ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CAMARA DE AISLACION BAJO CONDICIONES DE CONTAMINACION

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELECTRICO EN LA ESPECIALIDAD DE POTENCIA

RAUL JOSE TERAN PALLOROZA

Quito, Julio de 1.978

C E R T I F I C A D O

Certifico que la presente Tesis ha sido realizada en su totalidad por el señor Raúl José Terán.

Paul Ayora G.

Ing. Paul Ayora G.
DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

A mis maestros y profesores que día a día me orientaron hacia el templo del saber.

Con especial agradecimiento a los señores Ingenieros Paúl Ayora y Alfredo Mena, por sus acertadas intervenciones, tanto en el plano espiritual como en el plano científico, para culminar satisfactoriamente la presente Tesis.

Al señor Ingeniero Mario Barba por su generosa colaboración para llevar a efecto las investigaciones necesarias sobre el comportamiento del campo eléctrico al presentarse un cambio de medio.

Al señor Ingeniero Jaime Hidalgo por sus valiosas intervenciones en la optimización del programa digital.

A la señorita Yolanda Rubio por sus valiosas intervenciones en los momentos más apremiantes de mi vida estudiantil.

A la señorita Pilar Enríquez, por su labor en la transcripción de la presente Tesis y a todas las personas que de una u otra forma intervinieron en el desarrollo de la misma.

D E D I C A T O R I A

A la memoria de mi Madre

A mi Padre

S U M A R I O

Mediante la aplicación de las ecuaciones de Laplace, L'Hospital y Rogowsky, para el estudio del campo eléctrico, se determina la configuración que debe tomar el conductor y la pared para eliminar la corona del Pasamuros, y obtener resultados exclusivamente de los equipos a prueba.

INDICE

CAPITULO I

Introducción .....pag. 1

1.- Diseño de un pasamuros libre de corona .... " 3

1.1 Generalidades y objetivos..... " 3

1.2 Descripción y análisis de materiales a emplearse ..... " 4

1.2.1 Perforación dialéctrica..... " 4

1.2.2 Pérdidas dialéctricas ..... " 9

1.3 Diseño y configuración del pasamuros..... " 17

1.3.1 Estudio de la distribución del campo eléctrico..... " 17

1.3.2 Análisis de las curvas Rogowsky ..... " 24

1.3.3 Determinación de la configuración final del pasamuros..... " 27

CAPITULO II

2.- Diseño y construcción de la cámara..... " 46

2.1. La cámara, concepción general y componentes,." 46

2.2 Criterios de construcción de la cámara..... " 48

2.3 Construcción del pasamuros..... " 50

CAPITULO III

3.- Equipo periférico ......" 52

3.1. Equipo de circulación y pulverización del

líquido contaminante ..... pag. 52

3.2. Medición de la conductividad..... " 55

3.3. Protecciones..... " 55

3.4. Mediciones generales..... " 55

CAPITULO IV

4.- Pruebas, conclusiones y recomendaciones " 56

5.- Anexos

Anexo I Programa digital..... " 57

Anexo II Cámara de vacío ..... " 86

Anexo III Matrices del campo eléctrico. " 94

INTRODUCCION

En aplicación de las Técnicas de Alto Voltaje, varios institutos han realizado estudios sobre el comportamiento del campo eléctrico en diferentes dieléctricos, así como también estudios avanzados sobre el efecto corona, especialmente en conductores al aire libre.

En la Escuela Politécnica Nacional, se han realizado algunas tesis sobre el ya mencionado efecto corona y justamente ésta es una de ellas, con la diferencia que debido a su enorme extensión en investigación, se lo ha dividido en varias partes siendo ésta: "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CAMARA PARA PRUEBAS DE AISLACION BAJO CONDICIONES DE CONTAMINACION;" la misma que se ha dividido en cuatro capítulos.

El primer capítulo trata sobre el estudio del campo eléctrico, para lo cual se vió precisado resolver la ecuación de Laplace y de L'Hospital por métodos numéricos, siguiendo la base técnica de diferencias finitas. Para reducir el trabajo, se vió la conveniencia de usar la computadora después de un análisis de tiempo y costos comparado con el tiempo manual en la resolución de las ecuaciones anteriores que se enunció, que por cierto son muy arduas y difíciles de tratar o resolver para aislamiento complejos.

Con la ecuación de Rogowsky, se determinó la configuración que deben tomar los electrodos (pared de la cámara y

conductor del pasamuros de la cámara de contaminación) y en base a estas determinar las configuraciones o formas de las superficies equipotenciales.

Una vez realizado el programa digital se pudo hacer el análisis previo a la construcción del conductor y de las paredes de la cámara.

El segundo capítulo, versa sobre la construcción de la cámara, para lo cual se vió preciso construir una cámara de vacío para el secado de la madera que inmediatamente debió ser pintada (con pintura Epoxi) para evitar reabsorción de humedad, y posteriormente corrosión y deformaciones del campo eléctrico.

El tercer capítulo, tiene por objeto hacer las principales instalaciones, protecciones y medidas en general.

El cuarto capítulo, versa sobre pruebas y pequeños análisis de los efectos que produce la contaminación, es decir sobre las investigaciones que realizarán las futuras tesis.

CAPITULO I

1. DISEÑO DE UN PASAMUROS LIBRE DE CORONA

1.1 GENERALIDADES Y OBJETIVOS

El pasamuros irá instalado en la pared lateral izquierdo de la cámara de contaminación, y es necesario que sea libre de corona, para que las medidas de corona en los aisladores sean exclusivamente de estos.

El principal instrumento que hemos utilizado para el diseño del pasamuros, ha sido la computadora, la misma que facilitó en el cálculo del campo eléctrico, ya que este es un proceso muy largo, laborioso e importante para determinar las configuraciones que deben tomar el conductor y la pared de la cámara, con el objeto de eliminar la corona en este dispositivo.

Los campos electrostáticos, de este dispositivo de Alto Voltaje, son satisfechos por la ecuación de Laplace que es:

$$\nabla^2 V = 0$$

Esta ecuación fue resuelta en coordenadas cilíndricas por lo tanto se tiene:

$$\frac{J^2 V}{Jr^2} + \frac{1}{r}\frac{JV}{Jr} + \frac{1}{r^2}\frac{J^2 V}{J\phi^2} + \frac{J^2 V}{JZ^2} = 0 \qquad (1)$$

Considerando que $\phi =$ constante, entonces la ecuación de Laplace queda:

$$\frac{J^2V}{J\,r^2} + \frac{1}{r}\frac{JV}{Jr} + \frac{JV^2}{JZ^2} = 0 \qquad (2)$$

Las soluciones de esta ecuación y la de L'Hospital, se detalla en el punto 1.3.1., en el que se aplica la Técnica de Diferencias Finitas para ser desarrolladas en la computadora digital.

1.2. DESCRIPCION Y ANALISIS DE MATERIALES A EMPLEARSE

Para la construcción del pasamuros, los materiales utilizados son: resina Epoxi y Eje de bronce fosforado para el conductor.

Existe una gran variedad de resinas como las llamadas trementitas que contienen aceites esenciales y están incluídas en el grupo de las oleoresinas, que provienen especialmente del pino, tienen la particularidad de que no son solubles en agua pero sí en alcohol, éter y otros reactivos ordinarios que considerando las condiciones de trabajo a las que tiene que estar sometido el pasamuros fue descartada; por lo tanto, fijamos nuestra atención en la resina Epoxi, la misma que brinda excelentes condiciones tanto eléctricas como mecánicas.

1.2.1 PERFORACION DIELECTRICA

Un dieléctrico, se caracteriza por la acción de una

pequeña liberación de electrones, la misma que depende de la estructura molecular de la substancia, existiendo moléculas polares y no polares; la diferencia entre estos tipos de moléculas, es lo que se conoce con el nombre de dipolo eléctrico.

> "Al dipolo eléctrico se lo define como dos cargas iguales, pero de signo contrario que se encuentran a muy pequeña distancia, debido a la acción de las fuerzas moleculares." (1)

Estos dipolos con la presencia del campo eléctrico, tienden a orientarse; por lo tanto, sufren un pequeño desplazamiento; a este fenómeno se lo conoce con el nombre de "Polarización."

Representando en la figura 1.1 a un dipolo que se encuentra en el eje X, puede determinarse el potencial en el espacio (punto P) el mismo que está calculado por la ecuación.

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \qquad (3)$$

Sin embargo, para estos fines se utiliza la ecuación de Laplace, con la que se obtiene el potencial en cualquier punto del espacio, cuya ecuación se detalla en el punto 1.3.1.

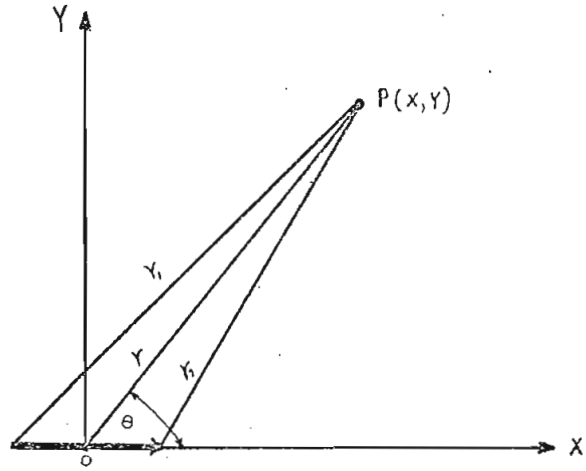


Figura 1.1 : Potencial punto P.

En cuerpos no conductores, sometidos a la acción de un campo eléctrico (E), una parte de la energía del campo, se transforma en calor, el mismo que puede provocar una descarga térmica o bien debido a la intensidad disruptiva del campo, puede también producirse una descarga puramente eléctrica.

El crecimiento de la temperatura produce dos efectos:

a) Disminuye la resistencia eléctrica. (2)

b) Aumenta la posibilidad de movimiento de los iones deslizantes.

Si el calor producido por un dieléctrico es mayor que el calor disipado, la temperatura en el pasamuros, irá creciendo rápidamente a partir de un cierto límite hasta quemar o fundir el dieléctrico; este proceso, se conoce con el nom-

bre de "Descarga Térmica." Cuyo fenómeno es producido por la aplicación de un voltaje excesivo para el dieléctrico que está en servicio permanente.

Como anotamos al comienzo, la descarga, no solamente es térmica, también puede ser puramente eléctrica, y es así como:

Rogowsky, Joefé, Von Mippel, han vertido ciertos criterios sobre este tipo de descargas, que lo han resumido de la siguiente manera: "La existencia de electrones libres en los dieléctricos, se aceleran bajo la acción del campo eléctrico, ganando energía suficiente para cruzar la separación entre los electrodos." (3)

En caso de existir una cavidad o vacío en el interior del dieléctrico, el campo eléctrico se deformará porque las líneas equipotenciales que atraviecen dicha cavidad, se alteran debido al cambio de medio siendo de mayor o menor grado, de acuerdo a la constante dieléctrica del gas encerrado en dicha cavidad; por lo tanto, es conveniente analizar la disrupción por descargas internas ya que el estudio del campo eléctrico, se hará en el punto 1.3.1.

Las descargas internas, son originadas por la disrupción del medio local. Suponiendo que en el dieléctrico que hemos empleado, se encuentra una pequeña cavidad fig.1.2 entre los electrodos donde:

Vc: Voltaje a través de la cavidad que ocasiona la disrupción.

Vs: Voltaje a través del sólido en serie con la cavidad.

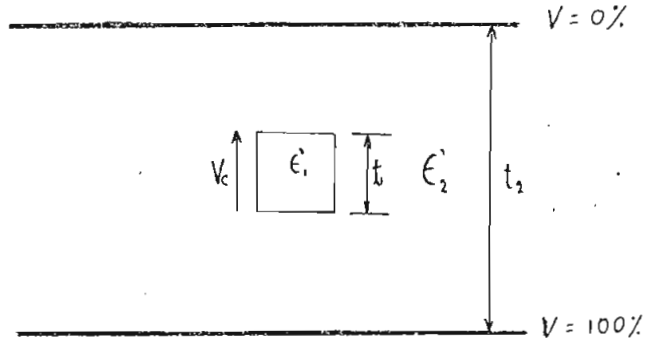


Fig. 1.2 Dieléctrico sólido con una cavidad en su centro considerando campos uniformes, el voltaje de iniciación de fractura Vi será:

$$Vi = Vc + Vs \qquad (4)$$

$$Vi = Ed \times t1 + Es\ (t2 - t1) \qquad (5)$$

donde:

Ed: esfuerzo eléctrico disruptivo en la cavidad.

Es: esfuerzo eléctrico a través del sólido si el flujo es contínuo, entonces.

Ds = Dc

$$Es\ \epsilon'_2 = \epsilon'_1 x\ Ed \qquad (6)$$

Suponiendo que en la cavidad se encuentra aire entonces $\epsilon 1' = 1$, la ecuación (5) queda:

$$Vi = Ed\ x\ t_1 + \frac{Ed}{\epsilon'_2}\ (t_2 - t_1)$$

$$Vi = Ed \left(t_1 + \frac{t_2 - t_1}{\epsilon'_2}\right) \qquad (7)$$

1.2.2. PERDIDAS DIELECTRICAS

La mayor parte de dieléctricos, cuando están sometidos a la acción del campo eléctrico, existe una diferencia de voltaje de un punto con respecto a otro, esto hará que circule una corriente, la misma que tiene tres componentes y son:

a) Corriente capacitiva Ic

b) Corriente de absorción Ia

c) Corriente de conducción Ir. (4), la misma que depende de la resistencia eléctrica del material.

Cuando el dieléctrico está sometido a un voltaje contínuo, la corriente total disminuye con el tiempo, hasta alcanzar un valor constante correspondiente a la corriente de fuga.

Cuando el dieléctrico está sometido a un voltaje alterno se presentan las tres corrientes anteriormente anotadas, las mismas que determinan el valor total de la corriente y permanecen durante todo el tiempo que el dieléctrico esté bajo la acción de dicho voltaje; por lo tanto,

$$I = Ic + IA + Ir \qquad (8)$$

De acuerdo con esta ecuación a un dieléctrico se lo representa con el siguiente circuito.

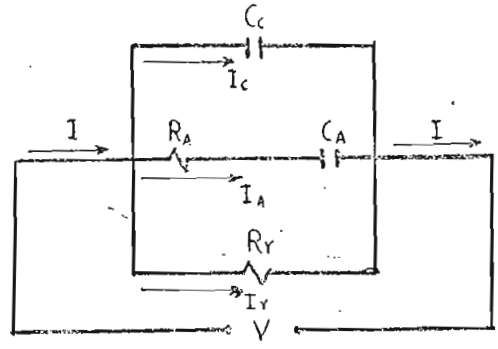


Fig. 1.3 Representación de un dieléctrico

y la representamos mediante el siguiente diagrama de corrientes; Fig. 1.4.

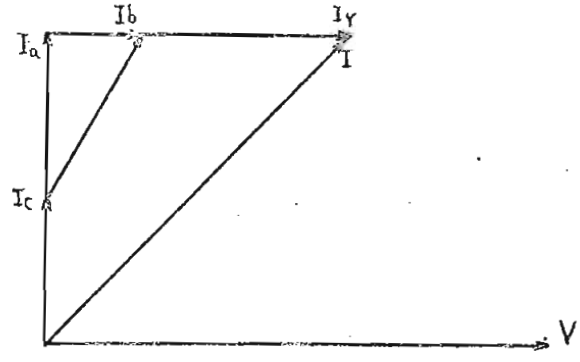


Fig. 1.4 Diagrama de corrientes de un dieléctrico

Ic corriente capacitiva

Ib corriente resistiva

A este diagrama se lo conoce como: "Diagrama vectorial de pérdidas en el dieléctrico, bajo la acción de la corriente alterna." (4)

Para fines prácticos este diagrama, resulta ser laborioso; por lo tanto, para representar pérdidas del dieléctrico, se usan circuitos simplificados.

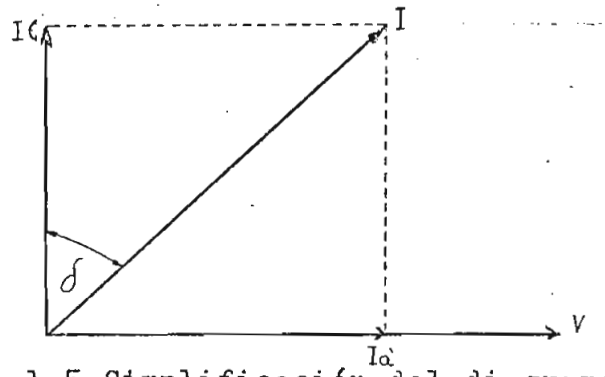


Fig. 1.5 Simplificación del diagrama de la figura 1.4

Donde:

$I\grave{a} = Ir + Ib$ corriente total resistiva

$IC = Ic + Ia$ corriente total capacitiva

$I = \sqrt{I'a + IC}$ (9)

δ = Angulo de pérdidas.

Ahora, considerando la potencia activa que se disipa en forma de calor será:

$$Pa = VI'a \qquad (10)$$

y la potencia reactiva será:

$$Pc = VIC \qquad (11)$$

del diagrama tenemos que

$$tg\delta = \frac{I\grave{a}}{IC} \qquad (12)$$

$$I\grave{a} = IC.tg \qquad (13)$$

Pero también podemos saber que:

$$IC = \frac{V}{Xc} = VWC \qquad (14)$$

Reemplazando en la ecuación 13, se tiene:

$$I'a = VWC \times tg\delta \qquad (15)$$

Reemplazando la ecuación (15) en (10) tenemos:

$$Pa = V^2WC \times tg\delta \qquad (16)$$

y reemplazando la ecuación (14) en la ecuación (11) tenemos:

$$Pc = V^2WC \qquad (17)$$

Cuando se tiene corrientes de fuga muy pequeñas, el $\measuredangle\delta$ es muy pequeño; por lo tanto, el factor de pérdidas será muy pequeño y se puede aproximar: $Sen\delta = tg\delta$

Estas pérdidas de un dieléctrico, sólido, son producidos por la acción del campo eléctrico variable, que permite el paso de una pequeña corriente que ocasiona las mencionadas pérdidas que como se ha dicho anteriormente, que se manifiesta en forma de calor.

La energía que se disipa de esta forma, se debe a las pérdidas dieléctricas que básicamente son de tres tipos:

a) Pérdidas por conducción.- Estas son muy pequeñas y de poca importancia.

b) Péridas de polarización. (5)

c) Pérdidas por histéresis dieléctrica.

a) Las pérdidas por conducción, aparecen en los aislantes por efecto de traslación de las cargas eléctricas que pueden ser electrones o iones.

La conducción electrónica se debe al movimiento de los electrones libres que existen en todos los dieléctricos.

La conducción iónica, aparece en los materiales capaces

de producir iones, que tiene una movilidad que en gran parte depende de la temperatura cuya traslación de iones origina una corriente eléctrica, que engendra calor y por lo tanto pérdida de energía.

b) Las pérdidas por polarización se deben al movimiento de los dipolos que tienden a orientarse por la acción del campo eléctrico E. En estas pérdidas, la frecuencia es muy importante ya que para corriente continua o frecuencia muy bajas o muy altas no existen pérdidas considerables ya que la constante dieléctrica, tiene dos cantidades: una real y una imaginaria, la misma que está en función de la frecuencia; por lo tanto, su valor absoluto depende de la frecuencia y por tanto, dicha constante afecta a las pérdidas por polarización.

La polarización puede ser de varias clases, siendo las más importantes las siguientes:

b1) Polarización por deformación.

b2) Polarización reticular.

b3) Polarización por orientación. (5)

c) Pérdidas por histéresis dieléctrica.

Es muy importante considerar estas pérdidas por histéresis que son semejantes a las pérdidas por histéresis magnéticas; este fenómeno provoca caída de voltaje de sentido contrario al campo aplicado, lo que determina

diferencias de voltaje excesivamente fuertes.

En la mayoría de substancias dieléctricas, como ya se anotó en el punto b, las pérdidas aumentan con la frecuencia, especialmente en los canales de pérdidas que presentan ciertas substancias heterogéneas; estos canales generalmente van de un electrodo a otro, provocando las pérdidas, las mismas que son aumentadas, conforme aumenta la temperatura.

Después de estas explicaiones, podemos darnos cuenta que las pérdidas por conducción óhmica (Efecto Joule punto a) comparadas con las pérdidas de polarización y Pérdidas por histéresis son sumamente pequeñas; por lo tanto, tienen poca importancia.

La resina Epoxi, está considerada como un nuevo material para la construcción de aisladores por su buena constante dieléctrica, de fácil fundición alrededor de los contornos irregulares de conductores. El fluoruro de silicio más la resina Epoxi (Epikote 828), forman un excelente dieléctrico, esta propiedad eléctrica, presenta un voltaje de ruptura de 20 KV/mm.

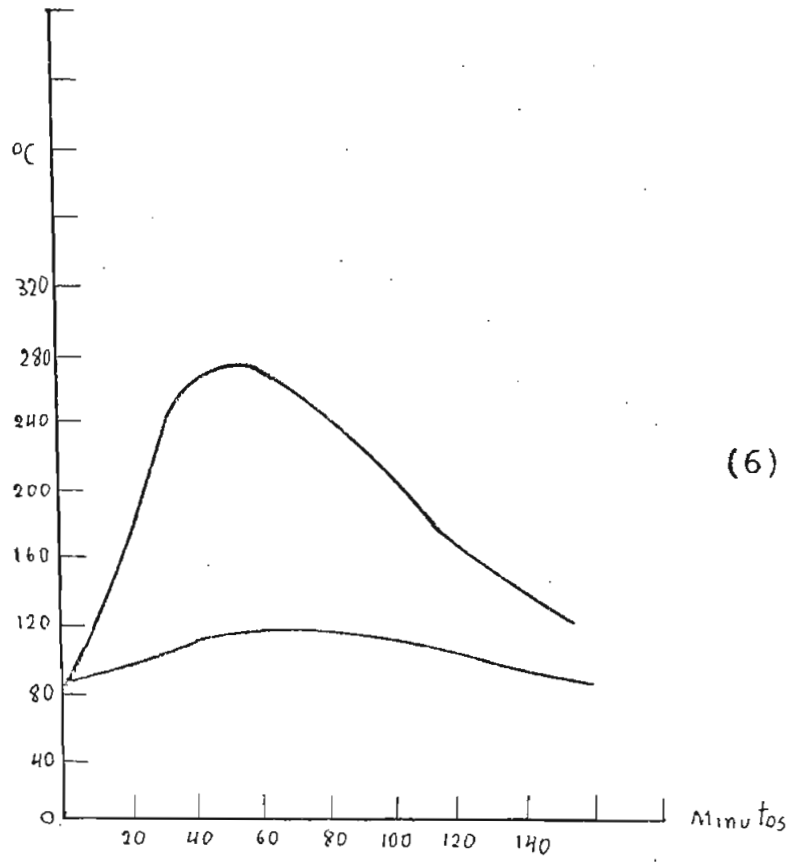
La mezcla de la resina con el Fluoruro de Silicio está en el siguiente orden en peso:

56.6	g.	Epikote 828	(6)
58	g.	K61B (catalizador)	

135	g.	Fluoruro de Silicio
85	°C	Temperatura

Si se desea obtener la resina pura, las proporciones son:

56.6	g.	Epikote 828
58	g.	K61B (catalizador)
85	°C	de temperatura



(6)

Fig. 1.6 Proceso para el fraguado de la resina

	ARALDITE HT 901 HARDENER SILICIO	EPIKOTE K61B SILICIO
Máximo esfuerzo Mecánico	11390 PSI	9000 PSI
Alargamiento	0.87%	0.51%
Módulo de Young	1.5×10^6 PSI	1.4×10^6 PSI
Esfuerzo de flexión	17200 PSI	8.900 PSI
Densidad	1.67 g/cc.	1.9 g/cc;
Temperatura de distorción	115°	90° c
Coeficiente dilatación lineal	30×10^{-6} / °c	35×10^{-6} / °c
Permitividad	4.3	4.5

Esta tabla fue sacada de:

CHEMICAL ASPECTS OF EPOXIDE RESINS by K.W. HUMPHREYS

PAGE # 27

1.3 DISEÑO Y CONFIGURACION DEL PASAMUROS

1.3.1 ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DEL CAMPO ELECTRICO

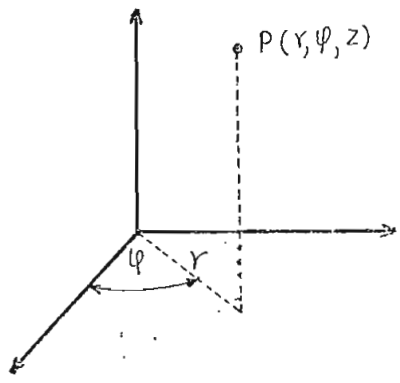
Una de las ecuaciones diferenciales más importantes que se encuentran en la Física, es la ecuación de Laplace, que define la distribución de campo eléctrico en ausencia de cargas dentro del campo.

Ahora que, $\nabla^2 V$ es el Laplaciano de V que en coordenadas cilíndricas con respecto a Y, φ y Z se tiene:

$$\nabla^2 V = \frac{J^2 V}{J r^2} + \frac{1}{r}\frac{JV}{Jr} + \frac{1}{r^2}\frac{J^2 V}{J\varphi^2} + \frac{JV^2}{Jz^2} = 0 \qquad (18)$$

La teoría de las soluciones de esta ecuación, se la conoce con el nombre de Teoría de Potencial.

De acuerdo a la simetría que presenta el problema φ es constante.



Por lo tanto, la ecuación se reduce a:

$$\frac{J^2 V}{J r^2} + \frac{1}{r}\frac{JV}{Jr} + \frac{J^2 V}{Jz^2} = 0 \qquad (19)$$

Existen varios métodos numéricos para la solución de la ecuación de Laplace en tres dimensiones, y usando las

Técnicas de Diferencias Finitas, la ecuación 19, se presenta de la siguiente manera:

$$\left(1+\frac{H}{2R'}\right)V\,(I+1,J)+\left(1-\frac{H}{2R'}\right)V\,(I-1,J)+V\,(I,J+1)+V(I,J-1)-4V(I,J)\quad 0 \qquad (20)$$

(8)

NOTA.- El significado físico de estas variables está en el anexo 1.

Hay que tomar en cuenta que todas las instrucciones; deben ser incluídas en el programa general de la computadora digital, en cuanto se refiere a las condiciones de borde, y deben ser bien definidas para el correcto uso de la ecuación 20.

En los bordes de la matriz o malla tomada en consideración y limitada por las variables M (máximo valor del, eje J) y N (máximo valor del eje I), hace que el término : $\frac{1}{r}\frac{JV}{Jr}$, llegue a ser indeterminado; por tanto:

$$\frac{JV}{Jr}=0$$

Para vencer esta dificultad, aplícase la regla de L'Hospital:

$$\lim_{r\to 0}\frac{1}{r}\frac{JV}{Jr}=\lim_{r\to 0}\frac{\frac{d}{dr}\left(\frac{JV}{Jr}\right)}{\frac{d}{dr}(r)}=\frac{J^2V}{J\,r^2} \qquad (21)$$

Por lo tanto la ecuación de Laplace en los bordes de la matriz o malla llega a ser:

$$2\,\frac{J^2V}{Jr^2}+\frac{J^2V}{Jz^2}=0 \qquad (22)$$

Lo cual aplicando las Técnicas de diferencias finitas y por facilidades de cálculo $V(I+J,J) = V(I+1,J)$; por lo tanto la ecuación 22 queda así:

$$V(I,J+1) + V(I,J-1) + 4V(I+1,J) - 6V(I,J) = 0 \qquad (23)$$

El método de extrapolación de Liebman, que es el más usado para métodos iterativos rápidamente convergentes, fue adaptado para este caso. (8)

Por lo tanto un nuevo potencial en cada nodo de la malla es calculado así:

$$V(I,J)^{n+1} = V(I,J)^{n} + \frac{ALFA}{4}\left[\left(1+\frac{H}{2R'}\right)V(I+1,J)\left(1-\frac{H}{2R'}\right)V(I-1,J) + V(I,J-1) + V(I,J\ 1) - 4V(I,J)\right]^{n+1} \qquad (24)$$

en donde:

n número de iteraciones

Alfa factor de aceleración

R racio de la malla

H constante

I eje en el orden de las X

J eje de el orden de las Y

El factor de aceleracion ALFA resulta difícil de determinar y es diferente para cada tipo de problema, sin embargo una forma simplificada para mallas rectangulares, está dada por la expresión:

$$ALFA = 2\left[1 - \pi\sqrt{\frac{1}{(N-1)^2} - \frac{1}{(M-1)^2}}\right] \qquad (25)$$

La misma que fue empleada en el Programa Digital.

En la distribución del campo eléctrico, se tiene la presencia de dos dieléctricos como son el aire y resina Epoxi, por lo tanto, las líneas equipotenciales, tendrán que desviarse cuando se presenta este cambio de medio, como indica la figura 1.3.1. a.

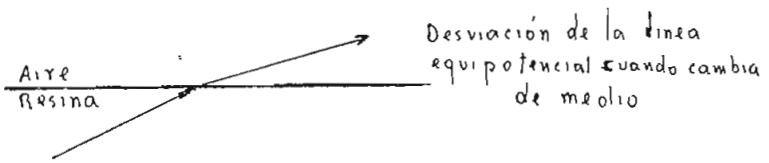
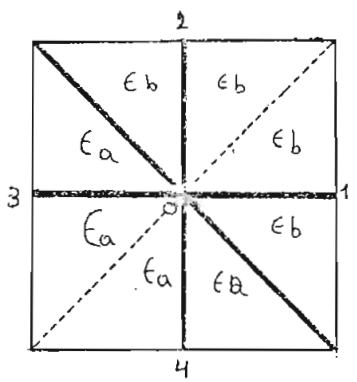


Fig. 1.3.1.a

De acuerdo con el método empleado y con la ayuda de la subrutina DIELC , se toma en consideración estos efectos de la siguiente manera: (9)



(9)

Donde:

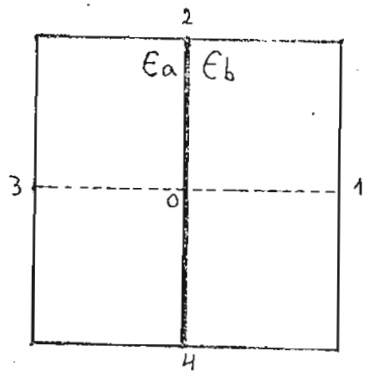
$V1 = V(I+1,J)$ $\quad V_0 = V(I,J)$ $\quad$ Ea=permitividad de la resina

$V2 = V(I,J+1)$ $\quad \left(1+\frac{H}{2R'}\right) = K$ $\quad$ R'= radio del punto para el cálculo del potencial.

$V3 = V(I-1,J)$ $\quad \left(1-\frac{H}{2R'}\right) = L$

$V_4 = V(I,J-1)$ $\qquad$ εb = Permitividad del aire

1er. Caso



Considerando los límites de los dieléctricos y de acuerdo a la ecuación de Laplace, se tiene:

$$KVa1 + Va_2 + LVa_3 + Va_4 - 4Vo = 0 \qquad (26)$$

$$KVb1 + Vb_2 + LVb_3 + Vb_4 - 4Vo = 0 \qquad (27)$$

Ahora los límites se tiene:

$Va = Vb$ (puntos 2 y 4 del gráfico)

$$\varepsilon a(KVa1 - LVa_3) = \varepsilon b(KVb1 - LVb_3) \qquad (28)$$

$$KVa1 = \frac{\varepsilon b}{\varepsilon a}(KVb1 - LVb_3) + LVa_3 \qquad (29)$$

De la ecuación 26 y 27, tomando en consideración que en el límite $Va = Vb$ y despegando KVa1, y LVb3 respectivamente, se tiene:

$$KVa1 = -(V_2 + LVa_3 + V_4 - 4Vo) \qquad (30)$$

$$LVb3 = -(KVb1 + V_2 + V_4 - 4Vo) \qquad (31)$$

Los valores de KVa1 y LVb3, son valores ficticios; haciendo que $\frac{\varepsilon b}{\varepsilon a} = \frac{1}{R}$, la ecuación 29 quedaría así:

$$KVa1 = \frac{1}{R}\,(KVb1 - LVb3) + LVa3 \qquad (32)$$

Reemplazando la ecuación 31 en 32:

$$KVa1 = \frac{1}{R}\,(2KVb1 + V2 + V4 - 4Vo) + LVa3 \qquad (33)$$

Reemplazando en 26 nos queda:

$$\frac{1}{R}\,(2KVb1 + V2 + V4 - 4Vo) + V2 + 2LVa3 + V4 - 4Vo = 0$$

$$\frac{2}{R}\,KVb1 + \left(\frac{1}{R} + 1\right) V2 + 2LVa3 + V4\left(\frac{1}{R} + 1\right) - 4\left(\frac{1}{R} + 1\right) Vo = 0$$

Multiplicando todo por $\dfrac{R}{R+1}$

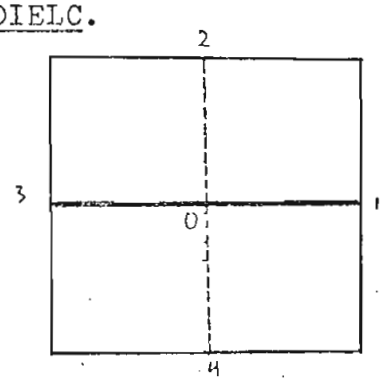
$$\left(\frac{2}{R+1}\right) KVb1 + V2 + \frac{2R}{R+1} \times Va3 + Va4 - 4Vo = 0$$

$$\frac{2}{R+1}\left(1 + \frac{H}{2R'}\right) V(I+1,J) + V(I,J+1) + \frac{2R}{R+1}\left(1 - \frac{H}{2R'}\right) V(I-1,J)$$

$$+ V(I,J-1) - 4(V(I,J)) = 0 \qquad (34)$$

Aplicando a esta ecuación el método de la extrapolación de Liebman que anteriormente se explicó, está resuelta en la subrutina <u>DIELC</u>.

2do.Caso



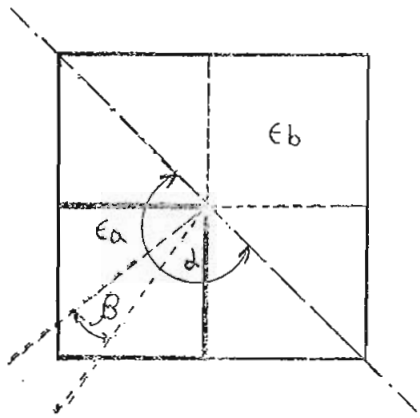
Aplicando el mismo criterio que el 1er. Caso la ecuación de Laplace queda:

$$\left(1+\frac{H}{2R'}\right)V(I+1,J)\frac{2}{R+1}+V(I,J+1)+\left(1-\frac{H}{2R'}\right)V(I-1,J)\frac{2R}{R+1}+V(I,J-1)$$

$$-4V(I,J) = 0 \quad (35)$$

Esta es la 2da. ecuación que se resuelve en la subrutina DIELC.

3er. Caso



Si $\beta = 0$

$$KVb1+Vb2+LVb3+Vb4-4Vo = 0$$

Si $\alpha=\pi$ (límite LM) y aplicado el método del 1er. Caso, se tiene:

$$KVb1+Vb2+R(LV3+V4)-2(1+R)Vo = 0 \quad (36)$$

$$KVb1+Vb2+LV3+V4-4Vo = 0 \quad (37)$$

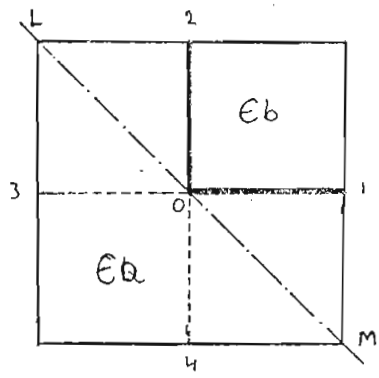
Sumando 36+37 y dividiendo para 2 se tiene que:

$$KVb1+Vb2+\frac{R+1}{2}(LV3+V4)-(3+R)Vo = 0$$

$$\left(1+\frac{H}{2R'}\right)V(I+1,J)+V(I,J+1)+\frac{R+1}{2}\times\left(1-\frac{H}{2R'}\right)V(I-1,J)+V(I,J-1)$$

$$-(3+R)V(I,J) = 0 \quad (38)$$

4to. Caso.



De acuerdo con el 3er. caso, la ecuación de Laplace queda:

$$\frac{R+1}{2}\left[\left(1+\frac{H}{2R'}\right)V(I+1,J)+V(I,J+1)\right]+\left(1-\frac{H}{2R'}\right)V(I-1,J)+$$

$$+V(I,J-1)-(3+R)*V(I,J)=0 \qquad (39)$$

Con la subrutina DIELC, se logra desarrollar estos 4 casos para definir los límites del dieléctrico (Resina Epoxi) y por consiguiente, la determinación de las líneas equipotenciales, incluyendo los efectos debidos al campo eléctrico.

1.3.2 ANALISIS DE LAS CURVAS ROGOWSKY

Las puntas o esquinas existentes en la pared, provoca una muy alta gradiente de voltaje; a este fenómeno se lo conoce con el nombre de "Efectos de Punta." Muy cerca de las puntas de la pared, el radio de curvatura podrá ir decresiendo muy gradualmente, tal que el campo obtenido en esa región, no sea mayor que en el centro de los electrodos.

Curvaturas satisfactorias para este caso, son obtenidas con las curvas Rogowsky cuya expresión matemática está dada por las ecuaciones: (10)

$$X = A(\phi + E^{\phi} * \cos \Psi) \qquad (40)$$

$$Y = A(\Psi + E * \operatorname{Sen} \Psi) \qquad (41)$$

En estas ecuaciones, Ψ representa las líneas o superficies equipotenciales y ϕ las líneas de fuerza; X y Y son las coordenadas. El valor de A, depende de la separación de los electrodos, la misma que está dada por: $A = a/\pi$

a: separación de los electrodos, ver fig. 3.1.2.a.

Para la configuración del electrodo, Rogowsky toma como modelo una de las líneas equipotenciales que en el presentecaso, y por recomendaciones del mismo autor y de otros investigadores, toma el valor de $\Psi = \pi/2$ (ver fig. 3.1.2b) por lo tanto, las ecuaciones de Rogowsky quedan así:

$$X = \frac{a\,\phi}{\pi}$$

$$Y = \frac{a}{\pi}\left(\frac{\pi}{2} + E^{\phi}\right)$$

Sin embargo, para dar mayor flexibilidad al programa, el bloque COMMON, se utiliza las ecuaciones 40 y 41.

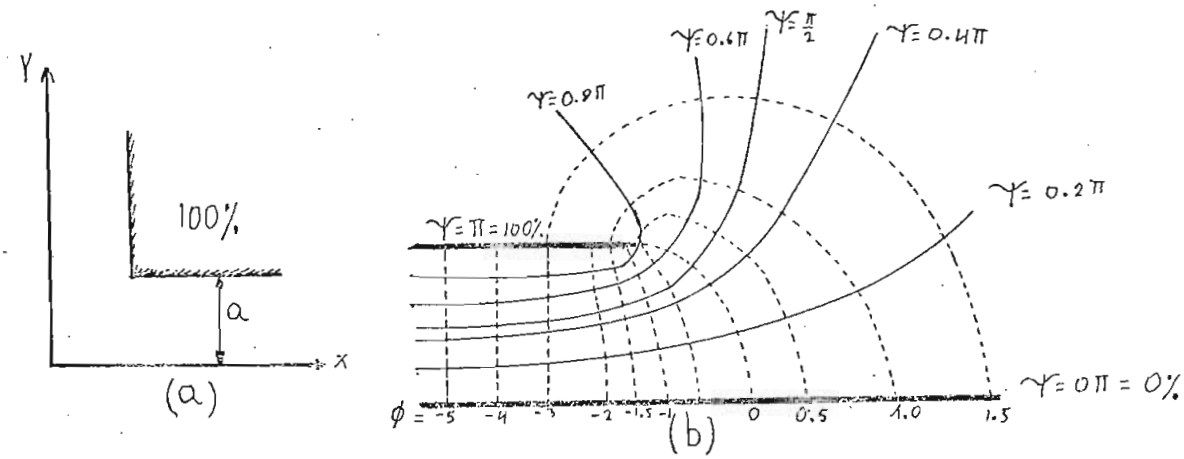
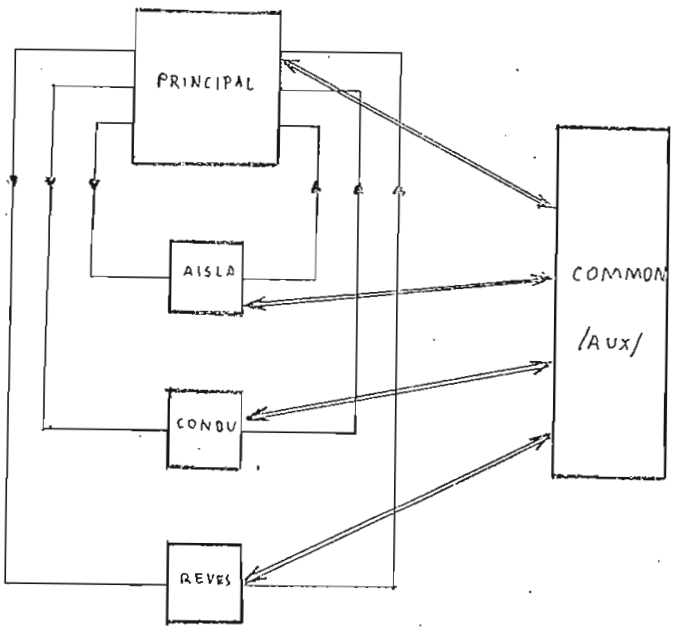


Figura 1.3.2. · Perfiles Rogowski

Las subrutinas AISLA, CONDU, y REVES entrega al programa principal, todos los valores de la curva de la pared, y del conductor, se convierten en condiciones de borde del problema.



1.3.3 CONFIGURACION FINAL DEL PASAMUROS

Para el diseño del pasamuros, se presentaron varias alternativas, las mismas que fueron analizadas, mediante la utilización del programa (ANEXO 1) y con papel semiconductor y pintura de plata; cuyos resultados experimentales (de control del programa digital) fueron los mismos que los obtenidos del computador digital.

Las alternativas que presentaron, fueron las siguientes:

a) DISTRIBUCION DEL CAMPO ELECTRICO PARA CONDUCTOR RECTO Y PARED PLANA

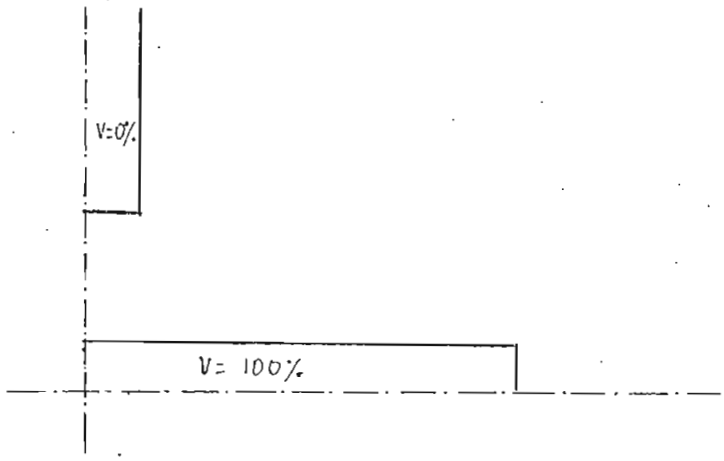


Fig. 1.7 Representación de electrodos planos (pared 0% y conductor 100%

Como se puede ver claramente, en la fig. 1.7, la pared presenta una esquina lo que hace pensar que en ese lugar, va a existir una elevada concentración de la intensidad del

campo eléctrico; o gradiente de potencial, lo que para nuestros fines resulta completamente inconveniente, puesto que a favorecido al Efecto Corona.

A base de investigar varias alternativas se intenta disminuir la gradiente potencial en la esquina de la pared mediante la introducción de un dieléctrico (resina Epoxi) en el campo de distribución, el mismo que tomó diferentes formas, tratando de obtener los mejores resultados posibles entre estos se tiene las siguientes formas de dieléctricos;

al) Uso del dieléctrico.

all) DIELECTRICO PRIMERA FORMA

Los resultados de la computadora digital, al aplicar un dieléctrico como indica la matriz Mall y gráfico Ga 11, se ve que la línea equipotencial H (20%) está muy cerca de la esquina de la pared, lo que nos hace pensar y comprobar que la equipotencial K(10%) se encontrará muy pegada a dicha esquina, lo cual nos indica de acuerdo con la Matriz Mall, que el esfuerzo dieléctrico en dicha región es elevada, por lo tanto esta alternativa fue descartada.

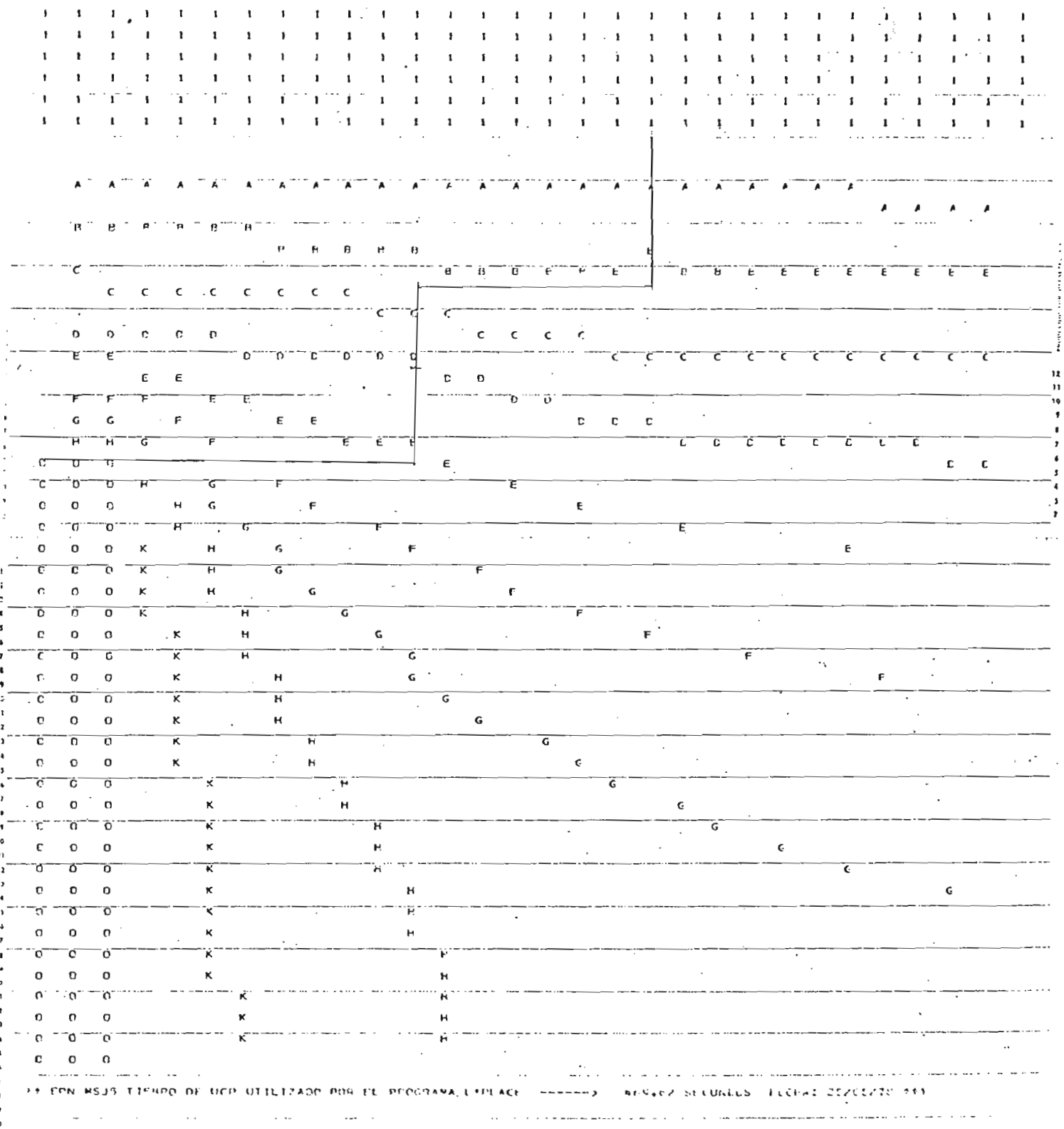


Fig. Gall: Distribución del campo eléctrico de pared y conductor plano con dieléctrico como indica líneas fijas.

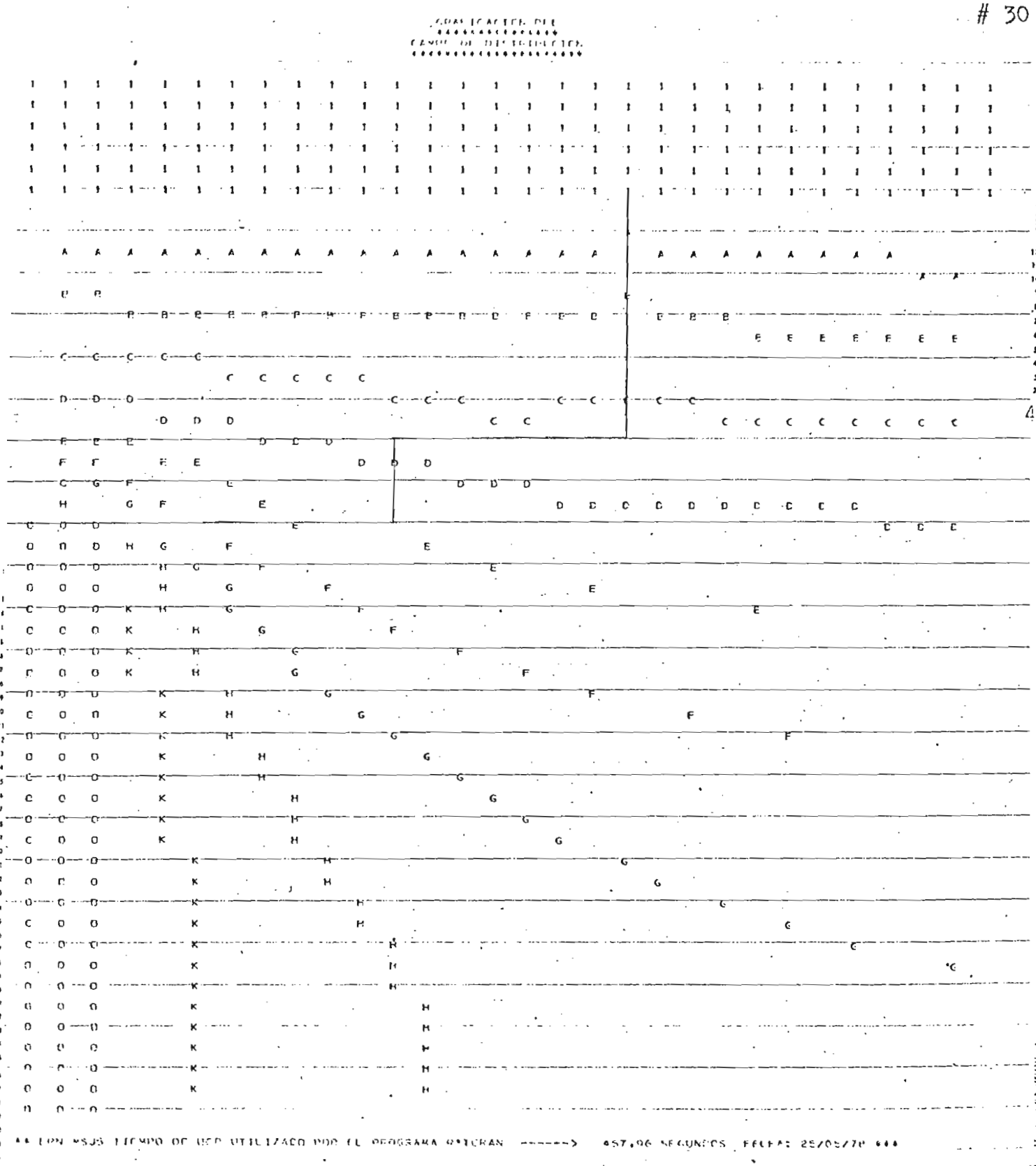


Fig. Gal2 : Distribución del campo eléctrico para electrodos dieléctricos con dieléctrico como indica la fig. (líneas fijas).

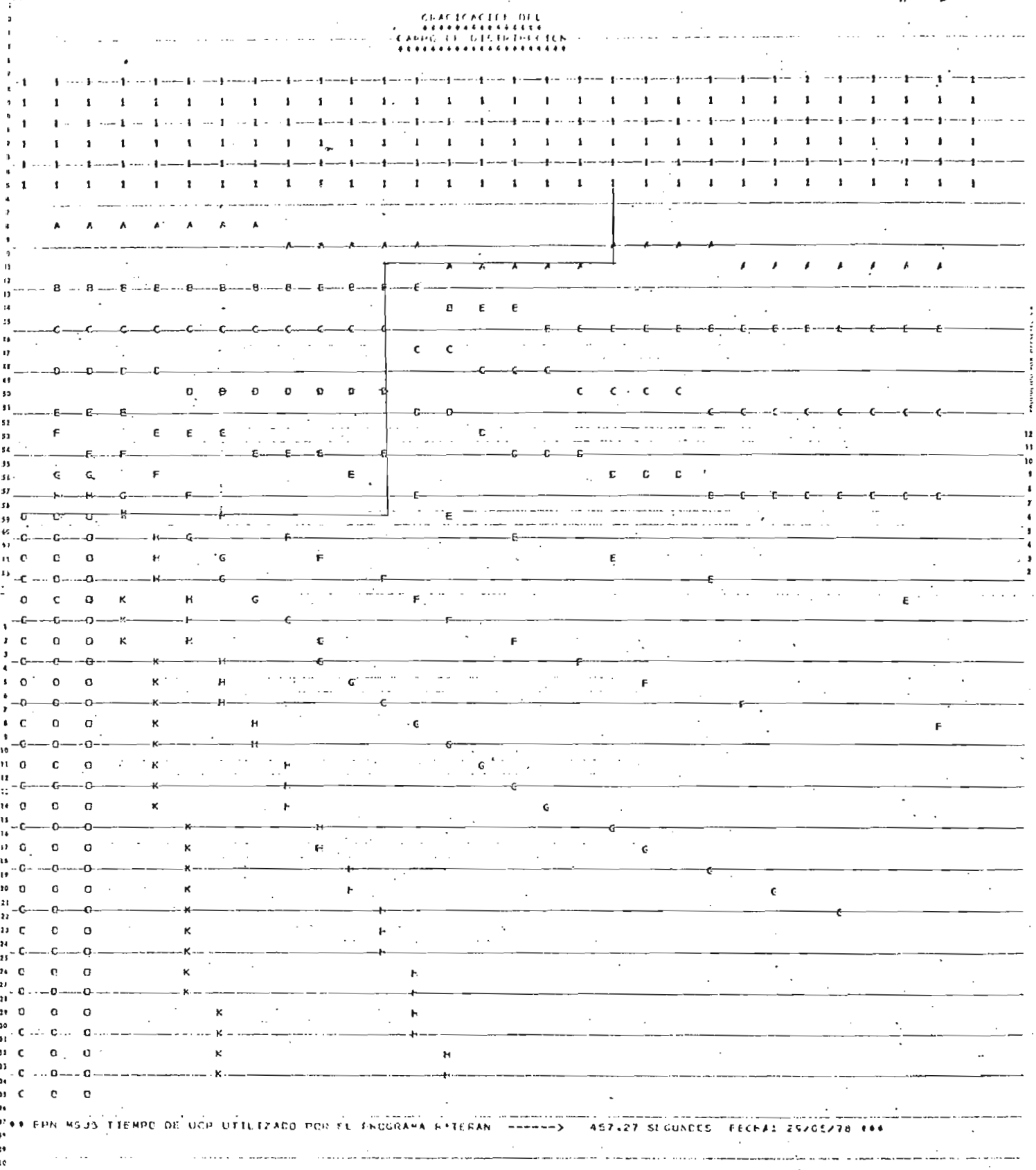
al2) DIELECTRICO SEGUNDA FORMA

Con la configuración del dieléctrico como indica el gráfico Gal2, se nota claramente que el campo eléctrico desmejoró, puesto que la línea A(90%) se encuentra más cercano al conductor, lo cual indica que existe una mayor caída de voltaje en esta región comparado con el caso anterior. Además de acuerdo a la matriz Mal2, se ve que en la esquina de la pared existe una mayor gradiente en comparación con la matriz Mal1, por ejemplo en el gráfico se ve que la línea equipotencial K(10%) está más cercana de la esquina, por lo tanto dicha alternativa también fue descartada.

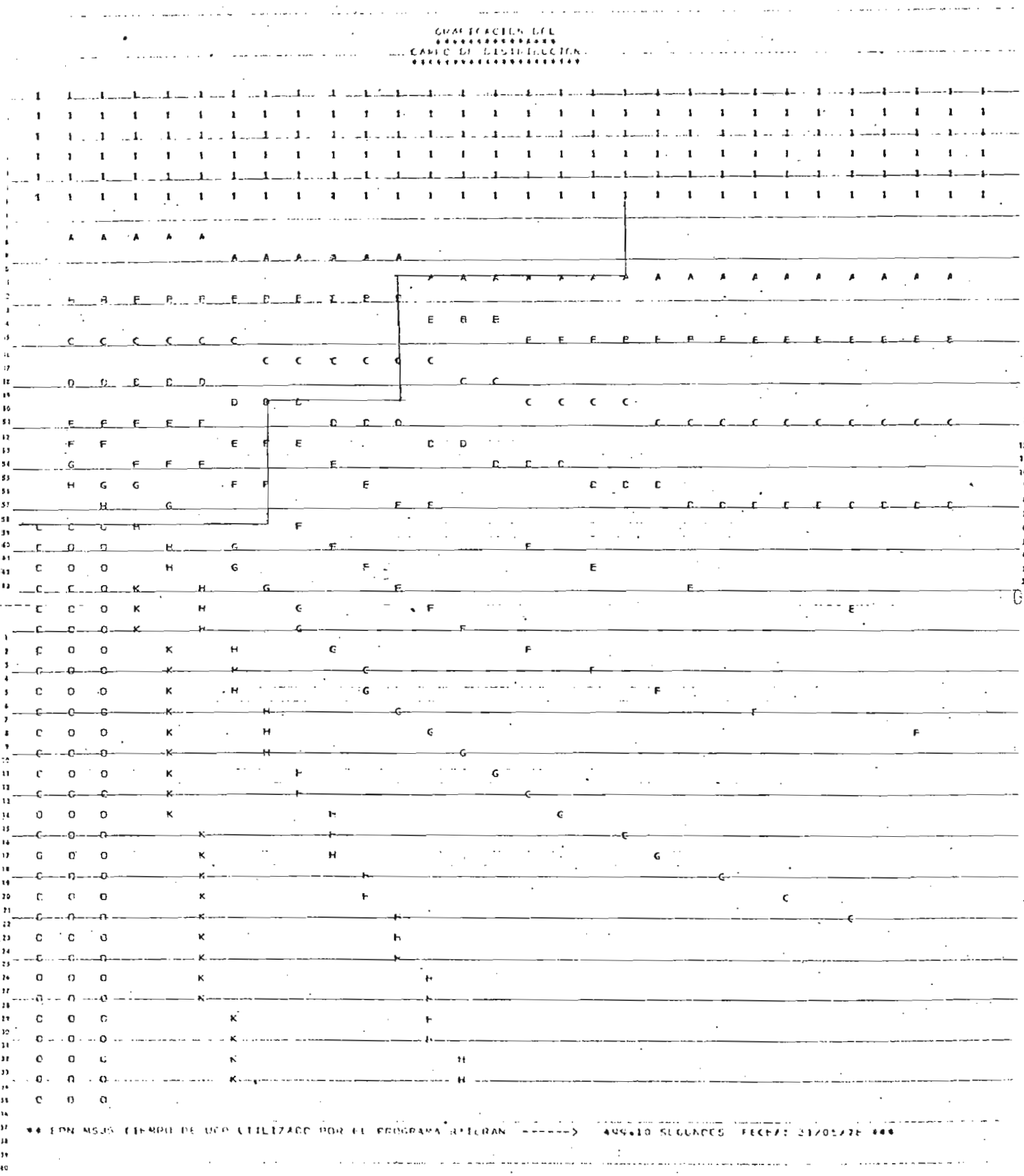
al3) DIELECTRICO TERCERA FORMA

De acuerdo con los valores de la matriz Mal3 y con el gráfico Gal3, se puede ver claramente que el campo de distribución, mejoró en comparación a los casos anteriores puesto que las líneas equipotenciales H y K que equivalen al 20 y 10% respectivamente, se encuentran un poco más alejadas de las esquinas de la pared, lo que indica que la caída de Voltaje en dicha región es menor en comparación a los casos anteriores.

Esta alternativa indujo a pensar en otra posibilidad, en la que se considera tres gradas y se la detalla en el siguiente punto.



Gal3: Distribución del campo eléctrico para electrodos planos para dieléctrico como indica la fig. (líneas fijas)



Gal4: Distribución del campo eléctrico para electrodos planos con dieléctrico de tres gradas.

a14) DIELECTRICO CUARTA FORMA

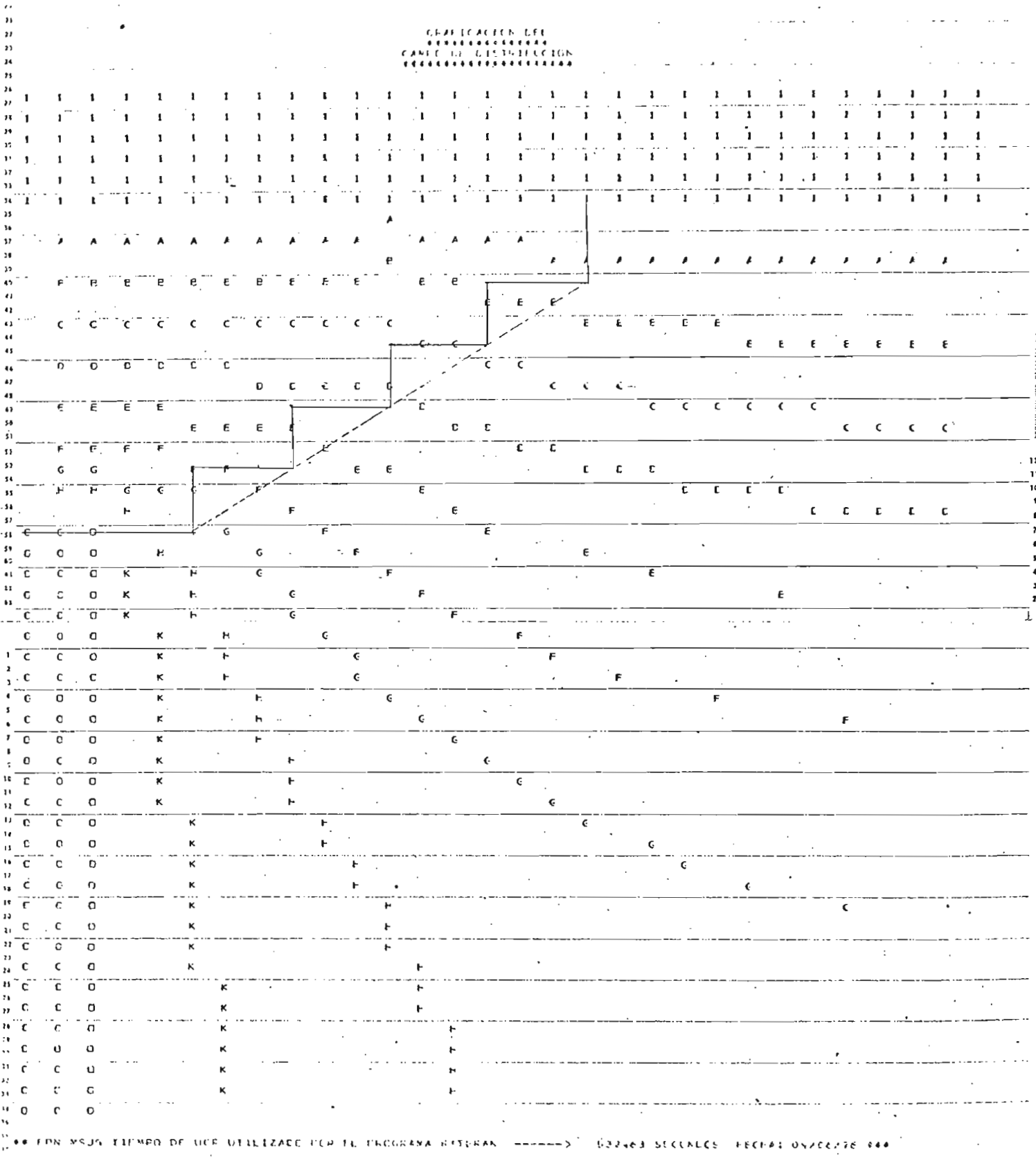
Como consecuencia del punto anterior (a13), se puede ver que en la figura a14 y matriz Ma14, se obtiene mejor distribución del campo eléctrico anotándose que la línea equipotencial H (20%) se encuentra un poco más alejada de la esquina de la pared, dando oportunidad a que la línea equipotencial K (10%) puede alejarse también un poco más de la esquina de la pared como indican la matriz Ma14 y fig. Ga14, provocando de esta manera una gradiente de voltaje menor que el caso anterior.

Esta alternativa, en vista de ofrecer excelentes condiciones, es una de las candidatas a ser tomada en cuenta para el análisis de electrodos con curvas Rogowsky.

a15) DIELECTRICO QUINTA FORMA

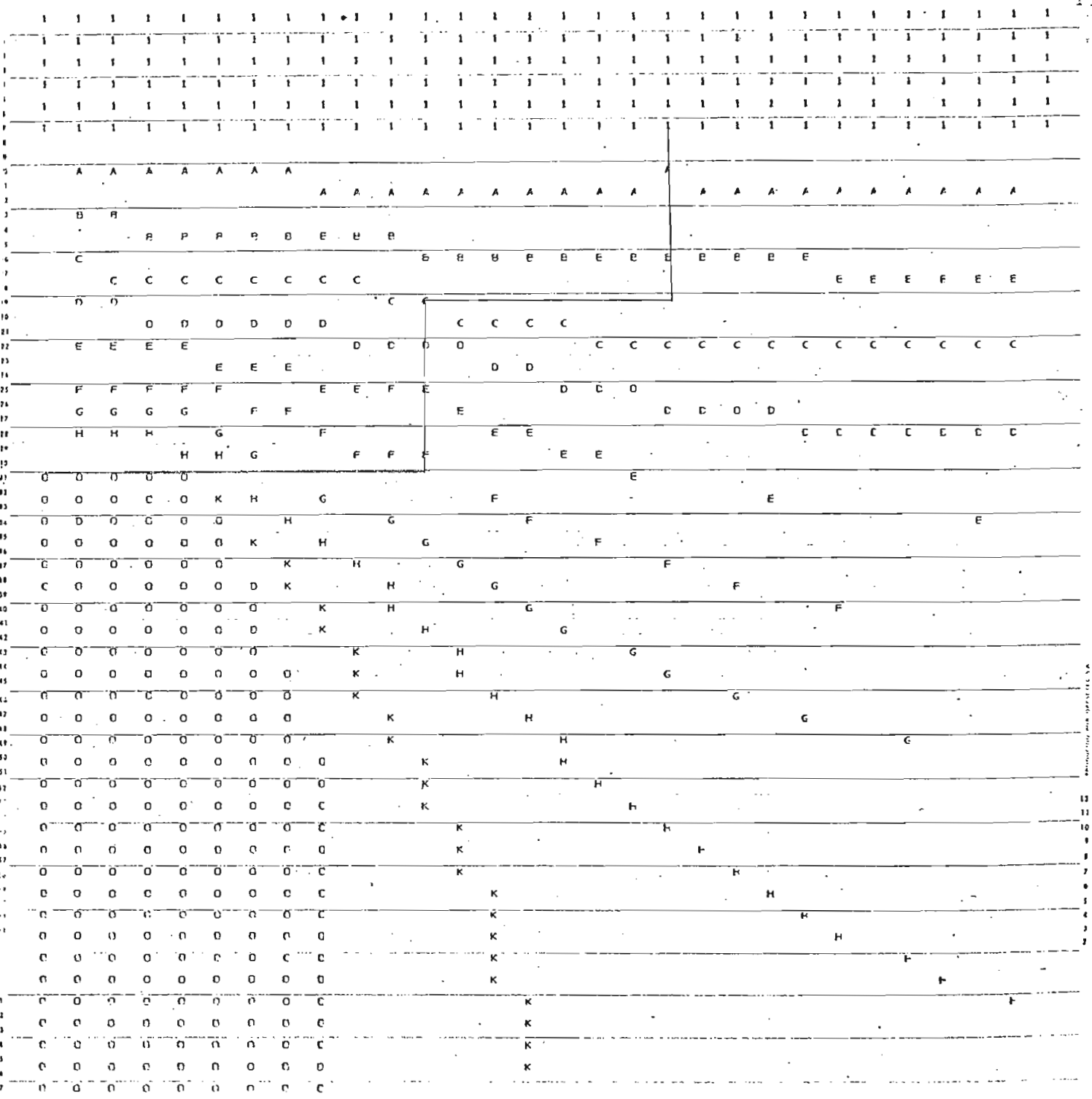
Con los resultados anteriores, nació la idea de que el dieléctrico forma una línea contínua como un lápiz (cono truncado) según se puede ver en la fig. Ga15. Debido a limitaciones del programa, se usa una aproximación a base de un número alto de pequeños escalones.

Con esta forma, indiscutiblemente se logró un mejor distribución del campo eléctrico, porque la gradiente de voltaje en la esquina de la pared es menor que en todos los casos anteriores; por lo tanto, el dieléctrico tendría



Gal5: Distribución del campo eléctrico para electrodos planos con dieléctrico de forma de cono truncado.

GRAFICACION DEL
CAMPO DE DISTRIBUCION



** EPN MSJS TIEMPO DE UCP UTILIZADO POR EL PROGRAMA LAPLACE ------> 344.61 SEGUNDOS FECHA: 25/05/78 ***

Gbl : Distribución del campo eléctrico para conductor plano pared con perfil Rogowsky y Dieléctrico con dos grados.

esta forma, de lápiz siendo la mejor alternativa obtenida durante el diseño del pasamuros.

b) DISTRIBUCION DEL CAMPO ELECTRICO PARA CONDUCTOR RECTO Y PARED CON CURVA ROGOWSKY

Las curvas Rogowsky, se estudiará más detalladamente en el punto 1.3.2.

b1) DIELECTRICO PRIMERA FORMA

Después de los análisis que se han realizado para electrodos planos; en la pared, cuya esquina causaba problemas ha sido reemplazada con una curva Rogowsky y se comprueba que el campo de distribución mejora como se puede apreciar en la matriz Mb1 y Gráfico Gb1, en la cual, la línea equipotencial H(20%) se encuentra más alejada de la pared, por lo tanto la gradiente de voltaje es menor en comparación con las alternativas anteriores.

c) DISTRIBUCION DEL CAMPO ELECTRICO PARA CONDUCTOR CON CURVA ROGOWSKY Y PARED PLANA

Con esta disposición de electrodos como se puede ver en el gráfico Gc, se pudo obtener una distribución de campo mucho mejor que las alternativas anteriores, puesto que existe una mayor separación de las líneas H(20%) y K(10%)

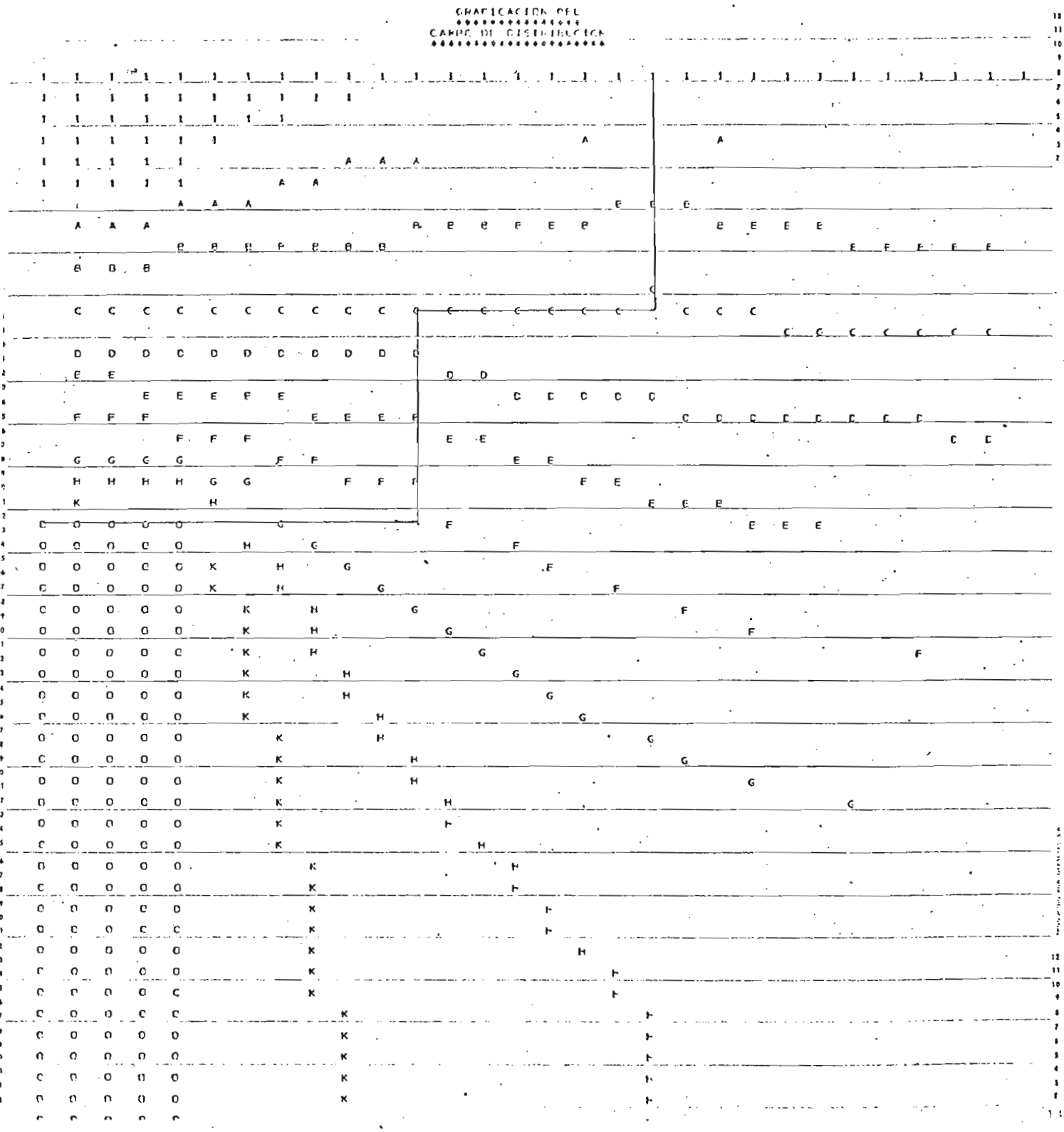


Fig. Gc: Distribución del campo eléctrico con pared plana y conductor con curva Rogowsky y dieléctrico con dos gradas.

con respecto a la pared; por lo tanto existiendo una menor caída de voltaje en esa región; esta es una alternativa digna de ser considerada para fines prácticos.

Como consecuencia de esta alternativa que mejoró considerablemente la distribución del campo eléctrico, se determinó que también la pared tenga curva Rogowsky que a continuación se detalla.

d) DISTRIBUCION DEL CAMPO ELECTRICO PARA CONDUCTOR Y PARED CON CURVAS ROGOWSKY

Para este caso el programa digital se corrió con 3 formas de dieléctrico y con dos valores de ψ que son: 90° y 120° .

En la figura Gd1 y Matriz Md1 se tiene la distribución del campo eléctrico para un dieléctrico de dos gradas y $\psi = 90^\circ$, notándose una notable mejoría de la distribución del campo eléctrico con respecto a los casos anteriores.

En la figura GD2 y MD2, se tiene la distribución del campo para un dieléctrico en forma de cono truncado como se puede observar en la línea A(90%) y B(80%) que se alejan mucho más del conductor, existiendo por lo tanto una menor gradiente de Potencial.

En la figura GD3 y MD3 se tiene casi la misma distribución del campo eléctrico de la figura GD2 con la diferen

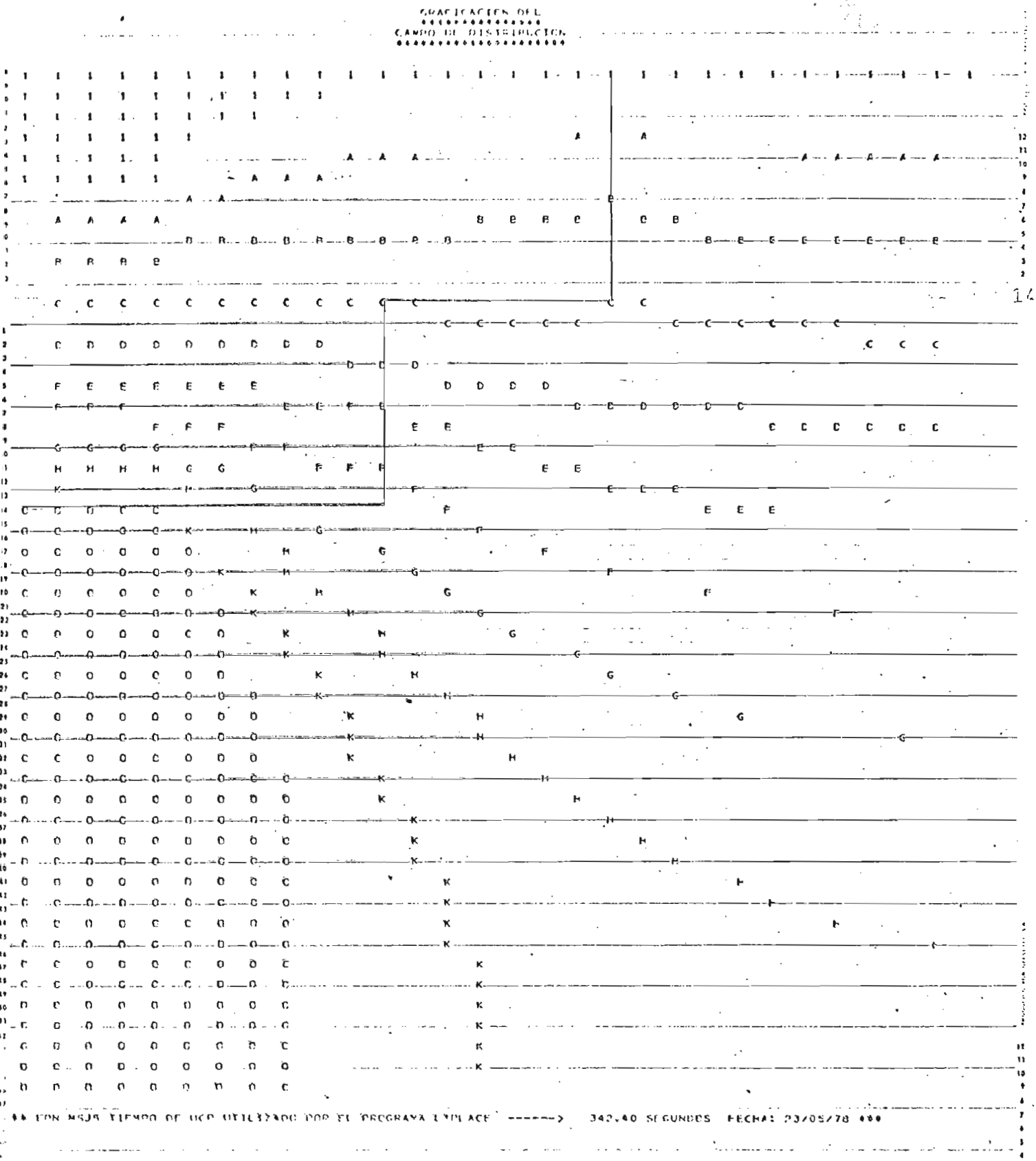


Fig. GD1 Distribución del campo eléctrico para electrodos con perfiles Rogowsky y dieléctrico con dos gradas.

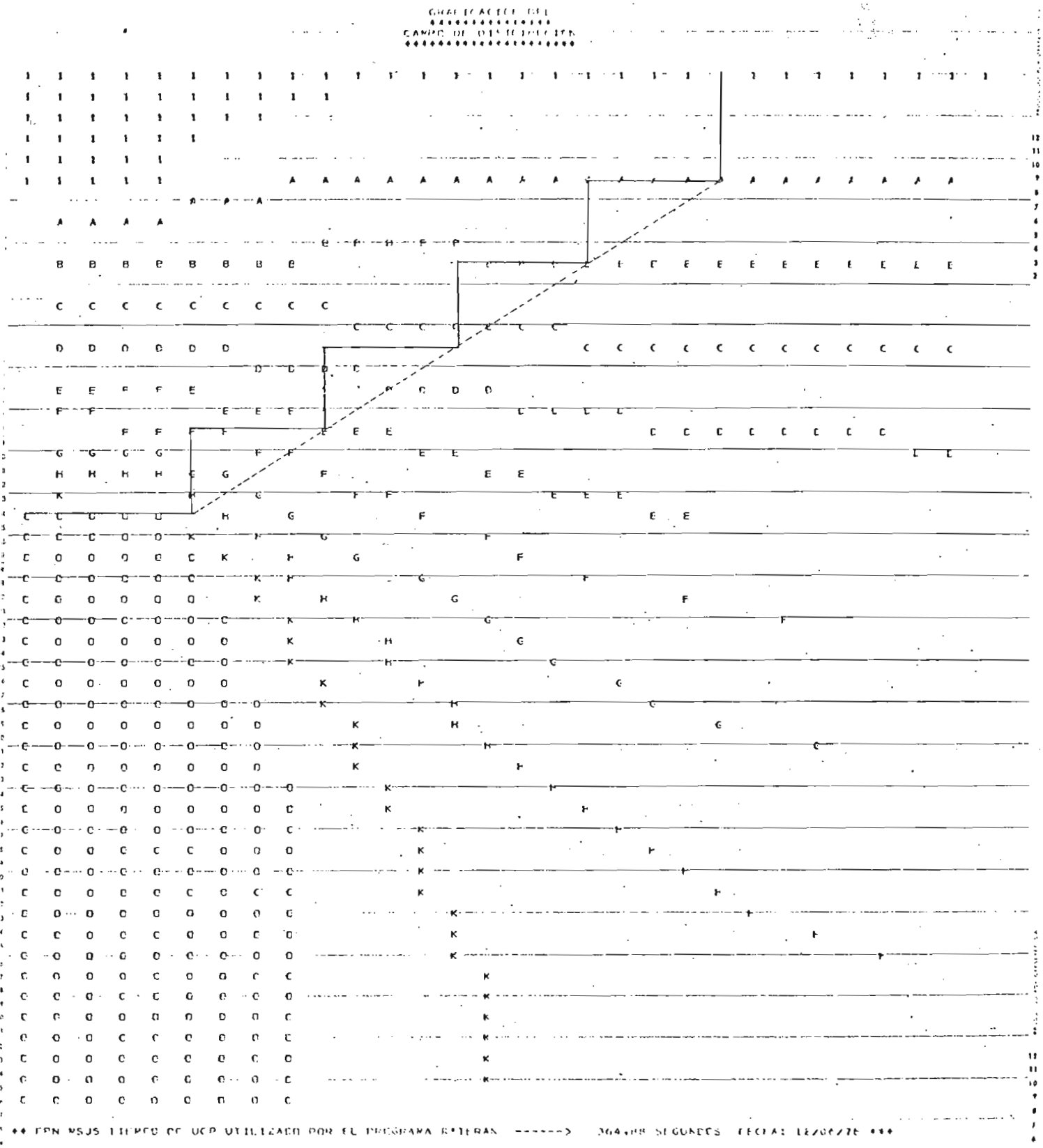


Fig. GD2: Distribución del campo eléctrico con perfiles Rogowsky y dieléctrico en forma de cono truncado de mayor pendiente.

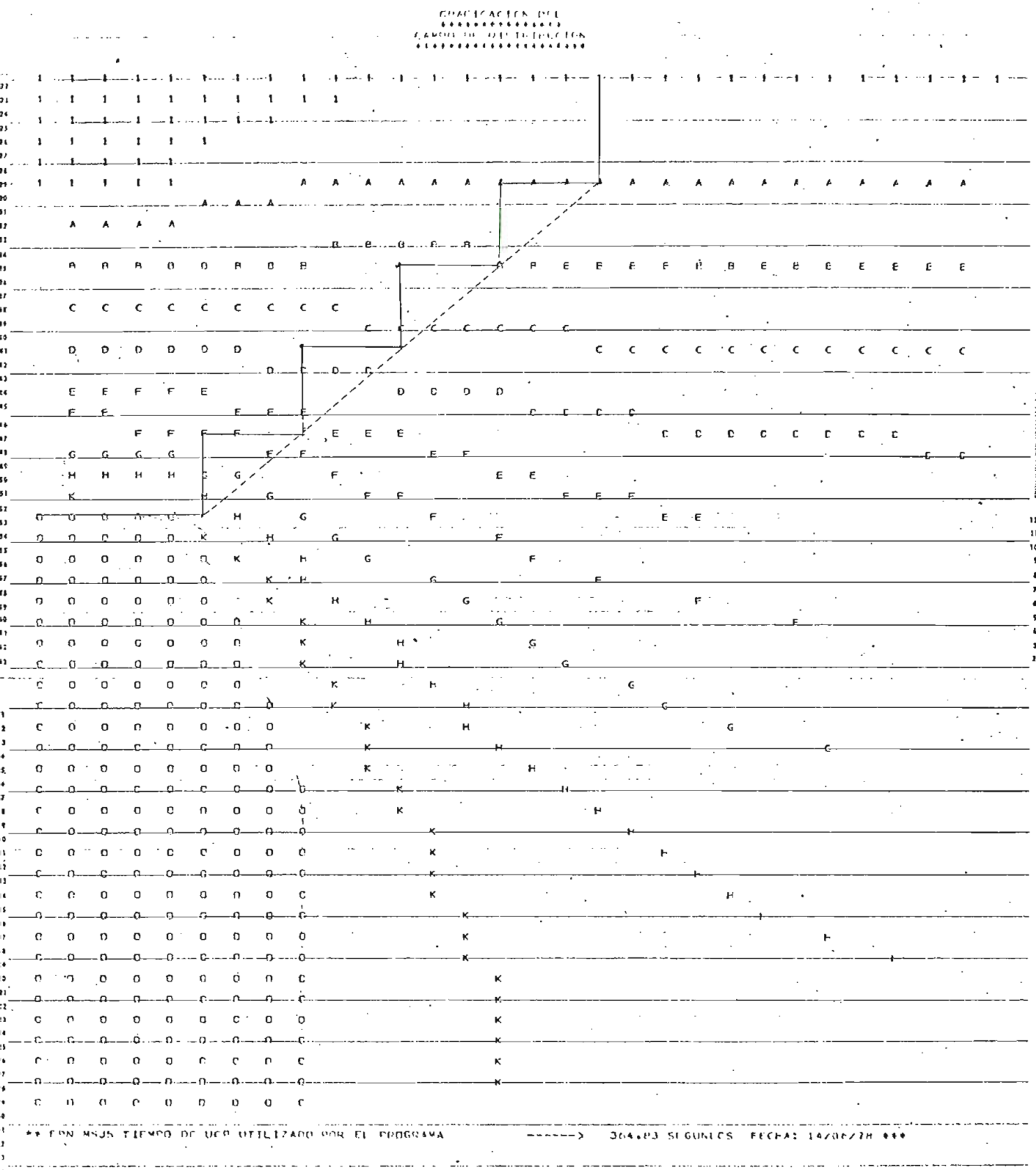


Fig. GD3: Distribución del campo eléctrico para electrodos con curvas Rogowsky y dieléctrico en forma de cono truncado de menor pendiente.

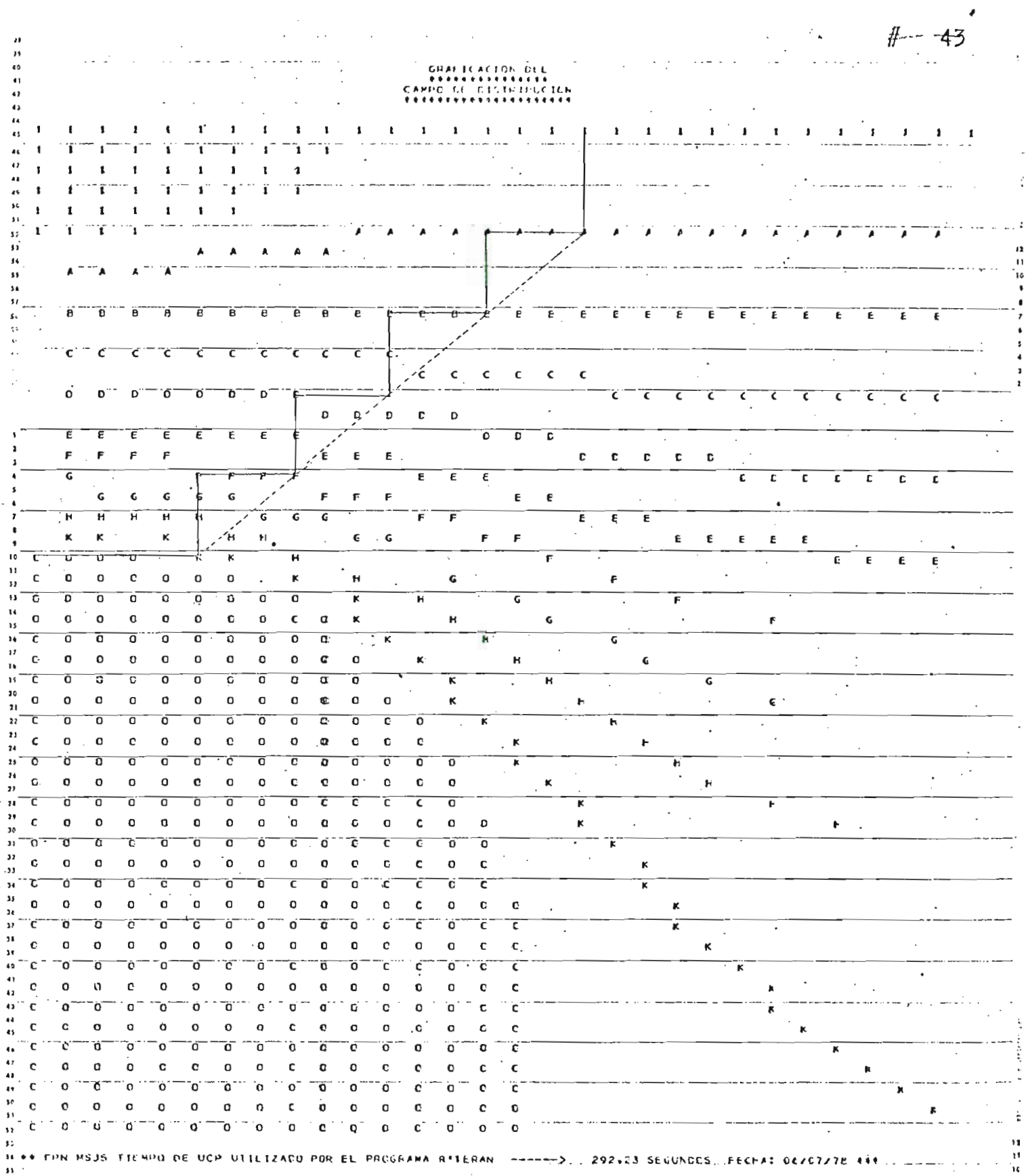
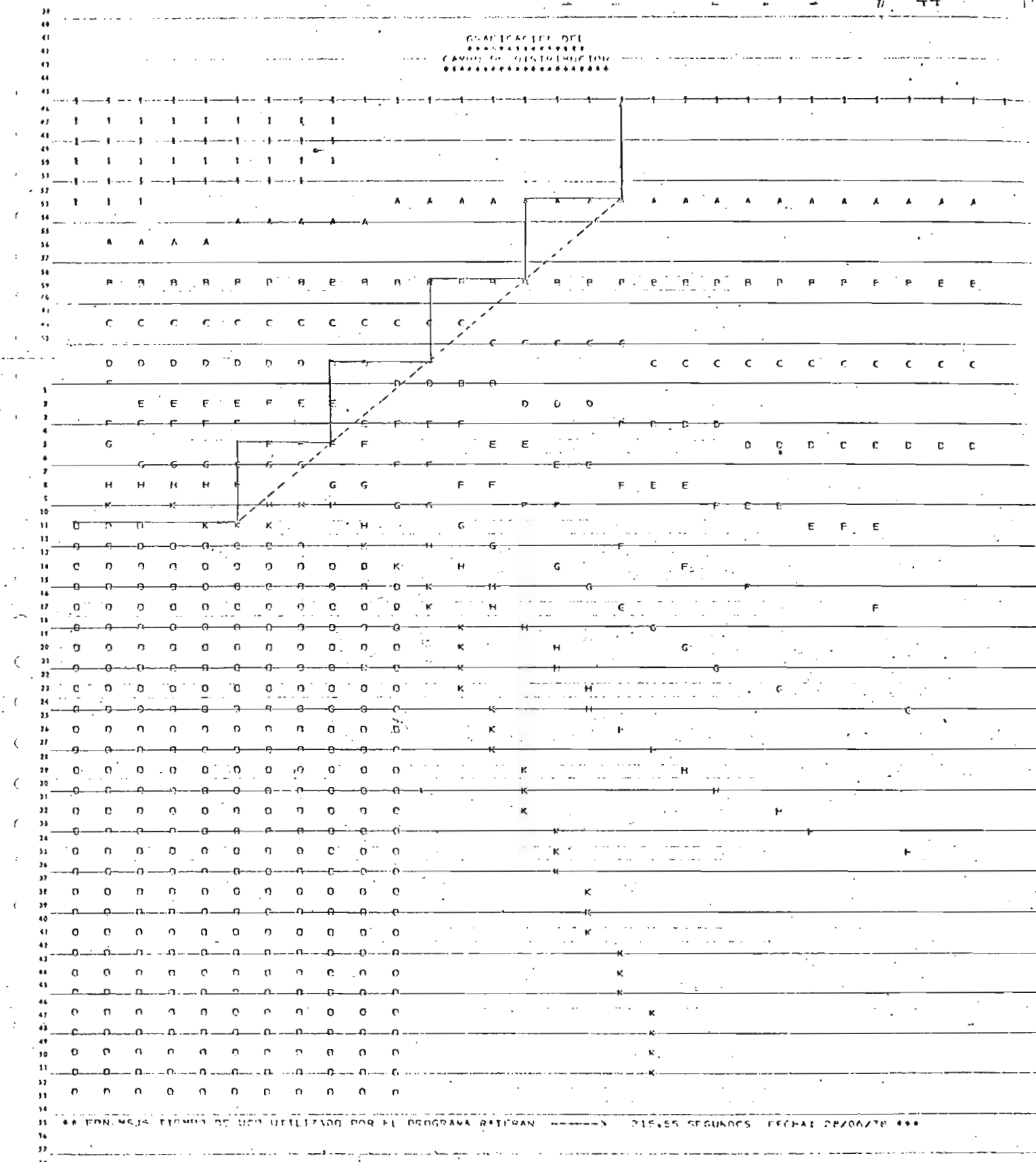


Fig. GD4: Distribución del campo eléctrico para electrodos con curvas Rogowsky (90) y dieléctrico en forma de cono truncado.



GD5: Distribución del campo eléctrico para electrodos con perfiles Rogowsky (120) y dieléctrico en forma de cono truncado.

cia que la pendiente del cono truncado (forma del dieléctrico) es mayor, la misma que permite una economía puesto que se reduce la longitud de acuerdo a las matrices MD4 con MD5 y GD4 con GD5 respectivamente; se ve que con $\gamma = 90°$ se tiene una mejor distribución de campo, por lo tanto, esta alternativa será definitivamente la que se tomará para el diseño del pasamuros.

Mediante la subrutina INTFIG, la matriz MD4 es interpolada tanto en el eje I como en el eje J; por lo tanto, para hallar las líneas equipotenciales de 90,80,70, 60, etc. como se puede ver en la Matriz MD11.

NOTA: Las matrices y gráficos MD4 y MD5, GD4 y GD5 respectivamente son valores determinados desde el inicio de aparición del perfil Rogowsky.

CAPITULO II

2. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA CAMARA

2.1 LA CAMARA, CONCEPCION GNEREAL Y COMPONENTES

La idea de realizar investigaciones sobre el comportamiento del efecto corona en conductores al aire libre, en condiciones de contaminación en nuestro país, se concibe la idea de construir la cámara.

Los componentes de la cámara en forma general son:

Madera

Vidrio

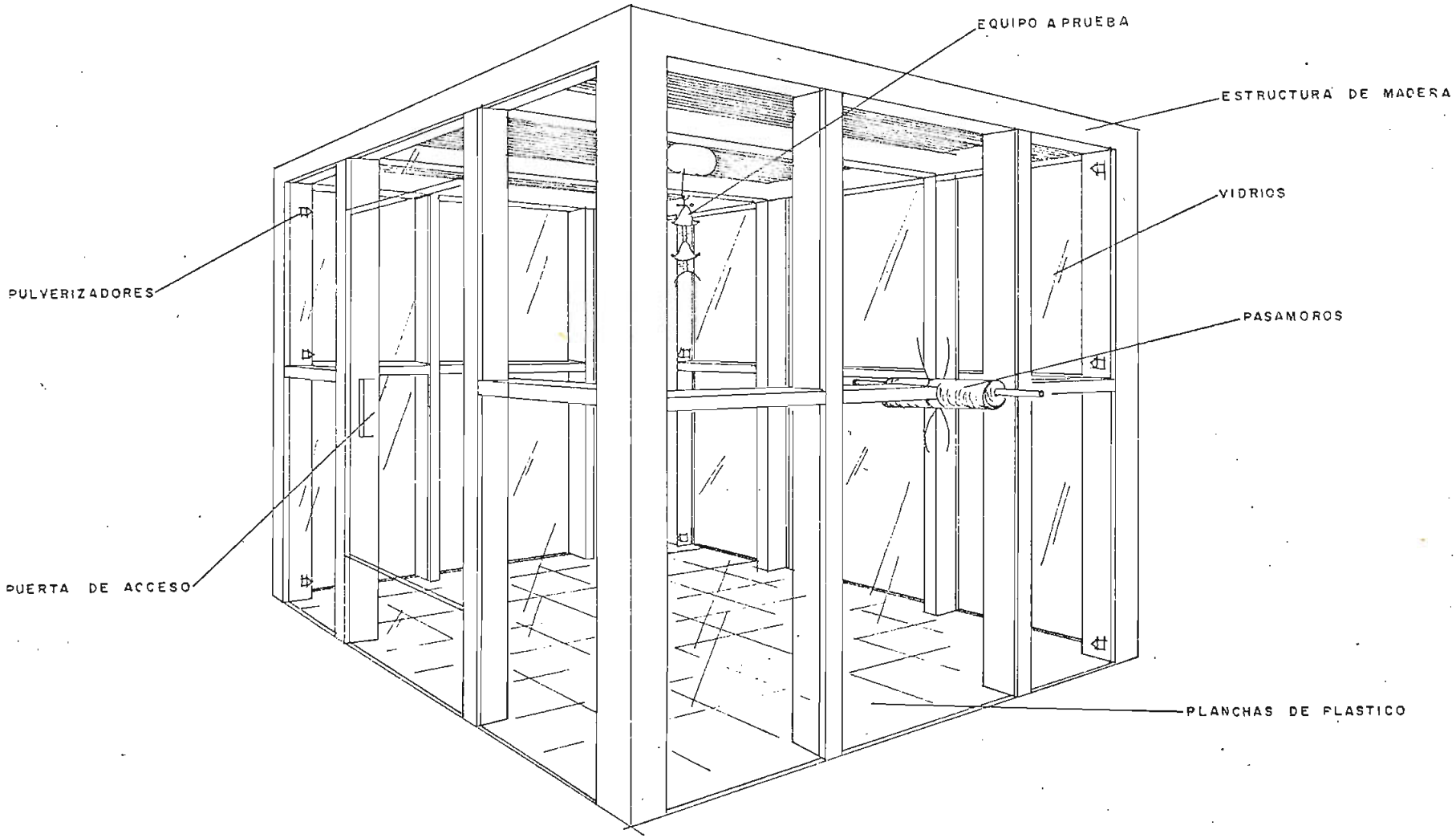
Plásticos

Resina

La madera, se puede adquirir fácilmente y a precios económicos, la misma que será debidamente tratada mediante las técnicas del vacío, el cual se describe en el punto 2.2.

El vidrio, con altas propiedades eléctricas permite que se lo utilice como buen aislante eléctrico, inclusive a elevadas temperaturas, sólo lo atraviezan pequeñísimas cantidades de corriente eléctrica.

El plástico, en forma de planchas será usada en la base de la cámara; dicho plástico está mezclado con fibras



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
CONTIENE: CAMARA DE AISLACION	escala:
	fecha:
NOMBRE: RAUL TERAN	dibujado por:

de vidrio para dar mayor consistencia y flexibilidad, y son fácilmente conseguidas en el mercado.

Debido a que en las unidades de la cámara no se va a usar ningún clavo o tornillo de metal, puesto que deformarían el campo eléctrico, entonces es necesario utilizar un pegamento que no sea soluble en agua, ni sea afectado por el ClNa (cluoruro de sodio), dicho pegamento es la resina Epoxi (Araldit) que es una variedad de plástico termo enduresible y forma poderosos adhesivos en forma permanente.

En las cuatro esquinas interiores de la cámara irán 3 pulverizadores del líquido contaminante, en cada una de ellas como indica la figura 2.1.a. Estos pulverizadores, serán activados por una bomba de 3/4 HP.

2.2 CRITERIOS DE CONSTRUCCION DE LA CAMARA

Con el fin de determinar el diseño y construcción más económico de la cámara, se hace necesario efectuar un análisis de costos de los materiales a emplearse.

En primera instancia, la cámara debía ser construída con material acrílico, que por cierto, tiene excelentes propiedades dieléctricas, pero resulta anti-económico debido a su elevado costo en el mercado, puesto que el costo de una plancha de 1.20 x 2.40 y 4mm. de espesor es de $ 2.700 y de acuerdo a las dimensiones de la cámara

(2 x 2 x 2 m.) se necesitaban 12 planchas; por lo tanto, el precio del proyecto llegaba a S/ 32.400,oo.

Como segunda alternativa, los materiales más convenientes son: la madera, el vidrio, el plástico y la resina Epoxi (Araldit).

De acuerdo a los datos proporcionados por el Centro Forestal del M.A.G ubicado en Conocoto, se tiene los siguientes tipos de madera adecuados para la construcción de la cámara y son:

FLEXION ESTATICA

Tipo de madera	Densidad básica gr/cm	Esfuerzo límite Kgr./cm	Módulo de ruptura Kgr./cm	Módulo de elasticidad 1000Kgr /cm
Romerillo fino	0.58	414	992	95
Moral fino	0.72	740	1285	140
Guayacán Pechiche	0.75	696	1444	162
Chanul	0.67	737	1424	176

De acuerdo a la presente tabla, el Moral fino y el Guayacán Pechiche son los mejores por su elevada densidad, pero no se puede conseguir fácilmente en el mercado; por lo tanto el Chanul será el elemento fundamental para la construcción.

Para el secado de esta madera se vió precisado construir

una cámara de vacío (fig. pg. 88) la misma que tendrá varios usos en el laboratorio de Alto Voltaje.

Una vez secada la madera, será pintada con pintura para impermeabilizarla y darle resistencia a la contaminación y humedad a la que estará sometida.

La inversión será la siguiente:

36 piezas de chanul	$ 900,00
24 vidrios de 0.66 x 1m. y 2mm.	" 2.500,00
1 tubo de vapor de 3 diámetro x 6 m.	" 3.720,00
2 planchas de plástico de 2,20 x 1 m.	" 840,00
1 kilo de pintura Epoxi	" 1.200,00
2 planchas de triplex de 2,40 x 1,20 y 12 líneas.	" 750,00
Varios	" 1.000,00
TOTAL	$ 10.460,00

2.3 CONSTRUCCION DEL PASAMUROS

De acuerdo al diseño presentado en el capítulo I, el pasamuros deberá ser construído de la siguiente manera:

En primer lugar se confeccionará un molde de cartulina impregnada con parafina para el pasamuros de la fig. 2.3.a.

Este molde se introducirá en un tanque de vacío que

estará conectado mediante una manguera a la cámara de vacío, al igual que un recipiente donde se encuentra la resina Epikote 828 con su catalizador. K16B

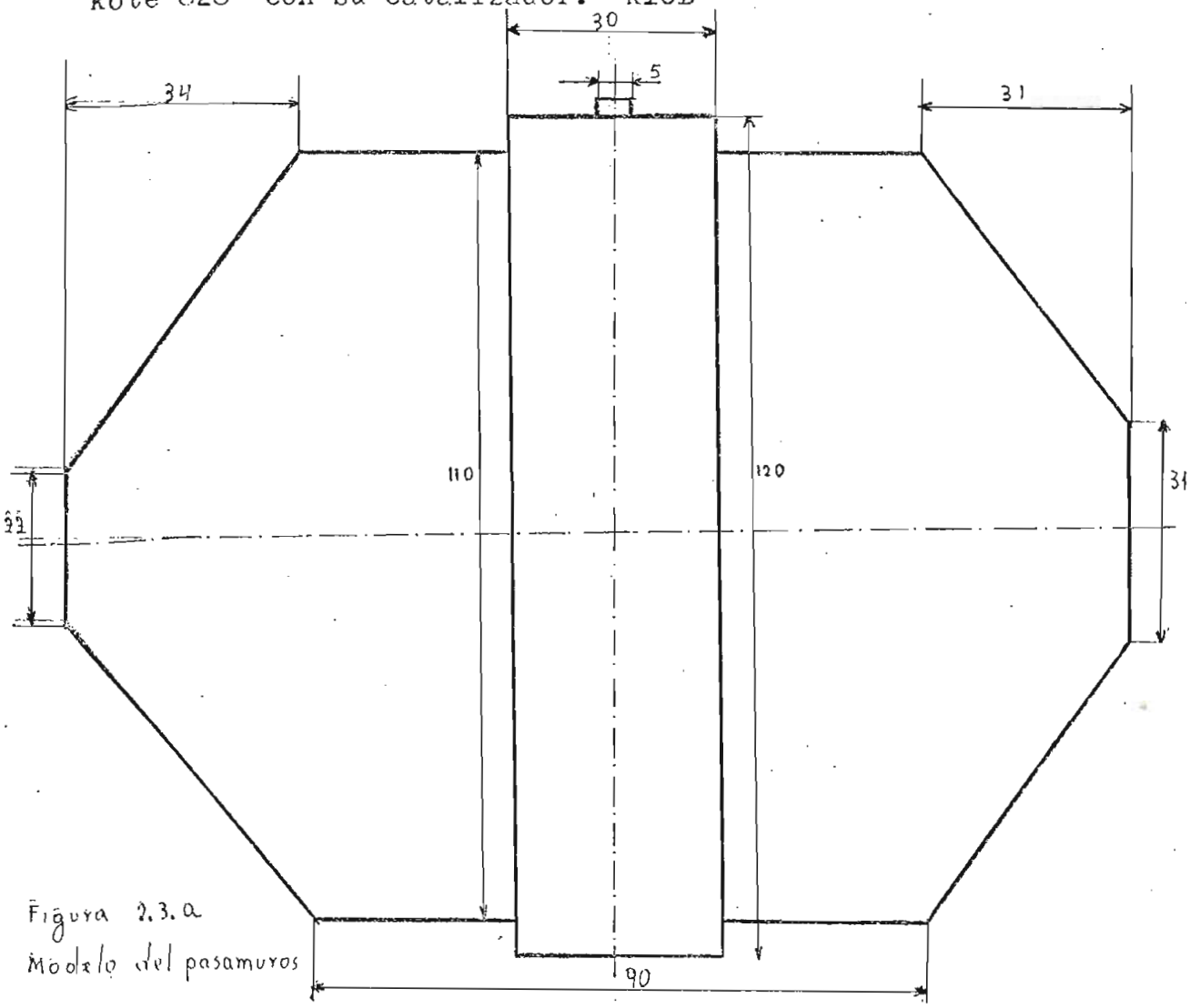


Figura 2.3.a
Modelo del pasamuros

La resina pasará del recipiente al molde, si es posible de gota en gota, e inmediatamente se le pondrá un ambiente de vacío, mejores resultados se obtendrán si se incluye el proceso de llenado del molde en un ambiente de vacío.

Esta técnica de vacío que se emplea para la construcción del pasamuros, eliminará las posibles burbujas del seno de la resina.

CAPITULO III

3. EQUIPO PERIFERICO

3.1 EQUIPO DE CIRCULACION Y DE PULVERIZACION

El equipo de circulación y pulverización del líquido constará de: (ver fig. 3.1.)

12 pulverizadores

1 bomba de agua de 3/4 HP.

8 M. de manguera plástica.

Estos elementos, provocarán la contaminación salina y los fenómenos atmosféricos artificilaes como son la lluvia y la neblina dentro de la cámara.

PRODUCCION DE NEBLINA

La salida del fluído debe ser uniforme por la presencia de canales secos (10) presentes en la superficie del equipo a prueba con la consecuente no linearidad del voltaje de distribución. El método de aplicación de contaminación por pulverización está considerado a ser adecuado para la cámara de aislación, aunque en algunos casos, tiene que ser usado en otros aparatos.

Dos métodos básicos están propuestos:

1) La aplicación continua de neblina de sal mientras

es energizado de acuerdo a las especificaciones de voltaje.

2) La aplicación de la conducción en capas conductoras de contaminadas que se la mantiene húmeda en un medio de neblina de agua, mientras el objeto probado, está energizado por el voltaje de prueba.

NEBLINA DE SAL.- La creación de neblina de una solución salina, es producido por la colocación especial de las boquillas como demuestra la figura 3.2.

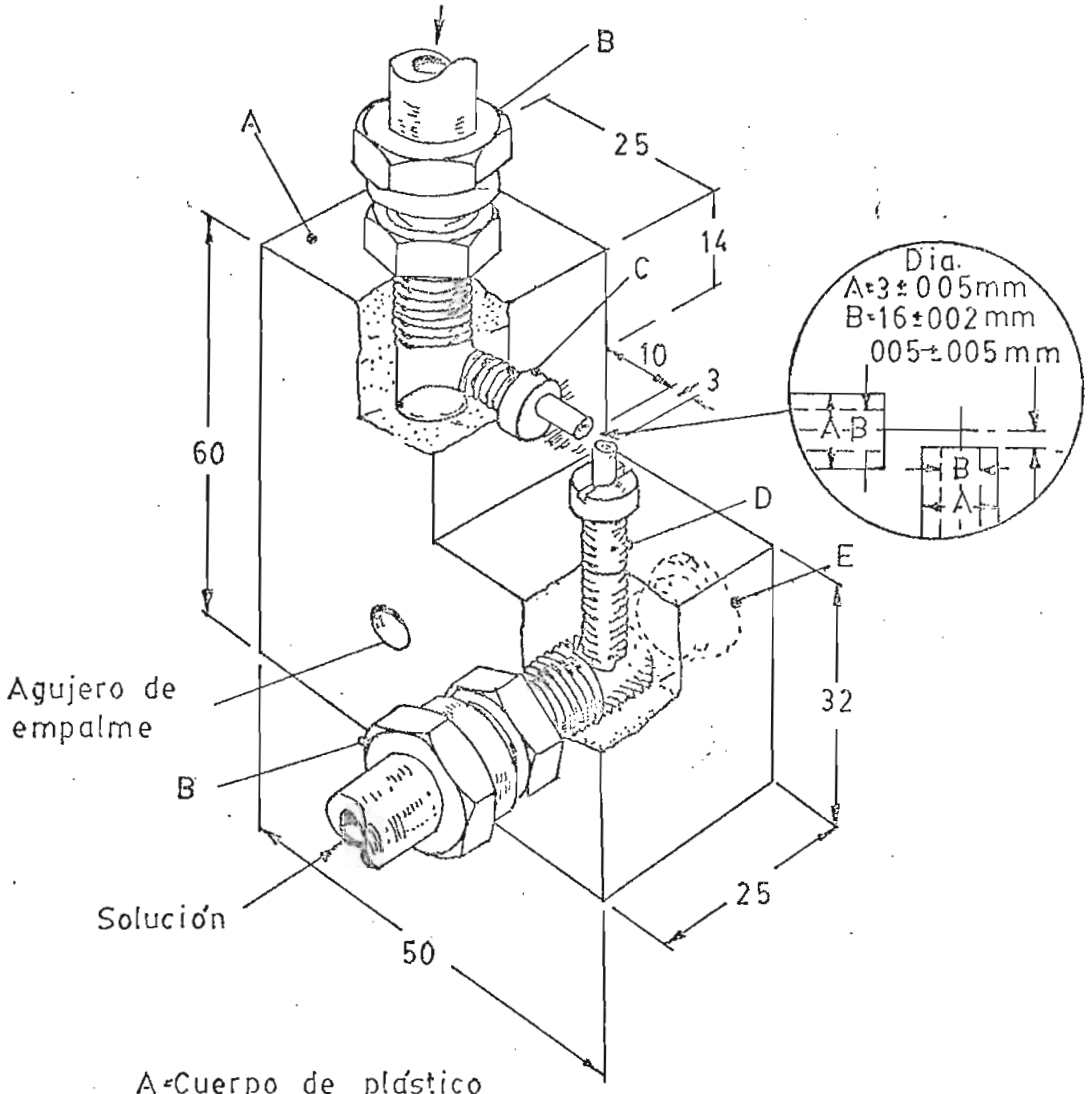
La una boquilla está llena de solución salina y la otra con aire a compresión. La medida del flujo de la solución (sin compresión de aire) es de 0.5 lt/min ± 5%. La presión del aire deberá estar entre 6.5×10^6 N / M 7×10^6 N/M.

La tolerancia para las dimensiones y las posiciones relativas de las boquillas de aire y de solución, están dadas en la fig. 3.2. ; donde la neblina es producida por la oposición de las boquillas colocadas en cuadratura.

La solución puede tener una concentración desde 2.5 hasta 160 gr. de cluoruro de sodio en 1 litro de agua.

NEBLINA DE AGUA.- Para la producción de la neblina, puede tomarse un tiempo de 15 a 30

minutos para el diversificado , es conveniente humedecer completamente para obtener el máximo valor de conducción de superficie.



A=Cuerpo de plástico
B=Tuerca corrediza de acoplamiento de las tuberias
C=M6×16mm de longuitud, cabeza principal atornillable de la abertura del tubo ajustador excéntrico
D=M6×16mm cabeza principal atornillable del tubo ajustador principal
E=Plug de plastico

Fig: .3.2. Pulverizantes de líquido

3.2 MEDICION DE LA CONDUCTIVIDAD

Debido a la dificultad que presenta la medición de la conductividad de la neblina es necesario medirlo en su etapa líquida (antes de ser pulverizado) con una cuba electrolítica.

3.3 PROTECCIONES

La cámara será colocada dentro de la JAULA DE FARADAY para realizar las pruebas; además los perfiles Rogowsky de la pared de la cámara pueden ir conectados a tierra para obtener las mismas condiciones de borde planteados en el programa digital.

3.4 MEDICIONES GENERALES

En este punto, se hará el cálculo del diámetro de las gotas de agua que incidan en el Pasamuros y en la cadena de aisladores que estará suspendida en la pared superior de la cámara.

Este diámetro de las gotas de agua estarán en función del caudal del líquido y de los diámetros de los orificios de los pulverizadores, apréstandose a los requerimientos de las normas internacionales.

Se inducen otros factores ambientales como presión barométrica, temperatura, ambiente, et., así como las específicas al experimento que se realice.

CAPITULO IV

PRUEBAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al realizar esta tesis se escogió la investigación del "Diseño y Construcción de una cámara para pruebas de aislación bajo condiciones de contaminación," que posibilite realizar otros temas como: "Estudio del efecto corona con contaminación salina," que representa un enorme problema para las empresas eléctricas que están junto al mar, como por ejemplo de la Península de Santa Elena, cuya electrificación está a cargo de la Empresa Eléctrica de "Santa Elena."

Otra tesis probable, podría ser el estudio del efecto corona con contaminación de hielo y neblina, que es muy importante en la aplicación de los hilos de alto voltaje que pasan por nuestra cordillera.

En general, a partir de la presente tesis se derivan muchas otras, en beneficio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, cuya información corre a cargo del Director de esta tesis.

A N E X O I

PROGRAMA DIGITAL

El programa digital tiene las proposiciones READ, WRITE, e IF de la siguiente forma:

READ (1,N)	Lista de términos
WRITE (3,M)	Lista de términos
IF lógico	(LT, LE, EQ, GE, GT, NE)

LT Menor que

LE Menor o igual que

EQ Igual que

GE Mayor o igual que

GT Mayor que

NE No es igual que

El enunciado del problema, es hallar la distribución del campo eléctrico para diferentes configuraciones de electrodos. (Perfiles Rogowsky)

Para la solución de este problema, fue empleado la Ecuación de Laplace en coordenadas cilíndricas, cuyo desarrollo está en el puntol.3 y tiene la siguiente expresión:

$$\left(1+\frac{H}{2R}\right) V(I+1,J) + \left(1-\frac{H}{2R}\right) V(I-1,J) + V(I,J\ 1) + V(I,J\ -1) - 4V(I,J) = 0 \qquad (9)$$

y su solución es la siguiente:

$$V(I,J)\ \text{nuevo} = V(I,J)\ \text{viejo} + \frac{ALFA}{4} * RES$$

Para el cálculo en los bordes de la matriz, es aplicada la ecuación de L'Hospital cuya explicación está en el punto 1.3.1 y está dada por la siguiente expresión:

$$V(I,J+1) + V(I,J-1) - 4V(I+1,J) - 6V(I,J) = 0$$

y su solución es la siguiente:

$$V(I,J)\ \text{nuevo} = V(I,J)\ \text{viejo} + \frac{ALFA}{6} * RES$$

Por V(I,J) viejo, se entiende el valor de voltaje de la iteración anterior.

V(I,J) nuevo, es el valor de voltaje de la nueva iteración que toma la computadora digital.

RES es el valor de las ecuaciones

El factor ALFA Está dado por:

$$ALFA = 2 * \left[1 - \pi \sqrt{\frac{1}{(N-1)^2} - \frac{1}{(M-1)^2}} \right] \qquad (8)$$

En donde:

M Valor máximo del eje J.

N Valor máximo del eje I.

H Constante

R Radio del punto (Y,X) tomado en consideración para el cálculo de voltaje y está dado por:

$$R = I + H \qquad \text{cuando } I \longrightarrow 1,N$$

IC (E) IFIX (AL (FI EXP (FI) A4) 0.5) ISUM

JC (E) IFEX (A1 (A2 EXP (FI) A3) 0.5) JSUM

Donde:

IC (E) Valores de X o I

JC (E) Valores de Y o J

$A1 = \frac{IA}{\pi}$

IA Separación de los electrodos

A2 Angulo SI expresado en radianes

A3 = Sen (A2)

A4 = Cos (A2)

FI Líneas de fuerza

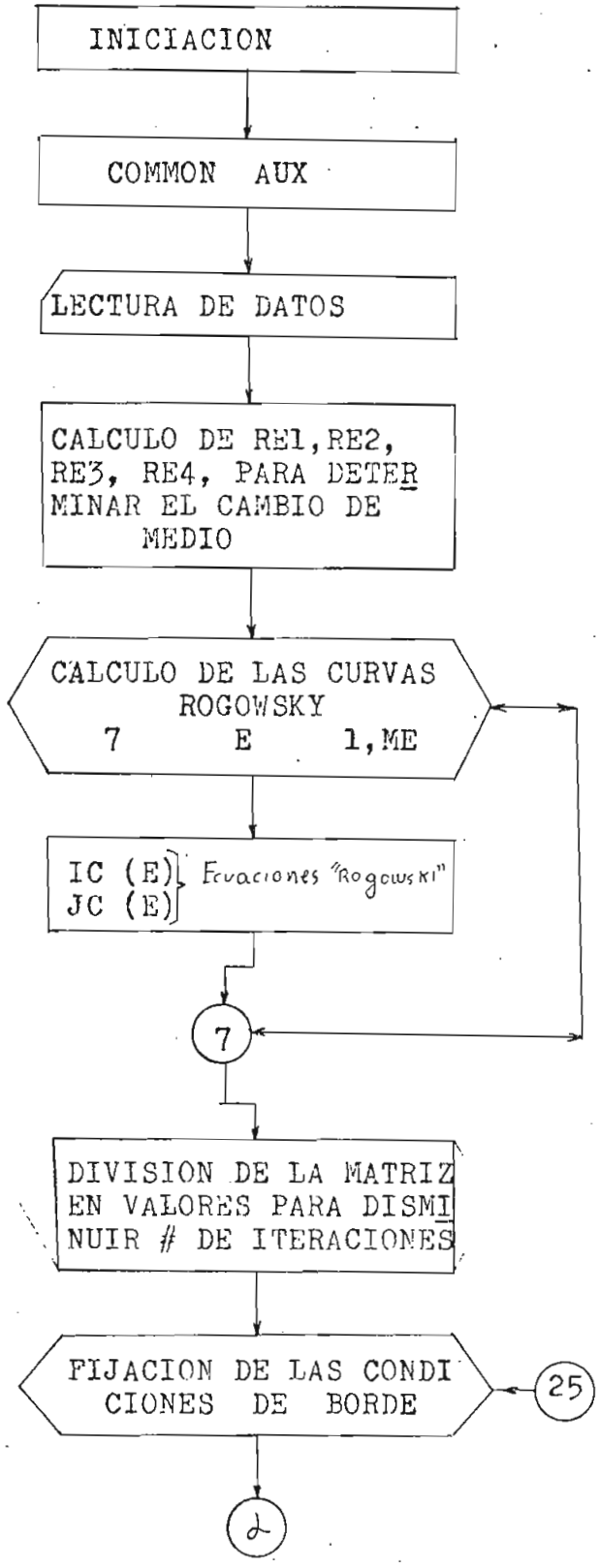
ISUM, JSUM } Valores para desplazar a la curva a lugares convenientes.

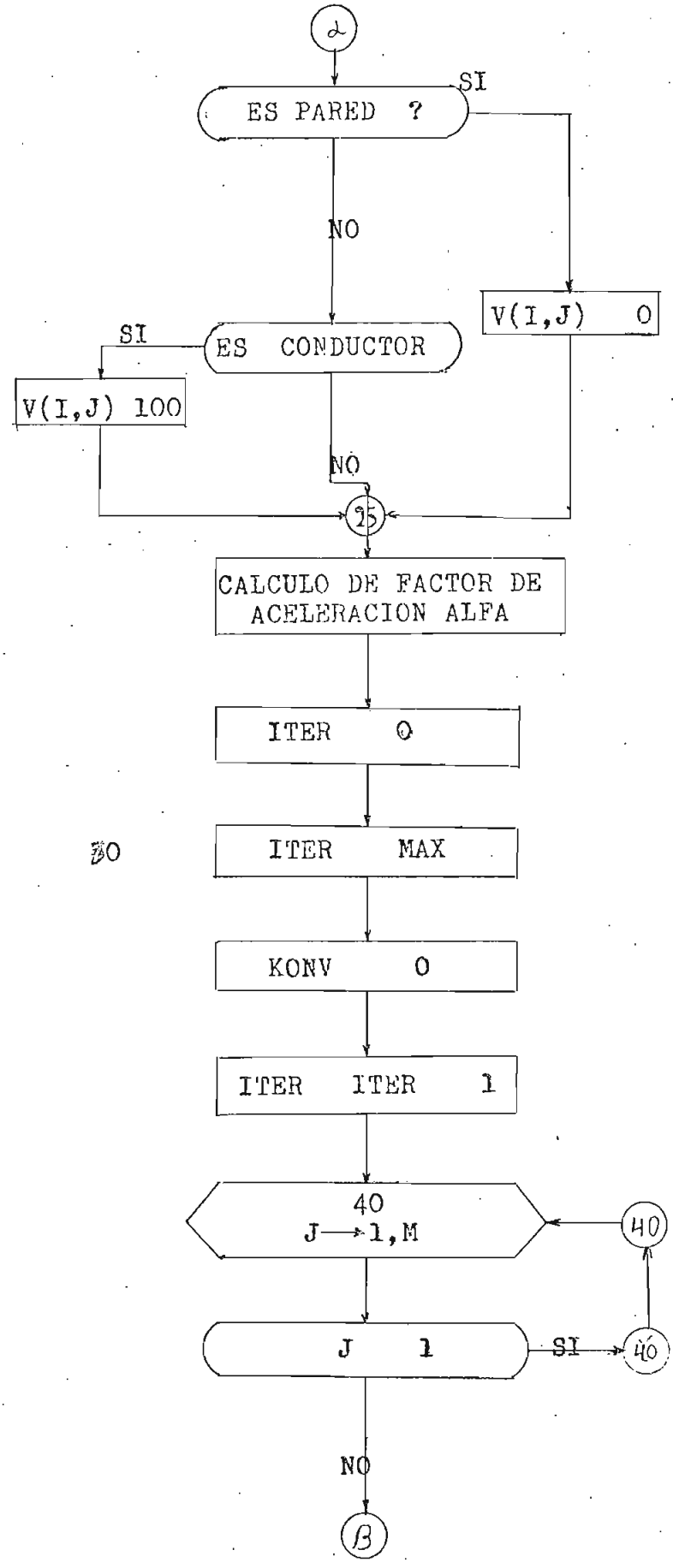
La subrutina DIELC ; calcula los valores de las líneas equipotenciales cuando sufren el cambio de medio y se tiene la variable RE.

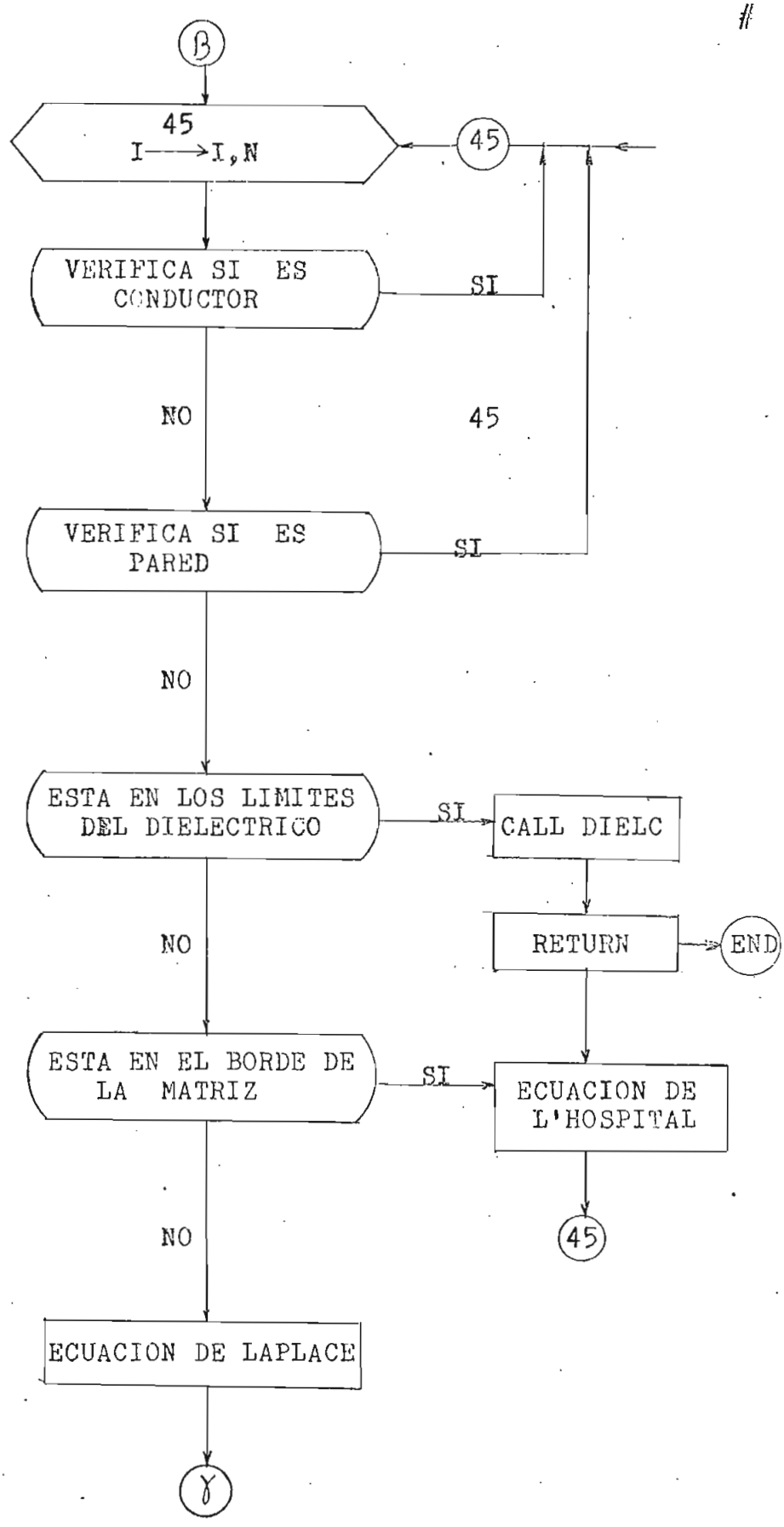
Donde:

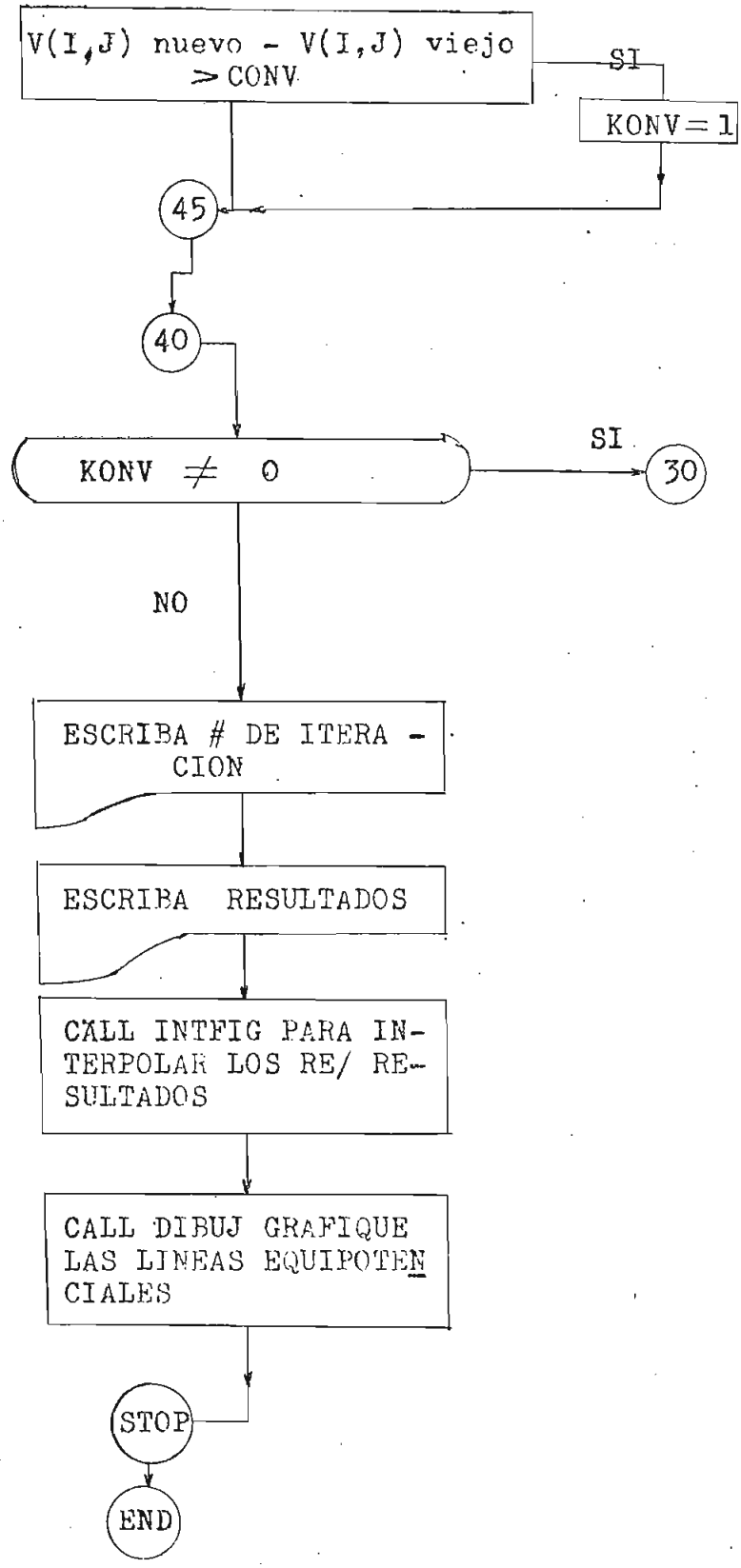
RE EPSILON A/ EPSILON B

En este caso, EPSILON B = 1: es la constante dieléctrica del aire.


INICIACION
COMMON AUX
LECTURA DE DATOS
CALCULO DE RE1,RE2, RE3, RE4, PARA DETERMINAR EL CAMBIO DE MEDIO
CALCULO DE LAS CURVAS ROGOWSKY
7 E 1,ME
IC (E)
JC (E)
Ecuaciones "Rogowski"
7
DIVISION DE LA MATRIZ EN VALORES PARA DISMINUIR # DE ITERACIONES
FIJACION DE LAS CONDICIONES DE BORDE
25
2

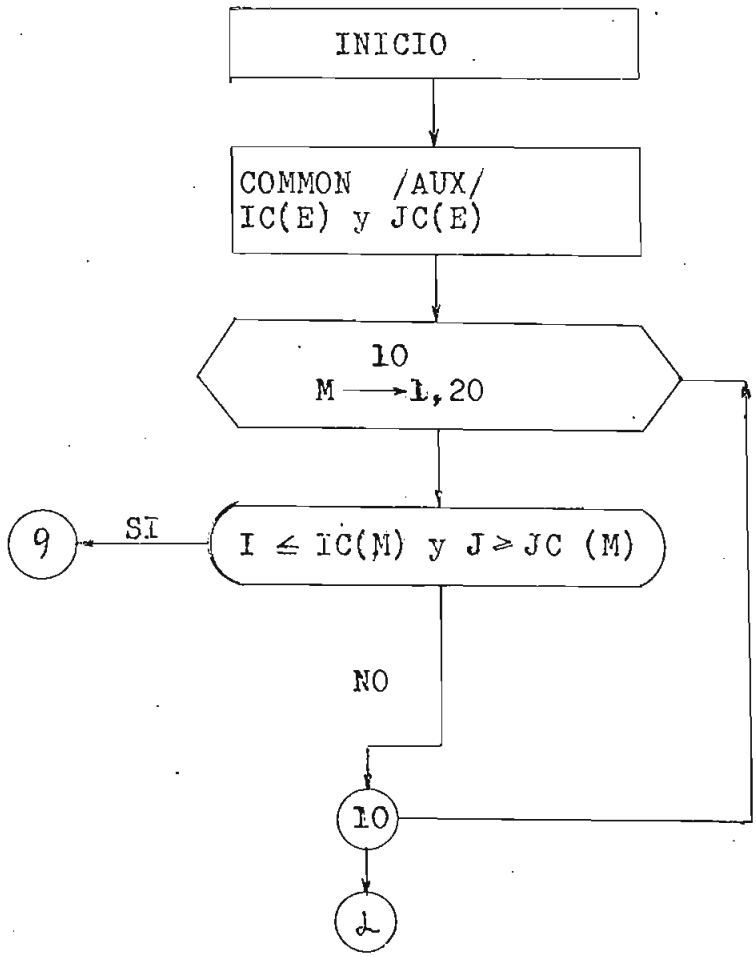

α
ES PARED ?
SI
NO
V(I,J) 0
SI
ES CONDUCTOR
V(I,J) 100
NO
25
CALCULO DE FACTOR DE ACELERACION ALFA
ITER 0
30
ITER MAX
KONV 0
ITER ITER 1
40
J → 1,M
40
J 1
SI
40
NO
β

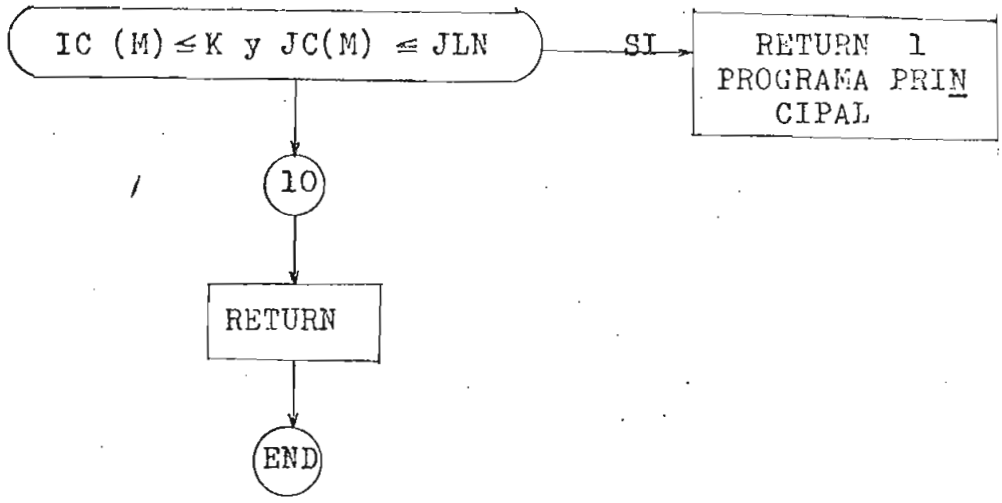

β
45
I → I, N
45
VERIFICA SI ES CONDUCTOR
SI
NO
45
VERIFICA SI ES PARED
SI
NO
ESTA EN LOS LIMITES DEL DIELECTRICO
SI
CALL DIELC
RETURN
END
NO
ESTA EN EL BORDE DE LA MATRIZ
SI
ECUACION DE L'HOSPITAL
45
NO
ECUACION DE LAPLACE
γ


V(I,J) nuevo - V(I,J) viejo > CONV
SI
KONV = 1
45
40
KONV ≠ 0
SI
30
NO
ESCRIBA # DE ITERA - CION
ESCRIBA RESULTADOS
CALL INTFIG PARA IN- TERPOLAR LOS RE/ RE- SULTADOS
CALL DIBUJ GRAFIQUE LAS LINEAS EQUIPOTEN CIALES
STOP
END

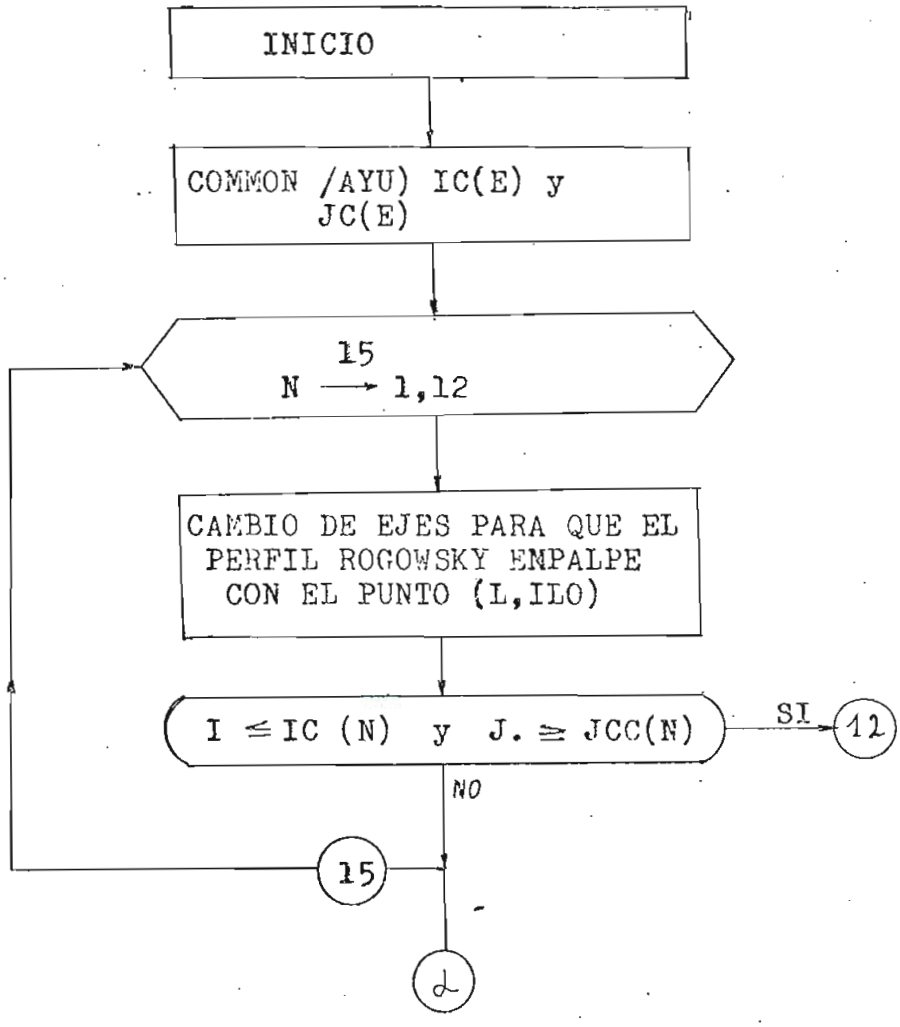
Antes de estudiar las tres subrutinas que calculan los perfiles Rogowsky (AISLA, CONDU, REVES, se necesito la utilización del COMMON (#) EL mismo que permite ser utilizado en cada una de las tres subrutinas con el consiguiente ahorro de tiempo y memoria del computador digital.

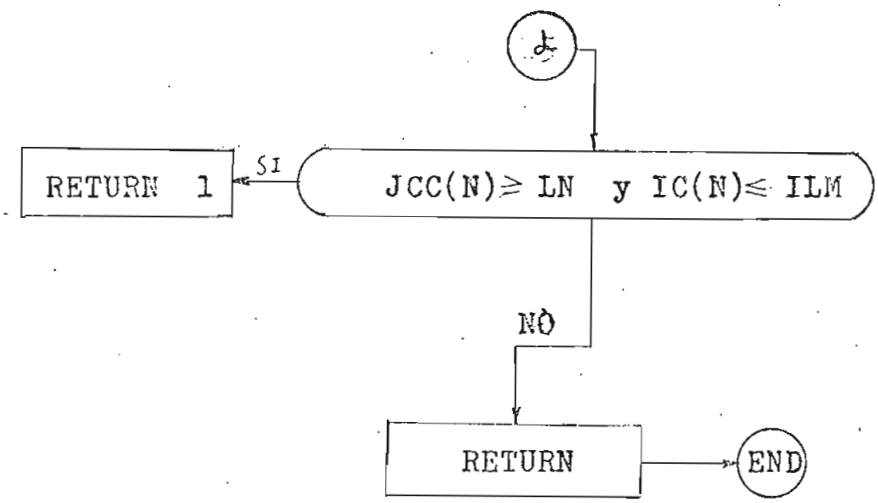
Con el uso de COMMON (AUX) asignamos a la memoria del computador digital los valores de X y Y, de las ecuaciones de Rogowsky, que por facilidades de uso en el programa digital se utilizó IC(E) y JC(E) respectivamente.



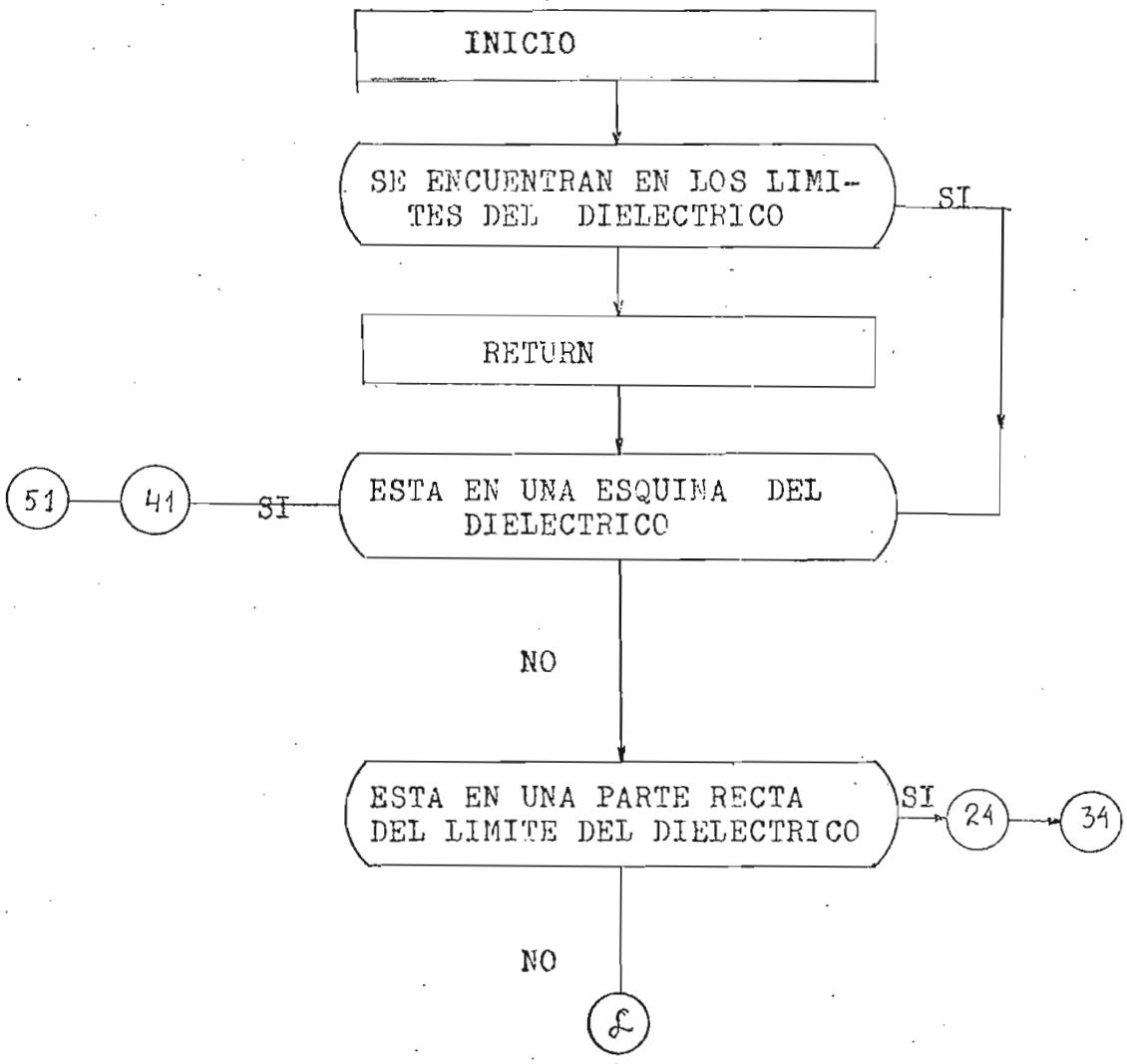


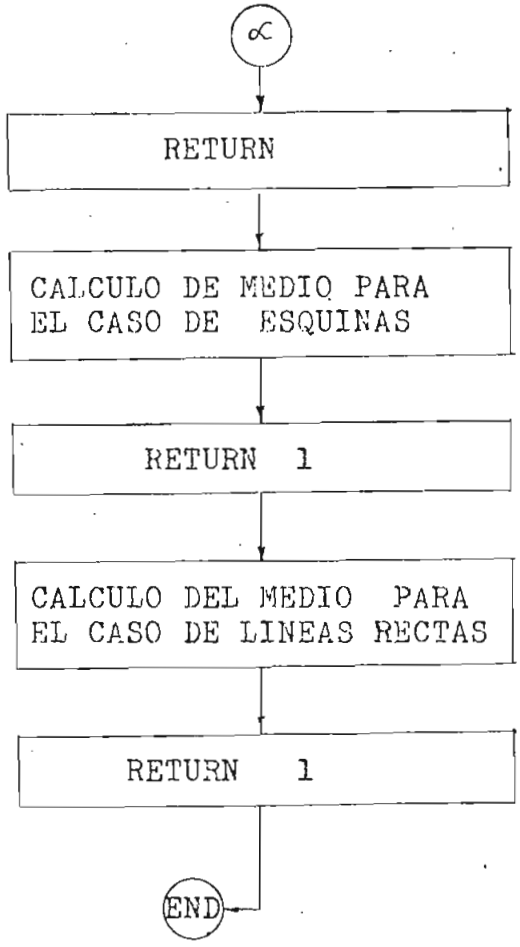
SUBRUTINA CONDU



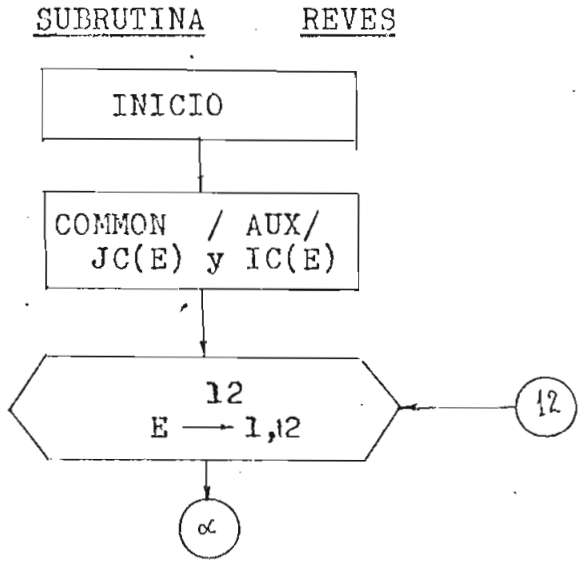


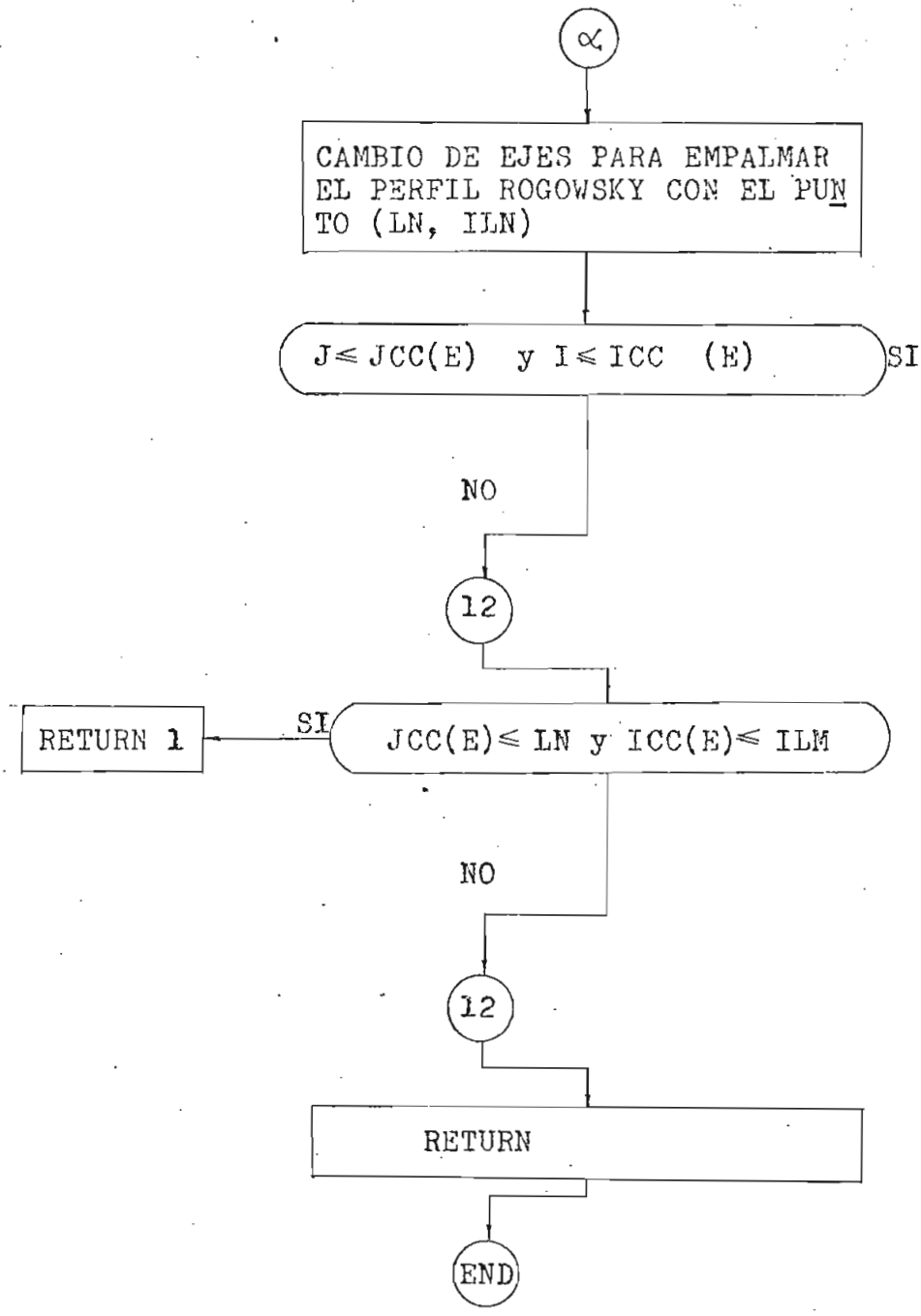
SUBRUTINA DIELC





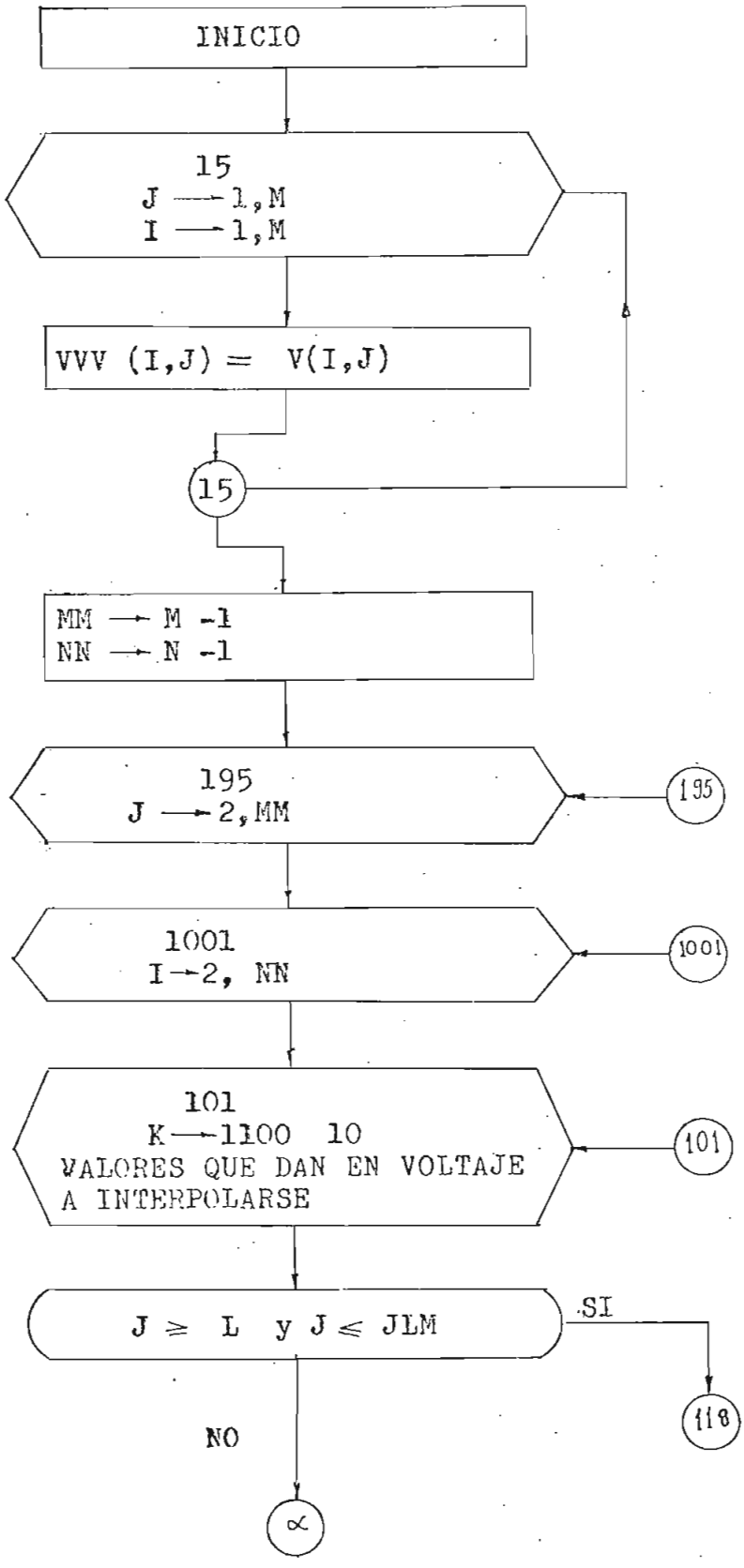
Esta subrutina calcula el cambio de media con el consiguiente efecto de las líneas equipotenciales.

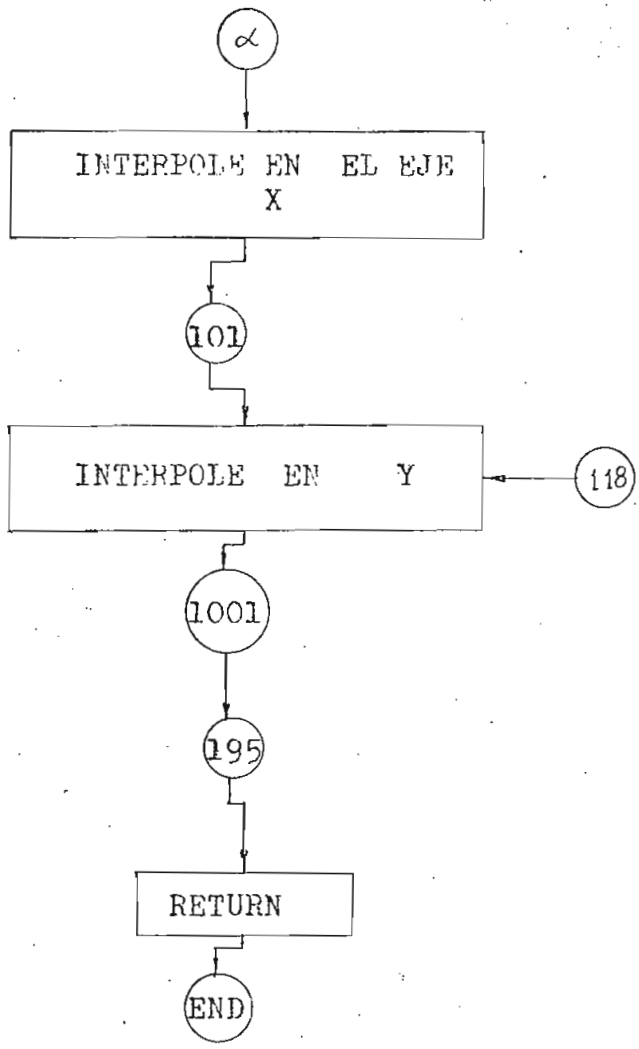




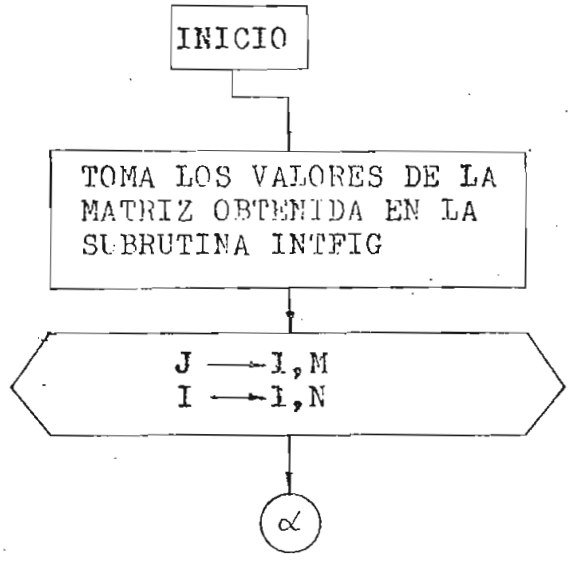
Las subrutinas CONDU y REVES calculan los valores que determinan el perfil Rogowsky en el conductor.

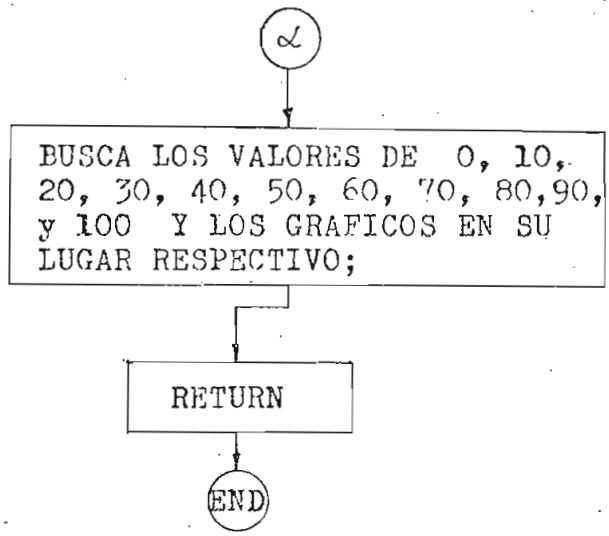
SUBRUTINA INTFIG





SUBRUTINA DIBUJ





Esta subrutina grafica los valores representativos del porcentaje del campo eléctrico por medio de letras y son:

1	100	%
A	90	"
B	80	"
C	70	"
D	60	"
E	50	"
F	40	"
G	30	"
H	20	"
K	10	"
O	0	"

DATOS DE ENTRADA

Para la entrada de datos se asigna dos tarjetas, las que son leídas por la computadora digital mediante las proposiciones:

```
READ (1.5) ILN,JLM,N,M,MAXT,CONV,H,L,JLN,K,IA,LN,ILO,SI,
           ILM,B,C,D,F,G,RE,O,P,Q,T.
5 FORMAT  (5I3,2F4.2,I2,5I3,F6.2,6I3,F5.2,4I2.
READ   (1.6) ME,ISUM,JSUM,DI,AD.
6 FORMAT (3I3,2F6.2)
```

ILN Valor para fijar condiciones de borde en el conductor en dirección del eje I.

JLM Valor para fijar condiciones de borde en la pared en dirección del eje J. (vertical).

N Valor máximo de la matriz en dirección al eje I, (horizontal)

M Valor máximo de la matriz en dirección al eje J, (vertical)

MAXT Valor máximo de iteraciones

CONV Valor máximo de error que se puede obtener en los cálculos del problema = 0.1.

H Constante dada por la ecuación de Laplace $\approx$1.0 como consta en el problema.

L Valor para fijar condiciones de borde en el conductor

en dirección del eje I. (horizontal)

JLN Valor para fijar condiciones de borde en la pared en dirección del eje J (vertical)

K Valor para fijar condición de borde en la pared en dirección al eje I.

IA separación de los electrodos.

LN valor para fijar condiciones de borde en el conductor en dirección del eje I.

ILO Valor para fijar condición de borde tanto en la pared como en el conductor en la dirección del eje I.

SI Angulo tomado en consideración, para obtener los perfiles Rogowsky. (en grados)

ILM Valor para fijar condiciones de borde en el conductor en dirección del eje I.

B Valor para fijar los límites del dieléctrico en dirección al eje J.

C Valor para fijar los límites del dieléctrico en dirección al eje I.

D Valor para fijar los límites del dieléctrico en dirección al eje J.

F Valor para fijar los límites del dieléctrico en dirección al eje I.

G Valor para fijar los límites del dieléctrico en dirección al eje I.

RE Valor de la relación de las permitividades tomadas en consideración. (EPSILON de la resina/EPSILON del aire.

O Valor para fijar los límites del dieléctrico en dirección al eje J.

P Valor para fijar los límites del dieléctrico en dirección al eje J.

Q Valor para fijar los límites del dieléctrico en dirección al eje J.

T Valor para fijar los límites del dieléctrico en dirección al eje I.

ME Valor del vector donde se almacena los valores de IC(E) y JC(E)

ISUM Valor tomado para el desplazamiento del perfil de Rogowsky en dirección al eje I.

JSUM Valor tomado para el desplazamiento del Perfil Rogowsky en dirección al eje J.

DI Valor mínimo de la línea de fuerza tomada en consideración.

AD Valor que da la magnitud de los pasos que se desea, para seleccionar las líneas de fuerza.

Ejemplo : $E_r \rightarrow 1,2$

FI = DI + AD x FLOAT (E)

FI = 4 + 0.2 x FLOAT (1)

FI = 4 + 0.2 = 4.2

FI = 4.0 + 0.2 x FLOAT (2)

FI = 4.0 + 0.4 = 4.4

NOTA: Para mayor claridad ver la figura I.1.

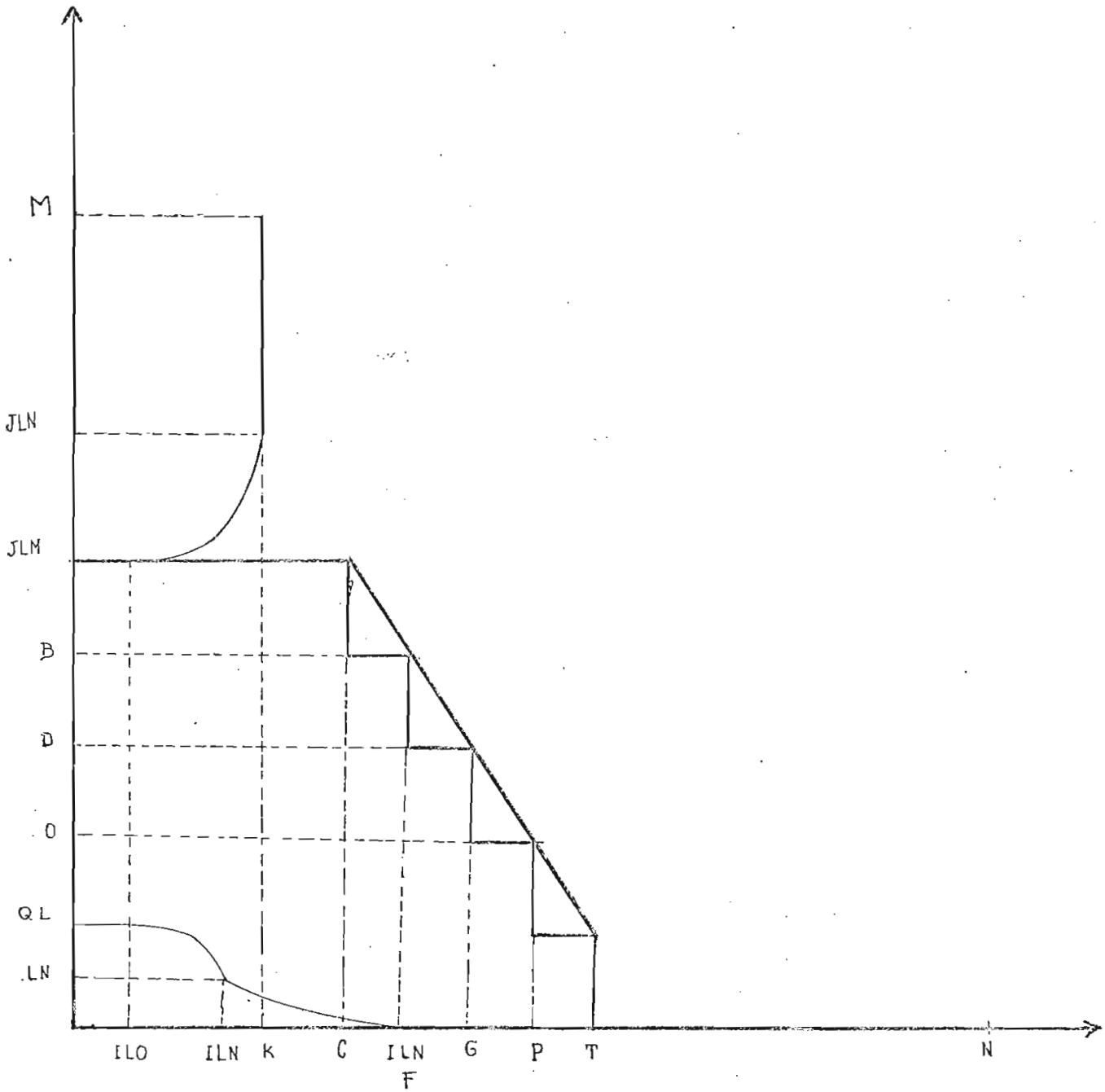


Figura I.1

Variables que determinan las condiciones de borde y los límites del dieléctrico

```
DOS FORTRAN IV,360N-FO-472 3-8        MAINPGM        DATE  03/07/78      TIME   19.16.24      PAGE 0001
                C  USO DEL COMMON, PARA EVITAR OPERACIONES REPETITIVAS Y DISMINUIR EL
                C  TIEMPO DE COMPUTADORA
0001                  COMMON /AUX/ IC(21),JC(56)
0002                  COMMON /AYU/ RE1,RE2,RE3,RE4,RE ,KONV
0003                  DIMENSION V(31,93),JCC(93),ICC(21),VVV(31,93),DIB(31,92)
0004                  INTEGER E,O,P,O,T
0005                  INTEGER B,C,D,F,G
                C
                C  LECTURA DE VALORES Y CANTIDADES QUE UTILIZAMOS A CONTINUACION
0006                  READ(1,5)ILN,JLN,N,M,MAXT,CONV,H,L,JLN,K,IA,LN,ILO,ST,IEM,P,C,D,F,
                     *G,EC,C,P,G,T
0007                5 FORMAT(5I3,2F4.2,I2,5I3,F6.2,6I3,F5.2,4I2)
0008                  READ(1,6)NF,ISUM,JSUM,DI,AD
0009                6 FORMAT(3I3,2F6.2)
                C
                C ECUACION DE ROGOWSKI PARA CALCULAR  LAS CURVAS  DE LOS ELECTRODOS
                C  MDEL PASAMUROS Y DE LA PARED DE LA CAMARA), SE CONOCE CON EL NOMBRE:
                C  CURVAS DE "ROGOWSKY"
0010                  RE1=(RE+1.)/2.
0011                  RE2=RE*3.
0012                  RE3=1./RE1
0013                  RE4=RE*RE3
0014                  A1=0.3E31+FLOAT(IA)
0015                  A2=0.01745*SI
0016                  A3=SIN(A2)
0017                  A4=COS(A2)
0018                  DO 7 E=L,NE
0019                  FI=DI+AD*FLOAT(E)
0020                  IC(E)=EFIX(A1*(FI+EXP(FI)*A4)+0.5)
0021                  IC(E)=IC(E)+ISUM
0022                  JC(E)=EFIX(A1*(A2+EXP(FI)*A3)+0.5)
0023                  JC(E)=JC(E)+JSUM
0024                  IF(JC(E).GE.M) GO TO 203
0025                7 CONTINUE
0026              203 WRITE(3,15)
0027               15 FORMAT(///,41X,'CALCULO NUMERICO DE UN CAMPO DE DISTRIBUCION',/,41
                     *X,44('*'),///)
0028                  WRITE(3,20)ILN,JLN,N,M,MAXT,CONV,H,L,JLN,K,IA,LN,ILO,ILM
0029               20 FORMAT(7X,'ILN=',I3,8X,'JLN=',I3,8X,'N=',I3,8X,'M=',I3,8X,'MAXT=',
                     *I3,8X,'CONV=',F4.2,8X,'H=',F4.2,8X,'L=',I2,//,7X,'JLN=',I3,9X,'K='
                     *,I3,9X,'IA=',I3,7X,'LN=',I3,9X,'ILO=',I3,9X,'ILM=',I3,///)
0030                  WRITE(3,19)SI
0031               19 FORMAT(59X,'SI=',F6.2/,59X,9('*'),//)
                C
                C  ENCERRAMIENTO DE LA MATRIZ V(I,J)
0032                  JA=6
0033                  JB=10
0034                  JC=15
0035                  JD=20
0036                  JE=25
0037                  JF=30
0038                  JG=35
0039                  JH=40
0040                  JI=45
0041                  JK=50
0042                  DO 10 J=1,M
0043                  DO 10 I=1,N
0044                  IF(J.GE.1.AND.J.LE.JA) V(I,J)=100.0
0045                  IF(J.GT.JA.AND.J.LE.JB) V(I,J)=90.0
0046                  IF(J.GT.JB.AND.J.LE.JC) V(I,J)=80.0
0047                  IF(J.GT.JC.AND.J.LE.JD) V(I,J)=70.0
0048                  IF(J.GT.JD.AND.J.LE.JE) V(I,J)=60.0
0049                  IF(J.GT.JE.AND.J.LE.JF) V(I,J)=50.0
0050                  IF(J.GT.JF.AND.J.LE.JG) V(I,J)=40.0
0051                  IF(J.GT.JG.AND.J.LE.JH) V(I,J)=30.0
0052                  IF(J.GT.JH.AND.J.LE.JI) V(I,J)=20.0
0053                  IF(J.GT.JI.AND.J.LE.JK) V(I,J)=10.0
0054               10 CONTINUE
                C
                C  FIJACION DE LAS CONDICIONES DE BORDE PARA SOLUCION DE LA ECUACION DE
                C  LAPLACE  Y ECUACION DE HELMHOLTZ
0055                  DO 25 J=1,M
0056                  DO 25 I=1,N
0057                  IF(J.GE.JLN.AND.I.LE.ILO)GO TO 300
0058                  IF(J.GE.JLN.AND.I.LE.K)GO TO 300
0059                  IF(J.GE.JLN.AND.I.GT.K)GO TO 25
0060                  IF(J.LT.JLN.AND.I.LE.N)GO TO 27
0061                  CALL AISLA(I,J,K,JLN,A300)
0062               27 IF(J.GT.L)GO TO 25
0063                  IF(J.LE.L.AND.I.LE.ILO)GO TO 500
```

```
0064          IF(J.LE.LN.AND.I.LE.ILN)GO TO 500
0065          IF(J.EQ.1.AND.I.LE.N)GO TO 500
0066          IF(J.LE.LN.AND.I.LE.ILN)GO TO 23
0067          IF(J.GT.1.AND.I.GT.ILN)GO TO 25
0068          CALL CONDU(I,J,JLN,L,ILN,LN,JCC,&500)
0069          GO TO 25
0070      300 V(I,J)=0.0
0071          GO TO 25
0072      500 V(I,J)=100.0
0073          GO TO 25
0074       23 CALL REVCS(I,J,JLN,ILN,ILO,LN,ILN,ICC,JCC,&500)
0075       25 CONTINUE
        C
        C  CALCULO DEL FACTOR DE ACELERACION  PARA LAS CURVAS EQUIPOTENCIALES
0076          R0=FLOAT(N-1)*FLOAT(M-1)
0077          R1=FLOAT(N-1)*FLOAT(N-1)
0078          S=SQRT(1./R0+1./R1)
0079          ALFA=2.*(1.-3.1416*S)
        C
        C  CALCULO DE LOAS EQUIPOTENCIALES POR EL METODO DE RELAJAMIENTO
0080          ITER=0
0081       30 IF(ITER.GT.MAXT)GO TO 35
0082          KONV=0
0083          ITER=ITER+1
0084          DO 40 J=1,M
0085          IF(J.EQ.1) GO TO 40
0086          DO 45 I=1,N
0087          IF(J.GE.JLN.AND.I.LE.ILO)GO TO 45
0088          IF(J.GE.JLN.AND.I.LE.K)GO TO 45
0089          IF(J.LT.JLN.AND.I.LE.N)GO TO 28
0090          IF(J.GE.JLN.AND.I.GT.K)GO TO 28
0091          CALL AISLA(I,J,K,JLN,&45)
0092       28 IF(J.LE.L.AND.I.LE.ILO)GO TO 45
0093          IF(J.LE.LN.AND.I.LE.ILN)GO TO 45
0094          IF(J.EQ.1.AND.I.LE.N)GO TO 45
0095          IF(J.GT.L)GO TO 29
0096          IF(J.LE.LN.AND.I.LE.ILN)GO TO 22
0097          IF(J.GT.1.AND.I.GT.ILN)GO TO 29
0098          CALL CONDU(I,J,JLN,L,ILN,LN,JCC,&45)
0099       22 CALL REVCS(I,J,JLN,ILN,ILO,LN,ILN,ICC,JCC,&45)
0100       29 IF(I.EQ.G.AND.J.LE.D) GO TO 31
0101          IF(I.EQ.T.AND.J.LE.O.OR.I.EQ.P.AND.J.LE.O) GO TO 31
0102          IF(I.EQ.F.AND.J.LE.B) GO TO 31
0103          IF(I.EQ.C.AND.J.LE.JLP) GO TO 31
0104          IF(I.LE.T.AND.J.EQ.O.OR.I.LE.P.AND.J.EQ.O) GO TO 31
0105          IF(I.LE.G.AND.J.EQ.C) GO TO 31
0106          IF(I.LE.F.AND.J.EQ.B) GO TO 31
0107          IF(I.LE.C.AND.J.NE.JLP) GO TO 129
0108          IF(I.GT.C) GO TO 129
0109       31 CALL DTELC(I,J,ILD,JLP,ITER,H,R,M,V,B,C,D,F,G,RES1,RES2,RES3,CONV,
             *ALFA,&301,&45)
0110      129 IF(I.NE.1)GO TO 50
        C
        C  ECUACION DE HOSPITAL
0111          VIJ=V(I,J)
0112          RES=V(I,J+1)+V(I,J-1)+4.*V(I+1,J)-6.*V(I,J)
0113          V(I,J)=V(I,J)+ALFA/6.*RES
0114          IF((V(I,J)-VIJ).GT.CONV)KONV=1
0115          GO TO 45
0116       50 IF(J.NE.M)GO TO 55
0117          V(I,J+1)=V(I,J-1)
0118       55 IF(I.NE.N)GO TO 60
0119          V(I+1,J)=V(I-1,J)
        C
        C  ECUACION DE LAPLACE
0120       60 R=FLOAT(I)*H
0121          RES1=(1.+H/(2.*R))*V(I+1,J)
0122          RES2=(1.-H/(2.*R))*V(I-1,J)
0123          RES3=V(I,J+1)+V(I,J-1)-4.*V(I,J)
0124      301 RES=RES1+RES2+RES3
0125          VIJ=V(I,J)
0126          V(I,J)=V(I,J)+ALFA/4.*RES
0127          IF((V(I,J)-VIJ).GT.CONV)KONV=1
0128       45 CONTINUE
0129       40 CONTINUE
0130          IF(KONV.NE.0)GO TO 30
0131          GO TO 65
0132       35 WRITE(3,85)
0133       65 WRITE(3,90)ITER
0134       85 FORMAT(51X,'SOLUCION NO CONVERGE.CUANDO',/,51X,27('*'),//)
```

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          MAINPGM          DATE  03/07/78     TIME    19.16.24     PAGE 0003

0135          90 FORMAT(52X,*NUMBER OF  ITERACTION*,I2,/,52X,23(**),//)
0136             J=1
0137          95 WRITE(2,70)(V(I,J),I=1,15)
0138          70 FORMAT(15(1X,F7.3))
0139             WRITE(3,75)J
0140          75 FORMAT(11X,I2,/)
0141             IF(J.EQ.M)GO TO 80
0142             J=J+1
0143             GO TO 95
0144          80 WRITE(7,81) ((V(I,J),I=16,N),J=1,M)
0145          81 FORMAT(//,15(1X,F7.3),//)
0146             CALL INTEIG(M,N,V,VVV,JLM,L)
0147             CALL DIBUJ(VVV,I,J,N,M)
0148             STOP
0149             END
```

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          MAINPGM          DATE  03/07/78     TIME    19.16.24     PAGE 0004

                                COMMON BLOCK /AUX     / MAP SIZE      134
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
IC            0       JC           54

                                COMMON BLOCK /AYU     / MAP SIZE       18
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
RE1           0       RE2           4       RE3           8       RE4           C       RE           10
KONV         14

                                SCALAR MAP
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
ILN          23C      JLN          240      N            244      M            248      MAXT         24C
CONV         250      H            254      L            258      JLN          25C      K            260
IA           264      LN           268      ILO          26C      SI           270      ILM          274
B            278      C            27C      D            280      F            284      G            288
O            28C      P            290      Q            294      T            298      RE           29C
ISUM         2A0      JSUM         2A4      DI           2A8      AD           2AC      AI           2B0
A2           2B4      A3           2B8      A4           2BC      E            2C0      EI           2C4
JA           2C8      JB           2CC      JL           2D0      JC           2D4      JE           2D8
JF           2DC      JG           2E0      JH           2E4      JI           2E8      JK           2EC
J            2F0      I            2F4      RO           2F8      R1           2FC      S            300
ALFA         304      ITER         308      RES1         30C      RES2         310      RES3         314
VIJ          318      RES          31C      R            320

                                ARRAY MAP
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
V            324      JCC          3030     ICC          31A4     VVV          31F8     DIB          3F09

                                SUBPROGRAMS CALLED
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
IBCOMM       8C10     AISLA        8C14     CONDU        8C18     REVES        8C1C     DIELC        8C20
INTEIG       8C24     DIBUJ        8C28     SIN          8C2C     COS          8C30     EXP          8C34
SQRT         8C38

                                FORMAT STATEMENT MAP
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
    5        8D8C        6        8DAB       15        8DB6       20        8DF7       19        8E82
   85        8E99       90        8EC5       70        8EEC       75        8EF6       81        8EF0

DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          MAINPGM          DATE  03/07/78     TIME    19.16.24     PAGE 0005

                                STATEMENT LABEL MAP
LOCATION    STA NUM    LABEL    LOCATION    STA NUM    LABEL    LOCATION    STA NUM    LABEL
009000        6                  009E4       8                  0C9120       10
009130       11                  009F3C      12                 0C9148       13
009154       14                  009178      15                 0C9184       16
009196       17                  009A8       18                 0C91B4       19
0091F0       20                  009210      21                 0C9228       22
009264       23                  009270      24                 0C927E       25        7
009296       26       203        009284      28                 0C9338       30
009354       32                  009350      33                 009364       34
009360       35                  009374      36                 009370       37
009384       38                  009380      39                 0C9394       40
009390       41                  0093A4      42                 0C93B0       43
0093BE       44                  0093FC      45                 0C943A       46
009478       47                  009486      48                 0C94F4       49
009532       50                  009570      51                 009SAE       52
0095EC       53                  00962A      54        10       0C9662       55
009672       56                  009680      57                 0C96P6       58
0096F8       59                  009714      60                 0C974C       61
00977C       62       27         009780      63                 0C97CC       64
0097F2       65                  009824      66                 0C9F56       67
009888       68                  009B89      69                 0C9BBE       70        300
009BCA       71                  009B00      72        500      0C9BDC       73
009BF2       74       23         009914      75        25       0C994C       76
009996       77                  009C0C      78                 0C9A04       79
009A1A       80                  0C9A22      81        30       0C9A3C       82
009A40       83                  009A4C      84                 0C9A58       85
009A6A       86                  009A74      87                 0C9AAA       88
009ADC       89                  009B0C      90                 0C9E40       91
009B70       92       28         0092A6      93                 009B08       94
009C0A       95                  0C9C19      96                 0C9C4A       97
009C7C       98                  0C9CAC      99        22       0C9CC0      100        29
009D16      101                  009D74     102                 0L9CA6      103
009D09      104                  009E36     105                 009E68      106
009D1A      107                  009ECC     108                 0C9E0A      109        31
009E10      110       129        009F22     111                 009F2A      112
009E4C      113                  009F60     114                 0C9F7E      115
009E84      116       50         009E92     117                 0C9F0A      118        85
009E48      119                  0C9F00     120        60       0C9FD8      121
009FE2      122                  00A00F     123                 0CA026      124        301
00A036      125                  00A03F     126                 0CA056      127
00A074      128       45         00A050     129        40       00A0AC      130
00A0E2      131                  00A0C8     132        35       0CA0E4      132        65
00A104      136                  00A10L     137        95       0CA1C0      139
00A180      141                  00A1BE     142                 0CA19A      143
00A1A0      144       80         00A214     146                 0CA226      147
00A214      148
TOTAL MEMORY REQUIREMENTS 00A242 BYTES

HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0
```

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          AISLA          DATE   03/07/78      TIME    19.17.19      PAGE 0001

0001                SUBROUTINE AISLA(I,J,K,JLN,*)
                C
                C   SUBRUTINA QUE CALCULA LA CURVATURA DEBE TENER LA PARED DE LA CAMARA
0002                COMMON /AUX/ IC(21),JC(56)
0003                DO 10 M=1,12
0004                IF(I.LE.IC(M).AND.J.GE.JC(M))GO TO 9
0005                GO TO 10
0006              9 IF(IC(M).LE.K.AND.JC(M).LE.JLN) RETURN 1
0007             10 CONTINUE
0008                RETURN
0009                END

DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          AISLA          DATE   03/07/78      TIME    19.17.19      PAGE 0002

                                COMMON BLOCK /AUX      / MAP SIZE      134
SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION
IC           0          JC           54

                                SCALAR MAP
SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION
M            B0         I            B4         J            B8         K            BC         JLN          CC

DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          AISLA          DATE   03/07/78      TIME    19.17.19      PAGE 0003

                                STATEMENT LABEL MAP
LOCATION   STA NUM   LABEL     LOCATION   STA NUM   LABEL     LOCATION   STA NUM   LABEL
000182       1                 000182       3                 000188       4
0001C0       5                 0001C6       6       9         000200       7       10
000218       8
 TOTAL MEMORY REQUIREMENTS 000226 BYTES

 HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          CONDU          DATE   03/07/78      TIME    19.17.34      PAGE 0001

0001                SUBROUTINE CONDU(I,J,JLN,L,ILN,LN,JCC,*)
                C
                C   SUBRUTINA QUE CALCULA  Y DETERMINA LA FORMA DEL CONDUCTORHASTA UN
                C   CIERTO VALOR (LN)
0002                COMMON /AUX/ IC(21),JC(56)
0003                DIMENSION JCC(93),JD(93)
0004                DO 15 N=1,12
0005                JD(N)=JC(N)-JLN
0006                JCC(N)=L-JD(N)
0007                IF(JCC(N).LE.0) JCC(N)=1
0008                IF(I.LE.IC(N).AND.J.LE.JCC(N))GO TO 12
0009                GO TO 15
0010             12 IF(JCC(N).GE.LN.AND.IC(N).LE.ILN) RETURN 1
0011             15 CONTINUE
0012                RETURN
0013                END
```

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          CONDU          DATE   03/07/78      TIME   19.17.34      PAGE 0002

                          COMMON BLOCK /AUX      / MAP SIZE      134
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
IC          0         JC          54

                          SCALAR MAP
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
N           B4        JLN         B8        L           BC        I           C0        J           C4
LN          C8        ILN         CC

                          ARRAY MAP
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
JCC         00        JC          D4

DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          CONDU          DATE   03/07/78      TIME   19.17.34      PAGE 0003

                          STATEMENT LABEL MAP
LOCATION   STA NUM   LABEL    LOCATION   STA NUM   LABEL    LOCATION   STA NUM   LABEL
000033A      1                 000033A      4                 000352       5
000035E      6                 000364       7                 000380       8
000392       9                 000398      10      12        0003E8      11      15
000418      12
 TOTAL MEMORY REQUIREMENTS 000420 BYTES

 HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0

DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          REVES          DATE   03/07/78      TIME   19.17.48      PAGE 0001
0001              SUBROUTINE REVES(I,J,JLN,ILN,ILO,LN,ILM,ICC,JCC,*)
                C
                C SUBRUTINA QUE CALCULA  Y DETERMINA LA FORMA DEL CONDUCTOR APARTIR DEL
                C VALORES EN QUE TERMINO DE CALCULAR LA SUBRUTINA "CONDU"
0002              COMMON /AUX/ IC(21),JC(56)
0003              DIMENSION JCC(93),ICC(21),JO(93),IO(21)
0004              INTEGER E
0005              DO 12 E=1,12
0006              JO(E)=JC(E)-JLN
0007              ICC(E)=ILN+JO(E)
0008              IO(E)=IC(E)-ILO
0009              JCC(E)=LN-IO(E)
0010              IF(J.LE.JCC(E).AND.I.LE.ICC(E))GO TO 14
0011              GO TO 12
0012           14 IF(JCC(E).LE.LN.AND.ICC(E).LE.ILM) RETURN 1
0013           12 CONTINUE
0014              RETURN
0015              END

DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          REVES          DATE   03/07/78      TIME   19.17.48      PAGE 0002

                          COMMON BLOCK /AUX      / MAP SIZE      134
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
IC          0         JC          54

                          SCALAR MAP
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
E           B0        JLN         B4        ILN         B8        ILO         BC        LN          CC
J           C4        1           C8        ILM         CC

                          ARRAY MAP
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
JCC         00        ICC         D4        JO          DE        IO         24C

DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          REVES          DATE   03/07/78      TIME   19.17.48      PAGE 0003

                          STATEMENT LABEL MAP
LOCATION   STA NUM   LABEL    LOCATION   STA NUM   LABEL    LOCATION   STA NUM   LABEL
000304       1                 000304       5                 0003D4       6
000350       7                 0003EC       8                 0003F8       9
000404      10                 000438      11                 00043C      12      14
00047C      13      12         00048A      14
 TOTAL MEMORY REQUIREMENTS 0004A8 BYTES

 HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0
```

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          INTFIG          DATE   03/07/78     TIME    19.18.03      PAGE 0001

 0001              SUBROUTINE INTFIG(M,N,V,VVV,JLM,L)
                C
                C  SUBRUTINA QUE INTERPOLA EN EL EJE J (Y) Y EN EL EJE I (X)
 0002              DIMENSION V(31,93),JCC(93),ICC(21),VVV(31,93)
 0003              INTEGER X,Y,U,Z
 0004              DO 15 J=1,M
 0005              DO 15 I=1,N
 0006              VVV(I,J)=V(I,J)
 0007           15 CONTINUE
 0008              MM=M-1
 0009              NN=N-1
 0010              DO 195J=2,MM
 0011              DO 1001 I=2,NN
 0012              DO 101 K=1,101,10
 0013              KM=K-1
 0014              KP=100-KM
 0015              VV=FLOAT(KP)
 0016              IF(VV.EQ.V(I,J))GO TO 101
 0017              IF(J.EQ.1.AND.I.EQ.1.OR.J.EQ.M.AND.I.EQ.N)GO TO 1001
 0018              IF(J.EQ.M.AND.I.EQ.1.OR.J.EQ.1.AND.I.EQ.N)GO TO 1001
 0019              IF(V(I,J).EQ.0.0.OR.V(I,J).EQ.100.0)GO TO 101
 0020              IJ=I-1
 0021              IF(IJ.EQ.0)GO TO 101
 0022              IM=I+1
 0023              IF(IM.GT.N) GO TO 101
 0024              JJ=J-1
 0025              IF(JJ.EQ.0) GO TO 101
 0026              IF(J.GE.L.AND.J.LE.JLM) GO TO 117
 0027              IF(VV.LT.V(IJ,J).AND.VV.GT.V(I,JJ)) GO TO 32
 0028              IF(VV.GT.V(I,J).AND.VV.LT.V(IM,J)) GO TO 19
 0029              GO TO 101
 0030          117 IF(VV.LT.V(I,JJ).AND.VV.GT.V(I,J)) GO TO 118
 0031              GO TO 101
 0032          118 IF(V(I,JJ).EQ.V(I,J)) GO TO 101
 0033              Y1=(V(I,JJ )-VV    )*J
 0034              Y2=(VV    -V(I,J))*JJ
 0035              YV=V(I,JJ )-V(I,J)
 0036              Y=IFIX((Y1+Y2)/YV+0.5)
 0037              IF(Y.LT.1.OR.Y.GT.M)GO TO 101
 0038              VVV(I,Y)=VV
 0039              GO TO 101
 0040           32 IF(V(IJ,J).EQ.V(I,J)) GO TO 101
 0041              X11=(V(IJ ,J)-VV    )*I
 0042              X22=(VV    -V(I,J))*IJ
 0043              XVV=V(IJ ,J)-V(I,J)
 0044              X=IFIX((X11+X22)/XVV+0.5)
 0045              IF(X.LT.1.OR.X.GT.N)GO TO 101
 0046              VVV(X,J)=VV
 0047              GO TO 101
 0048           19 IF(V(IM,J).EQ.V(I,J)) GO TO 101
 0049              X1=(V(IM,J)-VV)*I
 0050              X2=(VV-V(I,J))*IM
 0051              XV=V(IM,J)-V(I,J)
 0052              X=IFIX((X1+X2)/XV+0.5)
 0053              IF(X.LT.1.OR.X.GT.N)GO TO 101
 0054              VVV(X,J)=VV
 0055          101 CONTINUE
 0056         1001 CONTINUE
 0057          195 CONTINUE
 0058              WRITE(3,223)
 0059          223 FORMAT(//,50X,'CAMPO DE DISTRIBUCION',/,50X,21('*'),//,49X,'CON VA
                  *LORES INTERPOLADOS',/,49X,23('*'),//)
 0060              Z=1
 0061           76 WRITE(3,77) (VVV(U,Z),U=1,15)
 0062           77 FORMAT(15(1X,F7.3))
 0063              WRITE(3,78) Z
 0064           78 FORMAT(5X,I2,/)
 0065              IF(Z.EQ.M) GO TO 79
 0066              Z=Z+1
 0067              GO TO 76
 0068           79 WRITE(3,80) ((VVV(U,Z),U=16,N),Z=1,M)
 0069           80 FORMAT(//,15(1X,F7.3),//)
 0070              RETURN
 0071              END

DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          INTFIG          DATE   03/07/78     TIME    19.18.03      PAGE 0002

                                  SCALAR MAP
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
J           138       M           13C       I           140       N           144       MM          14E
NN          14C       K           150       KM          154       KP          158       VV          15C
IJ          160       IM          164       JJ          168       L           16C       JLM         170
Y1          174       Y2          178       YV          17C       Y           180       X11         184
X22         188       XVV         18C       X           190       X1          194       X2          196
XV          19C       Z           1A0       U           1A4

                                  ARRAY MAP
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
V           1A8       JCC         1AC       ICC         320       VVV         374

                              SUBPROGRAMS CALLED
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
IPCOM#      378

                              FORMAT STATEMENT MAP
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
  223       30C         77        300         78        3E8         80        3EC
```

83

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-0          INTFIG          DATE  03/07/78    TIME   19.18.03    PAGE 0003

                          STATEMENT LABEL MAP
LOCATION  STA.NUM  LABEL    LOCATION  STA.NUM  LABEL    LOCATION  STA.NUM  LABEL
000441      1               000AFE     4                 000516     5
000522      6               000B2A     7      15         000562     8
00056E      9               000B7A    10                 000B9A    11
000BD2     12               000BDA    13                 000CC6    14
000D02     15               000DF2    16                 000E00    17
000D6E     18               000E8C    19                 000EEE    20
000EFA     21               000F0A    22                 000714    23
000722     24               000F2E    25                 00073C    26
00076E     27               000FAB    28                 000FE2    29
000FFA     30      117      000F2B    31                 000B2E    32      118
00084A     33               000B82    34                 000BAC    35
000BC6     36               000BF4    37                 000926    38
000B3C     39               000B42    40      32         000958    41
000B9A     42               000B84    43                 000B0B    44
000B86     45               000A28    46                 000A3C    47
000A42     48      19       000A58    49                 000A8A    50
000AB4     51               000AC8    52                 000AFE    53
000B2A     54               000B3C    55     101         000B50    56      1001
000B7C     57      195      000B94    58                 000BAC    60
000BB4     61      76       000C08    63                 000C24    65
000C32     66               000C3E    67                 000C44    68      79
000C04     70
 TOTAL MEMORY REQUIREMENTS 000CBC BYTES

 HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0

DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-0          DIELC           DATE  03/07/78    TIME   19.18.30    PAGE 0001

0001              SUBROUTINE DIELC(I,J,IEO,JLM,ITER,H,N,M,V,B,C,D,F,G,RES1,RES2,RES3
                 *,CONV,ALFA,*,*)
0002              COMMON /ABU/ RE1,RE2,RE3,RE4,RE ,KONV
0003              DIMENSION V(31,93)
0004              INTEGER B,C,D,F,G,D,P,Q,T
0005              IF(J.GE.1.AND.J.LT.C) GO TO 19
0006              IF(J.GT.Q.AND.J.LT.D) GO TO 20
0007              IF(J.GT.G.AND.J.LT.D) GO TO 21
0008              IF(J.GT.C.AND.J.LT.B) GO TO 22
0009              IF(J.GT.B.AND.J.LT.JLM) GO TO 23
0010              IF(I.GT.P.AND.I.LT.T) GO TO 29
0011              IF(I.GT.G.AND.I.LT.P) GO TO 30
0012              IF(I.GT.F.AND.I.LT.G) GO TO 31
0013              IF(I.GT.C.AND.I.LT.F) GO TO 32
0014              IF(I.GE.  1.AND.I.LT.C) GO TO 33
0015              IF(I.EQ.T.AND.J.EQ.Q.OR.I.EQ.P.AND.J.EQ.C) GO TO 41
0016              IF(I.EQ.G.AND.J.EQ.D) GO TO 41
0017              IF(I.EQ.F.AND.J.EQ.B) GO TO 41
0018              IF(I.EQ.C.AND.J.EQ.JLM) GO TO 41
0019              IF(I.EQ.P.AND.J.EQ.C.OR.I.EQ.G.AND.J.EQ.C) GO TO 51
0020              IF(I.EQ.F.AND.J.EQ.D) GO TO 51
0021              IF(I.EQ.C.AND.J.EQ.B) GO TO 51
0022              RETURN
0023           19 IF(I.EQ.1) GO TO 24
0024              RETURN
0025           20 IF(I.EQ.P) GO TO 24
0026              RETURN
0027           21 IF(I.EQ.G) GO TO 24
0028              RETURN
0029           22 IF(I.EQ.F) GO TO 24
0030              RETURN
0031           23 IF(I.EQ.C) GO TO 24
0032              RETURN
0033           29 IF(J.EQ.Q) GO TO 34
0034              RETURN
0035           30 IF(J.EQ.G) GO TO 34
0036              RETURN
0037           31 IF(J.EQ.D) GO TO 34
0038              RETURN
0039           32 IF(J.EQ.B) GO TO 34
0040              RETURN
0041           33 IF(J.EQ.JLM) GO TO 34
0042              RETURN
0043           41 IF(J.NE.M) GO TO 55
0044              V(I,J+1)=V(I,J-1)*RE1
0045           55 IF(I.NE.N) GO TO 60
0046              V(I+1,J)=V(I-1,J)*RE1
0047           60 R=FLOAT(I)*H
0048              RES1=(1.+H/(2.*R))*V(I+1,J)
0049              RES2=(1.-H/(2.*R))*V(I-1,J)*RE1
0050              RES3=V(I,J+1)+V(I,J-1)*RE1-V(I,J)*RE2
0051              RETURN 1
0052           51 IF(J.NE.M) GO TO 56
0053              V(I,J+1)=V(I,J-1)/RE1
0054           56 IF(I.NE.N) GO TO 61
0055              V(I+1,J)=V(I-1,J)/RE1
0056           61 R=FLOAT(I)*H
0057              RES1=(1.+H/(2.*R))*V(I+1,J)*RE1
0058              RES2=(1.-H/(2.*R))*V(I-1,J)
0059              RES3=V(I,J+1)*RE1+V(I,J-1)-V(I,J)*RE2
0060              RETURN 1
0061           24 IF(J.NE.M) GO TO 57
0062              V(I,J+1)=V(I,J-1)
0063           57 IF(I.NE.N) GO TO 62
0064              V(I+1,J)=V(I-1,J)*RE
0065           62 R=FLOAT(I)*H
0066              RES1=(1.+H/(2.*R))*V(I+1,J)*RE3
0067              RES2=(1.-H/(2.*R))*V(I-1,J)*RE4
0068              RES3=V(I,J+1)+V(I,J-1)-4.*V(I,J)
0069              RETURN 1
0070           34 IF(I.NE.1) GO TO 334
0071              V(I,J)=V(I,J)
0072              RES=V(I,J+1)*RE3+V(I,J-1)*RE4+4.*V(I+1,J)-6.*V(I,J)
0073              V(I,J)=V(I,J)+ALFA/6.*RES
0074              IF((V(I,J)-V(I,J).GT.CONV).KONV=1
0075              RETURN 2
0076          334 IF(J.NE.M) GO TO 58
0077              V(I,J+1)=V(I,J-1)*RE
0078           58 IF(I.NE.N) GO TO 63
0079              V(I+1,J)=V(I-1,J)
```

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          DIELC          DATE  03/07/78    TIME  19.18.30    PAGE 0002

0080          63 R=FLOAT(I)*H
0081             RES1=(1.+H/(2.*R))*V(I+1,J)
0082             RES2=(1.-H/(2.*R))*V(I-1,J)
0083             RES3=V(I,J+1)*RE3+V(I,J-1)*RE4-4.*V(I,J)
0084             RETURN 1
0085             END
```

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          DIELC          DATE  03/07/78    TIME  19.18.30    PAGE 0003

                          COMMON BLOCK /AYU      / MAP SIZE      18
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
RE1          0        RE2          4        RE3          8        RE4          C        RE          1C
KONV        14

                          SCALAR MAP
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
J           1E0       D           1E4       C           1E8       D           1EC       E           1F0
JLM         1F4       I           1F8       P           1FC       T           200       G           204
F           208       C           20C       M           210       N           214       R           218
H           21C       RES1        220       RES2        224       RES3        228       VIJ         22C
RES         230       ALFA        234       CONV        238       ILO         23C       ITER        240

                          ARRAY MAP
SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION    SYMBOL    LOCATION
V           244
```

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          DIELC          DATE  03/07/78    TIME  19.18.30    PAGE 0004

                          STATEMENT LABEL MAP
LOCATION   STA NUM   LABEL     LOCATION   STA NUM   LABEL     LOCATION   STA NUM   LABEL
000045        1                 00044E       5                 000450       6
000452        7                 0004E4       8                 000516       9
000568       10                 00057A      11                 0005AC      12
00050E       13                 000610      14                 000642      15
000640       16                 000602      17                 000704      16
000736       19                 000794      20                 0007C6      21
0007F8       22                 000800      23      19         00080E      24
000816       25      20         000824      26                 00082C      27      21
00083A       28                 000842      29      22         000850      30
000858       31      23         000866      32                 00086E      33      29
00087C       34                 000884      35      30         000892      36
000893       37      31         000848      38                 000880      39      32
000880       40                 0008C6      41      33         0008C4      42
000800       43      41         0008EA      44                 00093E      45      55
000940       46                 000940      47      60         000904      48
0009FE       49                 000A3E      50                 000A80      51
000A0E       52      51         000ACC      53                 000B20      54      56
000B2E       55                 000B82      56      61         000BA6      57
000B58       58                 000C20      59                 000CEA      60
000C08       61      24         000CA6      62                 000CF2      63      57
000D00       64                 000D54      65      62         000D78      66
000D0A       67                 000DF6      68                 000E6C      69
000E7A       70      34         000F88      71                 000EAA      72
000F44       73                 000F8C      74                 000FFC      75
000FCA       76      334        000F08      77                 001020      78      58
001038       79                 001096      80      63         0010AA      81
0010F4       82                 001110      83                 001190      84

TOTAL MEMORY REQUIREMENTS 0011CE BYTES

HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0
```

85

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          DIBUJ              DATE   03/07/78     TIME    19.19.11       PAGE 0001

0001              SUBROUTINE DIBUJ(VVV,I,J,N,M)
0002              DIMENSION VVV(31,93),DIB(31,93),V(31,93)
0003              DATA UNO/'1'/,DA/'A'/,DB/'B'/,DC/'C'/,DD/'D'/,DE/'E'/,DF/'F'/,DG/'
                 *G'/,DH/'H'/,DK/'K'/,BLANC/' '/,CERO/'0'/
0004              DO 1060 J=1,M
0005              DO 1060 I=1,N
0006              V(I,J)=VVV(I,J)
0007              DIB(I,J)=BLANC
0008         1060 CONTINUE
0009              DO 195 J=1,M
0010              DO 1001 I=1,N
0011              IF(V(I,J).EQ.100.0) DIB(I,J)=UNO
0012              IF(V(I,J).EQ.90.0) DIB(I,J)=DA
0013              IF(V(I,J).EQ.80.0) DIB(I,J)=DB
0014              IF(V(I,J).EQ.70.0) DIB(I,J)=DC
0015              IF(V(I,J).EQ.60.0) DIB(I,J)=DD
0016              IF(V(I,J).EQ.50.0) DIB(I,J)=DE
0017              IF(V(I,J).EQ.40.0) DIB(I,J)=DF
0018              IF(V(I,J).EQ.30.0) DIB(I,J)=DG
0019              IF(V(I,J).EQ.20.0) DIB(I,J)=DH
0020              IF(V(I,J).EQ.10.0) DIB(I,J)=DK
0021              IF(V(I,J).EQ.0.00) DIB(I,J)=CERO
0022         1001 CONTINUE
0023          195 CONTINUE
0024              WRITE(3,20)
0025           20 FORMAT(//,52X,'GRAFICACION DEL',/,52X,15('*'),/,49X,'CAMPO DE DIST
                 *RIBUCION',/,49X,21('*'),//)
0026              WRITE(3,30)((DIB(I,J),I=1,N),J=1,M)
0027           30 FORMAT(20(3X,A1),/)
0028              RETURN
0029              END
```

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          DIBUJ              DATE   03/07/78     TIME    19.19.11       PAGE 0002

                                  SCALAR MAP
SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION
UNO          0C         DA          E0          DB          F4          DC          EE          DD          EC
DE           F0         DF          F4          DG          F8          DH          FC          DK         100
BLANC       104         CERO       108          J          10C          M          110          I          114
N           118

                                  ARRAY MAP
SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION
VVV         11C         DIB        120          V          2E2C

                                  SUBPROGRAMS CALLED
SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION
IBCOM#      5B38

                                  FORMAT STATEMENT MAP
SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION     SYMBOL     LOCATION
  20        583C          30        5881
```

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          DIBUJ              DATE   03/07/78     TIME    19.19.11       PAGE 0003

                                  STATEMENT LABEL MAP
LOCATION    STA NUM     LABEL       LOCATION    STA NUM     LABEL       LOCATION    STA NUM     LABEL
005C92        1                     005C92        4                     005CAE        5
005CC4        6                     005CCC        7                     005CD4        8         1060
005D1C        9                     005D2C       10                     005D3E       11
005D58       12                     005D72       13                     005D8C       14
005DA6       15                     005DC0       16                     005DDA       17
005DF4       18                     005E0E       19                     005E28       20
005E62       21                     005E5C       22         1001        005E76       23         195
005E94       24                     005EB0       26                     005E20       28

TOTAL MEMORY REQUIREMENTS 005F28 BYTES

HIGHEST SEVERITY LEVEL OF ERRORS FOR THIS MODULE WAS 0


19.19.41.TOTAL COMPILATION TIME.00.03.17
```

A N E X O II

Para el uso de la cámara de vacío, se seguirá la siguiente secuencia.

1.- Abrir una de las bridas.

2.- Introducir la madera para el secado

3.- Cerrar la brida que se abrió.

4.- Conectar a la red, mediante el switch.

5.- Si no existe agua para la refrigeración de la bomba, se encenderá la lámpara de señalización de color rojo, y todo el circuito, automáticamente queda bloqueado. En caso contrario, siga con el paso 7.

6.- Llenar el recipiente de agua y aplastar el botón negro.

7.- Abrir las válvulas de los manómetros.

8.- Poner en marcha el motor mediante el botón negro.

9.- Abrir la(s) válvula (s)por donde se va a hacer el vacío.

10.- Obtener el vacío deseado o máximo y cerrar la válvula por donde se estaba realizando el vacío.

11.- Dejar el tiempo necesario para el secado de la madera (el tiempo depende del tipo de madera)

12.- Los manómetros indicarán que el vacío aumenta debido al proceso lento de la extracción de humedad dela madera.

13.- Abrir la válvula # 1 y medir el vacío de la bomba.

14.- Cerrar la válvula # 1 y abrir válvula # 2 y medir el vacío de la cámara.

15.- Si el vacío de la bomba es menor que el vacío de la cámara, poner en marcha el motor, hasta igualar el vacío de la bomba con el vacío de la cámara.

16.- Continuar con el paso #9 y repetir las veces necesarias hasta obtener un buen secado.

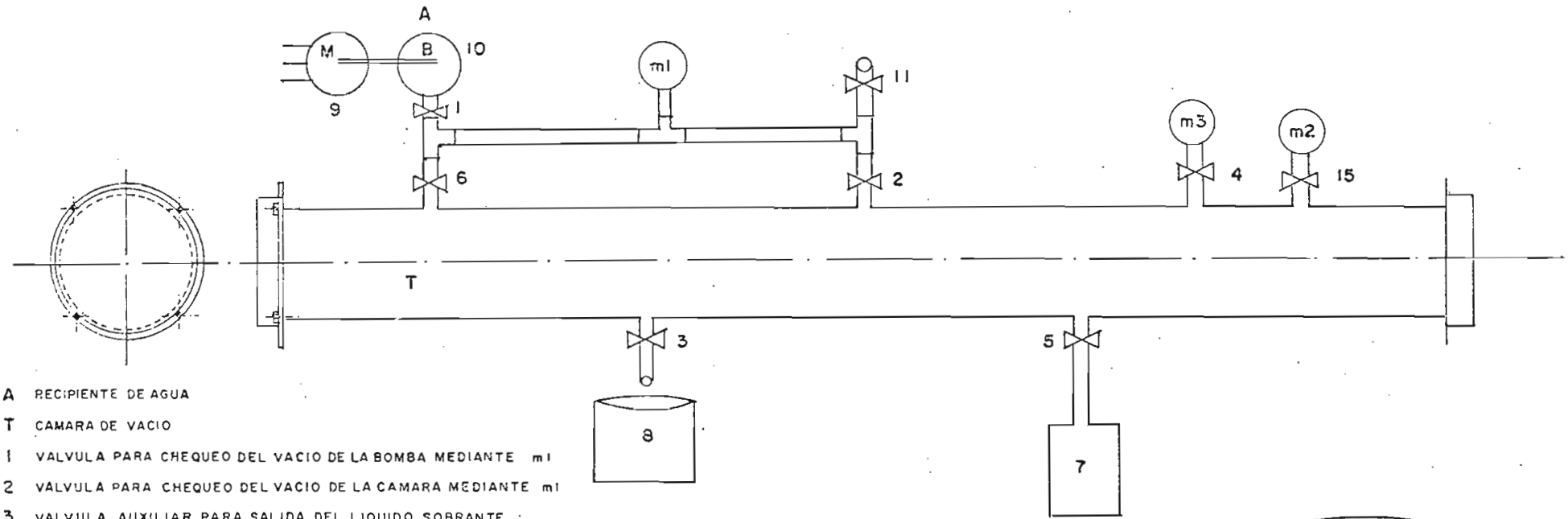
17.- Cerrar las válvulas de los manómetros.

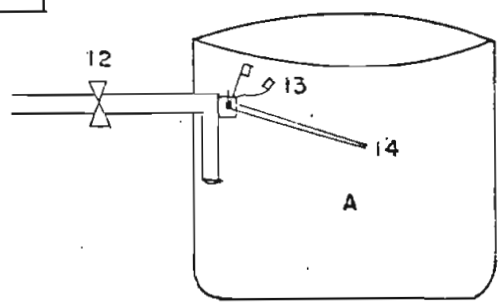
18.- Abrir la válvula de entrada de aire; el aire que entre deberá ser seco.

19.- Abrir cualquiera de las bridas y sacar la madera.

20.- Una vez terminado el proceso volver a armar la cámara.

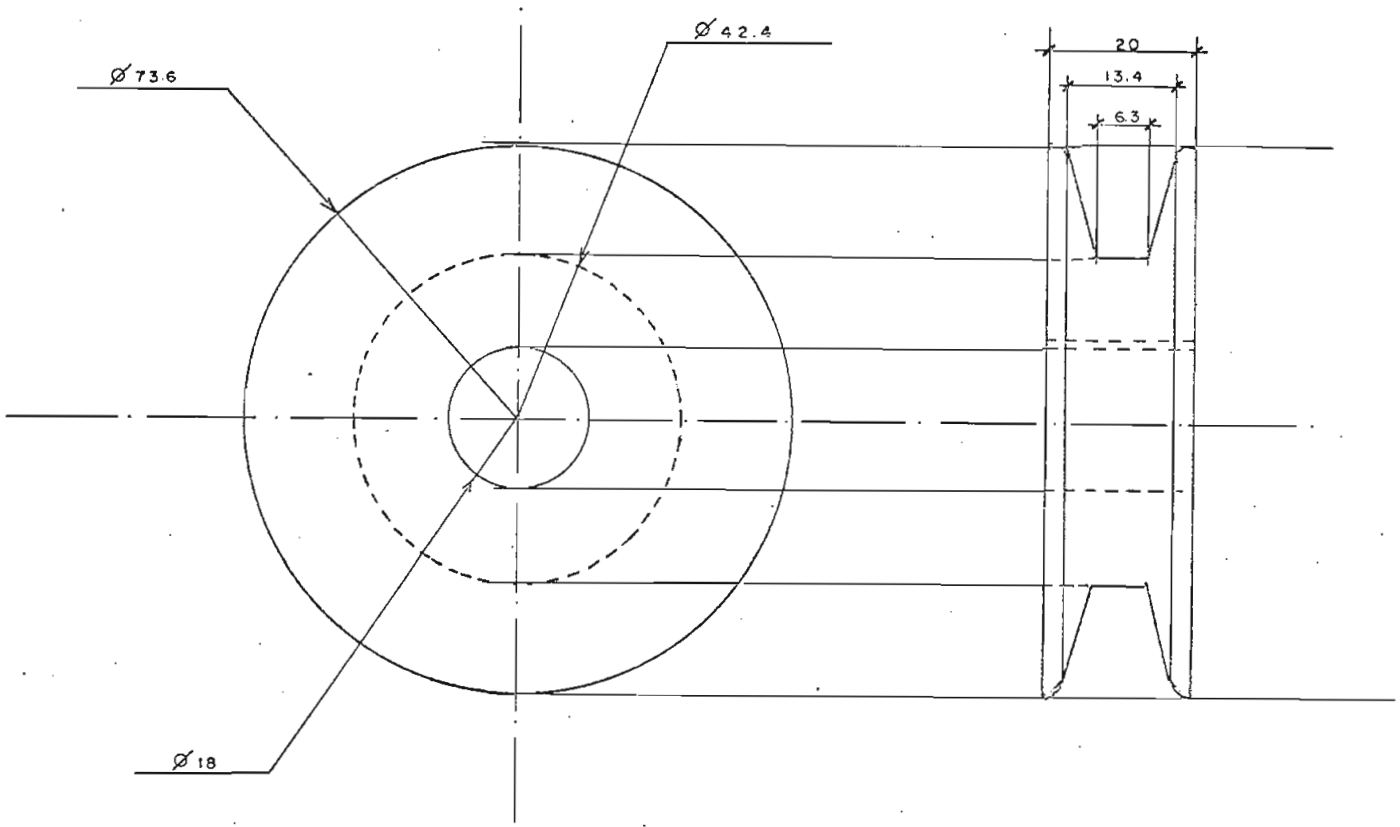
NOTA: Si la madera es muy húmeda, es conveniente usar una "trampa", en la manguera, para condensar a los vapores que salen de la madera y así evitar la contaminación del aceite de la bomba y por ende un mejor rendimiento de la misma.



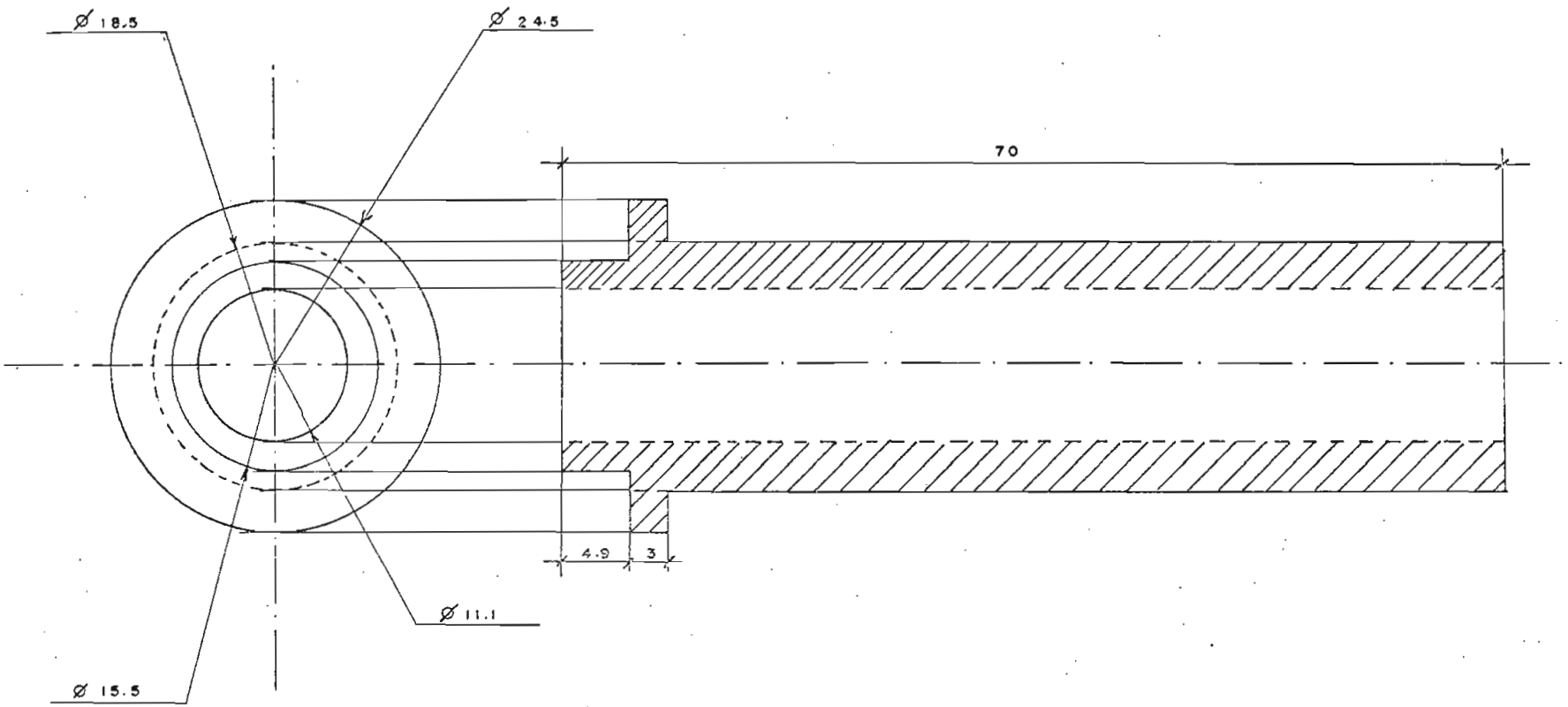


A RECIPIENTE DE AGUA
T CAMARA DE VACIO
1 VALVULA PARA CHEQUEO DEL VACIO DE LA BOMBA MEDIANTE m1
2 VALVULA PARA CHEQUEO DEL VACIO DE LA CAMARA MEDIANTE m1
3 VALVULA AUXILIAR PARA SALIDA DEL LIQUIDO SOBRANTE
4 VALVULA DE PASO, PARA MEDIR EL VACIO EN EL TUBO, MEDIANTE m2
5 VALVULA DE CONTROL PARA EL PASO DEL LIQUIDO INPREGNANTE
6 VALVULA DE VACIO
7 RECIPIENTE PARA EL LIQUIDO INPREGNANTE
8 RECIPIENTE PARA EL LIQUIDO INPREGNANTE SOBRANTE
9 MOTOR ELECTRICO
10 BOMBA DE VACIO
11 VALVULA AUXILIAR PARA ENTRADA DE AIRE A LA CAMARA EN CONJUNCION CON 2
m1 MANOMETRO DIFERENCIAL
m2 MANOMETRO DE ESCALA REDUCIDA
12 VALVULA DE PASO DE AGUA
13 CONTACTOS ELECTRICOS
14 BURBUJA DE AIRE QUE CONTROLA EL NIVEL DEL AGUA
m3 MANOMETRO
15 VALVULA DE VACIO PARA MEDIR VACIO EN m3

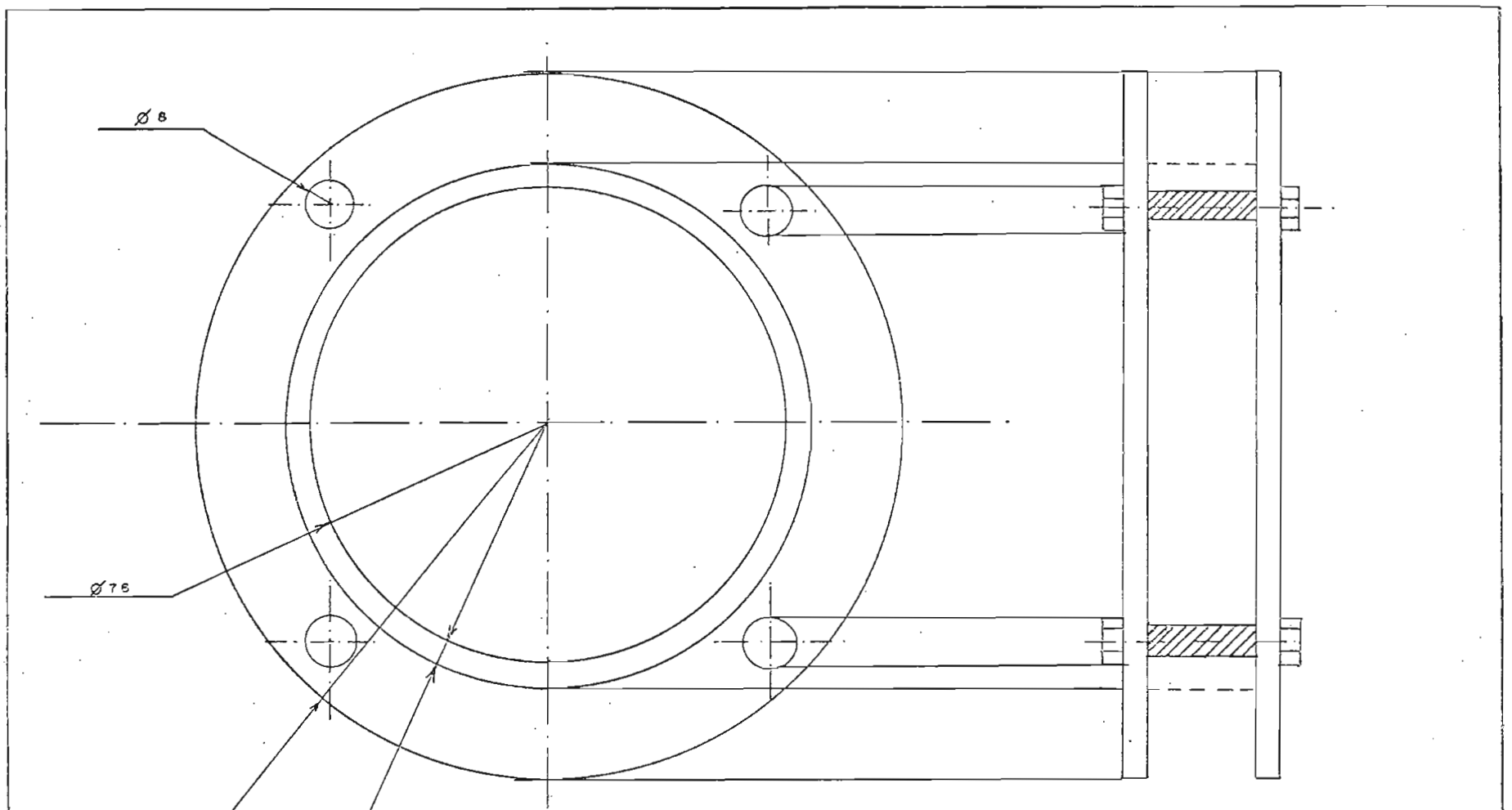
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
CONTIENE CAMARA DE VACIO	escala:
	fecha:
NOMBRE RAUL TERAN	dibujado por



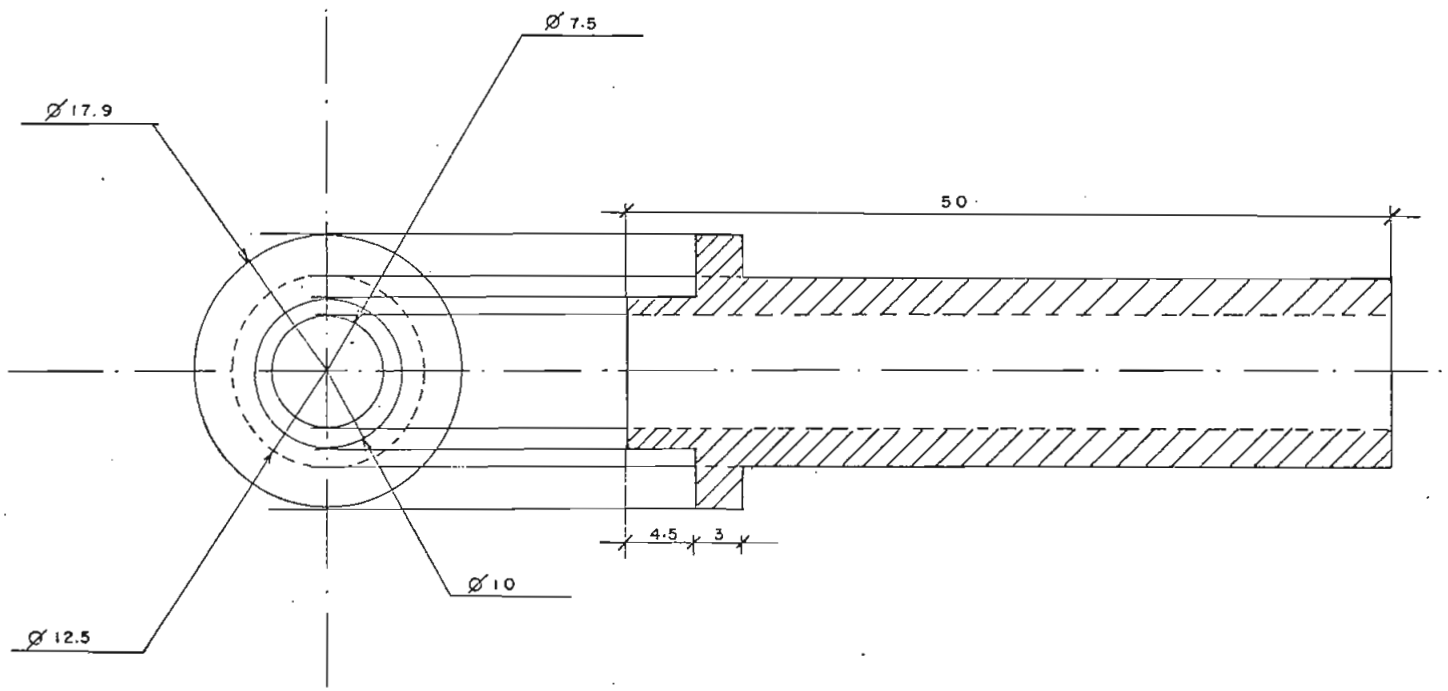
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
CONTIENE POLEA REDUCTORA DE VELOCIDAD	escala en m.m
	fecha
NOMBRE RAUL TERAN	dibujado por



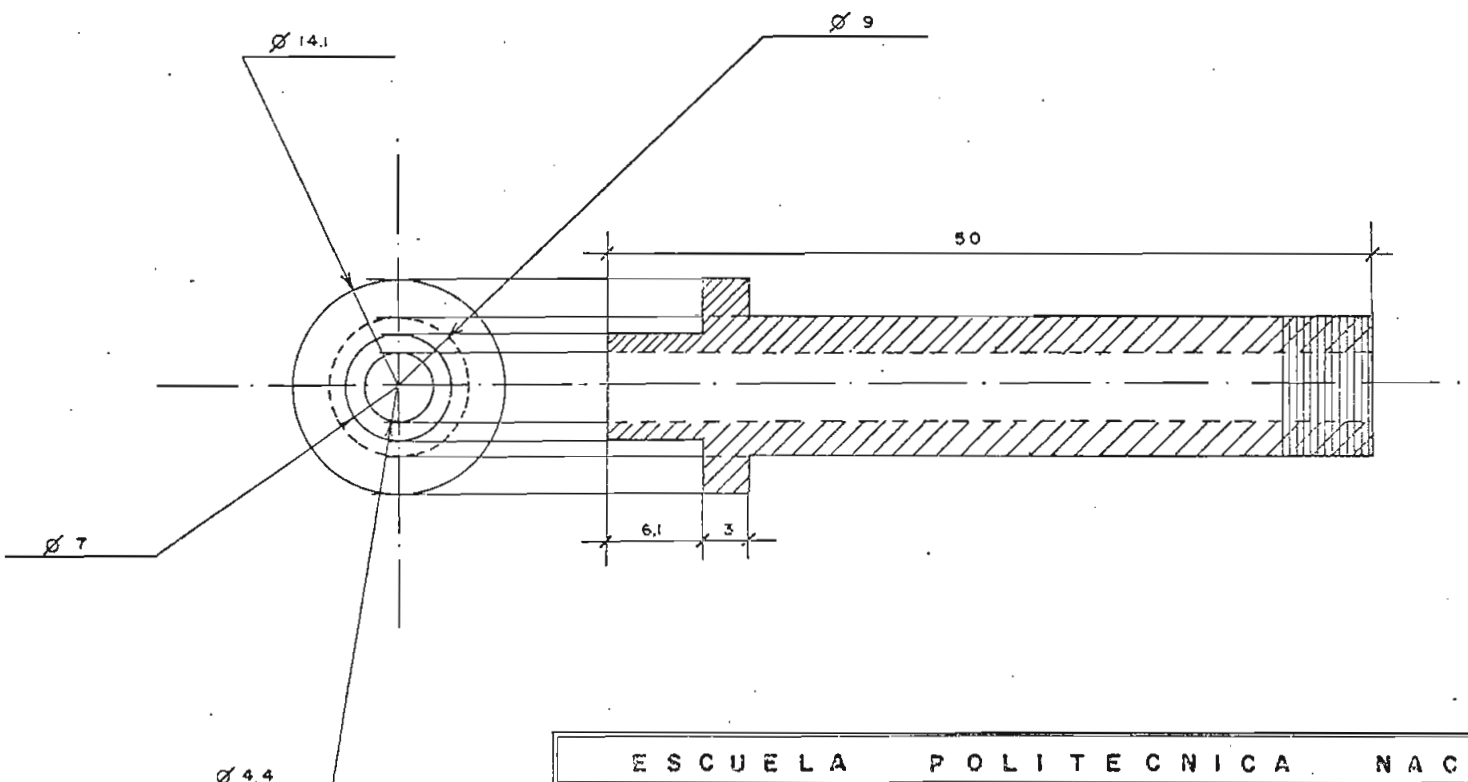
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
CONTIENE ACCESORIOS DE LAS VALVULAS DE VACIO		escala en m.m
		fecha
NOMBRE RAUL TERAN	dibujado por	



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
CONTIENE BRIDAS DE LA CAMARA (detalle)	escala: en m.m
	fecha:
NOMBRE RAUL TERAN	dibujado por



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
CONTIENE ACCESORIOS DE VALVULA	escala en m.m
	fecha
NOMBRE RAUL TERAN	dibujado por



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
CONTIENE ACCESORIOS DE MANOMETRO	escala: en mm
	fecha:
NOMBRE RAUL TERAN	dibujado por

R E F E R E N C I A S

(1) Seely, Introduction to Electromagnetic fields, New York, McGraw Hill, 1.958 pag. 102

(2,4,5) Harper, Técnicas de Alto Voltaje, México 1.971 pag. (201, 115, 110)

(3) Roth, Técnica de Alta Tensión, Editorial Labor S.A. Pag. 141

(6) Humphreys, Chemical Aspects of Epoxide Resins, Emerson & Cuming, Inc. Massachusetts pag. 27

(7) Kreyszig Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, Nueva York vol. II pag. 706

(8) Paper 52420, first receives 14th November 1.966 and in revised form 5th January 1.967 PROC,IEE, volumen 114, No. 6, June 1.967.

(9) Binns y Lawreson, Análisys y Computation of Electric and Magnetic Field Problems, New York, 1.973 Pag. 269-273

(10) Dillon, Theory and engineering aplications, N.Y. 1.958 Chap. pag. 178

(11) Organick Fortran IV pag. 191