

INTRODUCCION.

Para estudiar la polarización de radiofuentes con emisión en el continuo se usan técnicas de correlación. Con este método la radiación recibida por un radiotelescopio es separada en dos polarizaciones opuestas, las cuales son amplificadas en dos receptores y luego correlacionadas.

El elemento usado para separar las polarizaciones debe producir además de bajas pérdidas, una polarización pura con alto rechazo hacia la polarización opuesta, característica que denominaremos aislación de polarización. También es importante mantener una alta aislación entre sus puertas o salidas para tener perfectamente desacoplados los dos receptores, cuyo efecto práctico es evitar el incremento de la temperatura del sistema, e introducir un mínimo de error en la determinación de la polarización de la señal.

Varios esquemas son usados para obtener los requisitos mencionados; nosotros adoptamos una juntura Turnstile por la posibilidad de obtener cualquier par de polarizaciones opuestas y para que el tamaño de su estructura, en la frecuencia central de 1435 Mhz, sea compatible con el espacio que disponemos en el foco de un reflector parabólico de 30 mts. de diámetro ya construido.

LA JUNTURA TURNSTILE.

La juntura Turnstile, vista en la fig. 1, consiste en un circuito de seis terminales o puertas, de ellas cuatro son brazos rectangulares y uno es circular. Dos de los cuatro rectangulares son salidas y los otros dos son terminados en cortocircuitos móviles. La adaptación de la juntura se logra mediante el ajuste de piezas concéntricas, A y B en la fig. 1. Denominaremos los brazos con los cortos con los números 3 y 4, y los brazos usados como salida o entrada con 1 y 2.

Veremos como disponer el Turnstile para que trabaje con polarizaciones lineales opuestas. Asumiendo que la señal que entra por el brazo 1 es:

$$E_1 = A \sin \omega t$$

La división inicial es:

$$E_3 = \frac{A}{2} \sin \omega t_0 \quad E_4 = \frac{A}{2} \sin \omega t_0 \quad E_A = \frac{A}{2} \sin \omega t_0$$

La energía reflejada por los cortos de los brazos 3 y 4 será referida al centro del Turnstile

$$E_{3R} = \frac{A}{2} \sin(\omega t_0 + 2x)$$

$$E_{4R} = \frac{A}{2} \sin(\omega t_0 + 2(x+y))$$

donde x y $(x+y)$ son las longitudes eléctricas de los brazos 3 y 4. Estas señales reflejadas tienden a dividirse en la misma manera que E_1 , pero nosotros debemos determinar los valores de x y $(x+y)$ de tal forma que E_{3R} y E_{4R} se propaguen en la guía circular con la polarización mostrada por el vector E_B .

Podemos ver que si E_{3R} y E_{4R} están desfasados 180° entre sí, se pueden sumar y aparecen en la guía circular como E_B . entonces:

$$2(x+y) - 2x = \frac{\lambda g}{2} \quad \therefore \quad y = \frac{\lambda g}{4}$$

$$y \quad E_B = \frac{A}{\sqrt{2}} \sin(\omega t_0 + 2x)$$

Nosotros propagamos en la guía de onda circular, dos vectores de igual magnitud pero rotados 90° en el espacio. La configuración del campo resultante de dos campos ortogonales iguales es una elipse; el tipo de elipse depende de la diferencia de fase relativa entre los dos vectores ortogonales. Si los dos vectores están en fase en el tiempo, el campo resultante será un campo lineal orientado a 45° de los vectores E_A y E_B . Tenemos en este caso polarización cruzada lineal. Si hubiera 90° de diferencia de fase en el tiempo entre los dos vectores tendríamos un vector de amplitud constante que rota: sería el caso de polarización circular.

La diferencia de fase en el tiempo entre los dos vectores la efectuamos cambiando la longitud de los brazos 3 y 4 mediante los cortos móviles, pero siempre manteniendo entre ellos la diferencia de $\lambda_g/4$.

Entonces nuestra condición para tener polarización cruzada lineal es que E_A y E_B estén en fase en el tiempo. Por lo tanto E_B será:

$$E_B = \frac{A}{\sqrt{2}} \text{sen}(\omega t_0 + 2n \frac{\lambda_g}{2})$$

tomando como longitud para el brazo 3 a $\frac{n\lambda_g}{2}$ y para el 4 $(\frac{n\lambda_g}{2}) + (\frac{\lambda_g}{4})$. Para polarización circular debemos obtener 90° de diferencia de fase entre E_A y E_B

entonces

$$E_B = \frac{A}{\sqrt{2}} \text{sen} \left[\omega t_0 + 2 \left(\frac{\lambda_g}{8} + n \frac{\lambda_g}{2} \right) \right]$$

donde el brazo 3 es ahora $\frac{\lambda_g}{8} (1+4n)$

y el 4 es $\frac{\lambda_g}{8} (3+4n)$

donde n es entero positivo.

Entonces concluimos que las longitudes de los brazos que tienen los cortos móviles serán por ejemplo $3/4\lambda_g$ y $1/2\lambda_g$, respectivamente para obtener polarizaciones lineales cruzadas y $7/8\lambda_g$ $5/8\lambda_g$ para tener las dos circulares.

DESCRIPCION Y AJUSTE DEL SISTEMA.

El sistema consiste en tres componentes: el acoplamiento entre los conectores coaxiales de entrada y las guías de onda rectangulares, el Turnstile y la guía de onda cilíndrica de salida que va conectado en nuestro caso a una bocina corrugada.

Idealmente, cada uno de estos tres componentes deberían estar individualmente adaptados para no reflejar potencia.

En el acoplamiento de coaxil a guía de onda rectangular se presentó para nosotros el primer problema, pues resolvimos hacer el Turnstile de una sola pieza para evitarnos las uniones entre las guías de onda y un cuerpo central (que es como debería hacerse si dispusiéramos de adaptadores de guía de onda rectangulares a coaxiales y cortos móviles comerciales). Por lo tanto el Turnstile estaba formado por dos cruces de Aluminio unidas en todo su perímetro, una con otra, por paredes también de Aluminio que daban la altura de la guía de onda rectangular.

En una de las cruces están las piezas concéntricas para ajuste, piezas A y B y los conectores coaxiales de salida tipo N.

En la otra cara se acopla la guía de onda cilíndrica, a través de un agujero de diámetro correspondiente para operar en 1435Mhz. Al armar el cuerpo del Turnstile nos queda una estructura como la figura 2. Aprovechamos el agujero central para usarlo, cubriéndolo parcialmente y dejando una ranura de un diámetro de largo y dos cm de ancho, como una guía de onda ranurada por la que introducimos una pesca con un detector y deslizándola pudimos ajustar la adaptación de coaxil a guía de onda de un brazo primero y luego del otro. Para que nos quedara una sola guía de onda rectangular y no un cruce de ellas, dispusimos los cortos móviles convenientemente de tal manera, que las ramas 3 y 4 quedaran totalmente cortocircuitadas, logrando así una única guía formada por los brazos 1 y 2. Una vez ajustados los adaptadores de coaxil a guía de onda rectangular, presentamos la guía de onda cilíndrica y la unimos a la cruz del Turnstile. Ahora disponemos de un conjunto como el de la figura 1 y nos dedicaremos a buscar la posición mas correcta de los cortocircuitos móviles para una dada polarización. Usaremos el método del plato reflector. Supongamos que el circuito trabaja perfectamente y provee polarizaciones lineales ortogonales, entonces cuando un transmisor es conectado a una de las terminales coaxiales, y en la boca de la guía cilíndrica colocamos una placa reflectora, se refleja toda la potencia que entró a la guía cilíndrica, como la reflexión de una

señal polarizada linealmente no altera su polarización, la señal vuelve al terminal de origen. En el terminal transmisor tendremos una muy mala relación de onda estacionaria, pero en el otro terminal tendremos una alta aislación con respecto a la señal emitida. Disponemos un generador en un terminal coaxil, un voltímetro de R.F. en el otro, y la placa reflectora en la boca de la guía de onda cilíndrica. Ubicamos un corto móvil al comienzo de su brazo correspondiente y el otro adelantado en $\lambda/4$ para 1435 Mhz. Comenzamos a mover los cortos, los dos a la vez, mm a mm, y vamos registrando el nivel de R.F. en función de la distancia recorrida por los cortos móviles en mm. Obtenemos un gráfico fig. 3 en el cual quedan ubicadas con una aproximación de algunos mm. la posición de los cortos tanto para polarización lineal como para circular. Esto nos sirve para determinar en forma aproximada la ubicación de los cortos para una requerida polarización.

Nosotros usaremos polarización circular porque podemos determinar el parámetro de Stokes Q por correlación y no por potencia total como sería el caso si usáramos polarización lineal.

Ubicadas las distancias de los cortos para polarización circular procederemos a ajustarlos exactamente. Por una de las entradas medimos el ROE y a la otra la cargaremos con 50 . La boca de la guía cilíndrica la cortocircuitamos con la placa metálica. Como está ajustado para polarización circular, una señal que entra por la entrada 1 por ejemplo y se refleja en la placa, cambia su sentido de polarización y saldría por la entrada 2. En la entrada 1 no tendríamos prácticamente señal reflejada. Haciendo mínimo el VSWR moviendo los cortos a la par, podemos ubicar con precisión la posición de estos últimos.

Falta ajustar la adaptación entre el Turnstile con la bocina. Para ello disponemos de 4 conjuntos de 3 tornillos cada uno, separados en 90° alrededor de la circunferencia de la guía de onda cilíndrica. Cada tornillo está separado $\lambda/8$ en guía de onda cilíndrica y cada conjunto está orientado de acuerdo a los ejes de polarización lineal del Turnstile que están corridos en 45° respecto de sus ejes físicos. Los tornillos opuestos se deben mover simé-

tricamente.

Si disponemos los cortos móviles para polarización lineal, tendremos que correrlas en $\lambda/8$, en esa situación y colocada la bocina, ajustaremos los tornillos, para cada entrada del Turnstile usando 2 conjuntos, hasta lograr la mínima VSWR.

Con esto tendremos perfectamente ajustado el sistema para usarlo en cualquier polarización.

Medición y Resultados de los parámetros del sistema.

Los resultados mencionados a continuación corresponden al Turnstile junto con la bocina.

Inpedancia de entrada.

La VSWR medida en ambas puertas es menor que 1,25 entre 1420 y 1450 MHz. Fig. 4

Aislación entre puertas.

Los valores medidos son > 27 db entre 1425 y 1445 MHz. Fig. 5. Medida hecha alimentando la puerta o entrada 1 con P_1 y recibiendo en la puerta 2, P_2 y haciendo la siguiente relación.

$$\text{Aislación entre puertas} = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

Aislación de polarización

La aislación de polarización se midió usando el método llamado "polarization pattern" que consiste en medir la señal que recibe un dipolo, cuando es rotado en un plano normal a la dirección del campo incidente, producido por el Turnstile que es usado como antena fuente.

Los valores así medidos dieron una aislación de 30 db en el ancho de 1425 a 1445 MHz. Fig. 6.

Conclusiones

De acuerdo a las mediciones efectuadas y al laborioso ajuste experimentado, sería recomendable construir la guía de onda cilíndrica más larga, debido a la interacción que se presentó entre los ajustes concéntricos y los tornillos de la guía de onda cilíndrica. La medida de la guía de onda cilíndrica tendrá que aumentarse. Tomando como cota inferior 5 cm. recordando que fué realizada trabajando un tocho de Aluminio macizo.

También se notó la influencia de la cercanía de los conectores coaxiales con respecto al centro geométrico del Turnstile, por lo que recomendamos alejarlos unos 3 cm. juntamente con sus brazos correspondientes.

Reconocimiento

Se agradece la colaboración del personal del taller mecánico del IAR y principalmente al Ing. Leonardo Guarrera y a los Sres. José Adán Ottonello y Ricardo Zalazar que tuvieron a su cargo la construcción mecánica del sistema.

Lo mismo que al Ing. Trainotti y su equipo de la División Antenas de CITEFA, por su contribución para la obtención del método de medida correcto y su posterior implementación.

Apéndices. Uniones en T

Para un mayor entendimiento de las funciones de una juntura Turnstile, veremos dos tipos de uniones en T, con tres puertas. La Fig. 7 representa una unión en T de plano E, donde el eje del brazo de la T es paralelo al plano del campo E en la guía principal; y la Fig. 8, representa la forma del campo eléctrico en dicha unión.

Esta figura no representa el campo total en ningún momento determinado, sino las diferentes posiciones de una línea de fuerza, cuando se alimenta la T por la rama lateral. Si la T es simétrica, la energía se repartirá igualmente entre las dos ramas, pero el campo eléctrico en estas dos ramas estará desfasado 180° .

La Fig. 9 representa lo que sucede cuando la T se alimenta con dos ondas iguales en amplitud y pase por las dos ramas principales. Si la T es completamente simétrica, las dos ondas en los brazos laterales serán iguales y desfasadas 180° , y por tanto se anularán entre sí. La onda resultante será, pues, igual a cero. En general, con una relación dada entre la amplitud y la fase de dos ondas, el campo en la rama lateral representa la diferencia vectorial entre los campos procedentes de las dos ramas principales.

Las T del plano H se comportan de forma similar (fig.10). Si la simetría es buena, una onda que se aplique a una rama lateral se descompone en dos de la misma amplitud y fase en las ramas principales, aparte de las reflexiones parciales que tienen lugar en el punto de la unión. Dos ondas que entran en fase, por las ramas principales, dan lugar a la suma vectorial en la rama lateral.

Cortos móviles o pistones en corto circuito.

Hay del modelos: el de contacto con láminas elásticas y el de tipo de choque, sin contactos que se representa en la fig. 11 y por el que se optó en este proyecto.

Los tacos de teflón ayudarán a centrar el pistón y hacen que se mueva con mayor facilidad. Se construyeron de espesor de 2,5 mm. Para comprender la longitud $\lambda/4$ de los pistones de choque, apli-

camos la fórmula de la transformación de impedancia de los transformadores en cuarto de onda..

Adaptación de guía de onda a coaxil.

Para proyectar esta transición nos basamos en un artículo de COHN, Proc. IRE 1947 pg. 920, y en la fig. 12 mostramos el plano de las dimensiones finales, con las cuales conseguimos un R.O.E. 1,1 para la banda de paso requerida.

Guía de onda circular.

En la fig. 13 se pueden apreciar los detalles de la construcción de la guía de onda circular, y las soluciones adoptadas para las uniones entre dicha guía, y la bocina y el Turnstile respectivamente. También se puede observar la distribución de los agujeros, para los cuatro tercetos de tornillos usados como ajuste para lograr la perfecta adaptación entre la bocina y el resto del conjunto.

Los agujeros estan separados en y cada trío está espaciado 90° alrededor de la circunsferencia de la guía.

Piezas concéntricas A B

Con este nombre designamos a las piezas que sirven para adaptar la juntura Turnstile a la guía de onda circular. En la fig. 1 apreciamos su ubicación y en la fig. 14 detallamos sus formas y dimensiones.

REFERENCIAS

- N. Fourikis, "An 18 cm Turnstile Junction as a Polarisation Splitter", Proceeding of the IREE Australia, Vol. 34, N^o 9, page N^o 403-405, October, 1973.
- C. Heiles and T. Troland, "Tuning the Arecibo Dual Polarized Antenna Systems" University of California, Berkeley.
- Meyer, Mauric A. y Goldberg Harold B. "Applications of the Turnstile Junction", IRE Transactions, Microwave Theory and Techniques, Vol. 8, December, Page 40-45, 1960.
- Cohen, M.H., "The Cornell Radio Polarimeter", Proc. IRE, Vol. 46, N^o 1, January 1958, page 183.
- Ragan, George L. "Microwave Transmission Circuits". Radiation Lab. Scvics Vol 9 page 115-345-481-374.
- Montgomery, C.G., Dicke, R.H. and Purcell, E.M., "Principles of Microwave Circuits", Radiation Lab. Series Vol. 8, 1948, Page 459.
- M.I.T. Radar School Staff, by J.F. Reintjes and G.T. Coote "Principles of Radars"
- H. Mooijweer, "Técnica de las Microondas".

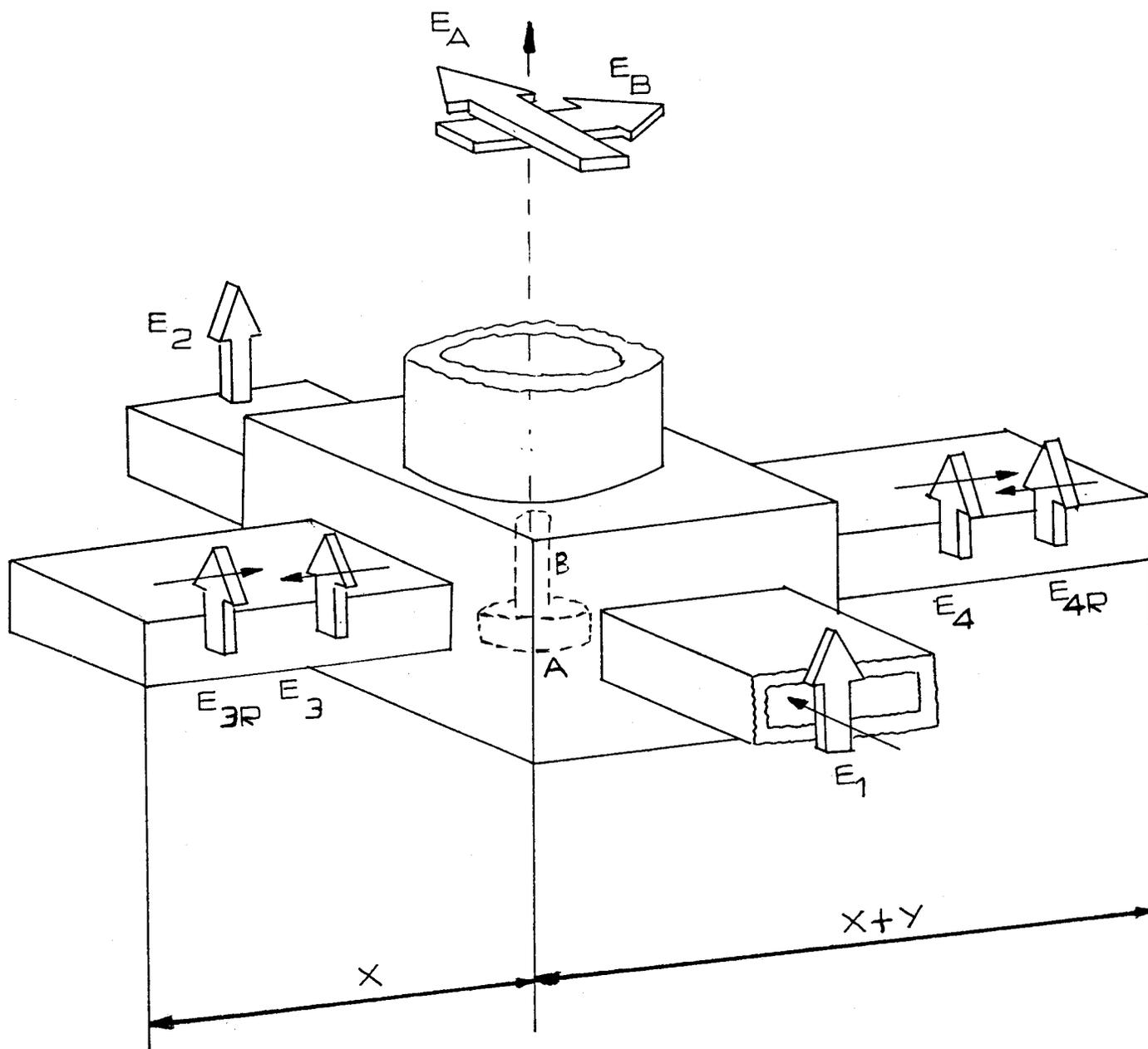
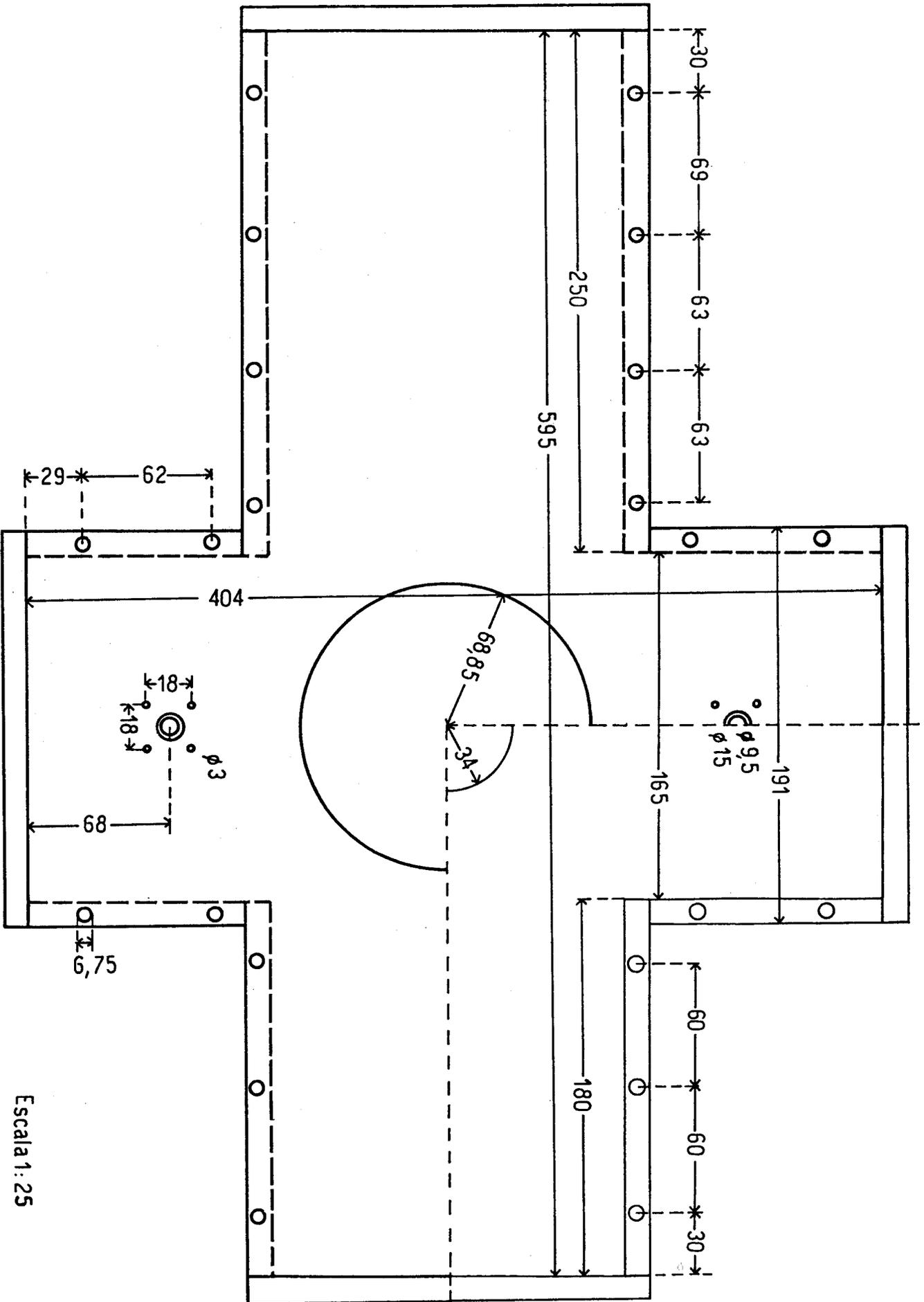
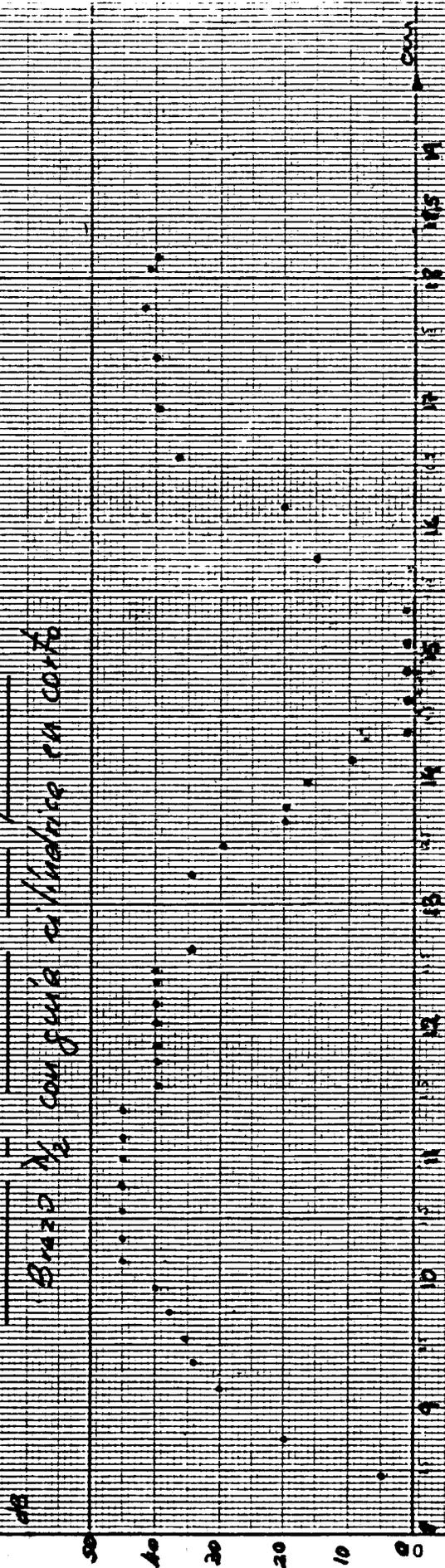


Fig. 1



Escala 1:25

Medida de Aislación entre puertas
Brazo de congnia cilíndrico en corto



1655 y 275 yud a femoraion con 200 cm cub

Figure B

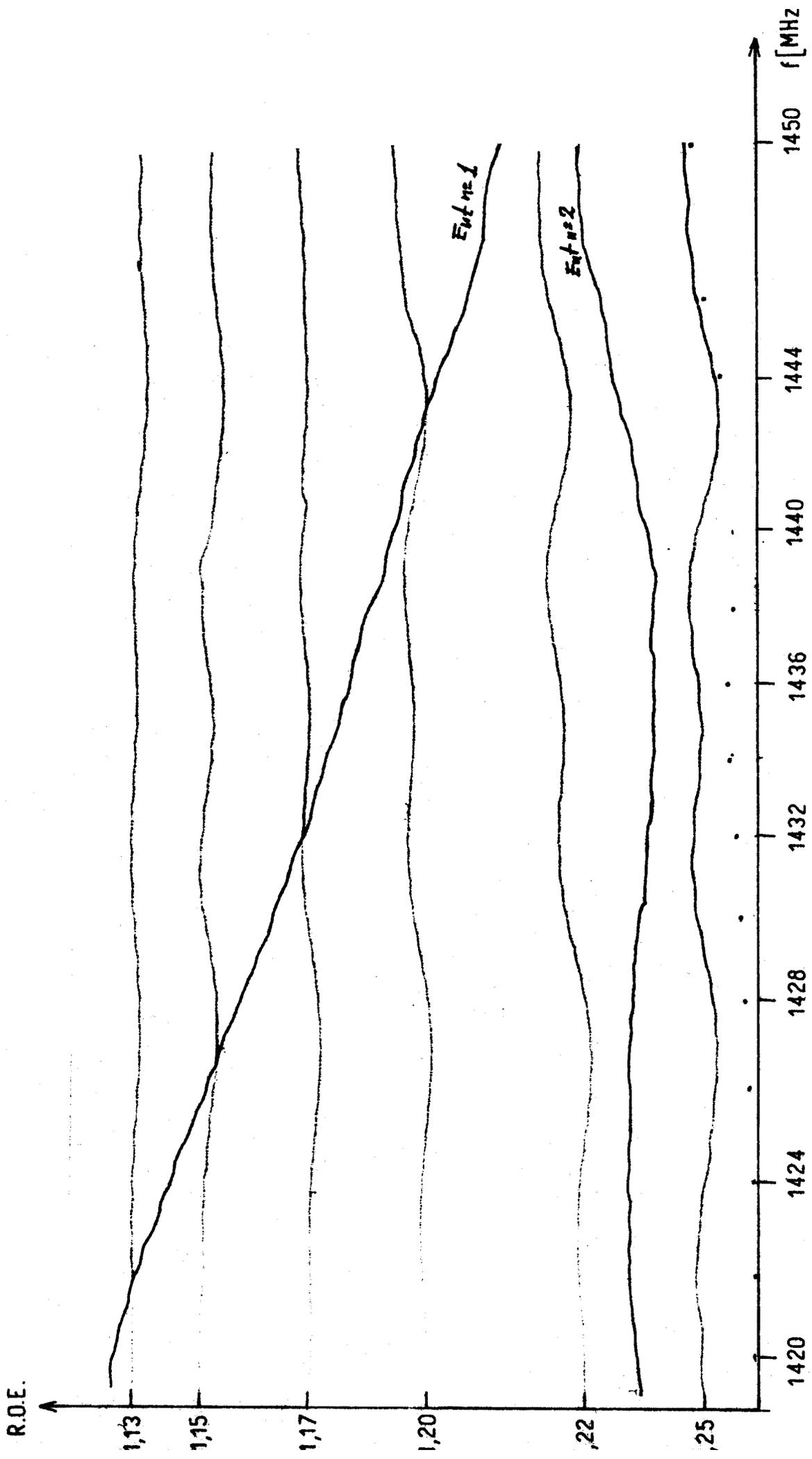


Fig. 4

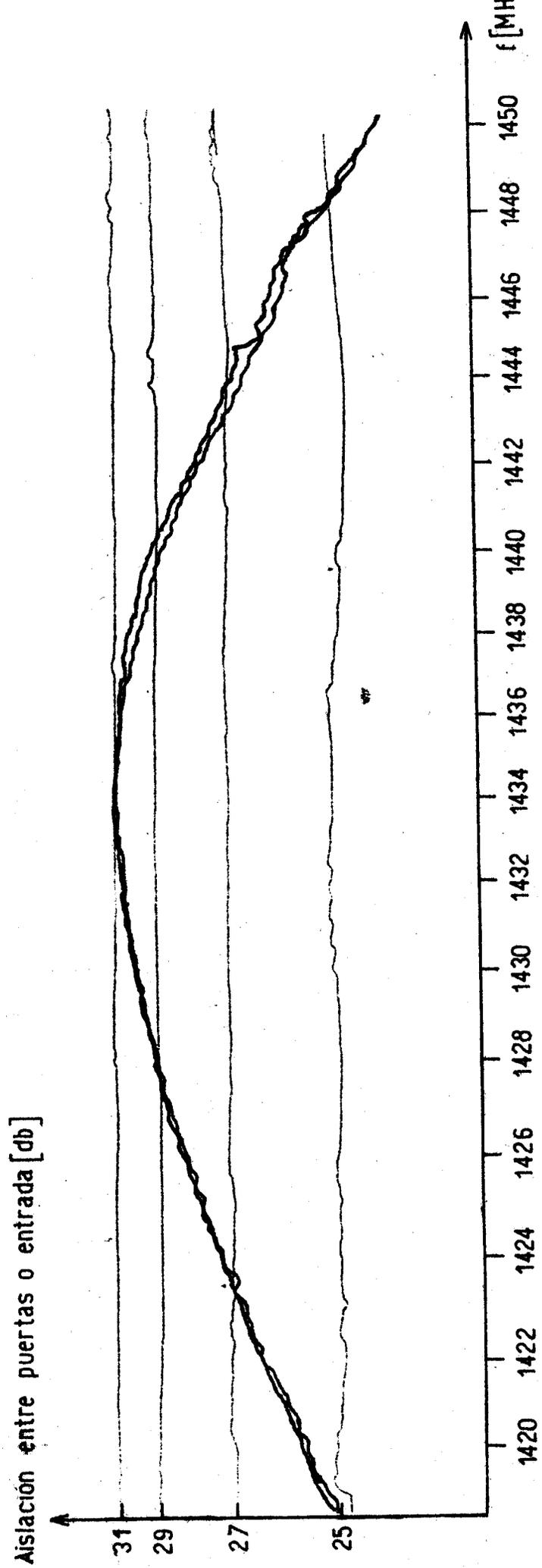


Fig. 5

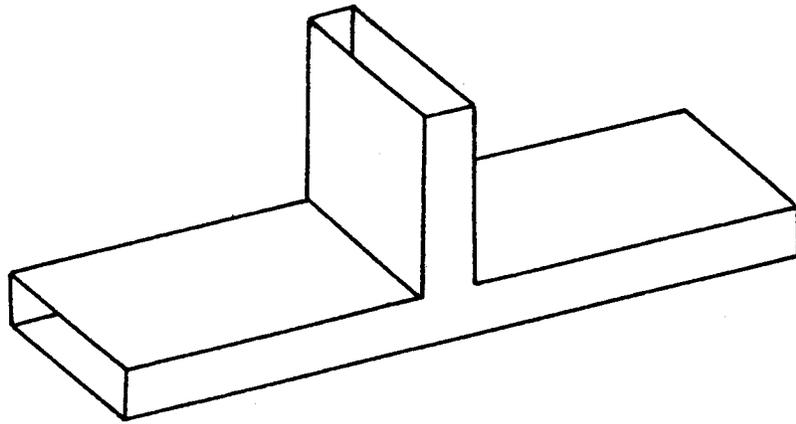


Fig. 7

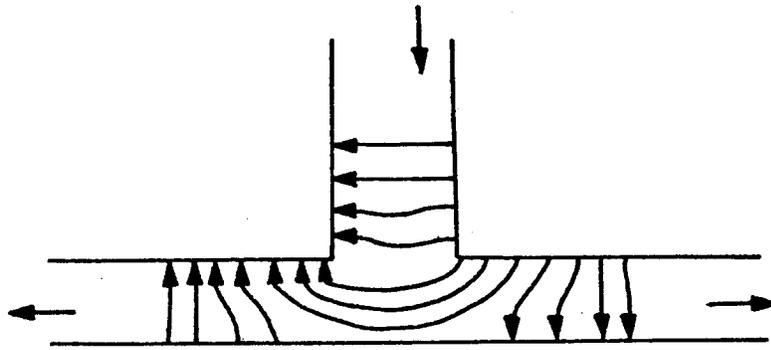


Fig. 8

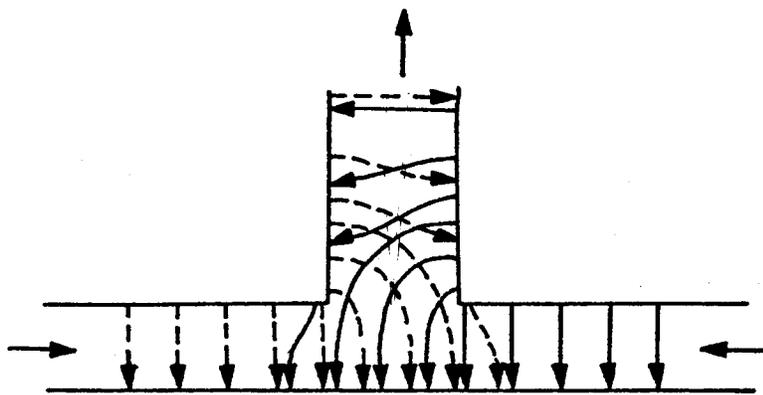


Fig. 9

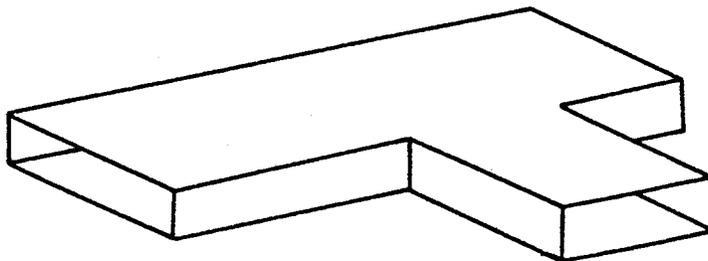


Fig. 10

CORTOS MOVILES

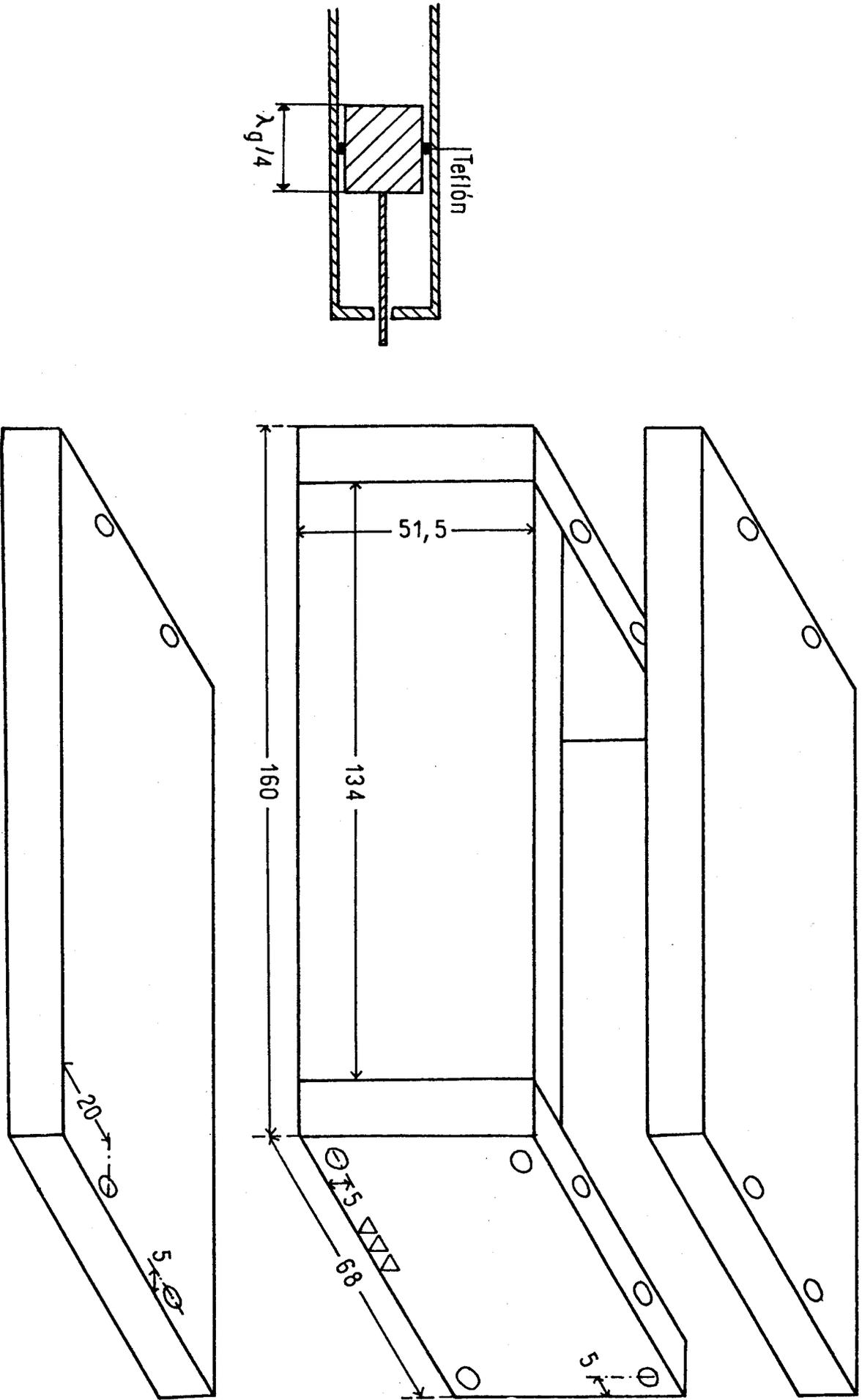
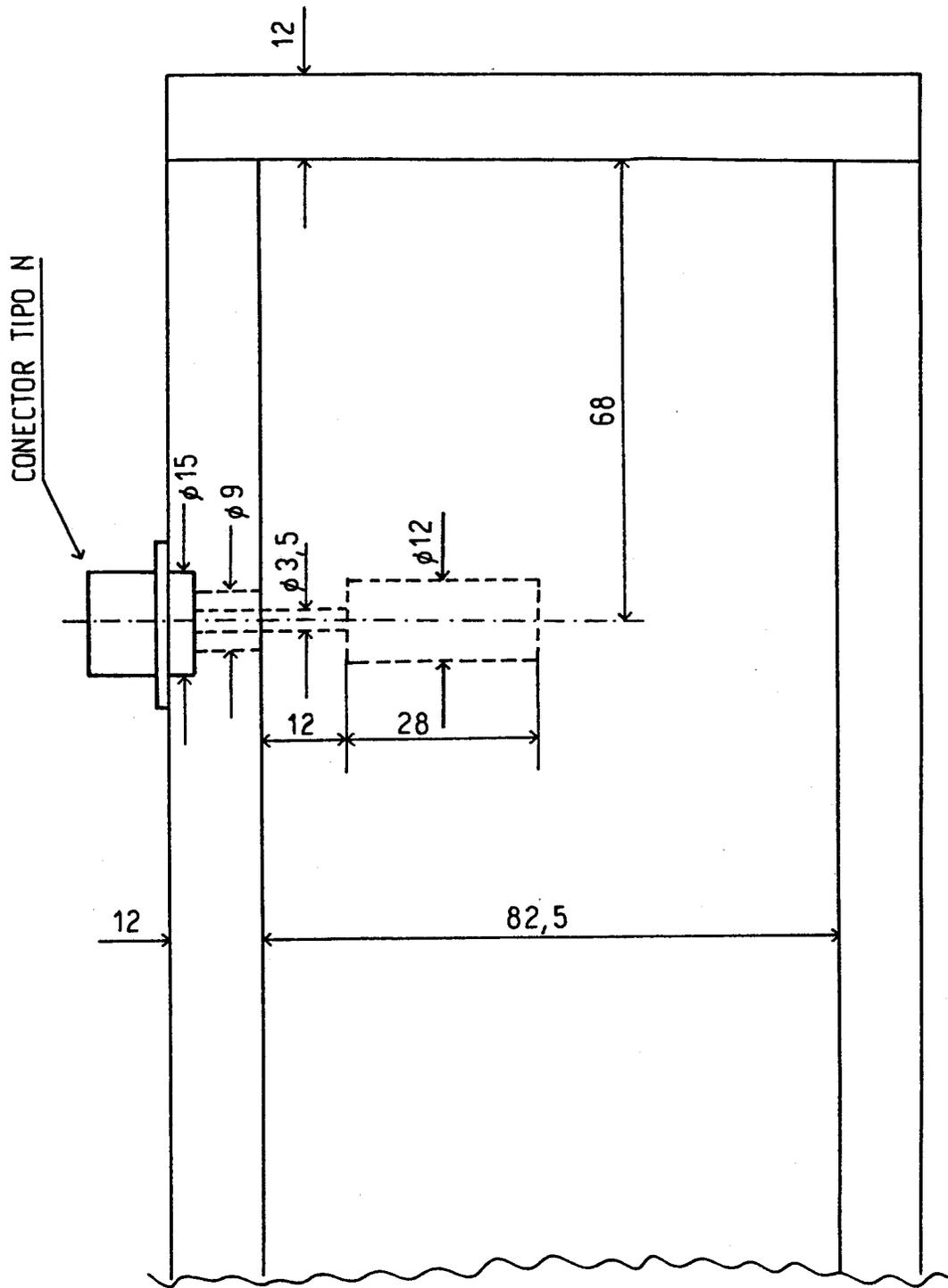


Fig. 11

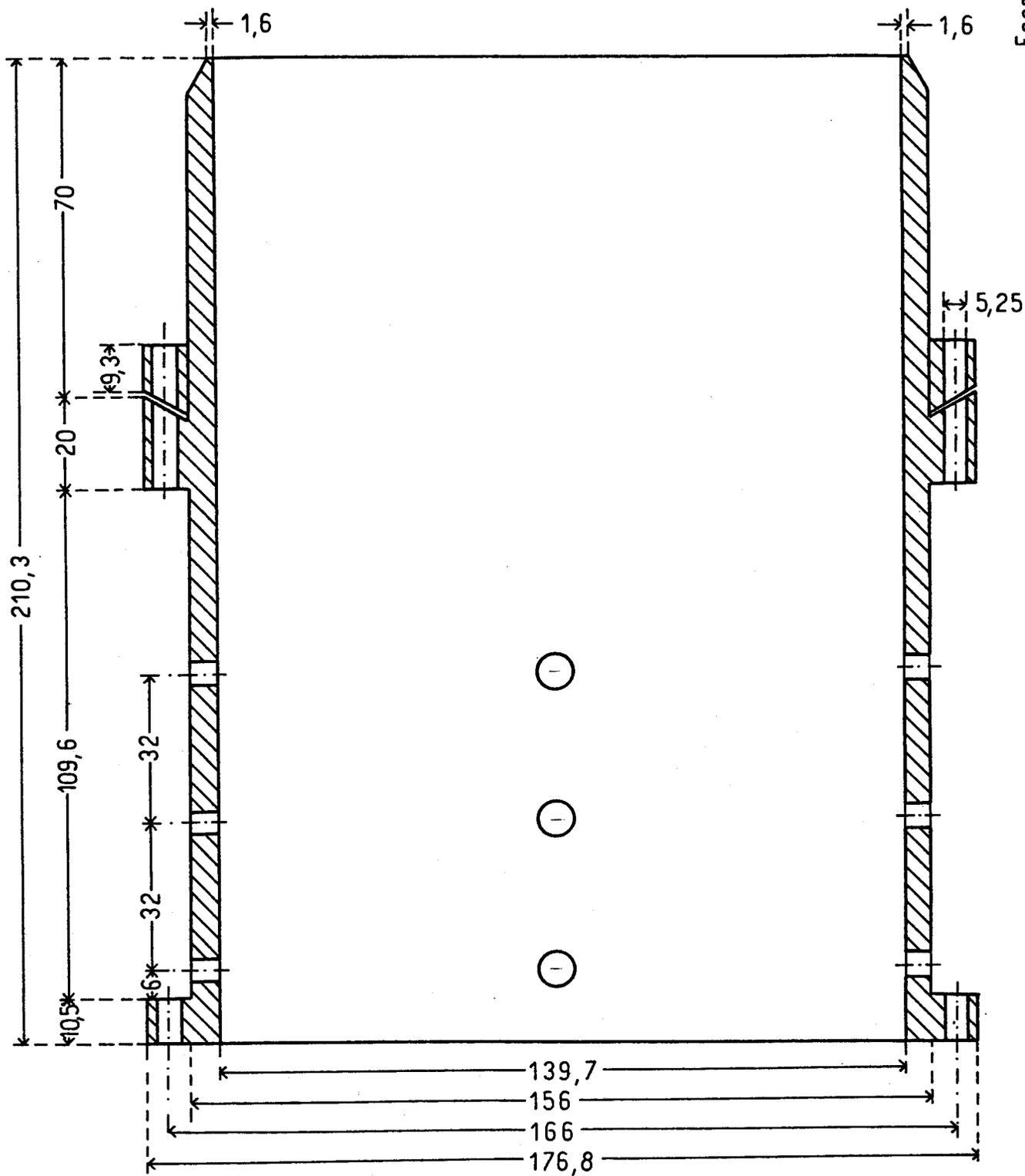
Escala 1:128



Escala 1:1

ADAPTACION GUIA DE ONDA A COAXIL

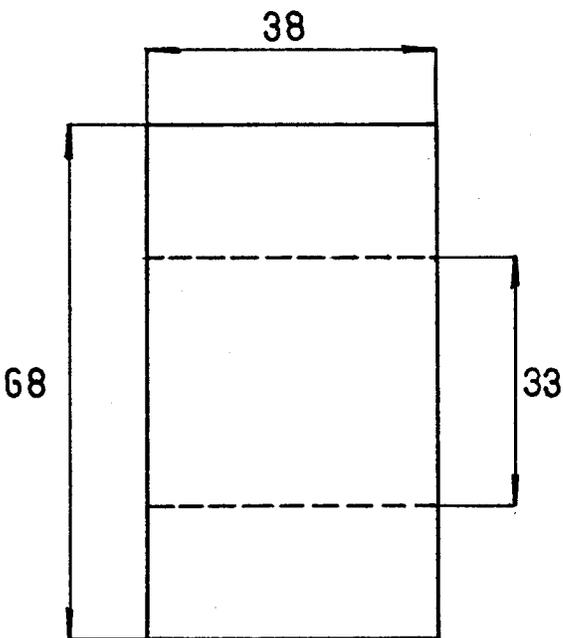
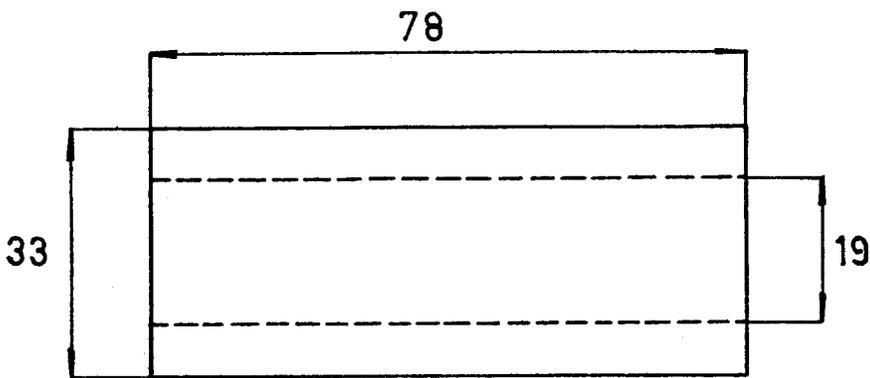
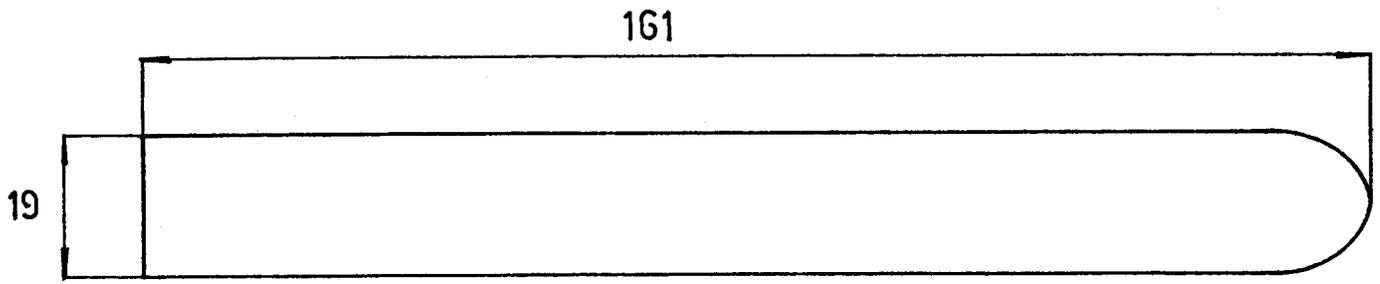
Fig. 12



Escala 1:125

GUIA DE ONDA CIRCULAR

Fig. 13



- fig 14 -