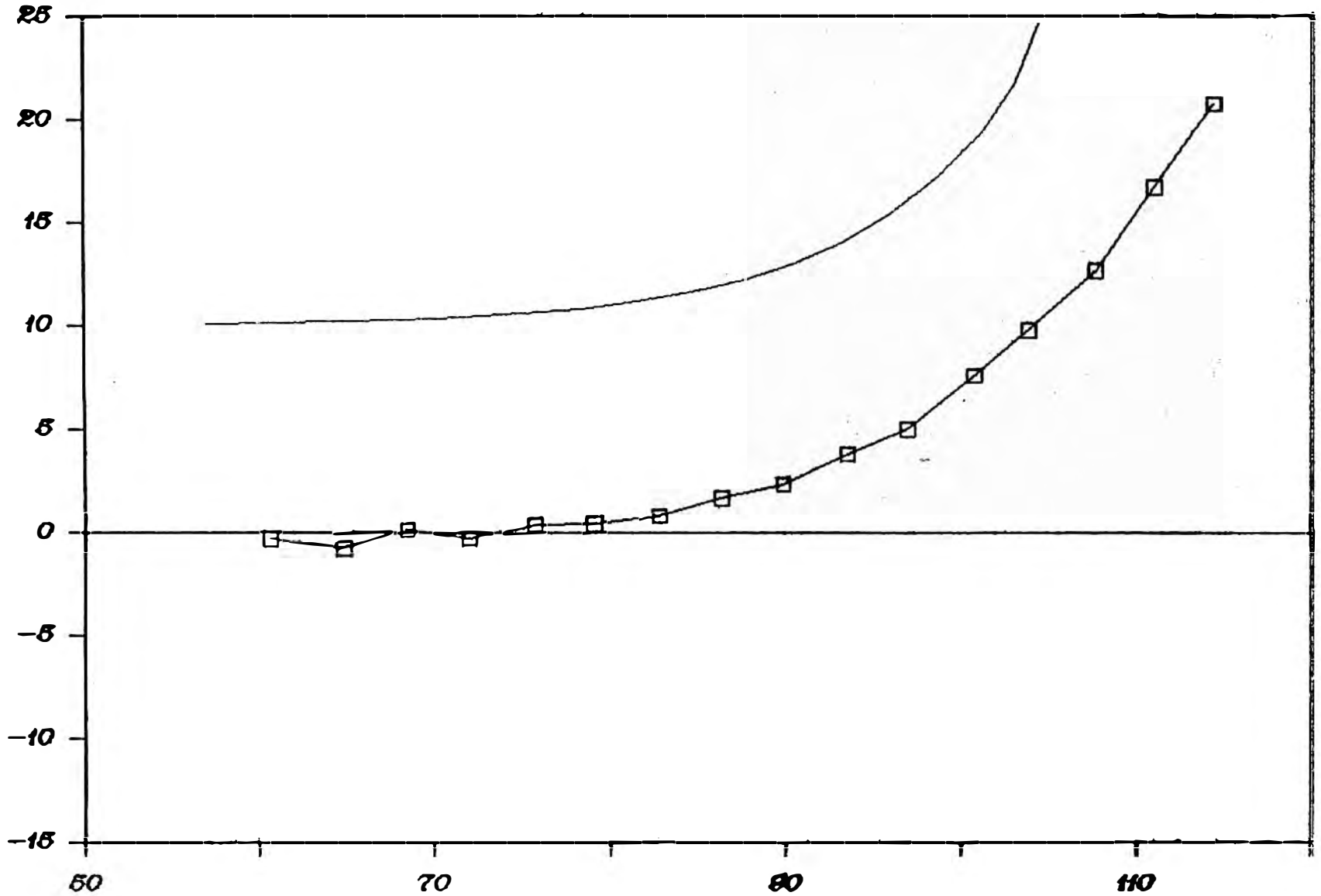
1.00000	.993082	1.00000	.994947
1.00000	.998012	1.00000	1.00178
1.00000	1.00194	1.00000	1.00258
1.00000	1.00082	1.00000	.997780
1.00000			

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.# 17

EX(I)	EY(I)	EZ(I)
1.45034899582530	1.4391956932301E-010	-11.41469142332000
-2.4154518394648E-001	5.3523134565449E-010	-10.47005939048800
2.8255582292853E-001	1.5229825542107E-010	-10.92740272558400
3.1826272433460E-001	4.3335321718433E-010	-10.14532736918700
3.5509406717227E-001	1.1663911843735E-010	-10.65289201329400
7.0924632013602E-001	1.8108588670840E-010	-10.21294008105600
7.8281487651294E-001	-9.2900162905116E-011	-10.39831864536200
1.30095095470510	-1.9895986947278E-010	-10.32821706496600
1.72978516058610	-1.1687452690541E-010	-9.91985703215560
2.25661297735480	-2.3330175306431E-010	-9.86134631338150
3.10245912216370	-1.4639683972340E-010	-9.18527865132510
3.71077556356590	-3.1574419086117E-010	-9.05210088141000
4.80725201071520	-1.9376389345930E-011	-7.82448362881360
5.31674492566580	1.2067640608959E-011	-7.37639575277760
6.62661290221100	4.2981560434009E-010	-6.69576488854400
8.04592309476160	7.3821127691092E-010	-5.11132939287840
10.07875041055400	5.9564146678805E-010	-3.87944837833710

INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

BOLETIN 8-8-9 ROSOWSKI



□ INTENSIDAD DE CAMPO 598. 15 dist. tierra-electrodo 10 cm. — SUPERFICIE

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00

ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00

DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D= 15.00

POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

INDICACION DE IER= 0

VALORES DE LAS CARGAS ELECTRICAS

.263926	.254245	.574373	.574373
.254245	.263926	.872708E-01	.782227E-01
.193095	.193095	.782227E-01	.960244E-01
.649692E-01	.400436	.400436	.649692E-01
.960244E-01	.740249E-01	.714560E-01	.162177
.162177	.714560E-01	.831865E-01	-.214093E-01
.405014	.405014	-.214093E-01	.831865E-01
.416440E-01	.429470E-01	.255986	.255986
.429470E-01	.215077	-.246735	-.246735
.215077	.621404	-1.24963	2.81212
2.81212	-1.24963	.556876	-.666348
-.666348	.556876	1.32488	-1.66264
2.49321	2.49321	-1.66264	.266906
-.134587	-.134587	.266906	2.52227
-2.55383	2.53984	2.53984	-2.55383
-.379683	1.17618	1.17618	-.379683
.625708	-.197311	-.197311	-.898886
2.38688	2.38688	-.898886	.632246
-.336634	-.336634	-.622064	2.35740
2.35740	-.622064	-3.55828	1.86223
1.86223	2.40782	2.40782	

PUNTOS DE PRUEBA= 17

XC1 (I)

YC1 (I)

ZC1 (I)

57.01774900602000	.0000000000000000	15.08460962792900
60.81774900602000	.0000000000000000	15.12700766277800
64.51774900602000	.0000000000000000	15.18857811752500
68.11774900602000	.0000000000000000	15.27697807642100
71.61774900602000	.0000000000000000	15.40245589282100
75.01774900602000	.0000000000000000	15.57853085063300
78.31774900602000	.0000000000000000	15.82277423412500
81.51774900602000	.0000000000000000	16.15767756206600
84.61774900602000	.0000000000000000	16.61157969408600
87.61774900602000	.0000000000000000	17.21960724142500
90.51774900602000	.0000000000000000	18.02456279528200
93.31774900602000	.0000000000000000	19.07767408325500
96.01774900602000	.0000000000000000	20.43909608964200
98.61774900602000	.0000000000000000	22.17803990218800
101.11774900602000	.0000000000000000	24.37238962825700
103.04676984080000	.0000000000000000	26.81934089185500
104.35126224828000	.0000000000000000	29.64900366791800

PRUEBA DEL POTEN= 17

1.00000	.993939	1.00000	.995655
1.00000	.998307	1.00000	1.00156
1.00000	1.00172	1.00000	1.00234
1.00000	1.00080	1.00000	.997866
1.00000			

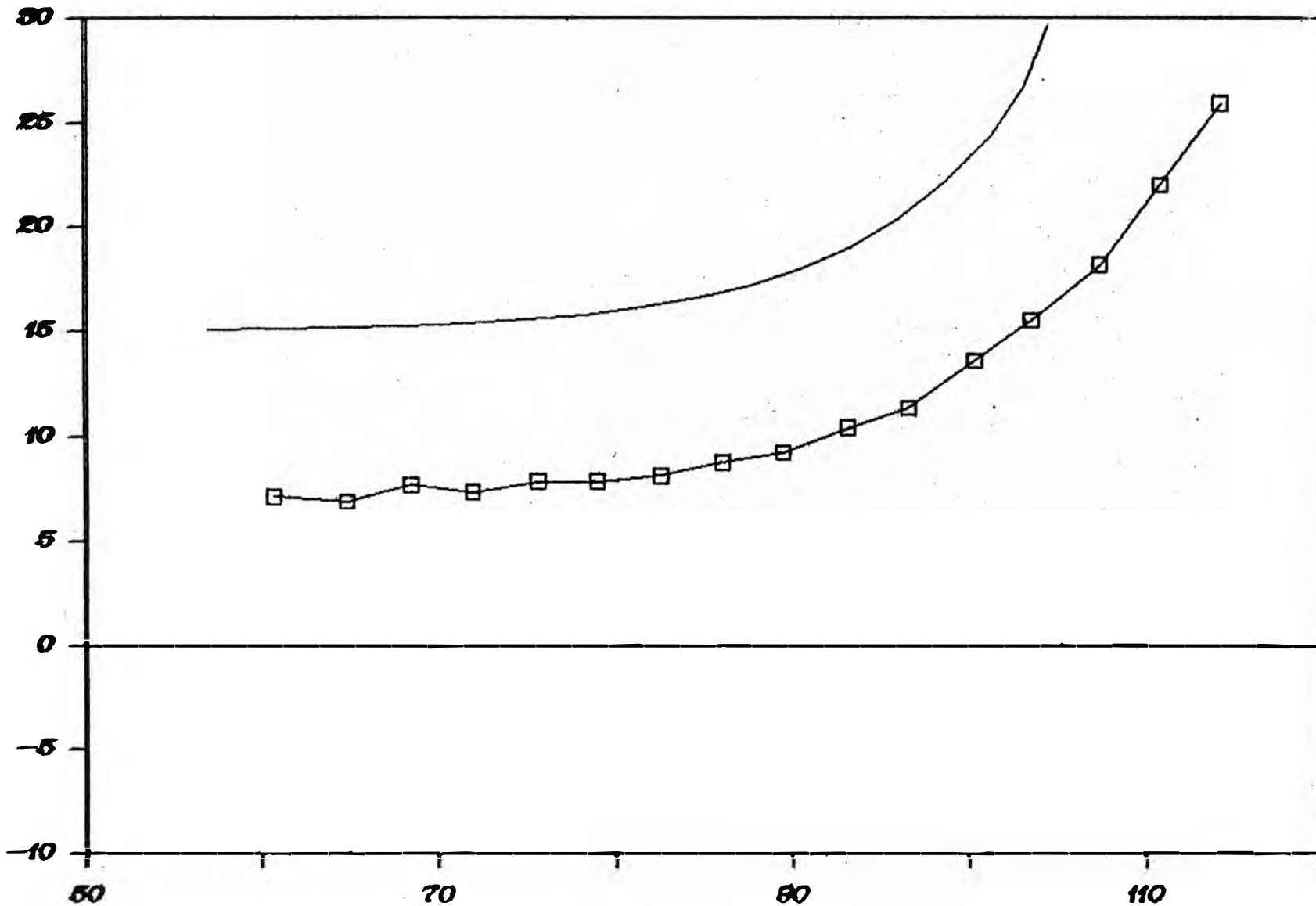
INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 17
EX(I) EY(I)

EZ(I)

1.29636440104490	1.2575556322328E-010	-8.97441355544270
-2.3936957665776E-001	4.6900932802109E-010	-7.98673832694070
2.2482716962239E-001	1.3112142659748E-010	-8.28861923253360
2.3818155650723E-001	3.7256076630903E-010	-7.57878442665730
2.5697606496104E-001	9.9171710309089E-011	-8.02076120804180
5.4199895820825E-001	1.5381631284281E-010	-7.69019417490030
5.8474467734088E-001	-8.1391323745047E-011	-7.92979803639540
1.00837099548000	-1.7379842635289E-010	-7.99300396124240
1.36196526098420	-1.0329478196653E-010	-7.79693826251940
1.81160646349170	-2.0634670211901E-010	-7.94335212533270
2.56473224445220	-1.3159294478160E-010	-7.57155158912610
3.14578853537940	-2.8640593721108E-010	-7.69561904001290
4.20064030821410	-1.8948602926276E-011	-6.82765808182540
4.77487069787630	7.2372397702524E-012	-6.63284263251120
6.11574059000000	4.0630011298640E-010	-6.18310061348580
7.58763105678670	7.0989373411495E-010	-4.81478072488810
9.67820550751030	5.8000984048345E-010	-3.73286782584170

INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

BOLETIN 8-4-9 ROSOWSKY



□ INTENSIDAD DE CAMPO 500. 10 dist. tierra-electrodo 15 cm — SUPERFICIE

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00
 ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00
 DIST. TIERRA-ELECTR. (CM) D= 20.00
 POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00
 INDICACION DE IER= 0
 VALORES DE LAS CARGAS ELECTRICAS

.260220	.250678	.564168	.564168
.250678	.260220	.851813E-01	.763310E-01
.188445	.188445	.763310E-01	.930213E-01
.629228E-01	.388335	.388335	.629228E-01
.930213E-01	.710360E-01	.684708E-01	.156028
.156028	.684708E-01	.792041E-01	-.204422E-01
.387967	.387967	-.204422E-01	.792041E-01
.400469E-01	.395224E-01	.242952	.242952
.395224E-01	.199818	-.228097	-.228097
.199818	.589119	-1.17835	2.62498
2.62498	-1.17835	.511585	-.623538
-.623538	.511585	1.21367	-1.53511
2.29201	2.29201	-1.53511	.242041
-.135242	-.135242	.242041	2.29527
-2.33680	2.31625	2.31625	-2.33680
-.348913	1.06056	1.06056	-.348913
.569989	-.192861	-.192861	-.823966
2.17013	2.17013	-.823966	.576406
-.322884	-.322884	-.570683	2.15875
2.15875	-.570683	-3.32551	1.72023
1.72023	2.24821	2.24821	

PUNTOS DE PRUEBA=
 XC1(I)

17

YC1(I)

ZC1(I)

57.01774900602000	.00000000000000	20.08460962792900
60.81774900602000	.00000000000000	20.12700766277800
64.51774900602000	.00000000000000	20.18857811752500
68.11774900602000	.00000000000000	20.27697807642100
71.61774900602000	.00000000000000	20.40245589282100
75.01774900602000	.00000000000000	20.57853085063300
78.31774900602000	.00000000000000	20.82277423412500
81.51774900602000	.00000000000000	21.15767756206600
84.61774900602000	.00000000000000	21.61157969408600
87.61774900602000	.00000000000000	22.21960724142500
90.51774900602000	.00000000000000	23.02456279528200
93.31774900602000	.00000000000000	24.07767408325500
96.01774900602000	.00000000000000	25.43909608964200
98.61774900602000	.00000000000000	27.17803990218800
101.11774900602000	.00000000000000	29.37238962825700
103.04676984080000	.00000000000000	31.81934089185500
104.35126224828000	.00000000000000	34.64900366791800

PRUEBA DEL POTEN= 17

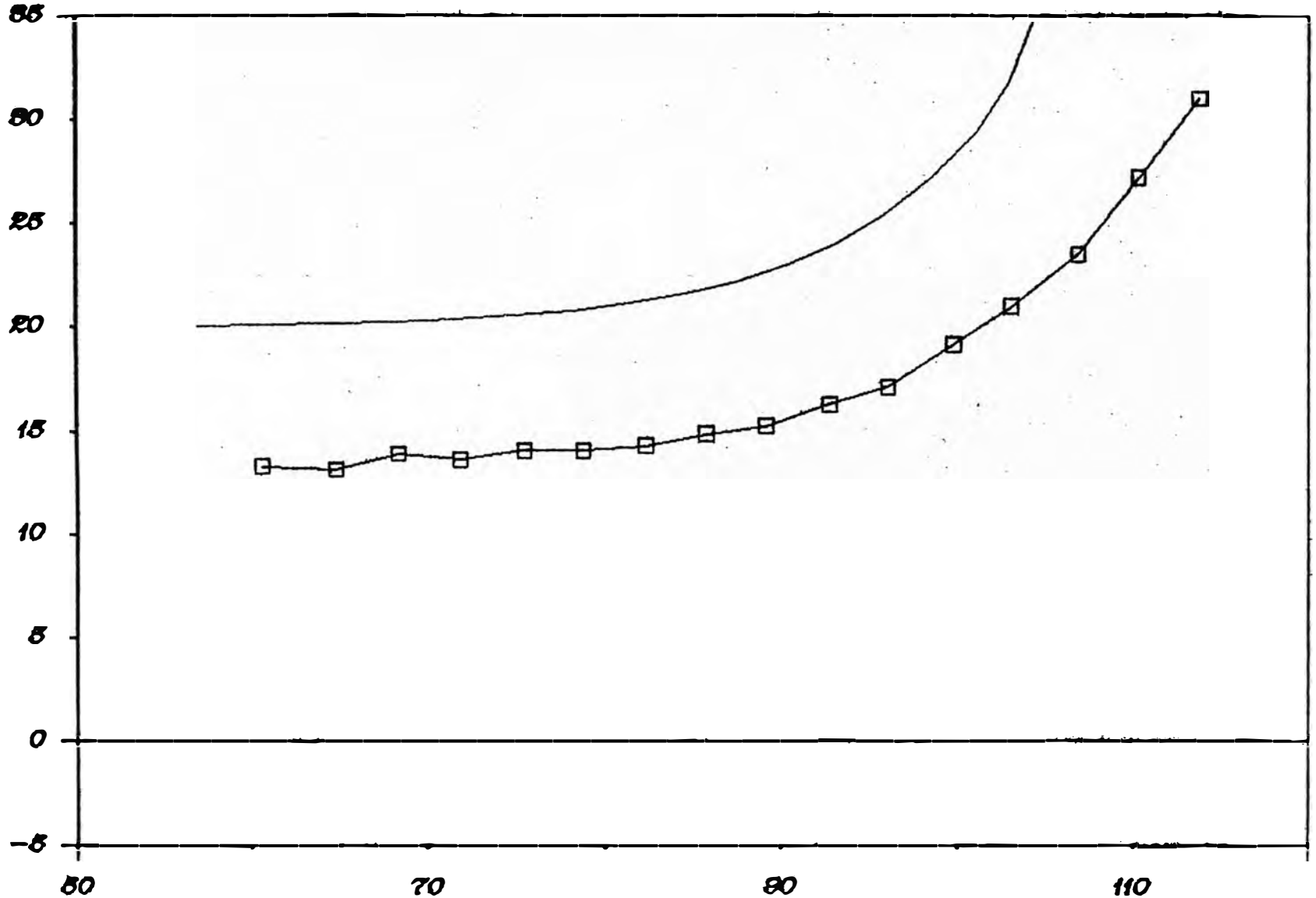
1.00000	.994411	1.00000	.996040
1.00000	.998466	1.00000	1.00142
1.00000	1.00159	1.00000	1.00219
1.00000	1.00078	1.00000	.997934
1.00000			

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 17

EX(I)	EY(I)	EZ(I)
1.20958983149370	1.1587068042790E-010	-7.84473393084610
-2.3363316360006E-001	4.3238797632648E-010	-6.85964274841150
1.9762412493624E-001	1.1974965028685E-010	-7.08333032311390
2.0135890515080E-001	3.3946165833171E-010	-6.40726742963850
2.1263967936827E-001	8.9742360064561E-011	-6.80123658489540
4.6305091506204E-001	1.3925508185049E-010	-6.51171370021250
4.9195719803678E-001	-7.4754248600636E-011	-6.75761204270880
8.6670728949525E-001	-1.5943012584696E-010	-6.86340769959750
1.18006814112380	-9.5325491143150E-011	-6.74843085251870
1.58563845327880	-1.9051433719549E-010	-6.96646933371920
2.28085451162670	-1.2255904758361E-010	-6.72219518070710
2.83564649672630	-2.6806494599123E-010	-6.94839619404260
3.85039131169990	-1.8540487679670E-011	-6.25332984446200
4.44485217923580	4.7503779596921E-012	-6.17872289321390
5.78409229269130	3.8930228482855E-010	-5.84942826333170
7.27067160481350	6.8754988617131E-010	-4.61002453048450
9.37856255888960	5.6620011845987E-010	-3.62127900661970

INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

SENZORNO 8-8-P ROSOWSKA



□

INTENSIDAD DE CAMPO

999. 17 dist. tierra-electrodo 20 cm.

91989598

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00
 ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00
 DIST. TIERRA-ELECTR. (CM) D= 25.00
 POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00
 INDICACION DE IER= 0
 VALOR DE LAS CARGAS ELECTRICAS

.256790	.247379	.555288	.555288
.247379	.256790	.834448E-01	.747604E-01
.184611	.184611	.747604E-01	.906631E-01
.613127E-01	.378814	.378814	.613127E-01
.906631E-01	.687995E-01	.662513E-01	.151376
.151376	.662513E-01	.763257E-01	-.197501E-01
.375335	.375335	-.197501E-01	.763257E-01
.388037E-01	.372916E-01	.233637	.233637
.372916E-01	.189693	-.215914	-.215914
.189693	.566053	-1.12851	2.49921
2.49921	-1.12851	.482603	-.594312
-.594312	.482603	1.14313	-1.45192
2.16277	2.16277	-1.45192	.226751
-.133379	-.133379	.226751	2.15410
-2.19925	2.17604	2.17604	-2.19925
-.329089	.990790	.990790	-.329089
.535783	-.187749	-.187749	-.776445
2.03718	2.03718	-.776445	.542024
-.311388	-.311388	-.537803	2.03553
2.03553	-.537803	-3.17255	1.63110
1.63110	2.14463	2.14463	

PUNTOS DE PRUEBA=
 XC1(I)

17

YC1(I)

ZC1(I)

57.01774900602000	.0000000000000000	25.08460962792900
60.81774900602000	.0000000000000000	25.12700766277800
64.51774900602000	.0000000000000000	25.18857811752500
68.11774900602000	.0000000000000000	25.27697807642100
71.61774900602000	.0000000000000000	25.40245589282100
75.01774900602000	.0000000000000000	25.57853085063300
78.31774900602000	.0000000000000000	25.82277423412500
81.51774900602000	.0000000000000000	26.15767756206600
84.61774900602000	.0000000000000000	26.61157969408600
87.61774900602000	.0000000000000000	27.21960724142500
90.51774900602000	.0000000000000000	28.02456279528200
93.31774900602000	.0000000000000000	29.07767408325500
96.01774900602000	.0000000000000000	30.43909608964200
98.61774900602000	.0000000000000000	32.17803990218800
101.11774900602000	.0000000000000000	34.37238962825700
103.04676984080000	.0000000000000000	36.81934089185500
104.35126224828000	.0000000000000000	39.64900366791800

PRUEBA DEL FOTEN= 17

1.00000	.994711	1.00000	.996278
1.00000	.998564	1.00000	1.00134
1.00000	1.00150	1.00000	1.00209
1.00000	1.00076	1.00000	.997987
1.00000			

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 17

EX(I) EY(I) EZ(I)

1.15314087213640	1.0964599199962E-010	-7.20118787980490
-2.2814924698281E-001	4.0916692594892E-010	-6.23082342444250
1.8207497587138E-001	1.1269822955939E-010	-6.41282146796950
1.8097076560798E-001	3.1901038153006E-010	-5.75973925341780
1.8842809638917E-001	8.4039163815350E-011	-6.12234866237660
4.1858192304126E-001	1.3033045310838E-010	-5.85334360590680
4.4013142993769E-001	-7.0498718677684E-011	-6.09558641768740
7.8559553283935E-001	-1.5029003833529E-010	-6.21715370385270
1.07436982917510	-9.0161898631254E-011	-6.14006494851230
1.45203228236400	-1.8023164000836E-010	-6.38745610015290
2.10841594128470	-1.1655927601622E-010	-6.20740007129880
2.64219194814560	-2.5557868795067E-010	-6.48115521488310
3.62422020994720	-1.8156855440805E-011	-5.88296216041730
4.22368579194040	3.3183248243294E-012	-5.87387865061650
5.55175801732320	3.7667008131116E-010	-5.61537261888870
7.03859741405320	6.7001180132384E-010	-4.46037681054450
9.14760008114130	5.5470160639787E-010	-3.53451164084610

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00

ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00

DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D= 30.00

POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

INDICACION DE IER= 0

VALOR DE LAS CARGAS ELECTRICAS

.253765	.244470	.547719	.547719
.244470	.253765	.820094E-01	.734630E-01
.181454	.181454	.734630E-01	.887849E-01
.600291E-01	.371215	.371215	.600291E-01
.887849E-01	.670771E-01	.645500E-01	.147766
.147766	.645500E-01	.741637E-01	-.192326E-01
.365678	.365678	-.192326E-01	.741637E-01
.378248E-01	.357377E-01	.226698	.226698
.357377E-01	.182548	-.207412	-.207412
.182548	.548818	-1.09200	2.40952
2.40952	-1.09200	.462666	-.573350
-.573350	.462666	1.09478	-1.39394
2.07360	2.07360	-1.39394	.216524
-.131111	-.131111	.216524	2.05895
-2.10545	2.08103	2.08103	-2.10545
-.315443	.944673	.944673	-.315443
.512791	-.183233	-.183233	-.743940
1.94803	1.94803	-.743940	.518731
-.302243	-.302243	-.515229	1.95192
1.95192	-.515229	-3.06406	1.56971
1.56971	2.07151	2.07151	

PUNTOS DE PRUEBA=

17

XC1(I)

YC1(I)

ZC1(I)

57.01774900602000	.0000000000000000	30.08460962792900
60.81774900602000	.0000000000000000	30.12700766277800
64.51774900602000	.0000000000000000	30.18857811752500
68.11774900602000	.0000000000000000	30.27697807642100
71.61774900602000	.0000000000000000	30.40245589282100
75.01774900602000	.0000000000000000	30.57853085063300
78.31774900602000	.0000000000000000	30.82277423412500
81.51774900602000	.0000000000000000	31.15767756206600
84.61774900602000	.0000000000000000	31.61157969408600
87.61774900602000	.0000000000000000	32.21960724142500
90.51774900602000	.0000000000000000	33.02456279528200
93.31774900602000	.0000000000000000	34.07767408325500
96.01774900602000	.0000000000000000	35.43909608964200
98.61774900602000	.0000000000000000	37.17803990218800
101.11774900602000	.0000000000000000	39.37238962825700
103.04676984080000	.0000000000000000	41.81934089185500
104.35126224828000	.0000000000000000	44.64900366791800

PRUEBA DEL POTEN= 17

1.00000	.994917	1.00000	.996439
1.00000	.998630	1.00000	1.00128
1.00000	1.00144	1.00000	1.00201
1.00000	1.00075	1.00000	.998029
1.00000			

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 17

EX(I)	EY(I)	EZ(I)
1.11328772565160	1.0537021584518E-010	-6.78878284568360
-2.2343542860094E-001	3.9321605363242E-010	-5.83512912393230
1.7210475811746E-001	1.0796659721339E-010	-5.99302233360620
1.6828647586866E-001	3.0523563220978E-010	-5.35756983570510
1.7357989532698E-001	8.0207479128628E-011	-5.69928193810500
3.9065337066836E-001	1.2437251120795E-010	-5.44258644987000
4.0782881518612E-001	-6.7564588839072E-011	-5.67947522887170
7.3410784880191E-001	-1.4401193131097E-010	-5.80715797832050
1.00654939621260	-8.6529616241753E-011	-5.75001514514210
1.36514470233830	-1.7304988679743E-010	-6.01027096525280
1.99403235565780	-1.1228331558546E-010	-5.86642440865830
2.51127250029400	-2.4663204960288E-010	-6.16443231866680
3.46722682719800	-1.7847390866776E-011	-5.62607815526340
4.06583244073660	2.4361220136226E-012	-5.65607161227210
5.38038032700920	3.6699517379274E-010	-5.44258899544040
6.86166478146180	6.5606093467218E-010	-4.34647616815040
8.96484985777020	5.4518156855885E-010	-3.46549678025620

2.7.3 Configuraciòn plano-senoidal-circular-plano (Bruce)

El valor de los parametros es el siguientes:

Radio del electrodo	R = 105 cm.
Ancho del electrodo	T = 32 cm.
Distancia tierra-electrodo	D = 5 cm.
Radio de cada carga anillo	A = 1 cm.
Distancia radial entre puntos frontera	DR= 3.2 cm.
Distancia entre cada anillo y la frontera	DZ= 5 cm.
Parte circular considerada	ANN= 8.
Presiciòn del subprograma dgelg	EPS= 1 E -18
Potencial en la superficie del electrodo	U= 1.
Número de vectores del Potencial	N= 1
Número de cargas elèctricas	L= 80
Divisiòn de la parte circular	ND= 12
Distancia azimutan entre dos puntos frontera	DZ= 2.6 cm.

El archivo de datos es el siguiente:

```
105. 32. 5. 1. 3.2 5. 8. 1E-18 1.
1 82 12 2.6
```

Los datos estan escritos en el mismo orden de la lectura en el programa. Para el caso de una distancia tierra electrodo de 10 cm., se cambia el tercer dato de la primera fila. A continuaciòn se escribe el programa completo, inmediatamente los resultados del programa, y las graficas.

```

C      PROGRAMA QUE CALCULA LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO DE UN
C      ELECTRODO CON UNA SECCION RECTA-SENOIDAL-CIRCULAR-PLANO
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
      CHARACTER*80 ROTULO
      DIMENSION Q(200),AS(40000),X0(200),Y0(200),Z0(200)
      DIMENSION XC(200),YC(200),ZC(200),XC1(25),YC1(25),ZC1(25)
      DIMENSION EX(25),EY(25),EZ(25),POTE(30)
      WRITE (*,'(A)\') ' ARCHIVO DE DATOS ? '
      READ  (*,'(A)\') ROTULO
      OPEN (5, FILE=ROTULO)
      WRITE (*,'(A)\') ' ARCHIVO DE SALIDA ? '
      READ  (*,'(A)\') ROTULO
      OPEN (6,FILE=ROTULO, STATUS='NEW')
      READ(5,*)R,T,D,A,DR,DZ,ANN,EPS,U
      READ(5,*)N,L,ND,DH
      WRITE(6,51)R
      WRITE(6,52)T
      WRITE(6,53)D
      WRITE(6,54)U
51  FORMAT('O',10X,'RADIO DEL ELECTRODO (CM) R=' ,2X,F6.2,/)
52  FORMAT('O',10X,'ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T=' ,2X,F6.2,/)
53  FORMAT('O',10X,'DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D=' ,2X,F6.2,/)
54  FORMAT('O',10X,'POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U=' ,2X,F6.2,/)
      CALL COOR(X0,Y0,Z0,XC,YC,ZC,R,A,T,D,DR,DZ,KC,DH,ANN,ND,L)
      M=L
      DO 25 I=1,M
      Q(I)=U
25  CONTINUE
      CALL COPOT(AS,X0,Y0,Z0,XC,YC,ZC,A,L,M)
      CALL DGELG(Q,AS,M,N,EPS,IER)
      WRITE(6,65)IER
65  FORMAT('O',10X,'INDICACION DE IER=' ,2X,I6,/)
      WRITE(6,66)M
66  FORMAT('O',10X,'NUMERO DE CARGAS ELECTRICAS=' ,2X,I6,/)
      WRITE(6,67)(Q(I),I=1,M)
67  FORMAT(1X,4G15.6)
      CALL PRUEBA(XC1,YC1,ZC1,R,A,T,D,DR,DZ,KC,ANN,ND,NN)
      CALL COPOT(AS,X0,Y0,Z0,XC1,YC1,ZC1,A,L,NN)
      SP0=0.DO
      DO 41 I=1,NN
      POT=0.DO
      DO 42 J=1,L
      KM=NN*(J-1)+I
      POT=AS(KM)*Q(J)+POT
42  CONTINUE
      POTE(I)=POT
41  CONTINUE
      WRITE(6,68)NN
68  FORMAT('O',10X,'PRUEBA DEL POTEN=' ,2X,I6,/)
      WRITE(6,69)(POTE(NN-I+1),I=1,NN)
69  FORMAT(1X,4G15.6)
      NC=0
      DO 10 I=1,NN
      CAX=0.DO

```

```

CAY=0.DO
CAZ=0.DO
DO 20 J=1,L
RA=((XC1(I)-XO(J))**2+(YC1(I)-YO(J))**2+(ZC1(I)-ZO(J))**2)**0.5
RB=((XC1(I)-XO(J))**2+(YC1(I)-YO(J))**2+(ZC1(I)+ZO(J))**2)**0.5
CA=(ZC1(I)-ZO(J))/RA
CB=(ZC1(I)+ZO(J))/RB
IF(SNGL(XC1(I)).NE.SNGL(XO(J)))GOTO 23
CEX=0.DO
GOTO 24
23 DRA=(XC1(I)-XO(J))/RA
DRB=(XC1(I)-XO(J))/RB
DCA=-CA*DRA/RA
DCB=-CB*DRB/RB
CALL MIGU(CEX,A,RA,RB,CA,CB,DRA,DRB,DCA,DCB)
24 CAX=CAX+CEX*Q(J)
IF(SNGL(YC1(I)).NE.SNGL(YO(J)))GOTO 26
CEY=0.DO
GOTO 27
26 DRA=(YC1(I)-YO(J))/RA
DRB=(YC1(I)-YO(J))/RB
DCA=-CA*DRA/RA
DCB=-CB*DRB/RB
CALL MIGU(CEY,A,RA,RB,CA,CB,DRA,DRB,DCA,DCB)
27 CAY=CAY+CEY*Q(J)
IF(SNGL(XC1(I)).NE.SNGL(XO(J)))GOTO 29
IF(SNGL(YC1(I)).NE.SNGL(YO(J)))GOTO 29
CZA=A*(ZC1(I)-ZO(J))/(A**2+(ZC1(I)-ZO(J))**2)**1.5
CZB=A*(ZC1(I)+ZO(J))/(A**2+(ZC1(I)+ZO(J))**2)**1.5
CEZ=CZA-CZB
GOTO 32
29 DRA=(ZC1(I)-ZO(J))/RA
DRB=(ZC1(I)+ZO(J))/RB
DCA=(1.DO-CA*DRA)/RA
DCB=(1.DO-CB*DRB)/RB
CALL MIGU(CEZ,A,RA,RB,CA,CB,DRA,DRB,DCA,DCB)
32 CAZ=CAZ+CEZ*Q(J)
20 CONTINUE
NC=NC+1
EX(NC)=100.DO*CAX
EY(NC)=100.DO*CAY
EZ(NC)=100.DO*CAZ
10 CONTINUE
WRITE(6,71)NC
WRITE(6,*)(EX(NC-I+1),EY(NC-I+1),EZ(NC-I+1),I=1,NC)
71 FORMAT('0',10X,'C. ELECT.=',2X,I6,'/11X2HEX26X2HEY26X2HEZ/')
STOP
END

```

```

C
C *****
C PROGRAMA QUE CALCULA LA INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO
C EX(I) EY(I) EZ(I) EN LOS PUNTOS XC1(I) YC1(I) ZC1(I)
C *****
C

```

```

SUBROUTINE MIGU(CE,A,RA,RB,CA,CB,DRA,DRB,DCA,DCB)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
K=0
FA=A/RA
FB=A/RB
DIA=(A/RA)**2
DIB=(A/RB)**2
F=FA*DRA/RA-FB*DRB/RB
POA=1.DO
POB=1.DO
P1A=CA
P1B=CB
1 K=K+1
AK=FLOAT(K)
LK=2*K
ALK=FLOAT(LK)
P2A=((2.DO*ALK-1.DO)*CA*P1A-(ALK-1.DO)*POA)/ALK
P2B=((2.DO*ALK-1.DO)*CB*P1B-(ALK-1.DO)*POB)/ALK
P3A=((2.DO*ALK+1.DO)*CA*P2A-ALK*P1A)/(ALK+1.DO)
P3B=((2.DO*ALK+1.DO)*CB*P2B-ALK*P1B)/(ALK+1.DO)
AMI=(CA*P2A-P3A)/(1.DO-CA**2)
BMI=(CB*P2B-P3B)/(1.DO-CB**2)
AMA=DRA*P2A/RA-AMI*DCA
BMA=DRB*P2B/RB-BMI*DCB
FA=- (2.DO*AK+1.DO)*FA*DIA/(2.DO*AK)
FB=- (2.DO*AK+1.DO)*FB*DIB/(2.DO*AK)
ST=FA*AMA-FB*BMA
F=F+ST
XE=ST/F
XX=DABS(XE)
IF(XX.LT.1.D-03)GOTO 2
POA=P2A
POB=P2B
P1A=P3A
P1B=P3B
GOTO 1
2 CE=F
RETURN
END

```

```

C
C *****
C CALCULO DE LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE PRUEBA, EN ESTOS
C PUNTOS SE EVALUARA EL POTENCIAL XC1,YC1,ZC1
C *****
C

```

```

SUBROUTINE PRUEBA(XC1,YC1,ZC1,R,A,T,D,DR,DZ,KC,ANN,ND,NN)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
DIMENSION XC1(1),YC1(1),ZC1(1)
PI=3.1415926536DO
ALO=45.DO*PI/180.DO
PII=PI-ALO
AA=T*PI*DCOS(ALO)/(DTAN(ALO)*(PI*DCOS(ALO)+2.DO))
RO=R-AA-2.DO*AA*DTAN(ALO)/(PI*DCOS(ALO))
XO=AA/DCOS(ALO)

```

```

RE=2.DO*AA*DTAN(ALO)/(PI*DCOS(ALO))
K=0
KC=KC-2
KAL=ANN
AL1=PII/FLOAT(ND)
IF(ND.GT.1)GOTO 6
AL=PII
GOTO 5
6 AL=ANN*AL1
17 AL=AL+AL1
KAL=KAL+1
IF(KAL.GT.ND)GOTO 12
IF(SNGL(AL).GT.SNGL(PI))GOTO 12
5 AP=AL-PI/2.DO+ALO
XPR=XO+RE*DCOS(AP)
YPR=-RE*DSIN(AP)
RP=XPR*DCOS(ALO)-YPR*DSIN(ALO)+RO
ZP=XPR*DSIN(ALO)+YPR*DCOS(ALO)+D
GOTO 14
12 AP=AL-PI/2.DO+ALO
XPR=XPR-DR
IF(XPR.LT.0.DO)GOTO 33
ANO=XPR*PI/(2.DO*XO)
RP=XPR*DCOS(ALO)+RE*DSIN(ANO)*DSIN(ALO)+RO
ZP=XPR*DSIN(ALO)-RE*DSIN(ANO)*DCOS(ALO)+D
GOTO 14
33 RP=RP-DR
ZP=D
14 K=K+1
IF(K.GT.KC)GOTO 16
XC1(K)=RP
YC1(K)=0.DO
ZC1(K)=ZP
GOTO 17
16 NN=K-1
WRITE(6,68)NN
WRITE(6,*)(XC1(NN-I+1),YC1(NN-I+1),ZC1(NN-I+1),I=1,NN)
68 FORMAT('0',10X,'PUNTOS DE PRUEBA=',2X,I6,'/11X1HX26X1HY26X1HZ/')
RETURN
END

```

```

C
C *****
C CALCULO DE LAS CARGAS ELECTRICAS ANILLOS Q(I) I=1 HASTA M
C MEDIANTE EL METODO DE ELIMINACION DE GAUSS CON PIVOTE COMPL.
C *****
C

```

```

SUBROUTINE DGELG(Q,AS,M,N,EPS,IER)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
DIMENSION Q(1),AS(1)
IF(M)23,23,1
1 IER=0
PIV=0.DO
MM=M*M
NM=N*M

```

```

DO 3 L=1,MM
TB=DABS(AS(L))
IF(TB-PIV)3,3,2
2 PIV=TB
I=L
3 CONTINUE
TOL=EPS*PIV
LST=1
DO 17 K=1,M
IF(PIV)23,23,4
4 IF(IER)7,5,7
5 IF(PIV-TOL)6,6,7
6 IER=K-1
7 PIVI=1.DO/AS(I)
J=(I-1)/M
I=I-J*M-K
J=J+1-K
DO 8 L=K,NM,M
LL=L+I
TB=PIVI*Q(LL)
Q(LL)=Q(L)
8 Q(L)=TB
IF(K-M)9,18,18
9 LEND=LST+M-K
IF(J)12,12,10
10 II=J*M
DO 11 L=LST,LEND
TB=AS(L)
LL=L+II
AS(L)=AS(LL)
11 AS(LL)=TB
12 DO 13 L=LST,MM,M
LL=L+I
TB=PIVI*AS(LL)
AS(LL)=AS(L)
13 AS(L)=TB
AS(LST)=J
PIV=0.DO
LST=LST+1
J=0
DO 16 II=LST,LEND
PIVI=-AS(II)
IST=II+M
J=J+1
DO 15 L=IST,MM,M
LL=L-J
AS(L)=AS(L)+PIVI*AS(LL)
TB=DABS(AS(L))
IF(TB-PIV)15,15,14
14 PIV=TB
I=L
15 CONTINUE
DO 16 L=K,NM,M
LL=L+J

```

```

16 Q(LL)=Q(LL)+PIVI*Q(L)
17 LST=LST+M
18 IF(M-1)23,22,19
19 IST=MM+M
   LST=M+1
   DO 21 I=2,M
     II=LST-I
     IST=IST-LST
     L=IST-M
     L=AS(L)+.5DO
     DO 21 J=II,NM,M
       TB=Q(J)
       LL=J
     DO 20 K=IST,MM,M
       LL=LL+1
20 TB=TB-AS(K)*Q(LL)
   K=J+L
   Q(J)=Q(K)
21 Q(K)=TB
22 RETURN
23 IER=-1
   RETURN
   END

```

```

C
C *****
C CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE POTENCIAL DE CADA PUNTO EN LA
C FRONTERA Y CADA CARGA ANILLO AS(ML) DONDE ML=M*L
C *****
C

```

```

SUBROUTINE COPOT(AS,XO,YO,ZO,XC,YC,ZC,A,L,M)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
DIMENSION XO(1),YO(1),ZO(1),XC(1),YC(1),ZC(1),AS(1)
ML=0
DO 10 I=1,M
DO 20 J=1,L
IF(SNGL(XC(I)).NE.SNGL(XO(J)))GOTO 5
IF(SNGL(YC(I)).NE.SNGL(YO(J)))GOTO 5
CPA=A/(A**2+(ZC(I)-ZO(J))**2)**0.5
CPB=A/(A**2+(ZC(I)+ZO(J))**2)**0.5
CP=CPA-CPB
GOTO 2
5 RA=((XC(I)-XO(J))**2+(YC(I)-YO(J))**2+(ZC(I)-ZO(J))**2)**0.5
RB=((XC(I)-XO(J))**2+(YC(I)-YO(J))**2+(ZC(I)+ZO(J))**2)**0.5
CA=(ZC(I)-ZO(J))/RA
CB=(ZC(I)+ZO(J))/RB
K=0
N=0
FA=A/RA
FB=A/RB
DIA=(A/RA)**2
DIB=(A/RB)**2
CP=FA-FB
POA=1.DO
POB=1.DO

```

```

P1A=CA
P1B=CB
1 AN=FLOAT(N)
P2A=((2.DO*AN+3.DO)*CA*P1A-(AN+1.DO)*POA)/(AN+2.DO)
P2B=((2.DO*AN+3.DO)*CB*P1B-(AN+1.DO)*POB)/(AN+2.DO)
K=K+1
AK=FLOAT(K)
FA=-(2.DO*AK-1.DO)*FA*DIA/(2.DO*AK)
FB=-(2.DO*AK-1.DO)*FB*DIB/(2.DO*AK)
ST=FA*P2A-FB*P2B
CP=CP+ST
XE=ST/CP
XX=DABS(XE)
IF(XX.LT.1.D-04)GOTO 2
P3A=((2.DO*AN+5.DO)*CA*P2A-(AN+2.DO)*P1A)/(AN+3.DO)
P3B=((2.DO*AN+5.DO)*CB*P2B-(AN+2.DO)*P1B)/(AN+3.DO)
POA=P2A
POB=P2B
P1A=P3A
P1B=P3B
N=N+2
GOTO 1
2 ML=M*(J-1)+I
AS(ML)=CP
20 CONTINUE
10 CONTINUE
WRITE(6,63)ML
WRITE(6,64)(AS(I),I=1,ML,L)
63 FORMAT('0',10X,'NUMERO DE COEFICIENTES DE POTENCIAL=',2X,I6,/)
64 FORMAT(1X,4G15.6)
RETURN
END

C
C *****
C CALCULO DE LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE LAS CARGAS Y DE
C LOS PUNTOS EN LA FRONTERA XO,YO,ZO,XC,YC,ZC
C *****
C
SUBROUTINE COOR(XO,YO,ZO,XC,YC,ZC,R,A,T,D,DR,DZ,KC,DH,ANN,ND,L)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
DIMENSION XO(1),YO(1),ZO(1),XC(1),YC(1),ZC(1)
PI=3.1415926536DO
ALO=45.DO*PI/180.DO
PII=PI-ALO
K=0
KC=0
KK=-1
AA=T*PI*DCOS(ALO)/(DTAN(ALO)*(PI*DCOS(ALO)+2.DO))
RO=R-AA-2.DO*AA*DTAN(ALO)/(PI*DCOS(ALO))
XO=AA/DCOS(ALO)
RE=2.DO*AA*DTAN(ALO)/(PI*DCOS(ALO))
KAL=ANN-1
1 A=A-2.D-01
IF(A.GE.DZ)GOTO 1

```



```

AL1=PII/FLOAT(ND)
IF(ND.GT.1)GOTO 6
AL=PII
GOTO 5
6 AL=(ANN-1.DO)*AL1
17 AL=AL+AL1
KAL=KAL+1
IF(KAL.GT.ND)GOTO 12
IF(SNGL(AL).GT.SNGL(PII))GOTO 12
5 AP=AL-PI/2.DO+AL0
XPR=X0+RE*DCOS(AP)
YPR=-RE*DSIN(AP)
RF=XPR*DCOS(AL0)-YPR*DSIN(AL0)+R0
ZF=XPR*DSIN(AL0)+YPR*DCOS(AL0)+D
RA=(X0+(RE-DZ)*DCOS(AP))*DCOS(AL0)+(RE-DZ)*DSIN(AP)*DSIN(AL0)+R0
ZA=(X0+(RE-DZ)*DCOS(AP))*DSIN(AL0)-(RE-DZ)*DSIN(AP)*DCOS(AL0)+D
GOTO 14
12 AP=AL-PI/2.DO+AL0
XPR=XPR-DR
IF(XPR.LT.0.DO)GOTO 33
ANO=XPR*PI/(2.DO*X0)
RF=XPR*DCOS(AL0)+RE*DSIN(ANO)*DSIN(AL0)+R0
ZF=XPR*DSIN(AL0)-RE*DSIN(ANO)*DCOS(AL0)+D
IF(AL.LT.PI)GOTO 13
RA=RF
ZA=ZF+DZ
GOTO 14
13 RA=(X0+(RE-DZ)*DCOS(AP))*DCOS(AL0)+(RE-DZ)*DSIN(AP)*DSIN(AL0)+R0
ZA=(X0+(RE-DZ)*DCOS(AP))*DSIN(AL0)-(RE-DZ)*DSIN(AP)*DCOS(AL0)+D
GOTO 14
33 RF=RF-DR
ZF=D
RA=RF
ZA=ZF+DZ
14 NA=2.DO*PI*RF/DH
ANG1=2.DO*PI/FLOAT(NA)
KK=--KK
IF(KK.EQ.1)GOTO 7
ANG=-ANG1
GOTO 18
7 ANG=-.5DO*ANG1
18 KC=KC+1
DO 15 I=1,NA
ANG=ANG+ANG1
IF(ANG.LE.(PI/45.DO))GOTO 23
IF(ANG.LT.(89.DO*PI/45.DO))GOTO 15
23 K=K+1
XC(K)=RF*DCOS(ANG)
YC(K)=RF*DSIN(ANG)
ZC(K)=ZF
XO(K)=RA*DCOS(ANG)
YO(K)=RA*DSIN(ANG)
ZO(K)=ZA
15 CONTINUE

```

```
IF(K.LT.L)GOTO 17
16 L=K
WRITE(6,60)L
WRITE(6,*)(XD(L-I+1),YD(L-I+1),ZD(L-I+1),I=1,L)
WRITE(6,61)L
WRITE(6,*)(XC(L-I+1),YC(L-I+1),ZC(L-I+1),I=1,L)
60 FORMAT('0',10X,'NUMERO DE CARGAS=',2X,I6,/11X1HX26X1HY26X1HZ/)
61 FORMAT('0',10X,'PUNTOS FRONTERA=',2X,I6,/11X1HX26X1HY26X1HZ/)
RETURN
END
```

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00

ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00

DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D= 5.00

POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

INDICACION DE IER= 0

VALOR DE LAS CARGAS ELECTRICAS

1.06811	-.823188	3.50383	3.50383
-.823188	1.06811	-1.96312	1.28784
-2.64807	-2.64807	1.28784	.533775
-.598052	2.64118	2.64118	-.598052
.533775	-1.58826	1.62522	-1.80247
-1.80247	1.62522	.767930	-1.94728
3.12690	3.12690	-1.94728	.767930
-2.90532	2.79810	-1.31522	-1.31522
2.79810	1.13685	-2.60670	2.22497
2.22497	-2.60670	1.13685	3.25324
-3.12480	3.63907	3.63907	-3.12480
.790904E-01	.849046	.849046	.790904E-01
3.92917	-3.73143	4.25794	4.25794
-3.73143	-.495770E-01	1.27038	1.27038
-.495770E-01	4.76351	-4.46350	4.50681
4.50681	-4.46350	-.543334	1.67888
1.67888	-.543334	1.48404	-.281500
-.281500	-1.90872	4.04247	4.04247
-1.90872	2.98807	-.655740	-.655740
-2.73055	3.18637	3.18637	-2.73055
-2.13066	5.32518	5.32518	

PUNTOS DE PRUEBA=

16

XC1(I)

YC1(I)

ZC1(I)

58.99876975279100	.0000000000000000	5.0000000000000000
62.19876975279100	.0000000000000000	5.0000000000000000
65.39876975279100	.0000000000000000	5.0000000000000000
68.59876975279100	.0000000000000000	5.0000000000000000
71.79876975279100	.0000000000000000	5.0000000000000000
74.99876975279100	.0000000000000000	5.00145008865370
79.47555906510600	.0000000000000000	5.05014417594350
83.80974829917800	.0000000000000000	5.24143834147570
87.90939363953000	.0000000000000000	5.66727640072740
91.69296179768400	.0000000000000000	6.40919164217510
95.09294897016600	.0000000000000000	7.53468786929250
98.05887708009400	.0000000000000000	9.09424315896190
100.55953431038000	.0000000000000000	11.11906932826800
102.44496165784000	.0000000000000000	13.41646919836700
103.84596056703000	.0000000000000000	16.03755380251400
104.70869143557000	.0000000000000000	18.88159632929200

PRUEBA DEL POTEN= 16

.991391	1.00000	.994165	1.00000
.998388	1.00000	.998524	1.00000
.999487	1.00000	1.00379	1.00000
.999761	1.00000	.999617	1.00000

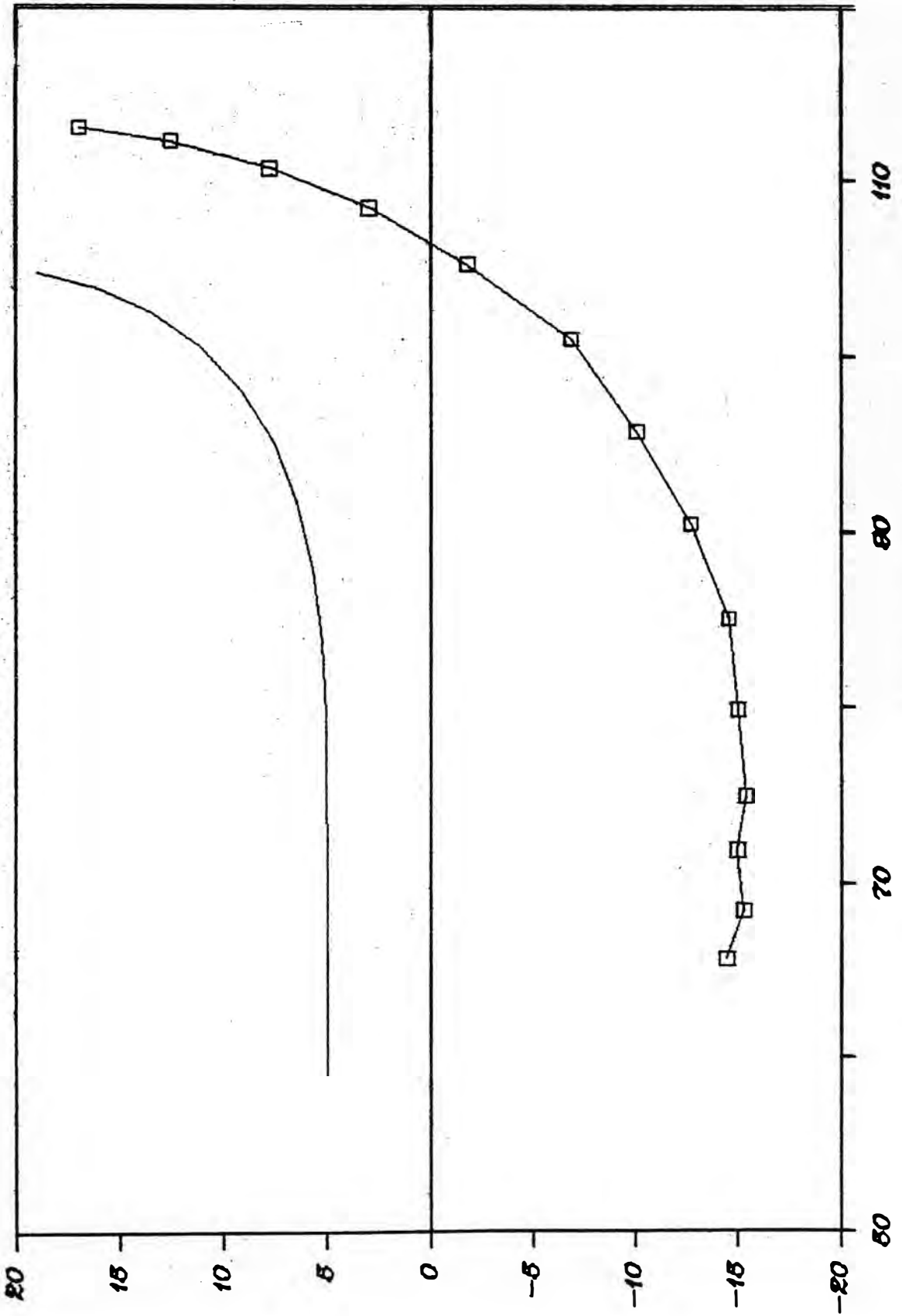
INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 16

EX(I) EY(I) EZ(I)

7.9640001466988E-001	6.9805584686363E-010	-19.14587324649000
-4.4471763222690E-001	2.1069342195470E-010	-20.46472105863500
2.3201635606715E-001	5.2173891017090E-010	-19.42325620613400
-2.1115950653863E-001	1.3902279898892E-010	-20.26386916386700
7.9519508176519E-002	1.4813466565706E-010	-19.95333956650700
1.2853473148401E-002	-9.7907213539480E-011	-20.38088336319200
4.6971845090842E-001	1.5306058736324E-010	-20.03244773637900
1.33601923171890	-9.9387619485124E-011	-19.78939062847100
2.65178440620630	5.1762842781493E-011	-18.33958405044000
4.13244114860670	-9.7602326462357E-011	-16.43933525998000
5.97432021103460	-5.0977425945229E-010	-14.31468048227000
7.27120170464120	-3.2486355640348E-011	-10.87843426883400
8.02980595878620	4.4015014819157E-011	-8.10405989567350
8.40750024180540	5.2820275306020E-011	-5.61666534447870
8.56464406454870	6.4980194015247E-011	-3.46891359139800
8.51912235603580	2.1277457560795E-011	-1.92401583731000

INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

CONFORME P-S-8-P 352188



559. 15 dia. hemo-electrodo 5 cm.

5119659558

INTENSIDAD DE CAMPO

□

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00

ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00

DIST. TIERRA-ELECTR. (CM) D= 10.00

POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

INDICACION DE IER= 0

VALOR DE LAS CARGAS ELECTRICAS

1.10694	-.788764	3.55140	3.55140
-.788764	1.10694	-1.97634	1.24470
-2.67016	-2.67016	1.24470	.538849
-.514490	2.57315	2.57315	-.514490
.538849	-1.42846	1.44894	-1.71409
-1.71409	1.44894	.666903	-1.63148
2.83736	2.83736	-1.63148	.666903
-2.41785	2.34012	-1.26542	-1.26542
2.34012	.911954	-2.11769	1.97801
1.97801	-2.11769	.911954	2.30326
-2.29352	2.58119	2.58119	-2.29352
.112788E-01	.535594	.535594	.112788E-01
2.80201	-2.79728	3.03303	3.03303
-2.79728	-.896663E-01	.787960	.787960
-.896663E-01	3.44083	-3.34755	3.24300
3.24300	-3.34755	-.437187	1.16481
1.16481	-.437187	1.11272	-.320814
-.320814	-1.48530	2.93490	2.93490
-1.48530	2.27344	-.569608	-.569608
-2.19508	2.32082	2.32082	-2.19508
-1.87161	4.26153	4.26153	

PUNTOS DE PRUEBA=

16

XC1(I)

YC1(I)

ZC1(I)

58.99876975279100	.0000000000000000	10.0000000000000000
62.19876975279100	.0000000000000000	10.0000000000000000
65.39876975279100	.0000000000000000	10.0000000000000000
68.59876975279100	.0000000000000000	10.0000000000000000
71.79876975279100	.0000000000000000	10.0000000000000000
74.99876975279100	.0000000000000000	10.00145008865400
79.47555906510600	.0000000000000000	10.05014417594300
83.80974829917800	.0000000000000000	10.24143834147600
87.90939363953000	.0000000000000000	10.66727640072700
91.69296179768400	.0000000000000000	11.40919164217500
95.09294897016600	.0000000000000000	12.53468786929300
98.05887708009400	.0000000000000000	14.09424315896200
100.55953431038000	.0000000000000000	16.11906932826800
102.44496165784000	.0000000000000000	18.41646919836700
103.84596056703000	.0000000000000000	21.03755380251400
104.70869143557000	.0000000000000000	23.88159632929200

PRUEBA DEL POTEN= 16

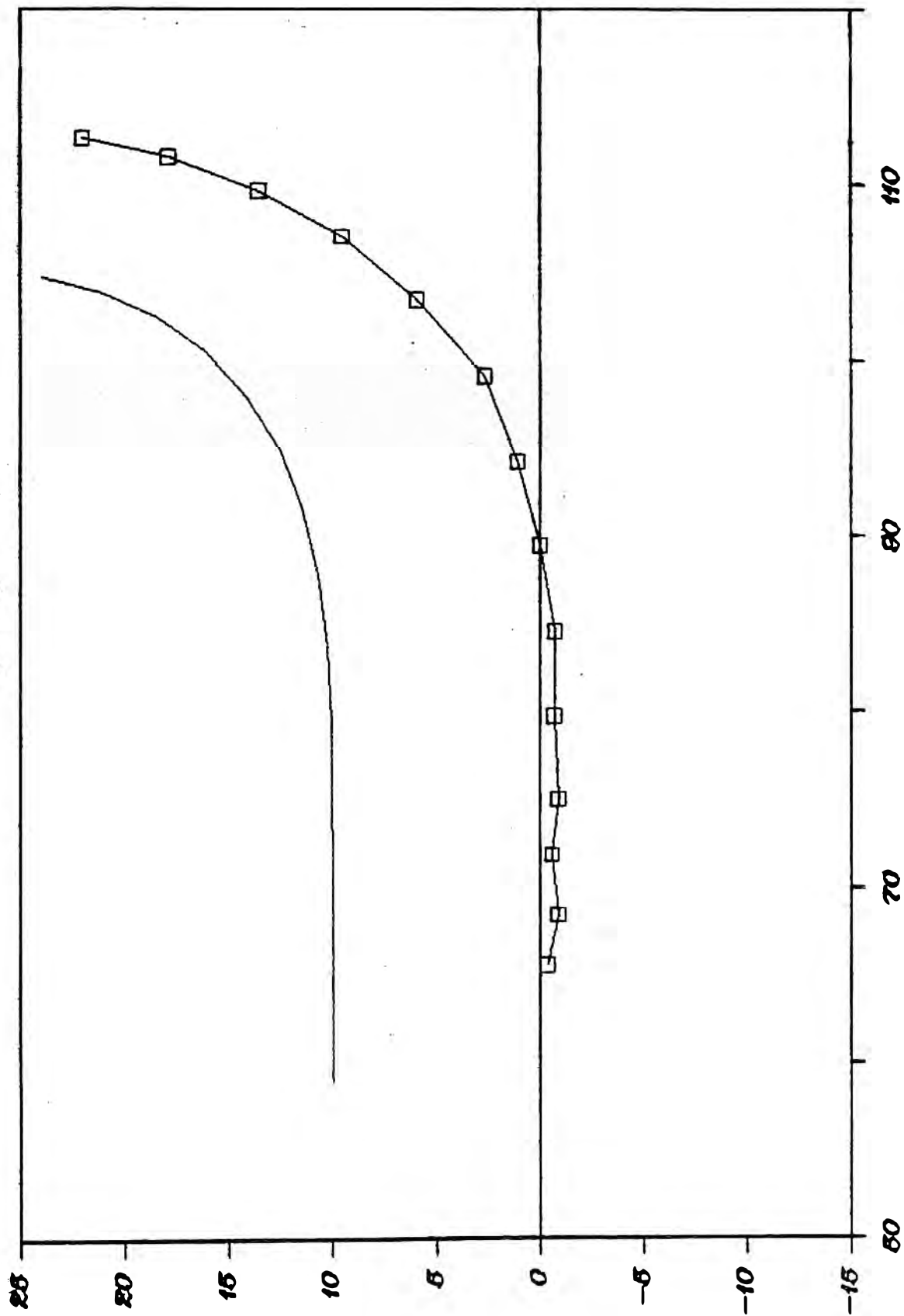
.993229	1.00000	.995675	1.00000
.998852	1.00000	.998998	1.00000
.999645	1.00000	1.00288	1.00000
.999829	1.00000	.999651	1.00000

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 16

EX(I)	EY(I)	EZ(I)
6.4397882641588E-001	5.4859913016021E-010	-10.65243747168500
-3.6297944978424E-001	1.5917831983748E-010	-11.32888021512100
1.8667592987080E-001	3.8608901422917E-010	-10.36127340742000
-1.6574316730716E-001	9.8470011272278E-011	-10.88976326151800
6.6857344777596E-002	1.0485689917253E-010	-10.60240833922600
-1.0141360398211E-002	-7.5134724838084E-011	-10.88007107510500
2.5620405810496E-001	1.0323612263967E-010	-10.73328213959700
7.3513414215022E-001	-7.6131768588199E-011	-10.95421704169700
1.54771009911240	3.5423213291326E-011	-10.67252441993100
2.58604299895800	-7.4281809198703E-011	-10.32379389962600
4.10479995897930	-3.8683182191631E-010	-9.85094790446980
5.45217794045100	-1.9817238905888E-011	-8.14888545324500
6.52259797744010	3.3291027483249E-011	-6.57847901444100
7.24294514164390	4.6541063140446E-011	-4.84612865205190
7.74272961230800	5.9518766269494E-011	-3.12213365148240
7.95698896563850	1.9535631613798E-011	-1.82247323450790

INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

BOYDSON P-Y-8-P 552288



558, 18 dist. termo-Indrade 10 cm

□ INTENSIDAD DE CAMPO

5758529588

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00
 ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00
 DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D= 15.00
 POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00
 INDICACION DE IER= 0
 VALOR DE LAS CARGAS ELECTRICAS

1.10544	-.758645	3.51039	3.51039
-.758645	1.10544	-1.94603	1.19895
-2.63036	-2.63036	1.19895	.529790
-.463641	2.48305	2.48305	-.463641
.529790	-1.32862	1.33594	-1.63388
-1.63388	1.33594	.607601	-1.46285
2.63369	2.63369	-1.46285	.607601
-2.16111	2.09069	-1.20054	-1.20054
2.09069	.798347	-1.86753	1.80294
1.80294	-1.86753	.798347	1.91775
-1.94162	2.14784	2.14784	-1.94162
-.502235E-02	.426579	.426579	-.502235E-02
2.35170	-2.38731	2.54462	2.54462
-2.38731	-.905506E-01	.628739	.628739
-.905506E-01	2.90812	-2.86191	2.73534
2.73534	-2.86191	-.384281	.975008
.975008	-.384281	.963215	-.307542
-.307542	-1.29659	2.50038	2.50038
-1.29659	1.97885	-.502092	-.502092
-1.95229	1.98906	1.98906	-1.95229
-1.71909	3.82404	3.82404	

PUNTOS DE PRUEBA=
 XC1(I)

16

YC1(I)

ZC1(I)

58.99876975279100	.0000000000000000	15.0000000000000000
62.19876975279100	.0000000000000000	15.0000000000000000
65.39876975279100	.0000000000000000	15.0000000000000000
68.59876975279100	.0000000000000000	15.0000000000000000
71.79876975279100	.0000000000000000	15.0000000000000000
74.99876975279100	.0000000000000000	15.00145008865400
79.47555906510600	.0000000000000000	15.05014417594300
83.80974829917800	.0000000000000000	15.24143834147600
87.90939363953000	.0000000000000000	15.66727640072700
91.69296179768400	.0000000000000000	16.40919164217500
95.09294897016600	.0000000000000000	17.53468786929300
98.05887708009400	.0000000000000000	19.09424315896200
100.55953431038000	.0000000000000000	21.11906932826800
102.44496165784000	.0000000000000000	23.41646919836700
103.84596056703000	.0000000000000000	26.03755380251400
104.70869143557000	.0000000000000000	28.88159632929200

PRUEBA DEL POTEN= 16

.994016	1.00000	.996292	1.00000
.999031	1.00000	.999180	1.00000
.999705	1.00000	1.00248	1.00000
.999860	1.00000	.999671	1.00000

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 16

EX(I)

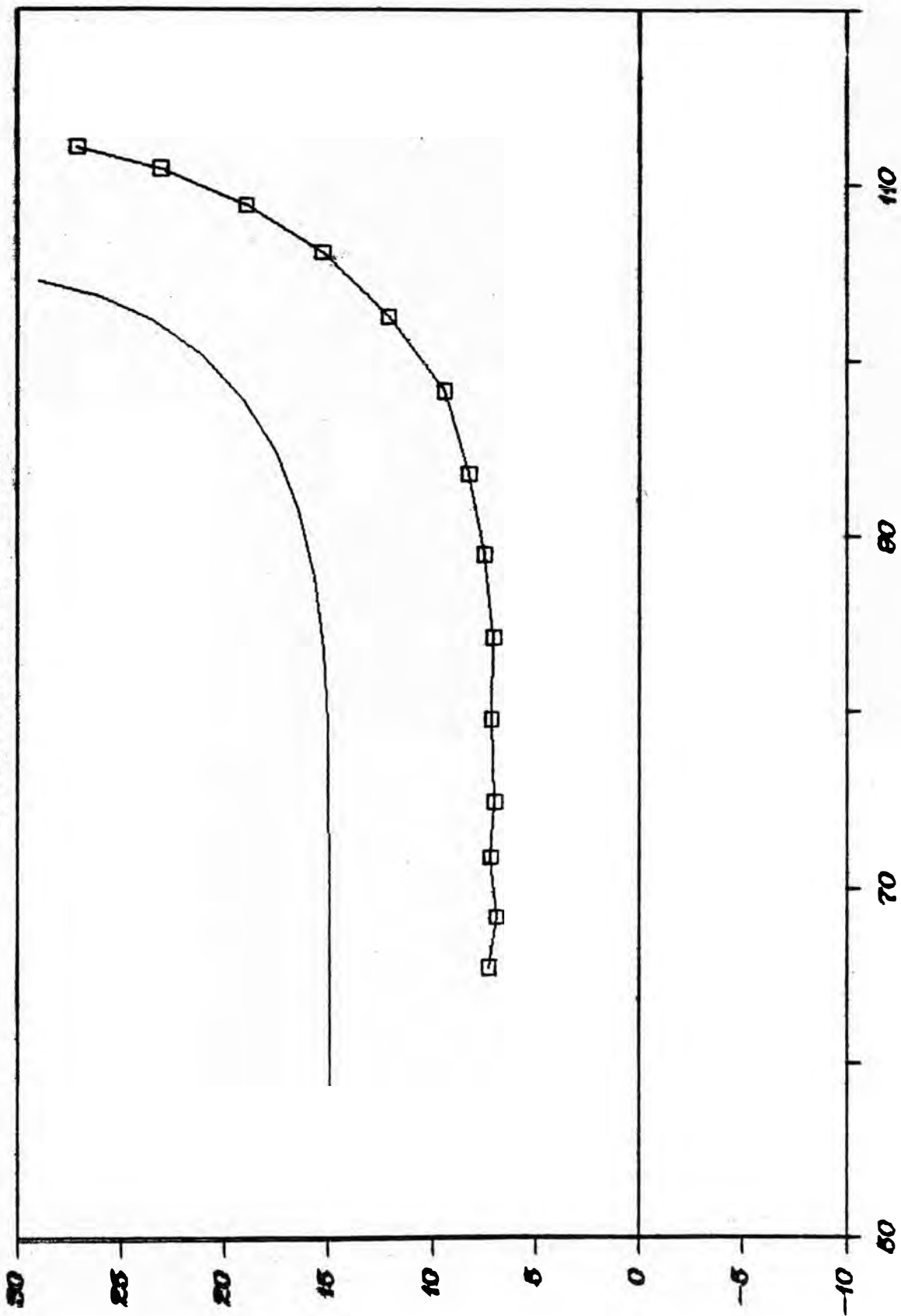
EY(I)

EZ(I)

5.7943679976987E-001	4.8499752018573E-010	-8.20703967179560
-3.2746734496749E-001	1.3853728565396E-010	-8.64738395020670
1.6677406481172E-001	3.3088252397778E-010	-7.69768599861270
-1.4586068447733E-001	8.2886179825278E-011	-8.07884322269790
5.9972961790570E-002	8.8218063869292E-011	-7.78835844344200
-1.4925263045049E-002	-6.4712471354891E-011	-7.99840166602510
1.9016036623198E-001	8.4891532845179E-011	-7.88850658089520
5.4620703431536E-001	-6.5392687783276E-011	-8.16942907214990
1.18055119049830	2.9224192887585E-011	-8.12959942545560
2.03193322659750	-6.3807983702250E-011	-8.12555016221160
3.36041165625150	-3.3198042318654E-010	-8.07077736998870
4.64271531687320	-1.5358624451183E-011	-6.93620123687530
5.77048830605920	2.8172450879126E-011	-5.81730996506160
6.59893586335720	4.2755069791856E-011	-4.41918615501530
7.23601052566960	5.6194170770590E-011	-2.91072110232790
7.57093808945480	1.8283844794585E-011	-1.74642950508630

INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

CONJUNTO P-2-8-P 32118



559, 20 del Norte - altura 15 cm.

□ INTENSIDAD DE CAMPO

— SUPERFICIE

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00
 ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00
 DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D= 20.00
 POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00
 INDICACION DE IER= 0
 VALOR DE CADA CARGA ELECTRICA

1.09599	-.734640	3.45884	3.45884
-.734640	1.09599	-1.91278	1.16141
-2.58620	-2.58620	1.16141	.519730
-.429231	2.40712	2.40712	-.429231
.519730	-1.26160	1.25964	-1.57301
-1.57301	1.25964	.569482	-1.35830
2.49281	2.49281	-1.35830	.569482
-2.00419	1.93705	-1.14912	-1.14912
1.93705	.731147	-1.71728	1.68566
1.68566	-1.71728	.731147	1.71286
-1.74915	1.91626	1.91626	-1.74915
-.106521E-01	.372705	.372705	-.106521E-01
2.11082	-2.15889	2.28306	2.28306
-2.15889	-.872520E-01	.550995	.550995
-.872520E-01	2.46281	-2.59275	2.46281
2.46281	-2.59275	-.353467	.877190
.877190	-.353467	.881562	-.292464
-.292464	-1.19035	2.26923	2.26923
-1.19035	1.81722	-.459312	-.459312
-1.81230	1.81195	1.81195	-1.81230
-1.62145	3.57357	3.57357	

PUNTOS DE PRUEBA= 16
 XC1(I) YC1(I) ZC1(I)

58.99876975279100	..0000000000000000	20.0000000000000000
62.19876975279100	..0000000000000000	20.0000000000000000
65.39876975279100	..0000000000000000	20.0000000000000000
68.59876975279100	..0000000000000000	20.0000000000000000
71.79876975279100	..0000000000000000	20.0000000000000000
74.99876975279100	..0000000000000000	20.00145008865400
79.47555906510600	..0000000000000000	20.05014417594300
83.80974829917800	..0000000000000000	20.24143834147600
87.90939363953000	..0000000000000000	20.66727640072700
91.69296179768400	..0000000000000000	21.40919164217500
95.09294897016600	..0000000000000000	22.53468786929300
98.05887708009400	..0000000000000000	24.09424315896200
100.55953431038000	..0000000000000000	26.11906932826800
102.44496165784000	..0000000000000000	28.41646919836700
103.84596056703000	..0000000000000000	31.03755380251400
104.70869143557000	..0000000000000000	33.88159632929200

PRUEBA DEL POTEN= 16

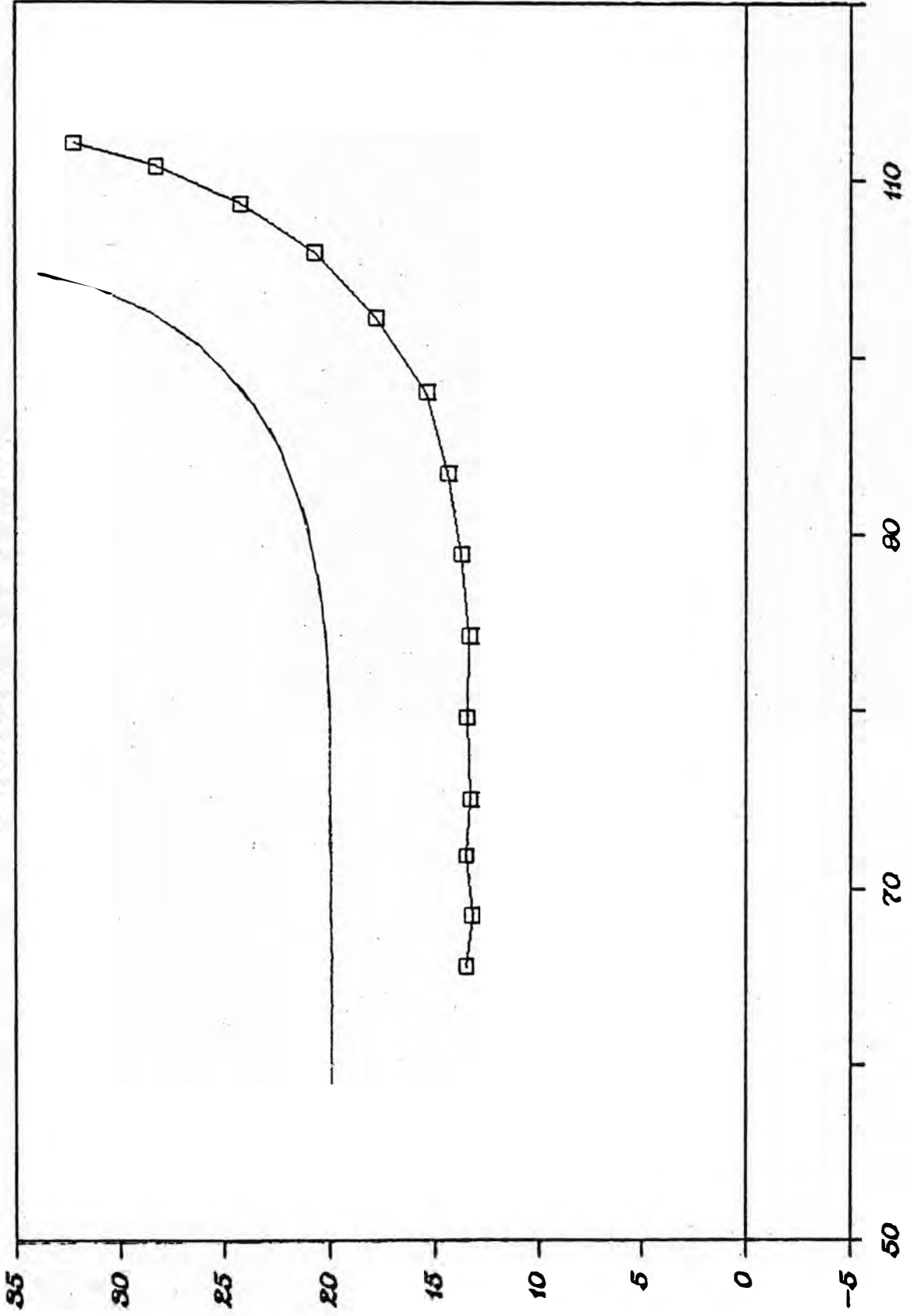
.994464	1.00000	.996626	1.00000
.999122	1.00000	.999271	1.00000
.999736	1.00000	1.00225	1.00000
.999877	1.00000	.999684	1.00000

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 16

EX(I)	EY(I)	EZ(I)
5.4205896323363E-001	4.4904638580939E-010	-7.08770337336570
-3.0665903296843E-001	1.2721987676715E-010	-7.42400340284190
1.5541997394656E-001	3.0109629351256E-010	-6.49729311180260
-1.3460941225544E-001	7.4902146600248E-011	-6.80336232662340
5.5843569908467E-002	7.9619538162468E-011	-6.51119116322130
-1.6393101430880E-002	-5.8801256394921E-011	-6.68348810252090
1.5965512709800E-001	7.5413566085851E-011	-6.58349227283480
4.5832668072380E-001	-5.9344609639382E-011	-6.87119933518780
1.00492354552840	2.5967176275883E-011	-6.91486155940230
1.75703421026550	-5.7951816485757E-011	-7.03313827674070
2.97053636622240	-3.0115598655545E-010	-7.13732769027510
4.19224411465520	-1.3121042392706E-011	-6.26204646085670
5.32317497040980	2.5339797713780E-011	-5.36470534872730
6.19132265121910	4.0324093510998E-011	-4.14865355246990
6.89353740635540	5.4032570259458E-011	-2.76861974076530
7.29355169377600	1.7379694622700E-011	-1.68997289521190

INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

SONFORD NO P-3-8-P REVUE



599, 21 dist. tierra-electrodo 20 cm.

57188397698

□ INTENSIDAD DE CAMPO

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00
 ANCHO DEL ELECTRODO (CM) I= 32.00
 DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D= 25.00
 POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00
 INDICACION DE IER= 0
 VALOR DE LAS CARGAS ELECTRICA

1.08509	-.715583	3.41022	3.41022
-.715583	1.08509	-1.88261	1.13137
-2.54634	-2.54634	1.13137	.510486
-.404442	2.34586	2.34586	-.404442
.510486	-1.21344	1.20512	-1.52653
-1.52653	1.20512	.543087	-1.28747
2.39125	2.39125	-1.28747	.543087
-1.89919	1.83399	-1.10971	-1.10971
1.83399	.687366	-1.61838	1.60381
1.60381	-1.61838	.687366	1.58676
-1.62858	1.77399	1.77399	-1.62858
-.129984E-01	.341165	.341165	-.129984E-01
1.96287	-2.01547	2.12241	2.12241
-2.01547	-.839854E-01	.506017	.506017
-.839854E-01	2.44680	-2.42463	2.29553
2.29553	-2.42463	-.333484	.818460
.818460	-.333484	.830950	-.281087
-.281087	-1.12273	2.12730	2.12730
-1.12273	1.71536	-.431554	-.431554
-1.72089	1.70208	1.70208	-1.72089
-1.55326	3.40804	3.40804	

PUNTOS DE PRUEBA=
 XC1(I)

16

YC1(I)

ZC1(I)

58.99876975279100	.0000000000000000	25.0000000000000000
62.19876975279100	.0000000000000000	25.0000000000000000
65.39876975279100	.0000000000000000	25.0000000000000000
68.59876975279100	.0000000000000000	25.0000000000000000
71.79876975279100	.0000000000000000	25.0000000000000000
74.99876975279100	.0000000000000000	25.00145008865400
79.47555906510600	.0000000000000000	25.05014417594300
83.80974829917800	.0000000000000000	25.24143834147600
87.90939363953000	.0000000000000000	25.66727640072700
91.69296179768400	.0000000000000000	26.40919164217500
95.09294897016600	.0000000000000000	27.53468786929300
98.05887708009400	.0000000000000000	29.09424315896200
100.55953431038000	.0000000000000000	31.11906932826800
102.44496165784000	.0000000000000000	33.41646919836700
103.84596056703000	.0000000000000000	36.03755380251400
104.70869143557000	.0000000000000000	38.88159632929200

PRUEBA DEL POTEN# 16

.994751	1.00000	.996834	1.00000
.999180	1.00000	.999325	1.00000
.999756	1.00000	1.00211	1.00000
.999887	1.00000	.999691	1.00000

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.# 16

EX(I)	EY(I)	EZ(I)
5.1731955907147E-001	4.2572317944674E-010	-6.45442650594330
-2.9285200402065E-001	1.2002761421760E-010	-6.73716269617180
1.4799076852231E-001	2.8259506415712E-010	-5.83384239012510
-1.2741266525736E-001	6.9967609269329E-011	-6.09843912627080
5.3072869571745E-002	7.4367190215740E-011	-5.80796207383640
-1.6786802565048E-002	-5.5074902978931E-011	-5.95762542229210
1.4261810093899E-001	6.9716349293678E-011	-5.86074997845670
4.0916141485671E-001	-5.5501863152355E-011	-6.14357156754040
9.0468550978602E-001	2.3993545118961E-011	-6.22223938499840
1.59625964991540	-5.4179235146851E-011	-6.39344110116310
2.73416533414900	-2.8152007209416E-010	-6.57099512193610
3.90802603621700	-1.1788253147693E-011	-5.83693422066730
5.02794432454590	2.3567018066569E-011	-5.06608135853110
5.91065007307710	3.8622872627937E-011	-3.96215763135580
6.64661515968240	5.2548846924496E-011	-2.66652989426660
7.08511139428400	1.6717920417352E-011	-1.64679467560450

RADIO DEL ELECTRODO (CM) R= 105.00
 ANCHO DEL ELECTRODO (CM) T= 32.00
 DIST. TIERRA-ELECTR.(CM) D= 30.00
 POTENCIAL EN ELECTR. (S/U) U= 1.00

INDICACION DE IER= 0
 VALOR DE LAS CARGAS ELECTRICAS

1.07457	-.700224	3.36708	3.36708
-.700224	1.07457	-1.85659	1.10714
-2.51179	-2.51179	1.10714	.502684
-.385997	2.29639	2.29639	-.385997
.502684	-1.17757	1.16447	-1.49025
-1.49025	1.16447	.523958	-1.23663
2.31524	2.31524	-1.23663	.523958
-1.82447	1.76047	-1.07906	-1.07906
1.76047	.656860	-1.54883	1.54398
1.54398	-1.54883	.656860	1.50260
-1.54716	1.67908	1.67908	-1.54716
-.140673E-01	.320738	.320738	-.140673E-01
1.86395	-1.91827	2.01505	2.01505
-1.91827	-.812975E-01	.477164	.477164
-.812975E-01	2.32930	-2.31096	2.18370
2.18370	-2.31096	-.319675	.779591
.779591	-.319675	.796285	-.272165
-.272165	-1.07611	2.03156	2.03156
-1.07611	1.64506	-.412132	-.412132
-1.65651	1.62751	1.62751	-1.65651
-1.50311	3.28980	3.28980	

PUNTOS DE PRUEBA=
 XC1 (I)

16
 YC1 (I)

ZC1 (I)

58.99876975279100	.00000000000000	30.00000000000000
62.19876975279100	.00000000000000	30.00000000000000
65.39876975279100	.00000000000000	30.00000000000000
68.59876975279100	.00000000000000	30.00000000000000
71.79876975279100	.00000000000000	30.00000000000000
74.99876975279100	.00000000000000	30.00145008865400
79.47555906510600	.00000000000000	30.05014417594300
83.80974829917800	.00000000000000	30.24143834147600
87.90939363953000	.00000000000000	30.66727640072700
91.69296179768400	.00000000000000	31.40919164217500
95.09294897016600	.00000000000000	32.53468786929300
98.05887708009400	.00000000000000	34.09424315896200
100.55953431038000	.00000000000000	36.11906932826800
102.44496165784000	.00000000000000	38.41646919836700
103.84596056703000	.00000000000000	41.03755380251400
104.70869143557000	.00000000000000	43.88159632929200

PRUEBA DEL POTEN= 16

.994952	1.00000	.996974	1.00000
.999218	1.00000	.999361	1.00000
.999769	1.00000	1.00201	1.00000
.999893	1.00000	.999698	1.00000

INTENSIDAD DE CAMPO ELECT.= 16

EX(I)	EY(I)	EZ(I)
4.9958372776163E-001	4.0944117620135E-010	-6.05040226778350
-2.8290316368279E-001	1.1510874600094E-010	-6.30237438163440
1.4271016511541E-001	2.7006177496521E-010	-5.41996231343350
-1.2241613226634E-001	6.6687033342790E-011	-5.65981513994620
5.1112503521791E-002	7.0875102560150E-011	-5.37249655231320
-1.6864765210123E-002	-5.2532882051807E-011	-5.50800999155650
1.3200844820376E-001	6.5997823494442E-011	-5.41240319784890
3.7841654262109E-001	-5.2878666843908E-011	-5.68807632607110
8.4105803900474E-001	2.2666872691275E-011	-5.78300278791820
1.49235384293940	-5.1613747834992E-011	-5.97961409079690
2.57731264156480	-2.6810080366727E-010	-6.19498617631330
3.71384082554900	-1.0944704211064E-011	-5.54659059621060
4.81944977997100	2.2365399241302E-011	-4.85523810651740
5.70606458259110	3.7369433970069E-011	-3.82616056485680
6.46053920534550	5.1424388727025E-011	-2.58982642294130
6.92303035840530	1.6207144241692E-011	-1.61270767310930

2.8 Comparación y selección de la eficiencia de campo eléctrico uniforme de los tres tipos de electrodos

El criterio para encontrar la eficiencia de los distintos modelos de electrodos es el siguiente: para una misma distancia tierra electrodo cada uno de los modelos produce una componente de la intensidad de campo eléctrico $|E_z|_{\text{máx}}$, entonces, será más eficiente, el electrodo que tenga el menor $|E_z|_{\text{máx}}$. se toma como referencia un $E_{z\text{uniforme}}$, que se obtiene a partir de un valor teórico para la parte plana de los electrodos: $E_{z0} = -V/D$. Por ejemplo, para $V=1$, $D=5$ cm., entonces $E_{z0} = -20$ mt⁻¹. En los valores obtenidos del resultado de los programas se nota que en la sección plana de los electrodos el valor del E_z esta alrededor de -20 mt⁻¹, y en el cambio de sección a otra se observa el crecimiento de la intensidad en el eje Z. En la tabla 1 se recogen los resultados de los programas, donde se muestra el valor $E_{z\text{máx}}$ para diferentes distancias tierra-electrodo, tambien el valor E_{z0} . Se define la eficiencia, como la relación $E_{\text{fic}} = E_{z\text{máx}}/E_{z0}$.

La figura 22 muestra la grafica eficiencia versus distancia tierra-electrodo, para cada uno de los electrodos, si el campo es uniforme, eso quiere decir que $E_{z\text{máx}}$ debe ser lo más proximo a E_{z0} , lo que quiere decir que la eficiencia se acerca a 1. Para la comparación de los distintos modelos no se considerará la intensidad en los puntos extremos de la superficie, por la poca concentración de puntos.

CUADRO Nro. 01

DISTANCIA TIERR-ELEC D en cm.	INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO Ez				EFICIENCIA $n=Ez/Ezo$		
	$Ezo=V/D$	C. P-S-P	C. ROGOW	C. BRUCE	C. P-S-P	C. ROGOW	C. BRUCE
5	-20	-21.226	-19.625	-20.380	1.06133	0.98128	1.01904
10	-10	-11.965	-10.927	-10.954	1.19657	1.09274	1.09542
15	-6.6666	-9.1827	-8.0207	-8.1694	1.37740	1.20310	1.22541
20	-5	-7.8661	-6.9664	-7.1373	1.57322	1.39328	1.42746
25	-4	-7.1188	-6.4811	-6.5709	1.7797	1.62027	1.64272
30	-3.3333	-6.646	-6.1644	-6.195	1.9938	1.84932	1.8585

GRAFICO DE LA EFICIENCIA

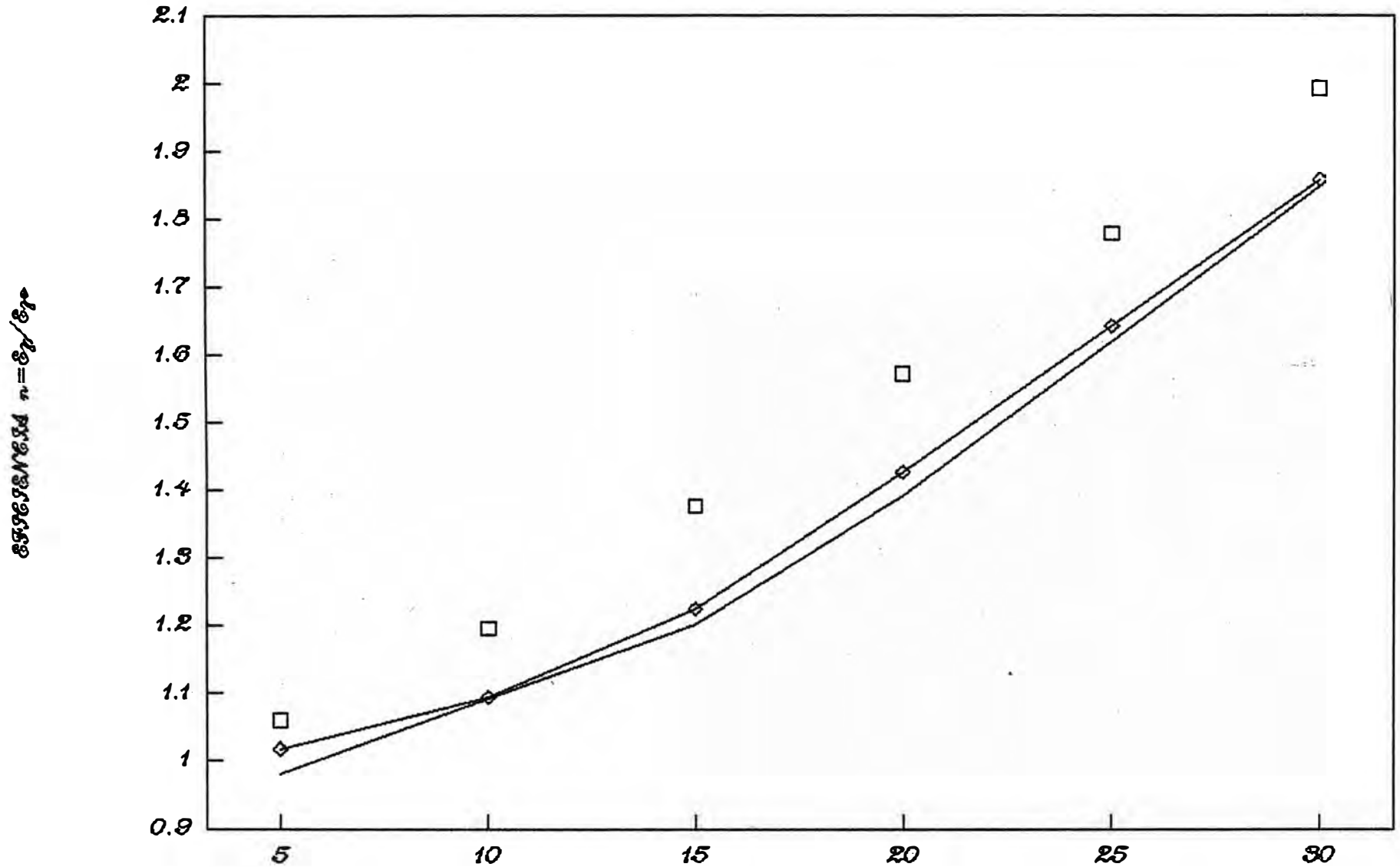


Fig. 22 dist. tierra-electrodo

□ P-S-P — ROSOWSKI ◇ KULEB

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El método de simulación de carga es un poderoso y eficiente método numérico, para campos eléctricos

Este método se desarrolla conjuntamente con la computación digital.

A medida que se aleja el electrodo de tierra, es menos la uniformidad del campo, es decir, la uniformidad esta en función de la distancia tierra electrodo.

De los tres electrodos estudiados, la mejor uniformidad se obtiene con el contorno exponencial-circular-plano (Rogowski), seguido por el contorno plano-senoidal-circular-plano (Bruce); el que se aleja es el contorno plano-semicircular-plano.

Para las mismas dimensiones de los electrodos, la mayor intensidad de campo en valor absoluto, lo produce el contorno plano-semicircular-plano, seguido del contorno bruce, luego, el contorno rogowski.

Se recomienda contar con una buena computadora para las siguientes aplicaciones de este método. Si no es posible disponer en cualquier momento de una potente máquina, se puede efectuar la compilación de los programas en cualquier máquina, y correr el programa ejecutable en otra más veloz.

En el estudio del crecimiento de la intensidad del campo, para la interpretación de los resultados, no se ha considerado los valores extremos. por lo siguiente: en los puntos finales seleccionados en la superficie, el error de la intensidad crece, debido en que en esa zona se concentran pocos puntos representativos de la superficie; por lo tanto, no es recomendable considerar la intensidad en esos puntos, para una comparación, sobre todo si la experiencia nos dice que no debe existir distorsión del campo en esa zona. Una medida para evitar es considerar más puntos en esa zona, sin embargo surge otro problema: se pierde precisión en los calculos, y surge la necesidad de contar con una mejor computadora. Por estas razones, en el presente trabajo no se considerò la intensidad en los puntos extremos, para efectos de comparación.

BIBLIOGRAFIA

1. H. Singer, H. Steinbinger, P. Weiss. "A charge simulation method for the calculation of high-voltage fields", IEEE Trans., Vol. PAS-93, Sept./Oct. 1974, pp. 16660-1668.
2. Y. Shivuya, M. Yasuda, S. Hayashi and M. Takechi, "Computation of Electric Field by Surface Charge Method in Complex Insulation System", Trans. IEE of Japan, Vol. 99A, Nro. 5, pp. 200-206 (in Japanese) 1979.
3. T. Takuma, T. Kawamoto and H. Fujinami, "Charge Simulation Method Including Disc Charge", Trans. IEE of Japan. Vol. 97A, Nro 8.
4. W. Rogowski, "Die elektrische Festigkeit am Rande des Plattenkondensators. Ein Beitrag zur Theorie der Funkenstrecken um Durchführungen", Archiv für Electrotechnik, Vol. 12, Nro. 1, 1923, pp. 1-15.
4. F. M. Bruce, "Calibration of uniform-field electrodes", Brit. J. of Applied Physics, Vol. 18, 1967, pp. 1617-1627.
5. J. Yanque M., "Apuntes del curso de Alta Tensión", U.N.I.
6. A. Talledo, "Teoría de Campos Electromagnéticos" U.N.I.