

99
x

PROYECTO:

ESTUDIO Y DESCRIPCION DE UN SISTEMA I.L.S.

GRUANDO:

MARCOS MEDINA SANCHEZ

curso: 1980 - 81

INDICE:

DOCUMENTO N° 1.- CONSIDERACIONES GENERALES

DOCUMENTO N° 2.- PLANOS.

DOCUMENTO Nº 1

CONSIDERACIONES GENERALES:

- 1.- MEMORIA DESCRIPTIVA.
- 2.- ANEXOS.

MEMORIA DESCRIPTIVA

INDICE:

- I.1 ORDEN DE ENCARGO
- I.2 OBJETO DEL TRABAJO
- I.3 CONSIDERACIONES SOBRE LOS SUBSISTEMAS (LCC. Y SENDA)
- I.4 DESCRIPCION DEL SISTEMA I.L.S.
- I.5 GENERALIDADES
- I.6 EMPLAZAMIENTO DEL SISTEMA DE APROXIMACION POR INSTRUMENTOS.

ANEXOS

INDICE:

II.1 LOCALIZADOR.

II.1.1 DESCRIPCION TECNICA DEL LOCALIZADOR.

II.1.2 DIAGRAMAS DE RADIACION Y DESCRIPCION DEL SISTEMA
FISICO DE LAS ANTENAS DEL LOCALIZADOR.

II.2 SENDA DE PLANE0 (G.P.).

II.2.1 DESCRIPCION TECNICA DE LA SENDA DE PLANE0.

II.2.1 DIAGRAMAS DE RADIACION Y DESCRIPCION DEL SISTEMA
FISICO DE LAS ANTENAS DE LA G.P.

II.3 RADIOBALIZAS Y RADIOFAROS/

II.3.1 DESCRIPCION TECNICA DE LAS RADIOBALIZAS Y RADIOFAROS/

II.3.2 DIAGRAMAS DE RADIACION Y DESCRIPCION DEL SISTEMA
FISICO DE LAS ANTENAS DE LOS MARKER'S Y N.D.B.

II.4 MONITORES Y SISTEMA DE MANDO A DISTANCIA.

II.4.1 INTRODUCCION.

II.4.1 SISTEMA MONITOR DEL LOCALIZADOR.

II.4.2 SISTEMA MONITOR DE LA SENDA DE PLANE0.

DOCUMENTO Nº 2

PLANOS:

INDICE DE FIGURAS Y PLANOS:

- 1º) PLANO DE SITUACION DEL SISTEMA I.L.S.
- 2º) FIGURA I.3.1: CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE PERFILES DE LA SENDA SEGUN LA F.A.A.
- 3º) FIGURAS I.3.2 - 3: GRAFICOS DE LA FORMA DE LOS DIAGRAMAS DE RADIACION DEL LOC. Y DE LA SENDA.
- 4º) FIGURAS I.6.1 - 2: AREAS CRITICAS DEL LOCALIZADOR Y SU LIMITACION.
- 5º) FIGURA I.6.3 - 4: DELIMITACION DE LAS AREAS CRITICAS DE LA SENDA (según la O.A.C.I.)
- 6º) PLANO DE LAS FIGURAS I.6.5 - 6 - 7.
- 7º) FIGURA I.6.8: DELIMITACION DEL AREA CRITICA DE LAS RADIO BALIZAS.
- 8º) FIGURA II.1.1: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA LOCALIZAD.
- 9º) FIGURA II.1.2: VISTA FRONTAL DE LA ANTENA DEL LOCALIZADOR
- 10º) FIGURA II.1.3: VISTA DE PERFIL Y DETALLE DE UNO DE LOS DIPOLOS DE LA ANTENA DEL LOCALIZADOR.
- 11º) FIGURA II.1.4: DIAGRAMA DE RADIACION DE PORTADORA DEL LOCALIZADOR.
- 12º) FIGURA II.1.5: DIAGRAMA DE RADIACION DE B.L. DEL LOCALIZ.
- 13º) PLANO DE LAS FIGURAS II.1.6 - 7 - 8 - 9.
- 14º) PLANO DE SITUACION DE LA SENDA EN PISTA.
- 15º) FIGURA II.2.1: SECTOR DE LA G.P. (adjunto al plano 3).
- 16º) FIGURA II.2.2: DIAGRAMA EN BLOQUES DEL TRANSMISOR DE G.P.
- 17º) FIGURA II.2.3: SISTEMA RADIANTE DE LA SENDA DE PLANE0.
- 18º) FIGURA II.2.4: DIAGRAMA DE RADIACION VERTICAL DE LA SENDA DE PLANE0 CON VARIOS LOBULOS.
- 19º) FIGURA II.2.5: DIAGRAMA DE RADIAC/VERT. EN POLARES DE LA SENDA DE PLANE0.

- 20º) FIGURA II.2.6: GRAFICO DE LA RADIACION DE LA SENDA EN COORDENADAS CARTESIANAS.
- 21º) FIGURA II.2.7: ABACO PARA EL CALCULO DE LA SEPARACION LATERAL DEL MASTIL DE ANTENAS AL EJE DE LA PISTA.
- 22º) FIGURA II.2.10: GRAFICOS PARA EL CÁLCULO ANALITICO DEL DESPLAZAMIENTO LATERAL Y ALTURA DE LOS DIPOLOS DE LA SENDA.
- 23º) FIGURA II.3.1: SISTEMA RADIANTE DE LAS RADIOBALIZAS Y SU SITUACION RESPECTO AL EJE DE LA PISTA
- 24º) PLANO DE SITUACION DE LAS CASETAS DE EQUIPOS, DE LAS ANTENAS DE LOS MARKER'S Y DE LOS RADIOFAROS.
- 25º) FIGURA II.3.2: DIAGRAMA DE RADIACION EN EL PLANO PARALELO AL EJE DE PISTA DE UNA RADIOBALIZA.
- 26º) FIGURA II.3.3: DIAGRAMA DE RADIACION EN EL PLANO NORMAL AL EJE DE LA PISTA DE UNA RADIOBALIZA.
- 27º) FIGURA II.4.1: VISTA FRONTAL DEL MONITOR DE TORRE Y ELEMENTOS AUXILIARES.
- 28º) FIGURA II.4.2: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA MONITOR (I)
- 29º) FIGURA II.4.4: ABACO PARA EL CALCULO DE LA ALTURA DE LOS DIPOLOS MONITORES EN FUNCION DEL ANGULO NOMINAL θ .
- 30º) FIGURA II.4.5: ABACO PARA EL CALCULO DE LA DISTANCIA DEL MASTIL MONITOR AL MASTIL RADIANTE PRINCIPAL DE LA SENDA DE PLANE0.

I.1 ORDEN DE ENCARGO:

La Escuela de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación de la Palmas de Gran Canaria adjudica al alumno Marcos Medina Sánchez el siguiente proyecto como trabajo fin de carrera para la obtención del posterior Título de Ingeniero Técnico de Telecomunicación.

I.2 OBJETO DEL TRABAJO:

El objeto del presente expediente es hacer los cálculos y estudios necesarios para la instalación de un sistema I.L.S. en un Aeropuerto, - que servirá como Trabajo Fin de Carrera ordenado por la Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación, así como de igual - manera este proyecto podrá llevarse a cabo en la práctica y servirá para obtener las autorizaciones previas de los Organismos Oficiales Competentes.

I.3 CONSIDERACIONES SOBRE LOS SUBSISTEMAS (LOCALIZADOR Y SENDA (G.P.))

I.3.1 Calidad de los Emplazamientos.-

La F.A.A. ha publicado una clasificación del perfil del terreno en cuanto al funcionamiento de la senda, basándose en la - extensión de terreno liso existente delante de las antenas de la senda, y el resultado en cada uno de ellos de los distintos tipos de senda de planeo.

En la clasificación se supone que se cumplen las condiciones de áreas críticas definidas por la F.A.A.

La clasificación se muestra en la figura (I.3.1). Teniendo en cuenta que el terreno situado delante de la pista correponde al tipo 3, se tiene:

Para este tipo de terreno la F.A.A. dice que ocurre en un 15

por ciento de los casos y que el sistema más idóneo a usar es el bifrecuencia pero en nuestro caso el terreno disponible es poco amplio y además el curso posterior no se puede usar por estar el aeropuerto pegado al mar en la dirección de clearance luego, se ha optado por utilizar el Referencia B.L. que como se observa en la figura resuelve también muchos casos.

En el funcionamiento de la senda actuará como reflector el terreno, por lo tanto, el estudio del mismo revestirá una gran importancia, ya que en el estudio teórico de los diagramas consideraremos que la reflexión es total y, por lo tanto, el terreno ideal. En realidad, el coeficiente de reflexión varía desde 0,94 en terreno arenoso hasta 1 en el agua en calma. En el caso de producirse cambios bruscos en el coeficiente de reflexión, el efecto se podría atenuar variando el ángulo de planeo nominal.

La zona de influencia será la primera Zona de Fresnel, intersección del Elipsoide de Fresnel con el terreno.

Los factores a considerar dentro de esta zona son:

- La Pendiente
- La Rugosidad
- La Homogeneidad y el coeficiente de Reflexión.

Como consecuencia de que en la realidad el terreno no es liso, nos veremos obligados a nivelar adecuadamente hasta que se cumplan los criterios de rugosidad exigidos.

Se elige de igual manera un localizador con gran directividad en su radiación, a causa de la utilización de una pantalla reflectora de gran envergadura, y la radiación se concentra en un haz muy estrecho, siendo éste simétrico respecto al eje de la pista, con lo cual eliminaremos las reflexiones laterales y las

reflexiones en obstáculos situados detrás del localizador.

I.3.2 Descripción del mecanismo de trabajo de los subsistemas elegidos.

Comenzando por el subsistema localizador diremos:

Los objetivos a cubrir por el localizador son dos:

- 1) Generar un eje de rumbo.
- 2) Dar indicación proporcional de la desviación lateral respecto del eje de la pista. Esta desviación o mejor esta indicación se da dentro de un sector del orden de 10 grados a cada lado del eje de rumbo.

La información se transmite al espacio mediante la modulación en amplitud de una portadora por dos tonos de 90 y 150 Hz., emitiendo dos diagramas; uno de P + BL, es decir la portadora y las bandas laterales de 90 y 150 Hz. y otro de B.L. únicamente.

La información se recupera en el receptor de a bordo midiendo la diferencia en las profundidades de modulación de la portadora por ambas señales y obteniendo un valor DDM que es llevado a un instrumento con dos agujas: La vertical es mandada por el localizador y la horizontal por la senda de planeo, dando así la indicación adecuada para situarse en la trayectoria de descenso correcta.

En el caso del localizador, el diagrama P + BL se radia con un máximo en la dirección del eje de la pista, es decir, en la superficie (plano vertical) que contiene al eje de la pista -- DDM = 0 y el diagrama de banda lateral con un nulo en esa superficie y un cambio de fase. Véase figura (I.3.2).

Ambos diagramas se radian de forma que a la derecha del eje de rumbo predomine la señal de 150 Hz. y a la izquierda la de 90 Hz., por lo tanto, al pasar de un sector a otro, hay una zona en

la que las dos modulaciones se hacen iguales, con lo que la diferencia entre ambas modulaciones será cero y define la superficie de DDM = 0.

La modulación en el transmisor es igual a:

$$m = \frac{E_{CS}}{E_C} = 0,2 \quad (20 \% \text{ constante}).$$

Mientras que la modulación espacial es igual a:

$$s = \frac{E_{SS}}{E_C}$$

y varía con el acimut.

La modulación total para cada uno de los dos tonos es la suma de las dos modulaciones:

$$\frac{E_{CS} + E_{SS}}{E_C}$$

E_{CS} = Valor de la componente de BL ($E_{CS_{150}}$, $E_{CS_{90}}$) de $(P + BL)_D$

E_C = Valor de la portadora de $(P + BL)_D$.

E_{SS} = Es el campo de (BL).

A la derecha del eje de rumbo, en el sentido de la aproximación, las bandas laterales correspondientes al tono de 150 Hz. - están en fase en los diagramas $(P + BL)$ y (BL) , por lo que se suman, mientras que las bandas laterales de 90 Hz. que están en oposición de fase se restan. Se produce por tanto, una mayor modulación del tono de 150 Hz., modulación que varía con el acimut debido al término s. A la izquierda la situación es inversa, - produciéndose una mayor modulación para el tono de 90 Hz.

El sistema directivo del localizador nos proporcionará información en un sector muy estrecho que comprende al eje de la pista. Además el localizador proporciona la identificación de la esta-

ción y posibilidad adicional de comunicación oral.

La identificación es efectuada modulando en amplitud la portadora mediante un tono de 1.020 ciclos, manipulado en Morse, -- con los caracteres asignados a la estación.

Veamos seguidamente los objetivos asignados al subsistema -- senda de planeo:

- 1) Proporcionar una guía de descenso: Plano inclinado, lugar -- geométrico de los puntos de $DDM = 0$, que forma con el plano horizontal que contiene al umbral un ángulo igual al ángulo, de planeo nominal especificado.
- 2) Proporcionar al piloto dentro de un sector que incluya la -- trayectoria de descenso nominal, información sobre su separación de la guía de descenso.
- 3) Proporcionar indicación de estar debajo del sector mencionado en el apartado anterior.

La información se obtiene de la diferencia de profundidad de modulación de una portadora de UHF. por dos tonos de 90 y 150 Hz

Se radia un diagrama P + HL y un diagrama HL. El diagrama -- B.L. tiene un nulo en la dirección de la trayectoria de descenso y las fases están invertidas a uno y otro lado del plano que con tiene a la trayectoria de descenso.

El diagrama P + HL tiene un máximo en la dirección de la tra yectoria de descenso, ver figura (I.3.3).

La radiación P + HL se realiza con una modulación m en el -- transmisor:

$$m = \frac{E_{cs}}{E_c}$$

La radiación HL produce una modulación espacial: $s = \frac{E_{ss}}{E_c}$

en el receptor, variable con el ángulo de descenso.

Para un θ mayor que el ángulo nominal θ_0 , las bandas laterales correspondientes al tono de 90 Hz. en los diagramas P + BL, están en fase, produciéndose una mayor modulación de 90 Hz. La situación se invierte para un θ menor que θ_0 , produciéndose una mayor modulación de 150 Hz.

Las especificaciones que deben cumplir los diagramas radioelectricos de navegación y aterrizaje están contenidas en el Anexo 10 de la O.A.C.I.

I.4 DESCRIPCION DEL SISTEMA I.L.S:

Se denominan sistemas de aproximación a los que permiten por sí mismos la realización de la aproximación final sin referencias visuales, a la tripulación de una aeronave para así conseguir un perfecto aterrizaje en el aeropuerto al cual se dirigen.

La maniobra clásica de aproximación final se lleva a cabo actualmente a través de los sistemas I.L.S.

La instalación I.L.S. consiste en un Localizador, una Senda de Planeo, unas Radiobalizas (media y exterior), unas Unidades Monitoras y Líneas de Mando a Distancia. Otras instalaciones de radio utilizadas para su empleo en conexión con el I.L.S., incluyen equipos determinadores de distancia (DME), situables en el emplazamiento de la senda (G.P.) y dos estaciones de radiofaro (NDB), para situar junto a las radiobalizas (Marker's).

El Localizador es esencialmente un transmisor de VHF con dos haces de tipo visual, uno de los cuales se dirige a lo largo de la pista, por su eje en la dirección de aproximación. El otro haz tiene un rumbo de 180° respecto del primero, es decir, ambos están en la prolongación del eje de la pista. De esta forma el localizador proporciona una guía de aproximación lateral del avión mediante el movimiento de la aguja verti

cal del indicador de agujas cruzadas de a bordo.

La unidad de Senda de Planeo, transmite un diagrama tal que produce una pendiente de planeo rectilínea de tipo equiseñal, cuando se recibe a lo largo del rumbo de aproximación definido por el localizador; de esta forma proporciona una guía vertical cuya indicación la da visualmente, la aguja horizontal del instrumento de a bordo.

Las Radiobalizas de 75 MHz. proporcionan al paso sobre ellas, indicaciones de distancia a la pista de forma visual al encenderse determinadas luces en el panel de a bordo. Las estaciones de radiofaro de compás, son del tipo no direccional de LF ó MF, y son utilizadas para facilitar las maniobras de aproximación o de mantenimiento de rumbo a lo largo de una ruta. Además estas estaciones proporcionan al avión una comprobación adicional de su posición debido a un cambio brusco del radiocompás en 180° al paso sobre ellas.

La aproximación inicial al I.L.S. se hace mediante la ayuda de determinadas estaciones radioeléctricas, que generalmente es un VOR. Es importante también que el avión actúe en sus maniobras, fuera de los límites de la zona de recalada y realice antes de comenzar su aproximación final un viraje reglamentario. Esta aproximación final es aquella parte de la maniobra en la que el avión evoluciona dentro de los límites de recalada; para interceptar la senda de planeo, antes de descender a la altura final de aproximación.

Por encima de todos los obstáculos y accidentes del terreno se mantiene un espacio libre de obstáculos de 300 m. en la zona correspondiente a la aproximación inicial y otro de 150 m. en la zona de aproximación final. La altura de vuelo en la aproximación final será de tal magnitud que intercepte la senda de planeo antes de pasar sobre la baliza exterior. El avión en la aproximación final, sigue el haz del localizador

a la altura mínima establecida, hasta alcanzar la senda de planeo. Si el avión va exactamente en rumbo y en senda, las agujas del instrumento de a bordo estarán centradas. Entonces ha comenzado el planeo de aterrizaje.

Cuando el avión pasa por encima de la baliza exterior, se enciende en el panel de instrumentos de a bordo una luz Roja accionada por el receptor de a bordo de dicha baliza, y al pasar sobre la baliza intermedia de forma análoga se enciende una luz Amarilla. Estas indicaciones luminosas marcan la distancia del avión al umbral de la pista, y si el avión está en senda, la altura respecto al nivel de la pista. El ángulo vertical de la senda respecto al plano horizontal de aterrizaje (pista) está comprendido entre $2,15^\circ$ y 3° . Se establece esa inclinación para contar la radiación vertical de la baliza intermedia a una altura de 60 metros. Para tener una idea de la situación general del sistema véase el plano 1º).

I.5 GENERALIDADES:

Este sistema proporciona los medios necesarios para realizar aterrizajes en condiciones de seguridad para los aviones, en aeropuertos con escasa visibilidad o techo de nubes bajo. Mediante la permanencia en funcionamiento de estos equipos con malas condiciones meteorológicas, se logrará reducir el tiempo de interrupciones en los aeropuertos. Este sistema incrementa el tráfico del aeropuerto, aumentando así la capacidad de ellos bajo cualquier condición meteorológica. Representa un avance positivo hacia la eficacia de funcionamiento en todo momento.

Se deberá determinar, en cada aeropuerto, la posibilidad de instalación de este sistema, así como una selección de la pista y dirección de aproximación más idóneas. Las principales consideraciones son:

- 1) Una aproximación que pueda realizarse dentro de las normas rela

tivas a obstáculos.

- 2) Una dirección de aproximación hacia el viento predominante con mala visibilidad.
- 3) Una dirección de aproximación hacia el aprovechamiento de la — misma para los procedimientos normales de tráfico en las rutas y aeropuertos.
- 4) Una maniobra adecuada en caso de aterrizaje frustrado.
- 5) La posibilidad de situar unidades de radio, de forma que funcionen satisfactoriamente.

Deberá estudiarse con detenimiento la instalación en el caso de que se hayan instalado uno o más sistemas I.L.S. en aeropuertos próximos. En general, para evitar perturbaciones en los diagramas de aproximación será necesario que las pistas atendidas de esa forma sean paralelas.

En algunos casos de aeropuertos se ha permitido para el aterrizaje el uso del haz posterior del localizador. Para ello se aconseja, siempre que sea posible, que ambos extremos de la pista se hallen libres de obstáculos en la zona de aproximación, según las normas. Estas normas se aplicarán, en cada caso, a las pendientes de planeo referidas al extremo opuesto de la pista al de aproximación y según el tipo de avión y peso del mismo.

Veamos algunas de las normas referidas a la ausencia de obstáculos en la zona de aproximación, de una pista para la cual se está preparando la instalación de un I.L.S., la cual deberá estar libre de obstáculos de acuerdo con los siguientes criterios:

- 1) Superficie de aproximación:

Es una superficie inclinada situada sobre la zona de aproximación
Sus dimensiones se miden horizontalmente.

- 2) Longitud:

La zona de aproximación tiene 15 Kms. de longitud comenzando a 60 m. fuera del extremo de aproximación de la pista de aterrizaje y siguiendo el eje de la pista.

3) Pendiente:

La pendiente de la superficie de aproximación, a lo largo del eje de la pista es de una relación 1:50 para la parte interior de los primeros 3 Kms. y de 1:40 para los 12 Kms. exteriores.

4) Ancho:

La zona de aproximación está dispuesta simétricamente respecto al eje de la pista prolongado y tiene un ancho total de 300 m. en un punto situado a 60 m. del extremo de la pista. Ese ancho va creciendo uniformemente hasta llegar a 1200 m. a 3 Kms. y 4800 m. a 15 Kms.

Estas normas citadas son para un máximo uso del sistema de aproximación por instrumentos, que se corregirán en aquellos aeropuertos en los que no sea posible llevarlas a cabo.

I.6 EMPLAZAMIENTO DEL SISTEMA I.L.S.:

I.6.1 Emplazamiento del Localizador.

Para ello se han tenido en cuenta:

- 1) Las recomendaciones de la O.A.C.I. en el adjunto C, a la parte I del Anexo 10, apartado 2.1.10.
- 2) Las recomendaciones de la O.A.C.I./F.A.A. "Siting Criteria — Instrumental Landing Systems".

Las recomendaciones de la publicación del Boletín de la O.A.C.I. definen dos tipos de áreas en las proximidades de las antenas:

Area Crítica.- Es un área de dimensiones definidas y en la cual

los vehículos incluyendo las aeronaves causarán perturbaciones inaceptables para el buen funcionamiento del sistema.

Area sensible.- Es un área que se extiende más allá del área crítica y el la cual los vehículos y especialmente - las aeronaves estacionadas o en movimiento, pueden afectar al I.L.S. en su funcionamiento. Se deberán ejercitar unos controles de las áreas crítica y sensible al objeto de impedir la entrada de vehículos o aeronaves que puedan originar interferencias inaceptables para el funcionamiento del I.L.S.

Con el fin de poder mantener un control estricto de estas áreas convendría que estuviesen en terrenos bajo una administración directa por parte del aeropuerto. En las figuras (I.6.1), y (I.6.2), se dan las dimensiones de las áreas mínimas críticas del localizador.

Las recomendaciones de la F.A.A. definen también dos tipos de áreas:

Area A.- La pendiente longitudinal deberá estar comprendida entre 1,1 % y -1,5 %.

La pendiente transversal desde la prolongación del eje de la pista deberá ser constante y estar comprendida entre 1 % y -3 %.

Area B.- Su finalidad es la de realizar el acuerdo entre la zona A y el terreno natural por medio de pendientes suaves.

Las recomendaciones en cuanto a lo que se refiere a la colocación de las casetas de equipos, tratan de evitar que se produz

can reflexiones.

Soluciones adoptadas:

La F.A.A. recomienda que la distancia entre las antenas del localizador y el final de la pista esté comprendida entre 300 m. y 600 m. De acuerdo con la topografía del terreno y atendiendo a que las servidumbres que circundan al localizador queden lo — más posible dentro de los dominios del aeropuerto, y tratando de no sobrepasar los límites de las alturas impuestos por las superficies de aproximación y despegue, la posición del grupo principal de antenas del localizador se fija en un punto situado sobre la prolongación del eje de la pista y a una distancia del umbral (21) de 300 m.

La caseta de los equipos se pondrá en la perpendicular del eje de la pista y a una distancia de 90 m. del centro del sector de 30° especificados por la F.A.A. para evitar interferencias o que éstas sean excesivas. En el emplazamiento que posee el proyecto en estudio, estas normas no pueden llevarse a cabo, aprovechándose la particular situación de la pista la caseta se coloca detrás de la antena a un nivel más bajo que la pista y a unos 10 metros, aproximadamente de la antena no causando así interferencia por no existir además en el aeropuerto en estudio, (Gando), un sistema de radiación posterior (Clearance), se entiende situado en la trasera del sistema directivo principal.

I.6.2 Emplazamiento de la Senda de Planeo.

Para este estudio se han tenido en cuenta:

- 1) Las recomendaciones de la O.A.C.I., adjunto C a la parte I - del Anexo 10, apartado 2.1.10.

2) Las recomendaciones de la publicación de la F.A.A. " Sitting Criteria For Instruments Systems ".

Al igual que en el localizador definiremos unas áreas crítica y sensible.

Se deberá ejercitar control de éstas áreas con el fin de impedir la entrada de aeronaves y vehículos que causen interferencias inaceptables en la senda de planeo.

En las figuras (I.6.3) y (I.6.4), se indican las dimensiones típicas del área crítica de la senda de planeo recomendadas por la O.A.C.I., en el adjunto C de la parte primera del Anexo 10, apartado 2.4 se dan las siguientes indicaciones:

- 1) La colocación lateral del sistema de antenas de la G.P. respecto al eje de la pista, no deberá ser menor de 120 m.
- 2) La posición longitudinal de la antena de la G.P. deberá de escogerse de tal manera que la referencia I.L.S. quede lo más cerca posible del valor nominal de 15 m.

La posición longitudinal (D) de la antena de la senda respecto del umbral, se determina como sigue:

$$D = \frac{TCH}{Tg \theta_0 (+) S} ; \quad D = \frac{TCH}{Tg \theta_0} + \frac{SD}{Tg \theta_0}$$

↙ para S negat.

donde:

TCH: Es la altura de cruce sobre el umbral (Threshold Crossing Height).

S: Es la pendiente longitudinal del terreno.

NOTA: Si desde la antena hacia el umbral la pendiente es descendente (es nuestro caso) entonces S será negativo. Véase la figura (I.6.5),

La F.A.A. define una serie de áreas que en conjunto forman

el área crítica para el emplazamiento de la senda de planeo.

La planta del área crítica está dada en la figura (I.6.6).

en donde:

$U = 60$ (m.) 200 pies.

$W = 30$ m. (100 ")

$X = 120$ m. (400 ")

$Z =$ es la menor de 900 m. (3000 pies).

distancia de la línea de la propiedad.

$Y =$ es la mayor de 300 m. (1000 pies).

distancia hasta donde hay terreno liso.

Respecto a la distancia V desde el mástil de antenas hasta - el eje de la pista, la F.A.A. define como distancia óptima 150 m. dando un margen entre 75 y 195 m.

Se considerará también la altura del mástil de las antenas - función a su vez del ángulo de senda de planeo y de la distancia lateral al eje de la pista.

Las condiciones que debe cumplir el terreno en las proximidades son las siguientes:

Dentro de la zona A deberá tener la misma pendiente longitudinal que la pista y ser liso, la rugosidad existente será menor de 3 centímetros.

El terreno dentro de la zona B también deberá ser liso, con pendientes suaves.

En cuanto al terreno en C, deberá ser tal que evite reflexiones. Por tanto, no debe haber setos, vallas, árboles etc. aunque no hay exigencia de pendientes.

En cuanto a la pendiente transversal, la pendiente (S) en la primera zona, debe ser menor de 1,5 %.

Soluciones adoptadas:

Se ha elegido que los equipos de la senda de planeo han de emplearse emplazados a la derecha de la pista de vuelo, mirando en el sentido del aterrizaje, ya que en su lado izquierdo se desarrollan las calles de rodadura.

Se ha elegido desde el mástil de antenas al eje de la pista una distancia de 120 m. (distancia mínima de O.A.C.I.), ya que la distancia real a la que se situará la antena principal del equipo de la senda de planeo del umbral para una altura nominal de 15 m. sobre éste será:

$$D = \frac{TCH}{\text{Tg } \theta_0 + S} = \frac{15}{\text{Tg } 2,9 + 0,0003376} = 294,1 \text{ m.}$$

I.6.3 Emplazamiento de las Radiobalizas.

El Anexo 10 de la O.A.C.I. en el apartado 3.1.6.6 especifica:

La radiobaliza interna debe estar emplazada a una distancia de 75 a 450 m. con respecto al umbral de la pista.

Se trata de que el diagrama de radiación de la radiobaliza interna corte, si existe, la prolongación rectilínea de la trayectoria de planeo nominal a la altura de decisión más baja. Aplicable a las operaciones de categoría II.

La radiobaliza intermedia deberá estar emplazada a 1.050 m. ± 150 m., del umbral de la pista de aterrizaje en el extremo de aproximación y a no más de 75 m. de la prolongación del eje de la pista. (la normal).

La radiobaliza exterior se sitúa en la zona de aproximación, en el punto donde la senda de planeo corta al viraje reglamentario de aproximación o mínima altura de aproximación, cuando esa intersección se produjese entre 6,4 y 11,2 Kms. del comienzo de la pista. La tolerancia lateral al eje de la pista es de 75 mt.

a cada lado y una tolerancia longitudinal de 300 m. a lo largo - del eje. Esta última tolerancia facilita la instalación dentro de unos 15 m. alrededor del pie de la intersección citada, para un ángulo de senda de 3° , cuando este ángulo sea menor, pueden - aumentarse las tolerancias descritas si fuera necesario. Si la intersección se produce a más de 11,2 Kms. del comienzo de la - pista, o si el sitio que corresponde bajo esa intersección en el terreno no fuera practicable se procederá a otra determinación - de la intersección o maniobras que conduzcan al avión hasta el - sistema I.L.S., en cuyo caso la radiobaliza exterior se situará a unos 7,2 Kms. \pm 300 m. del comienzo de la pista. El otro medio puede ser la situación junto a ella de un Radiofaro, una baliza de abanico, etc. El área crítica de las radiob. está en fig I.6.8

Para la identificación de las radiobalizas la O.A.C.I. recomienda las siguientes normas:

a) Identificación audible manipulada en morse:

O.M. (400 Hz.) 2 rayas por segundo continuamente.

M.M. (1300 Hz.) una serie de rayas y puntos alternados continuamente.

I.M. (3000 Hz.) 6 puntos continuados por segundo esta no se utiliza en el proyecto en estudio pues es de categoría I y en esta categoría no se usa.

b) Identificación visual de a bordo:

Volando a una velocidad de 96 nudos sobre el suelo.

O.M. (Luz azul ó roja) 12 ± 4 segundos.

M.M. (Luz ámbar ó amarilla) 6 ± 2 segundos.

I.M. (Luz blanca) 3 ± 1 segundos.

Para mayor detalle ver figura (I.6.10).

LOCALIZADOR

II.1 LOCALIZADOR:

II.1.1 Descripción técnica del Localizador

El equipo del localizador del sistema en estudio es monofrecuencia teniendo como parte principal la unidad de generación del sistema directivo. Esta unidad genera una señal de 10 , MHz. — (En el caso de Las Palmas); modulada por otra de 1020 Hz., con — una profundidad de modulación del 10 %. La potencia de esta señal está limitada a 20 w. máximos y alimenta la entrada del modulador, que genera las señales de $(P + HL)_D$ del sistema directivo.

El equipo transmisor consta de:

- Conmutador de control manual o remoto por la alimentación o mejor por la aplicación de una tensión de mando de unos 60 v.
- Convertidor que alimenta las etapas de pilotaje de frecuencia
- Fuente de alimentación variable y estabilizada que alimenta al preamplificador y al amplificador de salida.
- Unidad de modulación que produce una modulación de 1020 Hz. para la identificación de la estación.
- Etapas piloto . La frecuencia de pilotaje es la mitad de la frecuencia radiada, en este caso 109,9/2 MHz.

El oscilador utilizado puede ser de dos tipos: Oscilador de cristal de cuarzo de temperatura controlada TCXC, o un cristal — simple. La frecuencia es sintonizada a la mitad de la requerida, por medio de un condensador variable. Después la frecuencia es — duplicada, pasando posteriormente a una etapa de amplificación — previa de unos 2,5 w, de salida efectivos.

- Etapas de amplificación que están formadas por un preamplificador de potencia que eleva la señal a unos 2,5 ó 3 w. y un amplificador de salida que proporciona unos 20 w.

- Supresor de armónicos que es un filtro pasivo que elimina el segundo y tercer armónico. Una fracción de la potencia de salida es muestreada por el mpñitor, esta parte de la señal a utilizar, es regulable de forma manual.

La constitución del equipo se puede ver en la figura (II.1.1)

II.1.2 Diagramas de radiación y descripción del sistema físico de la Antena del localizador .

El sistema radiante del Localizador consta de 12 antenas dipolo recto horizontales de media longitud de onda formando un array horizontalmente alineado, con una pantalla reflectora a una distancia de un cuarto de longitud de onda, con el fin de concentrar la energía radiada en un sector estrecho, debido a lo cual recibe el nombre de radiación directiva. Los dipolos unidos mecánicamente a la malla están espaciados a una distancia de $3/4$ de longitud de onda, así como la malla está formada por una red metálica.

La antena se soportará sobre una loza de cemento de 30 cms. de alta y 2,5 ms. de ancha nivelada con el terreno.

Un detalle de la antena y uno de sus dipolos se puede observar en las figuras (II.1.2) y (II.1.3).

El sistema radiante además se sitúa a unos 300 ms. aproximadamente de la pista (21) a partir del umbral de ésta y siguiendo las normas dictadas por la O.A.C.I.

- Diagrama de B.L. del sistema directivo:

Previo al estudio del diagrama se harán las siguientes consideraciones:

El sistema directivo debe cumplir dos de las tres misiones asignadas al localizador.

A) Definir la superficie $DDM = 0$, o sea, el lugar geométrico

de los puntos del espacio que tienen una diferencia nula en profundidad de modulación. Esto significa definir el CURSO, que debe ser coincidente con el plano vertical que contiene al eje de la pista.

B) Condición de ANCHURA. La aeronave debe recibir dentro de un sector estrecho, (simétrico respecto al eje de pista), indicaciones proporcionales a su separación acimutal con respecto al eje de la pista. En definitiva, el sistema de antenas directivo debe proporcionar una radiación lo más direccional posible según el eje de pista. Al estudiar el campo producido por un conjunto de antenas linealmente dispuestas, espaciadas uniformemente, puntuales, isotrópicas, alimentadas en fase con amplitudes distintas se observa que aparecen junto al lóbulo principal unos lóbulos secundarios. En ocasiones estos lóbulos pueden ser perjudiciales en caso de poseer una excesiva amplitud.

Es necesario un sistema de radiación de antenas alimentadas de tal forma que produzcan un campo de máxima radiación y directividad, lo más estrecho posible y en el que la relación lóbulo principal a secundario sea relativamente alta.

Una distribución de amplitudes de esta forma fue propuesta por Dolph para el caso de antenas lineales alimentadas en fase y de tal manera que basándose en las propiedades de los polinomios de Tchebicheff permita la utilización de la relación (R) de lóbulo principal a lóbulo secundario. Esta distribución se denomina, de Dolph-Tchebicheff, o de óptima distribución de amplitudes.

El diagrama de B.L. se consigue pues como superposición de 2 diagramas idénticos, pero en contrafase. Por lo tanto un diagrama se radiará con 6 antenas alimentadas en fase entre sí pero en

oposición de fase con el diagrama formada por el otro conjunto de las 6 antenas restantes. Así se obtiene el diagrama de radiación de las Bandas Laterales.

En cada conjunto de 6 antenas, la energía se distribuye simétricamente. La alimentación de cada grupo responderá a la distribución de Dolph-Tchebicheff, que garantiza una mínima amplitud de lóbulos laterales.

Previamente se obtendrá el valor de (R), relación entre la amplitud del lóbulo principal y la del lóbulo lateral. Se tomará para este proyecto la de $R = 25,6$ dB, con lo que la amplitud del lóbulo principal estará 25,6 dB por encima de la amplitud del lóbulo secundario. A continuación se va a calcular el valor del término U_0 para la aplicación de Tchebicheff.

Para un número N par de elementos igual a 6:

$$R \text{ (dB)} = 25,6 \text{ dB}$$

$$25,6 = 20 \text{ Log } R$$

$$\text{Log } R = 25,6 / 20$$

Luego $R = 10^{1,28} = 19,05$

Aplicando la expresión siguiente calcularemos U_0 .

$$U_0 = \frac{1}{2} \left((R + \sqrt{R^2 - 1})^{1/N-1} + (R - \sqrt{R^2 - 1})^{1/N-1} \right)$$

de donde operando se obtendrá una $U_0 = 1,27$.

Veamos ahora el factor del Array:

$$A_i = A_{-i} \quad F(\Psi) = \sum_{i=-5}^{+5} A_i e^{j i d / 2 \beta \cos \theta}$$

$$F(\Psi) = A_1 e^{j\Psi/2} + A_{-1} e^{-j\Psi/2} + A_3 e^{j3\Psi/2} + A_{-3} e^{-j3\Psi/2} + A_5 e^{j5\Psi/2} + A_{-5} e^{-j5\Psi/2}$$

$$F(\Psi) = A_1 (e^{j\Psi/2} + e^{-j\Psi/2}) + (e^{j3\Psi/2} + e^{-j3\Psi/2}) A_3 +$$

Finalmente obtendremos:

$$F(\Psi) = 2A_1 \cos \Psi/2 + 2A_3 \cos 3\Psi/2 + 2A_5 \cos 5\Psi/2. \quad (1)$$

expresión que se obtiene de la función $\cos \alpha = \frac{1}{2}(e^{j\alpha} + e^{-j\alpha})$

Buscando ahora el polinomio de Tchebicheff en $T_{N-1}(\Psi)$ tendremos:

$$T_5(U) = 16 U^5 - 20 U^3 + 5 U \quad \text{si } U = U_0 \cos \Psi/2$$

$$T_5(\Psi) = 16 U_0^5 \cos^5 \Psi/2 - 20 U_0^3 \cos^3 \Psi/2 + 5 U_0 \cos \Psi/2$$

Por otro lado sabemos que:

$$\cos^5 \Psi/2 = 1/16 \cos 5\Psi/2 + 5/16 \cos 3\Psi/2 + 5/8 \cos \Psi/2$$

$$\cos^3 \Psi/2 = 1/4 \cos 3\Psi/2 + 3/4 \cos \Psi/2$$

$$\cos \Psi/2 = \cos \Psi/2.$$

Si sustituimos estos valores en el polinomio $T_5(\Psi)$ logramos la siguiente expresión:

$$T_5(\Psi) = 16 U_0^5 (1/16 \cos 5\Psi/2 + 5/16 \cos 3\Psi/2 + 5/8 \cos \Psi/2) - 20 U_0^3 (1/4 \cos 3\Psi/2 + 3/4 \cos \Psi/2) + 5 U_0 \cos \Psi/2$$

operando con la expresión (1) y ordenando miembros tendremos:

$$2A_1 = 10 U_0^5 + (-15) U_0^3 + 5 U_0 = 9,03$$

$$2A_3 = 5 U_0^5 - 5 U_0^3 = 6,30$$

$$2A_5 = U_0^5 = 3,30$$

Todos estos valores están basados en $U_0 = 1,27$

Al considerar amplitudes relativas, todos los valores se referirán al valor del par central:

$$2A_1/2A_3 = 9,03/6,30 = 1,433 \longrightarrow 20 \log 1,433 = 3,12 \text{ dB}$$

$$2A_1/2A_5 = 9,03/3,30 = 2,736 \longrightarrow 20 \log 2,736 = 8,74 \text{ dB.}$$

Por lo tanto el par central estará a cero dB y será el de re-

ferencia. El par de en medio estará a $-3,12$ dB. Finalmente el par extremo estará a $-8,74$ dB.

Los signos menos indican las atenuaciones respecto al par central; luego el factor del array quedará como sigue:

$$F(\Psi) = 9,03 \cos \Psi/2 + 6,30 \cos 3\Psi/2 + 3,30 \cos 5\Psi/2.$$

$$\text{Siendo } \Psi = \beta d \cdot \cos \theta$$

$$\Psi = 2\pi \frac{d}{\lambda} \cdot \frac{3}{4} \lambda \cos \theta$$

Entonces

$$F(\Psi) = 9,03 \cos(3/4 \cos \theta) + 6,3 \cos(9/4 \cos \theta) + 3,3 \cos(15/4 \cos \theta).$$

En la representación gráfica de la figura ((II.1.5)) veremos un margen visible de: 0 menor ó $= \theta$ menor ó $= \pi$

$$\Psi = 3\pi/2 \cos \theta$$

$$\text{Luego será para } \theta = \pi/2 \quad \text{-----} \quad \Psi = 0$$

$$\theta = 0 \quad \text{-----} \quad \Psi = 3/2$$

$$\theta = \pi \quad \text{-----} \quad \Psi = -3/2$$

y el primer nulo estará a $\Psi = 2\pi/N = 2\pi/6 = \pi/3$

Para definitivamente obtener la expresión del campo creado -- por nuestro array de 6 elementos hemos de multiplicar la expresión del factor de array calculada por la intensidad de campo que crea un dipolo del array situado en el origen de coordenadas que valdrá:

Tomando el valor del mismo que no es constante y puntualizando que es el campo que radia un dipolo recto de media longitud de onda:

$$E(\lambda/2) = \frac{\cos(\pi/2 \text{ sen } \theta)}{\cos \theta}$$

Al final de este apartado se adjunta un desarrollo de la obtención de esta expresión y las aproximaciones que para su cálculo se hallan tenido en cuenta.

El campo así calculado corresponde a la radiación de 6 antenas supuestas puntuales e isotrópicas, alimentadas en fase y con alimentación simétrica de amplitudes.

Se ha visto que el diagrama de banda lateral del sistema directivo se forma con la superposición de los campos radiados por cada conjunto de antenas y en contrafase uno con el otro. Por lo tanto para obtener el campo total se multiplicará el campo hallado antes por el correspondiente factor de array de un par de antenas en oposición, es decir, con alimentación uniforme de amplitudes y un defase de 180° entre ellas.

Veamos el cálculo:

Basados en la figura ((II.1.6)).-

Para un N par e igual a 2. Según la figura $\vec{r}_1 = d/2 \hat{Z}$

$$\vec{r}_{-1} = -d/2 \hat{Z}$$

sabemos que:

$$\hat{r} = \text{sen } \theta \cos \psi \hat{X} + \text{sen } \theta \text{sen } \psi \hat{Y} + \cos \theta \hat{Z}$$

luego

$$\hat{r} \cdot \vec{r}_1 = d/2 \cos \theta$$

$$\hat{r} \cdot \vec{r}_{-1} = d/2 (-\cos \theta).$$

El factor del array será:

$$F(\theta, \psi) = \sum_{i=\pm 1} A_i e^{j\beta \hat{r} \cdot \vec{r}_i} \quad \text{se } A_i = e^{-j\pi/2}$$

entonces:

$$F(\theta, \psi) = \sum_{i=\pm 1} e^{-j\pi/2} \cdot e^{j\beta d/2 \cos \theta}$$

$$F(\theta, \psi) = e^{j(\beta d/2 \cos \theta - \pi/2)} + e^{-j(\beta d/2 \cos \theta - \pi/2)}$$

Este factor de array lo podremos expresar en función del cos:

$$\begin{aligned} F(\theta, \psi) &= 2 \cos(\beta d/2 \cos \theta - \pi/2) = \\ &= 2 \cos\left(\frac{\psi - \pi}{2}\right) \end{aligned}$$

$$F(\theta, \psi) = 2 \cos\left(\frac{\psi \cos \theta}{2} - \pi/2\right)$$

Es importante mencionar seguidamente la existencia de la malla reflectora ya que se coloca para reforzar la señal en una dirección, que en nuestro caso, es el eje de la pista. No pierda de vista que estamos en el sistema directivo e interesa emitir — una gran energía concentrada en un sector estrecho respecto al — eje mencionado.

Se situa la malla en cuestión, a una distancia de un cuarto de longitud de onda de la línea de las antenas, ya que así la onda reflejada al llegar de nuevo a la antena, ha recorrido una distancia de media longitud de onda, luego estará en fase con la onda directa contribuyendo así a reforzarla tal como pretendemos.

Hasta aquí se han considerado las antenas en el espacio libre es decir, infinitamente alejadas de la tierra o de cualquier otro medio conductor. En la realidad la influencia de la tierra es importante en el diagrama radiado por la antena. Además la relación de impedancias puede ser distinta, especialmente si la línea de las antenas está muy próxima a la tierra.

A continuación se considerará el efecto de la tierra o de un medio conductor en una antena horizontal.

Sea una antena de media longitud de onda situada sobre un plano de extensión infinita, (tierra, sup. conductora), a una distancia H del mismo; el campo en un punto lejano estará compuesto — por la onda directamente radiada por la antena y la onda reflejada por el plano reflector.

Considerando el plano como perfectamente reflector y conductor, la onda reflejada debe sufrir un cambio de fase de 180° en el punto de reflexión. Para obtener el campo se usará el método

de las imágenes donde se sustituye el conductor por una antena -- imagen situada a la misma distancia de la antena real de la que -- estaba ésta de la tierra.

La condición de defase si alimentamos, de una forma teórica -- a las dos antenas con idénticas corrientes pero defasadas un ángulo de 180° , se mantendrá y cumplirá para todos los puntos del plano reflector.

Apoyados en la figura (II.1.7) vamos a calcular la expresión que multiplicada por la hasta ahora obtenida nos va a dar el factor de array resultante al tenerse en cuenta el efecto causado -- por la malla reflectora y por la tierra sobre el diagrama radiado.

Teniendo la expresión del factor de array correspondiente a una agrupación de 2 dipolos:

$$2 \cos \Psi / 2 \quad (\text{en módulo})$$

tendremos para el efecto de la malla que Ψ vale:

$$\Psi = \beta d \cdot \cos \varphi - \pi \quad \text{siendo } d = \lambda/2$$

ya que los dipolos se sitúan a una distancia $\lambda/4$ de la malla y por el efecto de imágenes se tomará para el cálculo $\lambda/2$.

Así mismo para el efecto de la tierra tendremos:

$$\Psi = \beta 2H \cdot \text{sen } \varphi - \pi$$

El factor resultante será el producto de los dos anteriores luego se obtendrá:

$$4 \left(\cos \left(\pi/2 \cos \varphi - \pi/2 \right) \times \cos \left(2\pi/\lambda H \cdot \text{sen } \varphi - \pi/2 \right) \right)$$

Si buscamos para que valores de φ se hace máxima tendremos: para una $H = 3/4 \lambda$ el máximo de campo está en $\varphi = 19,4^\circ$

Veamos a continuación la formación del diagrama directivo de P + B.L. Este diagrama se forma con la radiación de los cinco pares de antenas centrales; el par extremo al no estar alimentado, se supondrá que tiene atenuación infinita.

Las diez antenas se alimentan en fase y con una distribución simétrica de amplitudes, mediante una distribución de intensidades de Dolph - Tchebicheff, para optimizarla.

Análogamente a como se vió en el caso del diagrama de B.L. - se fijará previamente un valor de (R):

$$R = \frac{\text{Amplitud lóbulo principal}}{\text{Amplitud lóbulo lateral}}$$

se tomará una R de 25,6 dB.

No obstante, para obtener el valor real del diagrama P + B.L. se deberán tener en cuenta las dos objeciones indicadas en el diagrama de B.L.; estas eran la no isotropía de las antenas y la malla reflectora.

Volviendo al cálculo para un N = 10 y conocida R calcularemos el término U_0 :

$$R = \text{antilog} \frac{R(\text{dB})}{20}$$

luego $25,6 = 20 \log R \rightarrow R = 10^{1,28} = 19,05$

Sabiendo que R vale 19,05 podremos aplicar la expresión que sigue para obtener U_0 :

$$U_0 = \frac{1}{2} \left((R + \sqrt{R^2 - 1})^{1/N} - 1 + (R - \sqrt{R^2 - 1})^{1/N} - 1 \right)$$

de dicha expresión y sustituyendo los datos que tenemos en ella obtendremos un valor de 1,087 para el término U_0 .

Pasamos a ver entonces el factor del array que será:

$$F(\psi) = \sum_{i=-1}^{i=9} A_i e^{j i d / 2 \beta \cos \theta} \quad \text{siendo } A_i = A_{-i}$$

si desarrollamos la expresión del sumatorio obtenemos:

$$\begin{aligned}
 F(\psi) = & A_1(e^{j\psi/2} + e^{-j\psi/2}) + A_3(e^{j3\psi/2} + e^{-j3\psi/2}) + \\
 & + A_5(e^{j5\psi/2} + e^{-j5\psi/2}) + A_7(e^{j7\psi/2} + e^{-j7\psi/2}) + \\
 & + A_9(e^{j9\psi/2} + e^{-j9\psi/2}).
 \end{aligned}$$

de donde se obtiene, sabiendo que $\cos \xi = \frac{e^{j\xi} + e^{-j\xi}}{2}$

$$\begin{aligned}
 F(\psi) = & 2A_1 \cos \psi/2 + 2A_3 \cos 3\psi/2 + 2A_5 \cos 5\psi/2 + 2A_7 \cos 7\psi/2 + \\
 & 2A_9 \cos 9\psi/2. \quad (1)
 \end{aligned}$$

si buscamos el polinomio de Tchebicheff $T_{N-1}(U)$, en la expresión: $T_{N+1}(U) = 2 \cdot T_N(U) \cdot T_1(U) - T_{N-1}(U)$ para $N = 10$

tendremos que $T_9(U)$ vale:

$$T_9(U) = 256 \cdot U^9 - 576 \cdot U^7 + 432 \cdot U^5 - 120 \cdot U^3 + 9 \cdot U$$

sabiendo que $U = U_0 \cdot \cos \psi/2$

$$\begin{aligned}
 T_9(\psi) = & 256 \cdot U_0^9 \cdot \cos^9 \psi/2 - 576 \cdot U_0^7 \cdot \cos^7 \psi/2 + 432 \cdot U_0^5 \cdot \cos^5 \psi/2 - 120 \cdot U_0^3 \cdot \\
 & \cdot \cos^3 \psi/2 + 9 \cdot U_0 \cdot \cos \psi/2.
 \end{aligned}$$

luego si:

$$\cos^3 \psi/2 = 1/4 \cdot \cos 3\psi/2 + 3/4 \cdot \cos \psi/2$$

$$\cos^5 \psi/2 = 1/16 \cdot \cos 5\psi/2 + 5/16 \cdot \cos 3\psi/2 + 5/8 \cdot \cos \psi/2$$

$$\cos^7 \psi/2 = 1/64 (\cos 7\psi/2 + 7 \cdot \cos 5\psi/2 + 21 \cdot \cos 3\psi/2 + 35 \cdot \cos \psi/2).$$

$$\begin{aligned}
 \cos^9 \psi/2 = & 1/256 (\cos 9\psi/2 + 9 \cdot \cos 7\psi/2 + 36 \cdot \cos 5\psi/2 + 84 \cdot \cos 3\psi/2 \\
 & + 126 \cdot \cos \psi/2).
 \end{aligned}$$

Si sustituimos esos valores en $T_9(\psi)$, y ordenamos tendremos:

$$\begin{aligned}
 T_9(\psi) = & U_0^9 \cdot \cos 9\psi/2 + (9 \cdot U_0^9 - 9 \cdot U_0^7) \cdot \cos 7\psi/2 + (36 \cdot U_0^9 - 63 \cdot U_0^7 + \\
 & + 54/2 \cdot U_0^5) \cdot \cos 5\psi/2 + (84 \cdot U_0^9 - 189 \cdot U_0^7 + 135 \cdot U_0^5 - 30 \cdot U_0^3) \cdot \\
 & \cdot \cos 3\psi/2 + (126 \cdot U_0^9 - 315 \cdot U_0^7 + 270 \cdot U_0^5 - 90 \cdot U_0^3 + 9 \cdot U_0) \cdot \cos \psi/2
 \end{aligned}$$

igualando términos con la expresión (1)

$$2A_9 = U_0^9$$

$$2A_7 = (9 \cdot U_0^9 - 9 \cdot U_0^7)$$

$$2A_5 = 36 \cdot U_0^9 - 63 \cdot U_0^7 + 54/2 \cdot U_0^5$$

$$2A_3 = 89 \cdot U_0^9 - 189 \cdot U_0^7 + 135 \cdot U_0^5 - 30 \cdot U_0^3$$

$$2A_1 = 126 \cdot U_0^9 - 315 \cdot U_0^7 + 270 \cdot U_0^5 - 90 \cdot U_0^3 + 9 \cdot U_0$$

de donde finalmente obtendremos que:

$$2A_9 = 2,118$$

$$2A_7 = 2,952$$

$$2A_5 = 4,240$$

$$2A_3 = 16,00$$

$$2A_1 = 61,60$$

Al considerar las amplitudes relativas de todos los valores se referiran al del par central:

$$2A_1/2A_3 = 3,85 \text{ implica que } 20 \log 3,85 = 11,70 \text{ dB.}$$

$$2A_1/2A_5 = 14,528 \text{ implica que } 20 \log 14,528 = 23,244 \text{ dB}$$

$$2A_1/2A_7 = 20,867 \quad " \quad " \quad 20 \log 20,867 = 26,389 \text{ dB.}$$

$$2A_1/2A_9 = 29,084 \quad " \quad " \quad 20 \log 29,084 = 29,273 \text{ dB.}$$

Por lo tanto si el par central está a 0 dB.

el par (3) está a - 11,70 dB.

el par (5) está a - 23,244 dB.

el par (7) está a - 26,389 dB.

el par (9) está a - 29,237 dB.

finalmente el par (11) está a - infinito dB.

Los signos (-) como se ha dicho indican las atenuaciones respecto del par central.

El factor del array es pues el que sigue:

$$F(\Psi) = 61,60 \cdot \cos \Psi/2 + 16 \cdot \cos 3\Psi/2 + 4,24 \cdot \cos 5\Psi/2 + 2,95 \cdot \cos 3\Psi/2 + 2,118 \cdot \cos \Psi/2.$$

tendremos que: $\Psi = \beta d \cdot \cos \Theta$ si tenemos separados los dipolos una distancia $3/4 \lambda$ podremos decir que $\Psi = 2\pi/\lambda \cdot 3/4 \lambda \cdot \cos \Theta$.

Como decíamos esta expresión se multiplicará por la obtenida al tener en cuenta la malla y la tierra y por el campo que crea un dipolo colocado en el origen de coordenadas que también se vio en cálculos anteriores.

Comentarios sobre el diagrama P + B.L. directivo:

Se ha representado el diagrama P + BL en valores positivos, análogamente al caso del diagrama de BL observándose la fuerte directividad que posee; con una gran amplitud del lóbulo principal respecto de los laterales. Es simétrico respecto al eje $\Theta = 0$. Debido a la presencia de la malla reflectora, es un diagrama unidireccional (solo radia frontalmente), es bifase y se produce una oposición de fase después de cada nulo.

Condición de anchura:

Los valores de los diagramas anteriormente determinados, son valores relativos, representativos de la forma de los correspondientes diagramas.

Veamos ahora cual ha de ser la relación que ha de haber entre el tamaño del diagrama $(P + BL)_D$ y el de $(BL)_D$, para que se cumplan las recomendaciones de la O.A.C.I. en anexo 10/3.1.1.

Para ver cual ha de ser la relación de tamaño de los diagramas en estudio se utilizará la definición de SECTOR de SENSIBILIDAD; este sector se define como:

Aquel sector situado en el plano horizontal que contiene al eje de rumbo y que está limitado por los radiales en los que la DDM = 0,155.

En la figura (II.1.8), θ_1 es el ángulo del semisector de sensibilidad, que según la O.A.C.I. deberá ser menor de 3 grados

En lo que respecta a la sensibilidad de desplazamientos la O.A.C.I. en el anexo 10, permite una sensibilidad de desplazamiento de 0,00145 DDM/m, lo cual equivale a los 105 m. de la figura (II.1.9).

Cuando el valor de la DDM (diferencia de profundidad de modulación) sea de 0,155, estaremos en el radial límite de la sensibilidad. El conjunto de antenas del localizador en sistema direccional se coloca a 300 m. del extremo final de la pista (03) y siendo la longitud de la pista de 3.100 m. se obtendrá para el ángulo del semisector de rumbo de la figura (II.1.9).

$$\theta_1 = \text{arc tg } \frac{105}{3.100 + 300} = 1,768^\circ$$

como podemos apreciar $1,768^\circ$ es menor de 3° que era límite establecido por la O.A.C.I. y con ésto queda establecido o mejor definido el radial en el cual $\text{DDM} = 0,155$ que será el que forma con el eje de rumbo un ángulo de $1,768^\circ$.

Modulaciones de 90 y 150 Hz. del sistema direccional:

Como se ha visto la información que proporciona el localizador, desviación lateral del eje de rumbo y del mismo eje de rumbo; se obtiene con la modulación en amplitud de la portadora por dos tonos de señal de audio de 90 y 150 Hz.

En el localizador se transmite por un conjunto de antenas la señal de portadora y de las bandas laterales que la acompañan, y por otro conjunto sólo se radian bandas laterales. Así pues hay dos tipos de modulación en el localizador:

a) Modulación en el transmisor:

Se produce en el transmisor debido a la modulación en amplitud de la portadora por los dos tonos de 90 y 150 Hz. siendo la profundidad de modulación de:

$$m = \frac{E_{cs}}{E_c}$$

siendo:

E_{cs} : El valor de la componente de BL ($E_{cs_{150}}$, $E_{cs_{90}}$) de $(P + BL)_D$

E_c : El valor de la portadora de $(P + BL)_D$.

Las dos modulaciones tienen que ser iguales por lo que:

$$m_{150} = m_{90} = \frac{E_{cs_{90}}}{E_c} = \frac{E_{cs_{150}}}{E_c} = \frac{E_{cs}}{E_c} = m.$$

b) Modulación espacial:

Esta se produce en el espacio y se aprecia en el receptor. Esta modulación se realiza entre las bandas laterales que se envían independientemente por los dos grupos de seis antenas y la componente de portadora, radiada por los cinco pares de antenas centrales siendo la profundidad de modulación espacial:

$$s = \frac{E_{ss}}{E_c}$$

Para que se produzca una correcta modulación espacial, es necesario que exista un perfecto fasado entre las bandas laterales del diagrama $(P + BL)_D$ y las bandas laterales del diagrama de $(BL)_D$ pues de no ser así, se produciría una modulación distorsionada.

La modulación total que produce cada uno de los tonos de 90 y de 150 Hz. es la suma de las modulaciones en el transmisor y en el space:

$$m_{150} = \frac{E_{cs,150} \pm E_{ss,150}}{E_c} = \frac{E_{cs,90} \pm E_{ss,90}}{E_c} = m_{90}$$

Correspondiendo al primer o segundo signo según el lado de aproximación a considerar predominando los 150 Hz. a la derecha y los 90 Hz. a la izquierda de forma general.

Esto se logra alimentando:

- + Conjunto de seis antenas en el sentido de aproximación situado a la derecha:

BL₁₅₀ en fase con la referencia.

BL₉₀ con un desfase de 180° con respecto a la referencia.

- + Conjunto de seis antenas situado a la izquierda en el sentido de la aproximación:

BL₉₀ en fase con la referencia.

BL₁₅₀ con el desfase de 180° respecto a la referencia.

SENDA DE PLANE0

II.2 SENDA DE PLANEEO:

La senda de planeo que nos ocupa funciona por Referencia Banda Lateral usada aquí por ser un terreno dificultoso ya que el Referencia Nulo en estos casos no se puede aplicar pues el terreno delante de la antena transmisora ni es amplio ni tiene pendiente negativa pronunciada.

Antes de seguir adelante definiremos lo que es la Trayectoria de Planeo, que es en resumen el objetivo principal que se intenta conseguir con todo este sistema denominado a tal efecto Senda de Planeo.

La trayectoria de planeo es la línea de simetría entre los dos lóbulos más inferiores del diagrama de radiación vertical, y al mismo tiempo la línea sobre la cual las profundidades de modulación de las 2 frecuencias de navegación de 90 y 150 Hz. se igualan ($DDM = 0$). El diagrama de radiación al extenderse en el espacio, forma el plano de trayectoria de planeo.

Por razones prácticas, el plano de trayectoria de planeo se abre en un ángulo especificado y ajustable, formando así el sector de trayectoria de planeo especificado por la O.A.C.I. Ver figura (II.2.1).

La concentración demasiado elevada de energía de R.F. emitida en el plano de la trayectoria de planeo, hace que las más ligeras desviaciones del avión darán como resultado una corrección de rumbo, y la consecuencia sería una aproximación vacilante.

Siguiendo ahora con el funcionamiento hemos de decir, que con respecto al referencia nulo, el referencia B.L. se puede acoplar en la misma instalación sin mas que bajar las alturas de las antenas pues el sistema de referencia B.L. depende también del efecto de reflexión en la tierra de la misma forma que el referencia nulo.

El sistema ref. B.L. es más sensible a las variaciones que experimenta el suelo por cambios meteorológicos. La ventaja del sistema es -

que el ancho de senda es simétrico y que el ángulo de la trayectoria de planeo no depende tanto de la antena inferior sino, principalmente, de la antena superior. Veamos seguidamente algunas consideraciones sobre el terreno ya que éste representa un papel importante en el funcionamiento correcto del sistema. Como todas las consideraciones e indicaciones sobre los diagramas y las alturas de las antenas para un ángulo específico de "Senda", se hacen suponiendo solamente que el terreno es llano, altamente conductor y muy amplio; las diversas tablas y diagramas tienen que adaptarse a las condiciones locales. Significa ésto que debe tenerse en cuenta la inclinación del terreno así como los cambios de la zona situada delante de las antenas principales debido a las heladas ó crecimiento de hierbas que para el método de referencia B.L. son muy importantes ya que dan lugar a errores en el ángulo de descenso deseado y con ello a una incorrección de la altura elegida por el cálculo para las antenas que están directamente relacionadas con dicho ángulo.

Como se ve por ello el sistema de referencia B.L. depende de forma muy directa del terreno, no así el referencia nulo.

II.2.1 Descripción técnica de la Senda de Planeo

Las diferencias respecto de la unidad de generación del sistema directivo del localizador son:

La salida de la etapa piloto en la que una frecuencia del mismo orden que la del localizador y ajustada mediante un condensador variable exactamente a un tercio de la frecuencia requerida se tiene presente, no pasa ahora al preamplificador de potencia, sino a un triplicador de frecuencia con filtros armónicos incorporados.

La salida del triplicador/filtro pasa a un amplificador de potencia que proporciona 1 w. a la salida. La alimentación de

este amplificador se realiza desde la fuente de alimentación variable, pues ahora no se produce la modulación de 1020 Hz., ya que la señal de identificación la lleva solamente al localizador. La salida del amplificador de 1 w. va a un amplificador exterior que proporciona una potencia de 6 a 10 w. según normas; a su vez esta salida va a un filtro de armónicos igual que el usado en la unidad del localizador, pero ajustado a la frecuencia de la portadora de la senda (333,8 MHz.).

Un esquema de esta unidad puede verse en la figura (II.2.2).

Es importante destacar que los equipos, salvo las antenas, son dobles para poder conmutar de uno a otro en caso de avería.

El funcionamiento de la senda en resumen, se basa en que la señal que llega a la unidad alimentadora moduladora del emisor es una energía de alimentación de c/c y cuya salida es señal de portadora P_D . Esta señal de P_D es la entrada del modulador en cuyas salidas se obtienen las señales: $(P + BL)_D$ y $(BL)_D$.

II.2.2 Diagramas de radiación y Descripción del sistema físico de la antena de la senda de planeo

La antena transmisora consta de dos dipolos polarizados horizontalmente, dispuestos sobre un mástil, uno encima del otro, y ligeramente desplazados lateralmente (en el cálculo de este desplazamiento lateral se explica su razón de ser). Los dos dipolos, llamados de antena portadora uno y antena de banda lateral el otro, son idénticos mecánicamente; cada uno de ellos se coloca delante de una placa reflectora a una distancia de un cuarto de onda aproximadamente.

El soporte mecánico del dipolo sobre la placa reflectora sirve, simultáneamente, de dispositivo acoplador equilibrado. Los

dipolos están cubiertos con una fibra de poliester para su protección contra los agentes atmosféricos.

Veamos el procedimiento de alimentación de los dipolos para poder lograr los correspondientes diagramas de radiación.

La energía de R.F. proporcionada por el transmisor, alimenta mediante dos cables coaxiales de igual longitud, al conector de antena. Desde este conector hasta los dipolos se emplean también cables coaxiales. La impedancia de entrada es común para ambas antenas y es generalmente de 60 ohmios en el campo de frecuencia comprendido entre 328,6 y 335,4 MHz. Como los dos dipolos son mecánicamente iguales también lo serán los diagramas de radiación de las antenas de portadora y de banda lateral. Véase la figura (II.2.3).

Dependiendo de la altura de los dipolos sobre el suelo, a causa de la reflexión del terreno, se obtiene un diagrama vertical que tiene varios lóbulos véase la figura (II.2.4).

El primer nulo de la antena de B.L. (intensidad de campo nula), que resulta entre el primer y segundo lóbulo, se utiliza para la formación de la trayectoria de planeo, por consiguiente, la altura de la antena inferior denominada de B.L., sobre el terreno es un factor determinante de la magnitud del ángulo de la trayectoria de descenso, cuanto mayor sea la altura de la antena sobre el terreno mayor será el número de lóbulos y nulos. Como el primer nulo se ha dicho que se usa para la formación de la trayectoria de planeo, el ángulo de la misma disminuirá al aumentar la altura de la antena de banda lateral, pues el primer nulo se pega mas al terreno.

Para el caso de un sistema de referencia nulo, la antena de

B.L. se alimenta con energía de B.L., la antena portadora se alimenta con energía de portadora y B.L. La antena de portadora está montada exactamente a la mitad de la altura de la de B.L. como resultado, cada lóbulo del dipolo de portadora cubre precisamente dos lóbulos del dipolo de B.L. Véase la figura (II.2.5) - donde se adjunta diagrama de radiación horizontal.

Para nuestro caso de un sistema de referencia Banda Lateral, la antena de abajo se alimenta ahora con energía de la primera banda lateral B.L.I. y la superior con energía de la segunda banda lateral, B.L.II. La relación de alturas será ahora de 1:3.

La alimentación de las antenas se hace mediante un puente mezclador, el cual se coloca en el rack del monitor. Como ya se ha indicado necesitamos la B.L.II que el sistema referencia nulo conecta a una carga artificial. Con esta salida pues alimentaremos la antena superior. Por medio del puente adecuado se alimenta la antena inferior con portadora más banda lateral, más B.L.I.

La alimentación de la antena superior con B.L.II. tiene igual amplitud que la B.L.I. de la inferior pero de fase opuesta. Así se obtiene en el punto de corte de igual amplitud de banda lateral un diagrama resultante que tiene un nulo de B.L. Senda.

El diagrama es tal que, mediante los signos + ó - de las frecuencias de modulación, se obtiene un diagrama de modulación resultante en el cual la modulación de 150 Hz. queda por debajo de la senda y la modulación de 90 Hz. por encima.

La alimentación es pues la siguiente:

Antena inferior de portadora: PORT., +90, +150, y
B.L.I, -150, +90.

Antena superior de Banda Lateral: B.L.II, -90, +150.

El diagrama tiene que interpretarse en el sentido de que por este procedimiento el ángulo de senda de planeo no depende solamente de la altura de la antena superior, como en el caso del referencia nulo, sino también de la altura de la antena inferior así como de las amplitudes de la energía de B.L.I. y especialmente de la energía de la B.L.II.

Hasta ahora hemos visto, la formación de los diagramas de una forma individual, veamos ahora lo que resulta de la actuación conjunta de aquellos.

Debido a la reflexión del terreno cuya conductividad se mejora con una contraantena, la fase del lóbulo reflejado sufre, simultáneamente, un cambio de 180° con relación al lóbulo anterior y posterior a él. Esto proporciona una definición clara de la señal.

Con un ajuste correcto de la portadora y B.L. en relación a la fase puede decirse, de una forma simplificada, que el lóbulo inferior del diagrama de radiación tendrá predominio de los 150 Hz. de las modulaciones y el de 90 Hz. para el lóbulo superior. Véase la figura (II.2.6).

El diagrama vertical mostrado en la figura que se ha citado, se obtiene con la alimentación adecuada de las antenas. En el gráfico se emplean las abreviaturas siguientes:

+ 90 = B.L. de la portadora modulada con 90 Hz.

+ 150 = B.L. de la portadora modulada con 150 Hz.

El término - 90, significa que la fase de R.F. de los 90 Hz. de la B.L. está cambiada 180° , con relación a los + 90 iniciales por consiguiente el signo es un símbolo para la relación de fase

Luego el lóbulo inferior corresponde al diagrama normal de radiación de la antena de banda lateral mientras que el lóbulo superior corresponde al de radiación de la antena de imagen que representa el terreno. El diagrama de portadora se superpone sobre los dos lóbulos del diagrama de bandas laterales, de modo que, el diagrama general deseado se obtiene sumando y restando fases. En el lóbulo superior se suman el diagrama de portadora, + 90, + 150 Hz., con las frecuencias de + 90, - 150 Hz. del diagrama de banda lateral eliminándose así los 150 Hz. y predominando los 90 Hz. En el lóbulo inferior las condiciones son inversas. Se puede observar ésto en el gráfico en coordenadas cartesianas expuesto en la figura (II.2.6).

La formación de los lóbulos encierra gran cantidad de información; de los diagramas tratados anteriormente, puede deducirse que a causa de la formación de lóbulos, algunas formas y nulos se repiten siendo característicos en el diagrama de radiación.

El primer nulo (Información nula), en el que las energías de portadora y de B.L. son iguales a cero, aparece en el doble del ángulo de la senda de descenso elegida. Con el fin de que el piloto pueda reconocer si está en senda o en dicho nulo, (En ambos casos las agujas indicadoras están centradas), y aparece un disco blanco sobre la esfera del instrumento si la intensidad de campo es demasiado débil o si se ha desvanecido por completo. Esta condición se conoce como Bandera de Alarma.

Otra información de la trayectoria no se da antes del triple del ángulo de senda correcto. En este caso sin embargo, las condiciones relativas a las frecuencias de modulación predominantes son inversas, debido al cambio de fase de 180° que tiene lugar.

El avión que se aproxima recibirá la información de " Vuela más alto " en vez de " Vuela más bajo " y a la inversa. Sin embargo será casi imposible el confundirse con el verdadero ángulo de descenso.

Solo a cinco veces el ángulo de descenso (unos 15°) aparece de nuevo la misma información que la del verdadero ángulo de descenso. Como el ángulo de 15° es muy empinado para una aproximación y además el I.L.S. necesita que, en puntos predeterminados (p.e. encima de la radiobaliza exterior) el piloto se encuentre en la trayectoria de planeo con una altitud especificada, la mencionada ambigüedad nunca podrá causar error.

El emplazamiento del sistema de antenas de la senda depende, del ángulo de descenso y del punto de Referencia del I.L.S.

La emisora se instala a una distancia $D = \cot \theta$ (m) del punto de referencia citado antes en dirección paralela al eje de la pista hacia el localizador, siendo θ , el ángulo de descenso. El punto de referencia se encuentra a una distancia de 150 a 300 metros del umbral de la pista 03 según especifica la O.A.C.I.

La separación lateral de la antena está comprendida entre 120 y 180 m. del eje de la pista.

Existe un ábaco bastante preciso para elegir una distancia para un ángulo de senda determinado si fijamos un desplazamiento lateral entre antenas. Véase figura (II.2.7).

En general este cálculo no se lleva a cabo de esa forma sino que se busca el desplazamiento lateral para los dipolos en función del ángulo de descenso y de la distancia del mástil al eje de la pista, para así compensar la diferencia de fase en dirección al punto de referencia ILS. de los dos dipolos.

Veamos pues basados en la representación gráfica de la figura (II.2.10) el cálculo de ese desplazamiento lateral:

Se quiere lograr que d_1 sea igual a d_2 .

Luego si:

$$d_1^2 = D_1^2 + H_{BLI}^2$$

$$d_2^2 = D_2^2 + 9H_{BLI}^2$$

Imponiendo la condición de partida:

$$D_1^2 + 9H_{BLI}^2 = D_1^2 + H_{BLI}^2$$

Luego
$$D_1^2 - D_2^2 = 8H_{BLI}^2 \quad (1)$$

Si llamamos C a la diferencia $D_1 - D_2$ podremos decir, si suponemos que C es mucho menor que la distancia lateral al eje de la pista, que:

$$D_1^2 - D_2^2 = (D_1 + D_2)(D_1 - D_2) = 2D_2(D_1 - D_2).$$

Sustituyendo en (1) este valor obtenido tendremos:

$$2D_2(D_1 - D_2) = 8H_{BLI}^2$$

tendremos que:
$$2D_2 \cdot C = 8H_{BLI}^2$$

si despejamos C se tiene:
$$\longrightarrow C = \frac{8H_{BLI}^2}{2D_2}$$

D_2 : Distancia al eje de la pista desde el eje de la antena superior de B.L.

H_{BLI} : Altura de la antena inferior respecto del suelo.

Es importante destacar también que los cables de alimentación de ambas antenas deben ser cuidadosamente iguales en longitud eléctrica, 20 m. aprox./., y no deben ser acortados uno respecto del otro. La longitud sobrante se arrollará en la -

caseta de equipos para evitar variaciones de sus características por efecto de la temperatura ó humedad.

La instalación de los dipolos se hace sobre mástiles de madera o acero. El dipolo de banda lateral se situa en la parte superior del mástil de antenas y más alejado de la pista que el dipolo inferior de portadora. La altura de los dipolos sobre el suelo está dada por las expresiones que siguen:

$$H_{BLI} = 180^\circ/4 \cdot \text{sen } \theta \quad (\text{antena inferior}).$$

$$H_{BLII} = 3 H_{BLI} \quad (\text{antena superior}).$$

Estas expresiones se obtienen del manejo de unos ábacos de gran precisión para estos cálculos. No obstante un estudio más matemático sería el siguiente:

Veamos el cálculo de las alturas de las antenas. Se determinará la altura obligando a que el par en oposición formado por la antena situada a la altura H y su antena imagen, tengan un máximo de campo para el ángulo de descenso nominal. El factor de dirección será: (Véase figura II.2.10).

$$\hat{E}_1 = \hat{E}_0 e^{-j\beta(R_1 - R_0)}$$

$$R_1 = R_0 - H \text{ sen } \theta \longrightarrow R_1 - R_0 = - H \text{ sen } \theta$$

$$R_2 = R_0 + H \text{ sen } \theta \longrightarrow R_2 - R_0 = H \text{ sen } \theta$$

Luego podremos decir:

$$\hat{E}_1 = \hat{E}_0 e^{+j\beta H \text{ sen } \theta} \quad ; \quad \hat{E}_2 = \hat{E}_0 e^{-j\beta H \text{ sen } \theta}$$

Por circular las corrientes en sentido contrario los campos se restan: $\hat{E} = \hat{E}_1 - \hat{E}_2 = \hat{E}_0 (e^{j\beta H \text{ sen } \theta} - e^{-j\beta H \text{ sen } \theta})$

$$\hat{E} = 2j \cdot \hat{E}_0 \text{ sen } (\beta H \text{ sen } \theta).$$

Como vemos el factor que nos va a interesar será:

$$\text{sen} (\beta H \text{ sen } \theta)$$

Este factor deberá tener su valor máximo en la dirección del ángulo de descenso deseado y como el máximo de la función seno es 1 para el ángulo de 90° podremos decir que:

$$\beta H \text{ sen } \theta = \pi/2 \quad (1)$$

Como para la senda se trabajará con ángulos muy pequeños haremos la aproximación de que $\theta \simeq \text{sne } \theta$, luego sustituyendo los diferentes valores en la expresión (1), y si además $\beta = 2 \pi/\lambda$ obtenemos que:

$$2\pi/\lambda \cdot H \theta = \pi/2$$

de donde:

$$\underline{\underline{H = \lambda/4\theta}}$$

(θ) El ángulo a tener en cuenta no será el ángulo de descenso nominal, sino que serán los grados respecto del terreno situado de lante del mástil de antenas más los del ángulo de descenso nominal contado desde la horizontal del pie del mástil. Luego para un ángulo nominal de 2,9° y teniendo en cuenta que la pendiente de la zona de reflexión es de - 0,09976 % el ángulo θ será:

$$\theta = 2,9 + \text{arctg} (0,0009976) = 2,95^\circ$$

Siendo la frecuencia a utilizar 333,8 MHz. tendremos que:

$$\lambda = \frac{300 \times 10^6}{333,8 \times 10^6} = 0,898 \text{ m.}$$

El valor de H será: $H = \frac{0,898 \times 180^\circ}{4 \times 2,95 \times \pi} = \text{Altura de la Ax de portadora.}$

La antena de B.L. estará situada a una altura 3H.

El diagrama (P + BL) se radia con las antenas situadas a H y a 3H sobre el terreno. Se radia una portadora y dos bandas laterales de 90 Hz. y de 150 Hz.

La profundidad de modulación es del 40 % ($m = 0,4$).

El diagrama $(P + BL)_D$ se obtiene como superposición de dos diagramas; uno el de la antena situada a H y su imagen, y el otro, el de la antena situada a $3H$ y su imagen.

- La antena situada a H, junto con su imagen producen el diagrama de factor direccional:

$$\text{sen} (\beta H \text{ sen } \theta)$$

- La antena situada a $3H$, junto con su imagen y por los mismos motivos, dará un diagrama de factor:

$$\text{sen} (\beta 3H \text{ sen } \theta) .$$

Además al trabajar con ángulos pequeños seguimos admitiendo que $\theta \simeq \text{sen } \theta$, y como $H = \lambda/4\theta$. De todo esto se obtienen los diagramas de $(P + BL)_D$ que serán la superposición de los dos diagramas mencionados:

$$(P + BL)_D = 2j E_0 \left[(\text{sen}(\beta \lambda/4\theta \cdot \theta_0) - \text{sen}(\beta 3\lambda/4\theta \cdot \theta_0)) \right]$$

θ : Angulo medido respecto al plano horizontal que pasa por el umbral.

θ_0 : Angulo de descenso nominal.

RADIOBALIZAS Y RADIOFAROS

II.3 RADIOBALIZAS Y RADIOFAROS:

De forma general son transmisores de baja potencia que trabajan en la banda de V.H.F. establecida por la O.A.C.I. Se encuentran situadas a lo largo de la trayectoria de planeo y alineadas con el eje de la pista. Proporcionan información de distancia, calculada de antemano, al umbral de la pista al ser sobrevoladas.

En el proyecto que nos ocupa, existen dos radiobalizas:, la exterior y la intermedia junto a las cuales y en la misma caseta se hallan situadas respectivamente dos balizas de compás o radiofaros.

II.3.1 Descripción técnica de las radiobalizas y radiofaros.

Para mejor orden de su estudio vamos a hacer tres divisiones:

A) Radiobaliza Exterior.-

Es del tipo de abanico, funcionando con potencias muy pequeñas. La unidad consiste en una contraantena de 6 m. de lado, elevada a una altura de 1,95 m. del suelo, de la que sobresale el conjunto de antena que se prolonga unos 1,02 m. por encima de la primera. Véase la figura (II.3.1). Además de un transmisor alojado en una pequeña caseta; véase la figura (Plano 2º).

Se requiere para el emplazamiento de estos equipos una explanación mínima total de 20 x 25 m. Las radiobalizas se alimentan generalmente con energía industrial, disponiendo de forma particular la baliza exterior, por su lejanía, de un grupo eléctrico para los posibles cortes de la red de alimentación de la Compañía Eléctrica. Se mandan y comprueban estas instalaciones a través de líneas telefónicas desde el Aeropuerto, mas exactamente desde la Torre de Control dónde está situada la unidad monitora de control y mando.

El equipo transmisor funciona en una frecuencia de 75 MHz. -

modulándose en amplitud la señal portadora de R.F. con una señal de 400 Hz. La potencia de salida es de dos vatios y el indicativo para esta baliza exterior consiste en una señal en morse de 2 rayas por segundo.

Como se puede deducir el transmisor es bastante sencillo; — consta de un oscilador a cristal muy estable en la banda de 27 MHz. que ataca a una serie de pasos multiplicadores de frecuencia y finalmente a una etapa de potencia sobre la cual actúa el modulador electromecánico en morse.

B) Radiobaliza intermedia.-

Es semejante a la citada anteriormente, excepto en su situación ya que va a 1.050 m. del comienzo de la pista, con una tolerancia de desviación de 75 m.

Análogamente trabaja en la frecuencia de 75 MHz. con una frecuencia para la señal modulante de 1.300 Hz. y una potencia salida de 2w. aproximadamente. El indicativo consiste en rayas y — puntos transmitidos de forma continua y alternada.

C) Baliza de Compás (Radiofaro).-

Se instalarán en los emplazamientos de la baliza media y exterior. El transmisor se colocará junto al de las radiobalizas (Marker's) en la misma caseta; conectado al cual tendremos una — antena Triangular Plana, de 7,2 m. de altura y de 24 m. de larga. Es necesario apartar estas balizas de la pista, haciendo como es lógico que esa separación se haga para ambas hacia el mismo lado de la pista, para que al alinearlas queden paralelas al haz del localizador por la misma dirección.

El radiofaro trabaja en la banda de frecuencias de 200 a 535 KHz. se emplea como baliza de blanco dirigido y radia más de lo alcanza la vista, es decir, de forma omnidireccional.

La potencia del circuito de antena asciende a 250 w. en servicio A1 y a 100 w. en servicio A2.

La instalación consta de 2 emisoras principal y reserva, un aparato de control y otro de conmutación, un paso de sintonía de antena, y los elementos de red necesarios.

Los pasos emisores contienen al emisor con los pasos de control y los dispositivos de modulación.

El paso final puede conmutarse para servicio A1 (Telegrafía sin sonido) ó para servicio A2 (Telegrafía sonora) con modulación por placas. En el servicio A1 se emplean dos válvulas finales conmutadas en paralelo para producir una potencia de 250 w.

En el servicio A2 (con modulación), en el paso final se produce una potencia portadora de 100 w. solamente con una válvula, mientras que la segunda válvula proporciona la tensión de modulación de 1.020 Hz.

El modulador es un oscilador de un solo paso, de gran potencia. La conmutación del servicio A1 a A2 se puede realizar de las siguientes maneras:

Mediante puentes.

Por reducción de las tensiones anódicas.

Por reducción de la señal de excitación.

Por la conexión de una válvula en un zócalo dispuesto a tal efecto. De esta forma el consumo de la válvula del emisor se mantiene extraordinariamente bajo y las válvulas se emplean con resultados óptimos en ambas clases de emisión.

Mediante el empleo de la modulación de la tensión de placa, el grado de modulación se hace independiente de las oscilaciones de las tensiones de servicio. La potencia de servicio puede guardarse por medio del cambio de las tensiones de placas en pasos

de aproximadamente $1/8$, $1/4$, $1/2$, 1 . Además mediante el cambio del acoplamiento de la antena puede variarse la potencia de salida entre 25 y 250 w.

Cada emisor dispone de una alimentación de corriente propia que consta cada una de dos grupos rectificadores en seco.

Las tensiones de red así como las de servicio al igual que las corrientes de las válvulas aisladas de un emisor son controladas por medio de instrumentos instalados a tal efecto y por conmutadores múltiples.

La manipulación se efectúa en el servicio A1 por el bloqueo del conducto de alta frecuencia y en el servicio A2 por el bloqueo del oscilador de baja frecuencia. Los elementos de manipulación pueden acoplarse a señales y pausas de manipulación de longitudes diferentes.

En cada instalación sólo existe un paso acoplador de antena, para ambos equipos y un elemento de conmutación y control, al que se suele denominar Aparato de Conmutación. Este aparato de conmutación controla la potencia de la portadora y el grado de modulación de la misma así mismo presenta visualmente la manipulación. Si la corriente portadora baja al 70 % del valor teórico o el grado de modulación disminuye a un valor menor del 50 % entonces automáticamente se conmuta al equipo de reserva.

La potencia normal de consumo por equipo es de 1,3 KVA y 2,4 KVA. para ambos equipos funcionando simultáneamente.

II.3.2 Diagramas de Radiación y Descripción del sistema físico de las antenas de las radiobalizas.

En el presente apartado se estudian los diagramas de las antenas que se podrán colocar en una estación de I.L.S. para los -

equipos de las radiobalizas. Se han estudiado entre los varios tipos que cumplen con las formas de radiación determinadas por la O.A.C.I. en el Anexo 10, para los Marker ó Radiobalizas, los dos tipos que a continuación se mencionan:

Antena (A).- Se trata de un dipolo de media longitud de onda colocado a una distancia $\lambda/4$ de su contraantena o plano de tierra, que es una malla reflectora.

Se ha hecho el estudio situando dicha antena y su plano de tierra en el suelo próximo a la caseta, o bien situarla sobre el techo de la propia caseta. (Es el caso de la Yagi).

El dipolo se coloca en línea con respecto a la prolongación del eje de la pista como se puede ver en la figura (II.3.1).

La frecuencia en la que trabaja como se ha mencionado es de 75 MHz. por lo que la longitud de onda correspondiente es de 4 m. aproximadamente de lo que se deduce que un cuarto de longitud de onda será 1 m. que es la distancia a la que se encuentra el dipolo de su plano de tierra.

Antena (B).- Este segundo tipo de antena es una Yagi de cuatro elementos de polarización horizontal y con una ganancia de 4,8 decibelios. Estas antenas como ya se ha dicho se montan sobre el techo de las casetas. Su diferencia de radiación con respecto a la del dipolo es la existencia de un pequeño lóbulo secundario que en el dipolo no se aprecia aunque la relación (R) del lóbulo principal (ancho), al del lóbulo secundario es de todos modos idónea para su uso en el sistema en estudio.

Particularmente veamos un poco más nuestro Dipolo:

1ª) Diagrama de radiación en el plano vertical que contiene al eje de la pista. Véase figura (II.3.2).

Será el diagrama de un dipolo de $\lambda/2$ en el plano que contie

ne a su eje, y cuya intensidad de radiación de campo obedece a la siguiente expresión:

$$E_{TC} = \frac{1 + \cos \left(\frac{\pi}{2} \text{sen } \theta \right)}{\cos \theta}$$

aunque el diagrama real que se obtiene considerando el diagrama de un par en oposición debido a la malla reflectora es:

$$E_a = \frac{1 + \cos \left(\frac{\pi}{2} \text{sen } \theta \right)}{\cos \theta} \cdot \text{sen} \left(\frac{\pi}{2} \cos \theta \right).$$

2º) Diagrama de radiación en el plano vertical normal al eje de la pista. Será similar al diagrama de un par en oposición como ocurre en el localizador y obedecerá a la siguiente expresión:

$$E_b = \text{sen} \left(\frac{\pi}{2} \cos \theta \right).$$

Se adjuntan una serie de tablas con los valores de E_{TC} , E_a , y E_b para los diferentes valores de ángulos desde 0° a 90° que son los ángulos donde existe radiación (Campo). Véase la figura (II.3.3) en donde se muestra el diagrama citado.

TABLA III.1

$$E_{TC} = \frac{1 + \cos \left(\frac{r}{2} \text{sen } \theta \right)}{\cos \theta}$$

θ°	E_{TC}	θ°	E_{TC}
0	2.	16.5	1.698
.5	2.	17.0	1.78
1.0	1.999	17.5	1.63
1.5	1.997	18.0	1.645
2.0	1.995	18.5	1.627
2.5	1.993	19.0	1.609
3.0	1.989	19.5	1.589
3.5	1.985	20.0	1.571
4.0	1.981	20.5	1.552
4.5	1.976	21.0	1.532
5.0	1.970	24.	1.411
5.5	1.964	27.	1.284
6.0	1.957	30.	1.155
6.5	1.950	33.	1.026
7.0	1.942	36.	0.899
7.5	1.934	39.	.778
8.0	1.925	42.	.664
8.5	1.915	45.	.558
9.0	1.905	48.	.461
9.5	1.894	51.	.347
10.0	1.883	54.	.297
10.5	1.872	57.	.231
11.0	1.872	60.	.175
11.5	1.847	63.	.128
12.0	1.834	66.	.090
12.5	1.821	69.	.060
13.0	1.807	72.	.038
13.5	1.792	75.	.022
14.0	1.778	78.	.011
14.5	1.762	81.	.005
15.0	1.747	84.	.001
15.5	1.731	87.	.000
16.0	1.714	90.	.000

TABLA III.2

$$E_a = \frac{1 + \cos \left(\frac{\pi}{2} \sin \theta \right)}{\cos \theta} \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} \cos \theta \right).$$

θ	E_a	θ	E_a
0.	2.	16.5	1.695
.5	2.	17.	1.677
1.0	1.999	17.5	1.658
1.5	1.997	18.	1.64
2.0	1.995	18.5	1.622
2.5	1.993	19.	1.603
3.0	1.989	19.5	1.584
3.5	1.985	20.	1.565
4.0	1.981	20.5	1.544
4.5	1.976	21.	1.524
5.0	1.97	24.0	1.398
5.5	1.964	27.	1.265
6.	1.957	30.	1.13
6.5	1.95	33.	0.993
7.	1.942	36.	.859
7.5	1.934	39.	.731
8.	1.925	42.	.611
8.5	1.915	45.	.55
9.	1.905	48.	.4
9.5	1.894	51.	.312
10.0	1.883	54.	.237
10.5	1.872	57.	.174
11.	1.86	60.	.124
11.5	1.847	63.	.084
12.	1.832	66.	.084
12.5	1.819	69.	.032
13.	1.805	72.	.018
13.5	1.79	75.	.09
14.	1.779	78.	.04
14.5	1.76	81.	.001
15.	1.745	84.	.000
15.5	1.728	87.	.000
16.	1.711	90.	.000

TABLA III.3

$$E_b = \text{sen} \left(\sqrt{1/2} \cos \theta \right).$$

<u>θ</u>	<u>E_b</u>	<u>θ</u>	<u>E_b</u>
0.	1.	16.5	.998
0.5	1.	17.	.998
1.	1.	17.5	.997
1.5	1.	18.	.997
2.0	1.	18.5	.997
2.5	1.	19.	.996
3.	1.	19.5	.996
3.5	1.	20.	.996
4.	1.	20.5	.995
4.5	1.	21.	.995
5.	1.	24.	.991
5.5	1.	27.	.985
6.	1.	30.	.978
6.5	1.	33.	.968
7.	1.	36.	.955
7.5	1.	39.	.939
8.	1.	42.	.92
8.5	1.	45.	.896
9.	1.	48.	.868
9.5	1.	51.	.835
10.	1.	54.	.798
10.5	1.	57.	.755
11.	1.	60.	.707
11.5	1.	63.	.654
12.	0.999	66.	.596
12.5	0.999	69.	.538
13.	0.999	72.	.467
13.5	0.999	75.	.395
14.	0.999	78.	.321
14.5	0.999	81.	.243
15.	0.999	84.	.163
15.5	0.998	87.	.082
16.	0.998	90.	.000

SISTEMAS MONITORES

II.4 DESCRIPCION TECNICA DE LOS SISTEMAS DE MANDO A DISTANCIA Y MONITORES:

La misión asignada al sistema monitor de un I.L.S. es la de control y vigilancia de los parámetros fundamentales de la estructura radiada. Para este estudio se ha tenido en cuenta el Adjunto C (sobre monitores), del Anexo 10 de la O.A.C.I.

El monitor y equipo de mando del sistema en estudio, consiste en un pupitre de Torre (TWR), una unidad interfónica, un panel de mando y monitores y finalmente una unidad de indicación de Torre. Esta última solamente se utiliza en las instalaciones que cuentan con un dispositivo de registro horario en la TWR.

El pupitre es una caja de frente inclinado, diseñado para colocarse en un tablero o mesa instalado en el FANAL de la Torre.

La unidad interfónica consiste en una pequeña caja y un microteléfono en una sola pieza, para colgarse en un lateral del pupitre o cualquier otra superficie vertical.

El panel monitor y de mando es del tipo normalizado 1,80 m. de altura aproximadamente, requiriendo un espacio de 55 x 55 cms; generalmente instalado en la sala de Equipos de la Torre de Control del Aeropuerto. En este panel se encuentran alojados una serie de amplificadores de línea que alimentan a una gama de instrumentos de medida que dan indicación de curso y campo de la senda de planeo y del localizador, así como a unos indicadores ópticos del estado de funcionamiento de las radiobalizas, se encuentran también en este panel los sistemas de indicación de alarmas y alimentación de los sistemas mencionados que se encuentran conjuntados en el citado panel monitor. La potencia necesaria para alimentar esta unidad es de unos 210 VA. Véase figura (II.4.1).

Las líneas de mando necesarias para el manejo y control de los equipos son:

a) Localizador: Mínimo 4 pares.

- 1.- Para comprobación.
- 2.- Para interfono y mando.
- 3.- Para fonía.
- 4.- Para indicativo de la senda.

b) Senda de planeo: Mínimo 4 pares.

- 1.- Para comprobación de la senda.
- 2.- Para interfono y mando.
- 3.- Para indicativo del localizador.
- 4.- Para otros usos.

c) Radiobalizas: Mínimo 2 pares.

- 1.- Para mando y comprobación.
- 2.- Para la fonía.

Las líneas de mando procedentes de cada instalación exterior a la Torre, normalmente terminarán en el bastidor de regletas de la Torre, (REPARTIDOR), de donde subirán al existente en la Sala de Equipps, donde está el Rack de monitorizado y mando.

II.4.1 Sistema Monitor del Localizador.

Existen dos tipos:

A) Este equipo está previsto para actuar con dos antenas detectoras:

Antena 1 : Detectora de curso situada sobre la recta de $DDM = 0$, colocada entre las antenas del sistema radiante directivo y el umbral de la pista a 60 m. del primero. (cabecera 21).

Antena 2 : Detectora de ancho situada sobre el radial de $DDM = 0,155$, situado entre las antenas del sistema directivo y el umbral de la pista, colocada además en el lado de predominio de los 150 Hz., a 80 m. del eje del sistema directivo.

En la figura (II.4.2), se puede ver el diagrama de bloques de este sistema detector monitor.

El funcionamiento es el siguiente:

Cada detector está formado por un dipolo de media longitud de onda que capta la señal radiada existente en el punto de colocación, y entrega dicha señal a una unidad detectora situada en la caseta de equipos, en la que se rectifica la señal, obteniéndose a la salida la envolvente de audio y el nivel de continua representativo del nivel de portadora.

La señal se transporta mediante un cable coaxial hasta la unidad monitora correspondiente a la variable en estudio y actua en consecuencia dicho monitor en caso de que se obtengan valores fue ra de los reglajes adecuados efectuados.

Las salidas de las unidades monitoras van a parar al receptor de control remoto que será el encargado de efectuar el paso de un equipo a otro en caso de una alarma.

Están interconectados el receptor remoto y la Torre de control enviándose de la misma las órdenes de control.

B) Este tipo de forma semejante al primero, se basa en dos antenas detectoras:

Antena 1': Es la detectora de curso, colocada sobre el radial de $DDM = 0$, que es la recta que contiene el eje de la pista.

Antena 2': Es la detectora de ancho, colocada sobre el radial de $DDM = 0,1555$ en el lado de predominio de los 150 Hz. de la señal de audio. En la figura (II.4.3), se puede ver el diagrama de bloques correspondiente a este segundo tipo.

El funcionamiento es el siguiente:

Las señales son detectadas mediante captadores (citados antes)

y entran en el equipo en unas etapas de entrada previa, se les amplifican y pasan a dos filtros activos de 90 Hz. y 150 Hz., que tras una etapa de detección son llevadas a los circuitos de medida de SDM y DDM, los cuales controlan la profundidad de modulación de las dos señales y la igualdad de profundidad de modulación respectivamente.

Las señales obtenidas irán a los circuitos de alarma de ambas funciones que controlan la profundidad de actuación de los circuitos de prealarma y alarma y compara las señales con los patrones que tiene fijados. En el caso de que sobrepasen las tolerancias, marcadas por la O.A.C.I. en el Anexo 10, decada parámetro funcional envían las señales de error al tratamiento lógico de las alarmas de donde los indicadores de cada variable controlada obtienen la información que reflejan.

II.4.2 Sistema monitor de la senda de planeo.

La información transmitida por las antenas de la Senda es captada por dos dipolos monitores de rumbo y ancho, instalados frente a las antenas directivas y alimentan desde las unidades detectoras a las unidades monitoras del armario monitor LGB y del armario monitor T de la Torre de Control, para su valoración; de esta forma es posible supervisar las características y propiedades fundamentales del sistema radiante de manera que en caso de avería o desvanecimientos y desviaciones, el equipo pueda conmutarse al transmisor de reserva o bien apagarse por completo. Como, por algunas razones obvias, no es posible supervisar el sistema en el campo de radiación lejano la supervisión se lleva a cabo en el campo cercano.

Las unidades detectoras equipan a la entrada un convertidor -

que transforma la frecuencia de la señal de entrada de 333,8 MHz. en otra de 100 MHz. El detector de Curso tiene una frecuencia intermedia de 24 KHz. y el detector de Ancho análogamente tiene una de 20 KHz.

En las unidades detectoras, la señal de R.F. es manipulada -- luego por la frecuencia intermedia y posteriormente demodulada, Seguidamente se alimenta una unidad monitora a través de un filtro dando este las frecuencias de navegación de 90 y 150 Hz. que son valoradas a su vez por el equipo. Cada detector no obstante se alimenta independientemente.

Para la citada supervisión del campo cercano se escoge un punto determinado de 180° para el sistema de senda de Referencia "0" así como un punto de 360° para el sistema de senda de Referencia Banda Lateral que es el objeto de este proyecto. La señal de portadora llega defasada 180° con respecto a la de B.L. en ese punto denominado de 360° para el sistema de referencia B.L., restándose así sus fases, de modo que se pueda controlar el ángulo nominal - de descenso (senda), en este punto pues las señales de modulación de 90 y 150 Hz. son inversas, aunque en todas las condiciones regtantes se mantiene una correlación de valores con respecto a los que encontraríamos si monitoreásemos en el campo lejano. Un resultado de la inversión de las señales es que en le campo cercano -- predominan los 90 Hz. en la parte inferior de la trayectoria de - planeo y los 150 Hz. en la parte superior mientras que en el cam- po lejano se invierten las condiciones.

El emplazamiento de los dipolos monitores depende además del ángulo de descenso en las condiciones locales, en particular, de la naturaleza del terreno. Es posible determinar aproximadamente

un emplazamiento empleando el cálculo solamente, pero para una -- determinación exacta solo podrá recurrirse a las mediciones prácticas sobre el propio terreno.

Los dipolos monitores son dipolos verticales, polarizados horizontalmente y están fijados delante de una red o placa reflectora y conectados a la unidad detectora correspondiente con unos cables coaxiales por medio de un dispositivo de acoplamiento equilibrador.

La instalación de los dipolos monitores descritos se puede hacer con la ayuda de ábacos muy experimentadas en la práctica. -- Por ejemplo podemos calcular la altura del dipolo monitor de rumbo en función del ángulo nominal de senda y de la distancia del dipolo al mástil de las antenas principales con la ayuda del gráfico de la figura (II.4.4).

$$h_F = Tg \theta - e_F$$

h_F = Altura del dipolo monitor

e_F = Distancia del mástil monitor al mástil radiante.

Se dispone también de otro ábaco que nos da la distancia óptima de los dipolos monitores a las antenas principales. Véase figura (II.4.5).

$$e_F = \frac{h_{sup}^2 - h_{inf}^2}{20}$$

El dipolo monitor de rumbo se instala entre 40 y 120 m. distante de las antenas principales y el dipolo monitor de ancho 2 ó 3 metros desplazado lateralmente respecto del dipolo de rumbo.

Pueden llevarse a cabo de forma análoga una serie de cálculos analíticos encaminados al cálculo de la distancia e_F :

Sea $Tg(\theta_0 - \theta) = h_F/e_F$; sabiendo que nos basamos en la figura (I.6.7) para nuestro desarrollo veamos entonces:

$\theta = S$ = pendiente del terreno.

Es importante destacar que el cálculo se hace tomando la altura del monitor igual a la del dipolo de portadora, luego se corregirá ya que al existir una S la apreciación hecha no habrá sido totalmente correcta.

Tengamos entonces que:

$$e_F = \frac{h_F}{\text{Tg}(\theta_0 - S)}$$

Sabiendo que la altura del dipolo de portadora era:

$$h'_F = \frac{\lambda}{4 \cdot \theta_0}$$

Tendremos:

$$e_F = \frac{\lambda}{4\theta_0 \cdot \text{Tg}(\theta_0 + S)}$$

se entiende que la pendiente S es negativa por lo que se hace positiva al colocarla en la expresión, y por otra parte se ha tenido en cuenta el pasar el θ_0 exterior a la Tg . a radianes

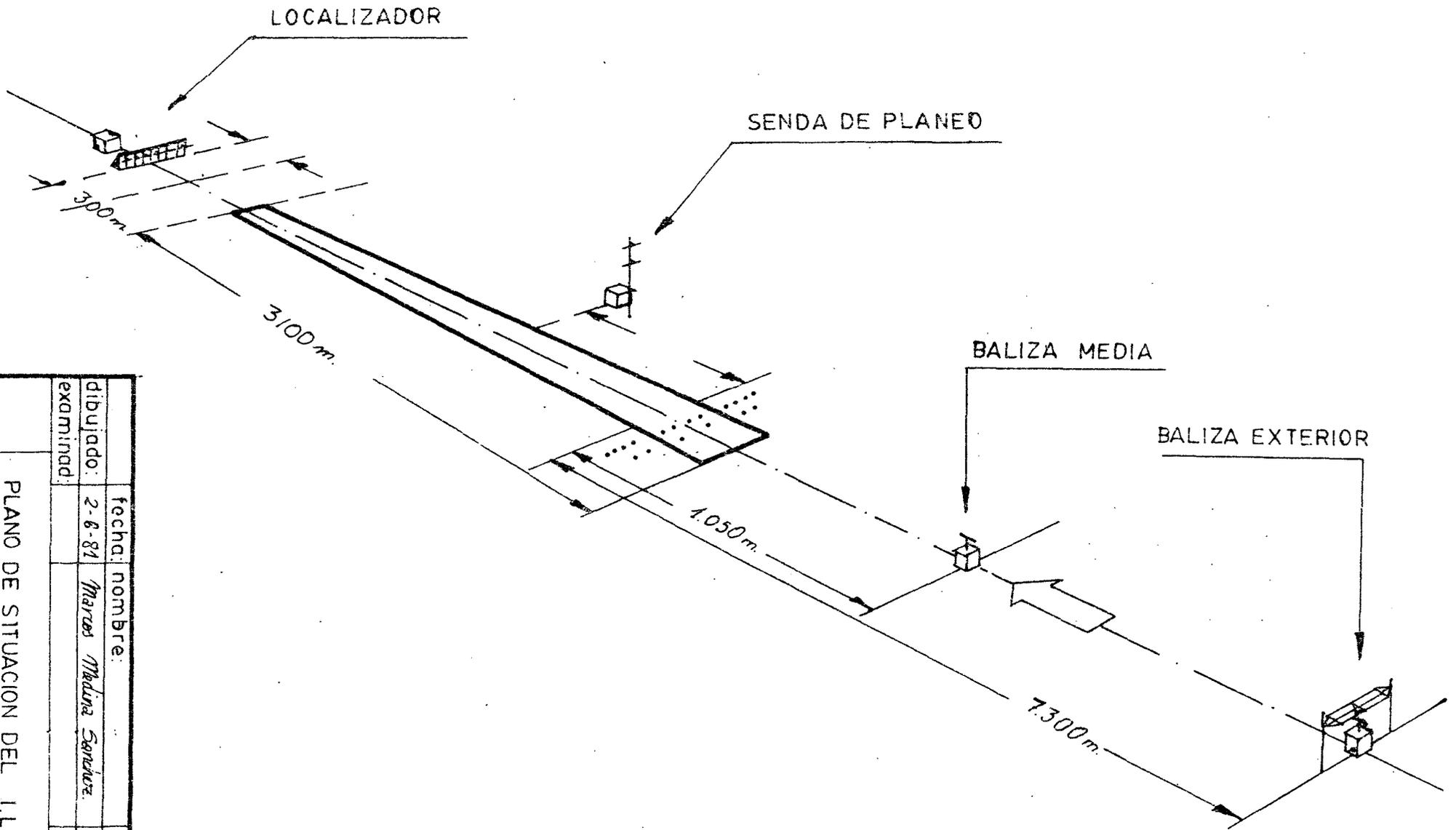
$$\theta_0 (\text{grad.}) = \theta_0 \times \frac{\pi}{180}$$

$$\text{Tenemos el valor de } \lambda \text{ que es: } \lambda = \frac{300 \times 10^6}{333,8 \times 10^6} = 0,898 \text{ m.}$$

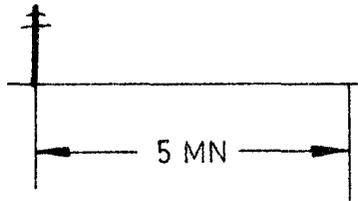
yy conocemos θ_0 tenemos el valor de e_F

Como realmente $h_F \neq h'_F$ puesto que hay una pendiente negativa delante de la antena transmisora la verdadera altura del monitor será:

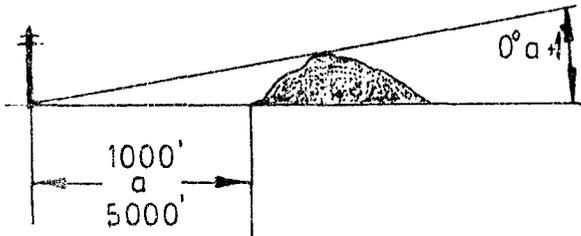
$$h_F = e_F \times (\text{Tg } \theta_0 + 0,0003376)$$



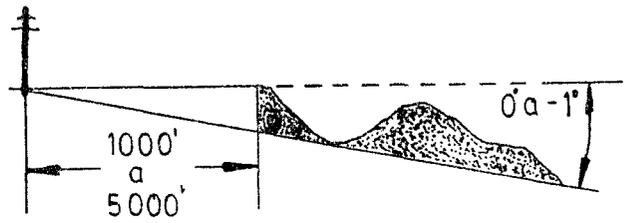
PLANO DE SITUACION DEL I.L.S.		fecha:	nombre:	número
dibujado:	2-6-84	Marcel Medina Sanchez	-0-	
examinado:				



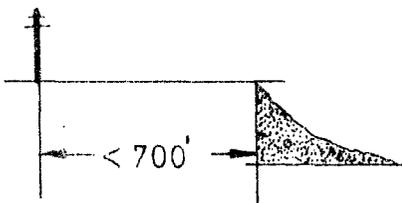
TIPO 1



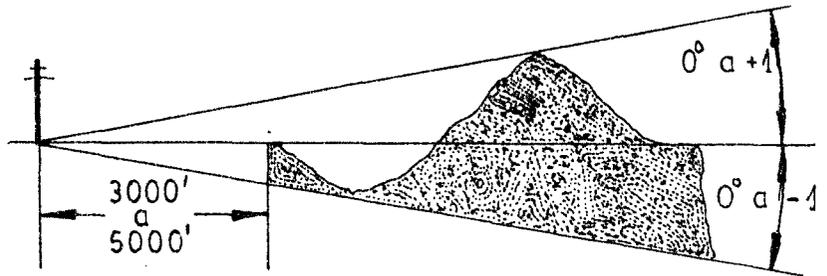
TIPO 2



TIPO 3



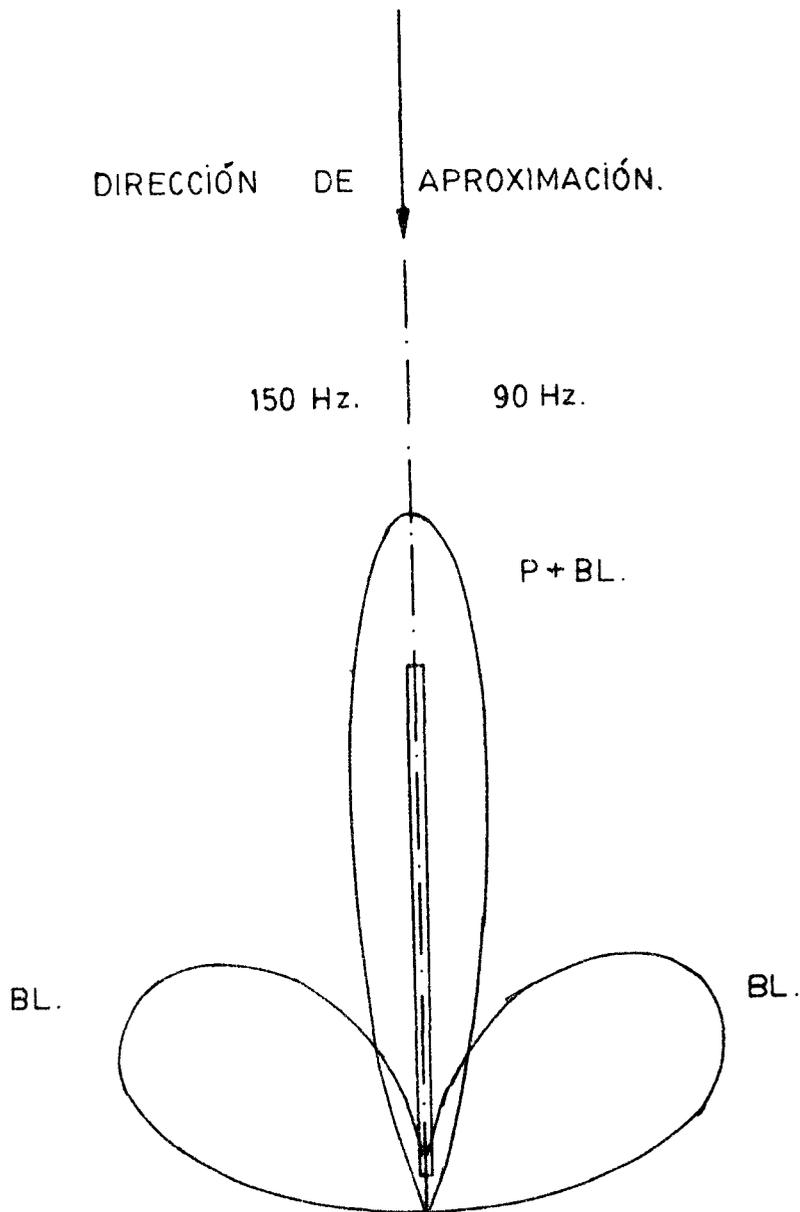
TIPO 4



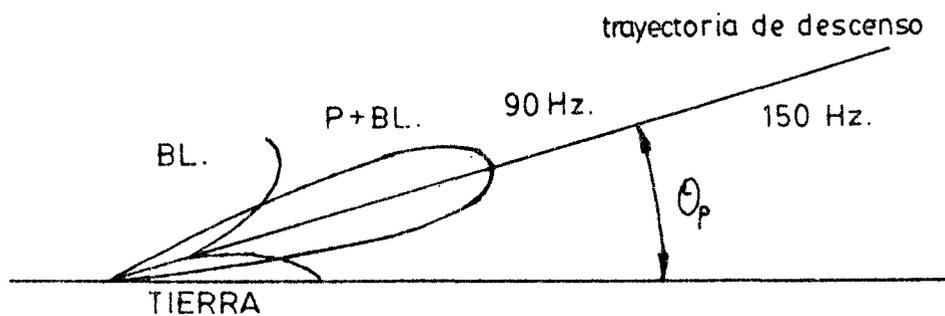
TIPO 5

TIPO	1	2	3	4	5
% de tipo	5%	20%	15%	15%	45%
REF. B. L.	TODOS	POCOS	MUCHOS	MUY POCOS	POCOS
REF. NULO	TODOS	MUY POCOS	POCOS	NINGUNO	MUY POCOS
BIFRECUENCIA	TODOS	MAYORIA	MAYORIA	NINGUNO	MAYORIA

	FECHA:		NÚMERO:
DIBUJADO	6-6-81	Marcos Medina Sánchez	1.3.1
EXAMINADO			
ESCALA:	CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SENDA SEGUN LA FAA.		

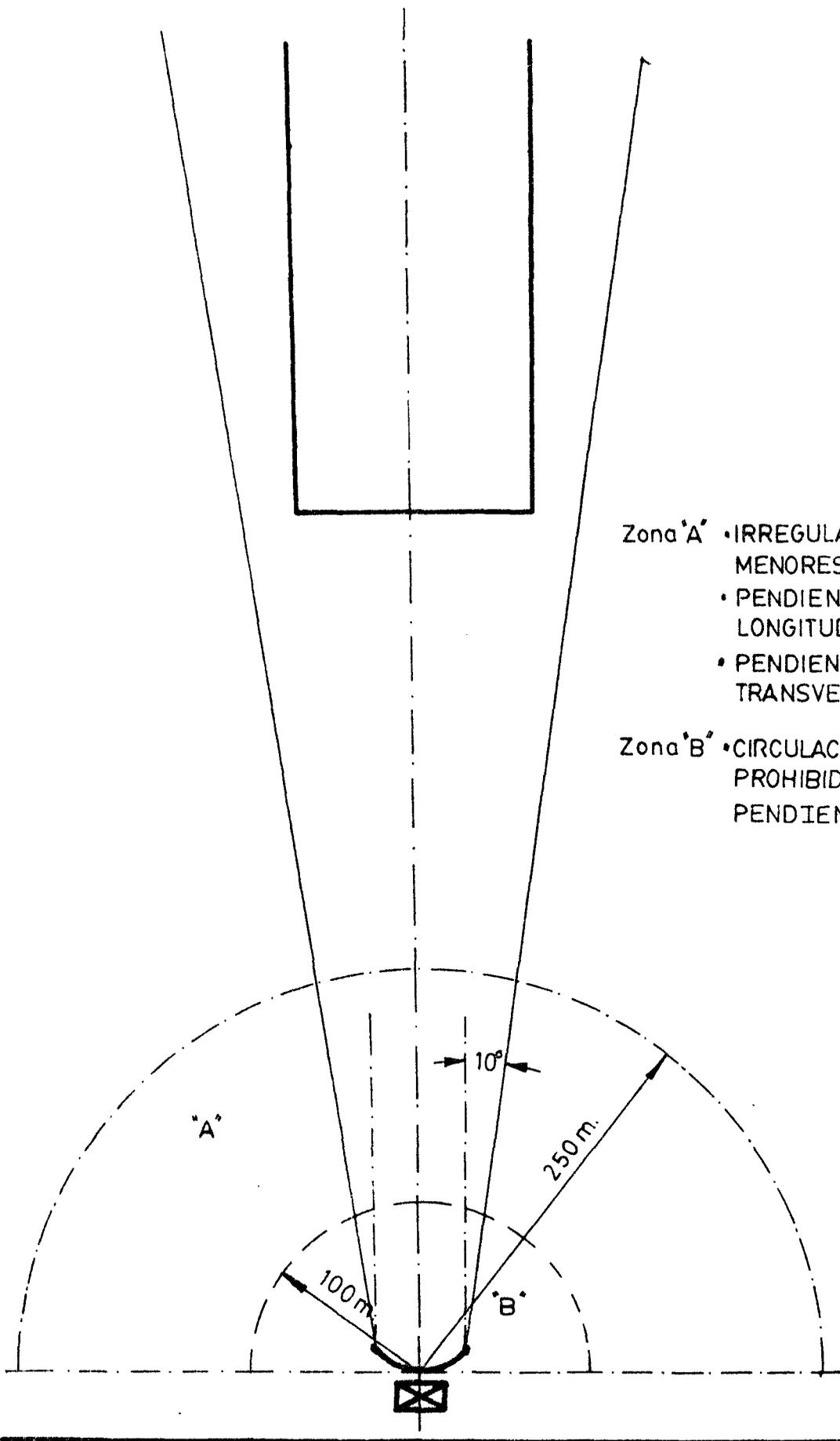


"diagrama espacial del localizador"



"diagrama espacial de la senda de planeo"

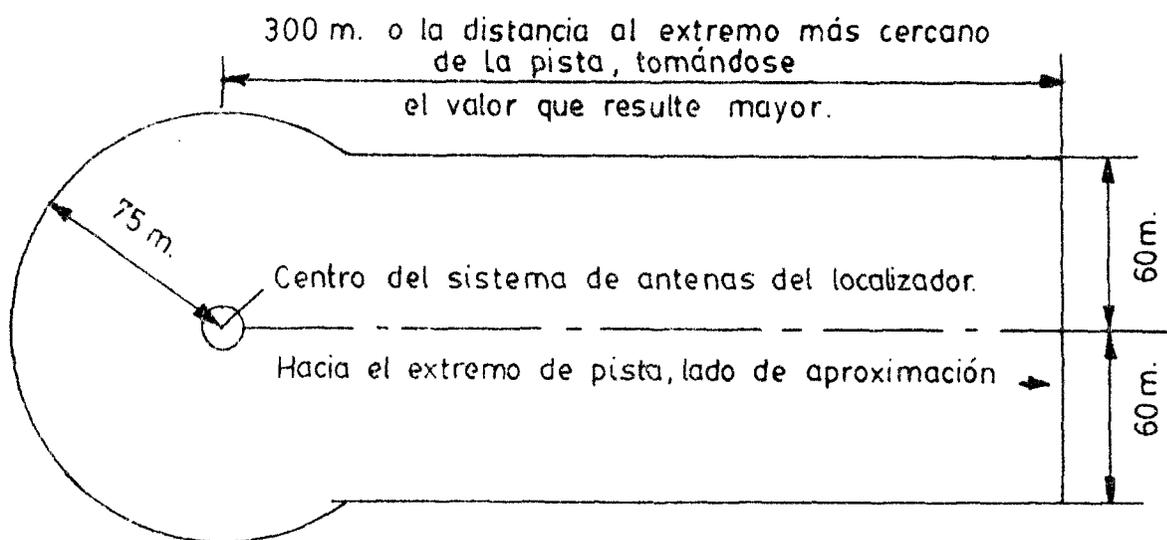
	FECHA:	NOMBRE:	NÚMERO:
DIBUJADO:			1.3213.
EXAMINADO:			
ROTULO: GRAFICOS DE LA FORMA DE RADIACION DEL LOC. Y DE LA G.P.			



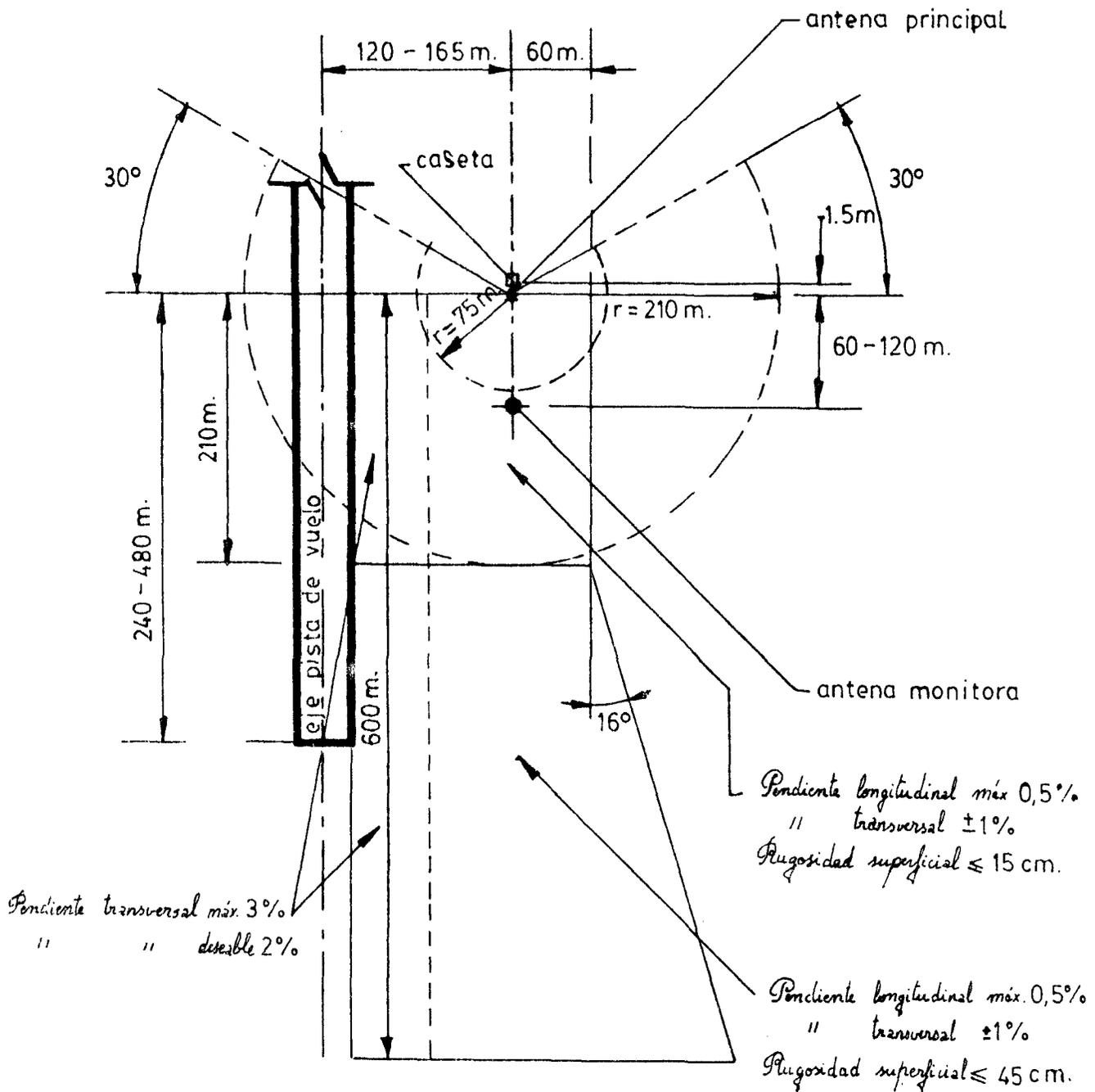
Zona 'A' • IRREGULARIDADES
 MENORES DE 30 cm.
 • PENDIENTE
 LONGITUDINAL < 1 %
 • PENDIENTE
 TRANSVERSAL < 1 %

Zona 'B' • CIRCULACION
 PROHIBIDA
 PENDIENTE < 3 %

	FECHA:	NOMBRE:	NÚMERO:
DIBUJADO:	6-7-81	Marcos Medina Sánchez	(1.6.1)
EXAMINADO:			
ESCALA:	ROTULO: AREA CRITICA DEL LOC. SU LIMITACION		

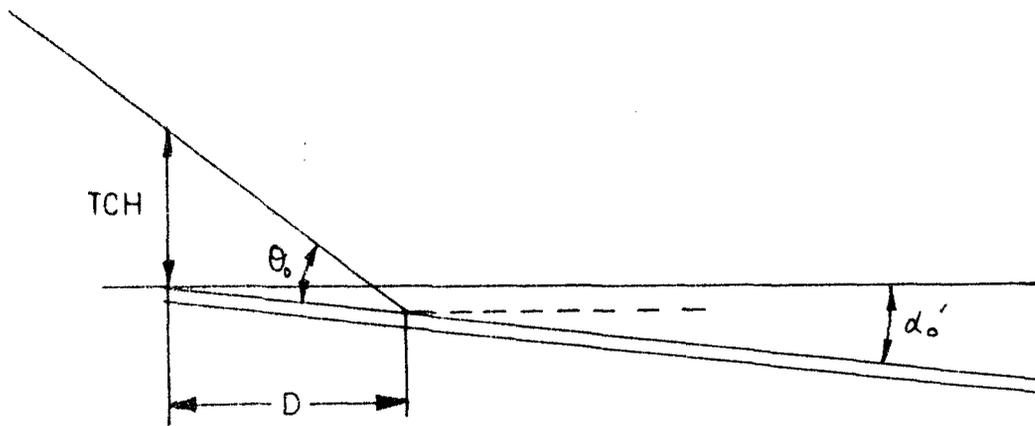


	FECHA:	NOMBRE:	NÚMERO:
DIBUJADO:	10-11-81	Marcos Medina Sánchez	(1.6.2)
EXAMINADO:			
TÍTULO: AREA CRITICA MINIMA TIPICA DEL LOCALIZADOR.			

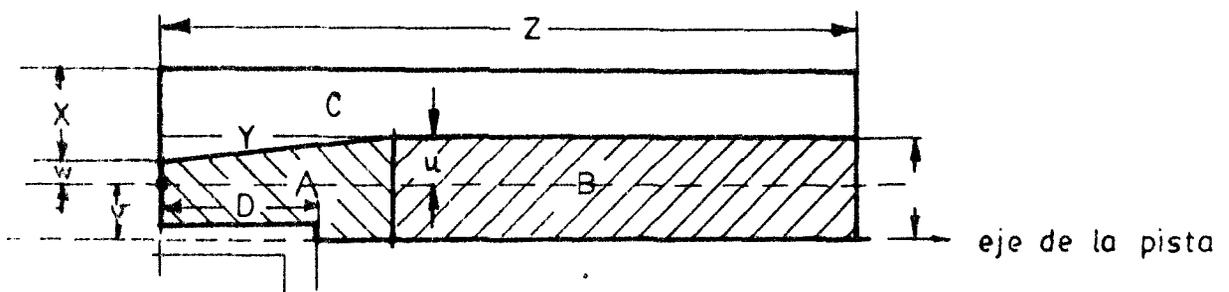


- * Hasta 75 m. de la antena principal no debe haber ni carreteras, ni canales de riego, ni pistas de vuelo.
- * Hasta 210 m. de la antena principal no deben haber líneas eléctricas aéreas, cercas metálicas, ni edificios. Las líneas eléctricas deberán ir enterradas a más de 15 cm.
- * Hasta 600 m. de la antena principal no debe haber grandes superficies reflectoras.

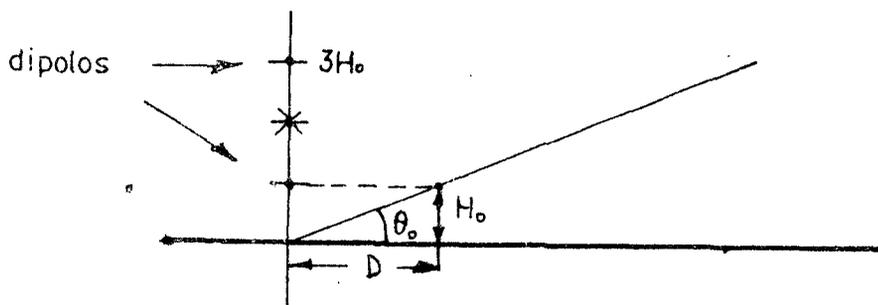
	FECHA:	NOMBRE:	NÚMERO:
DIBUJADO:	6- VIII-11	Marcos Medina Sanchez.	I.6.3
EXAMINADO:			
ESCALA:	ROTULO:		
1: 5000	AREAS CRITICAS DE LA SENDA P.		



1.6.5

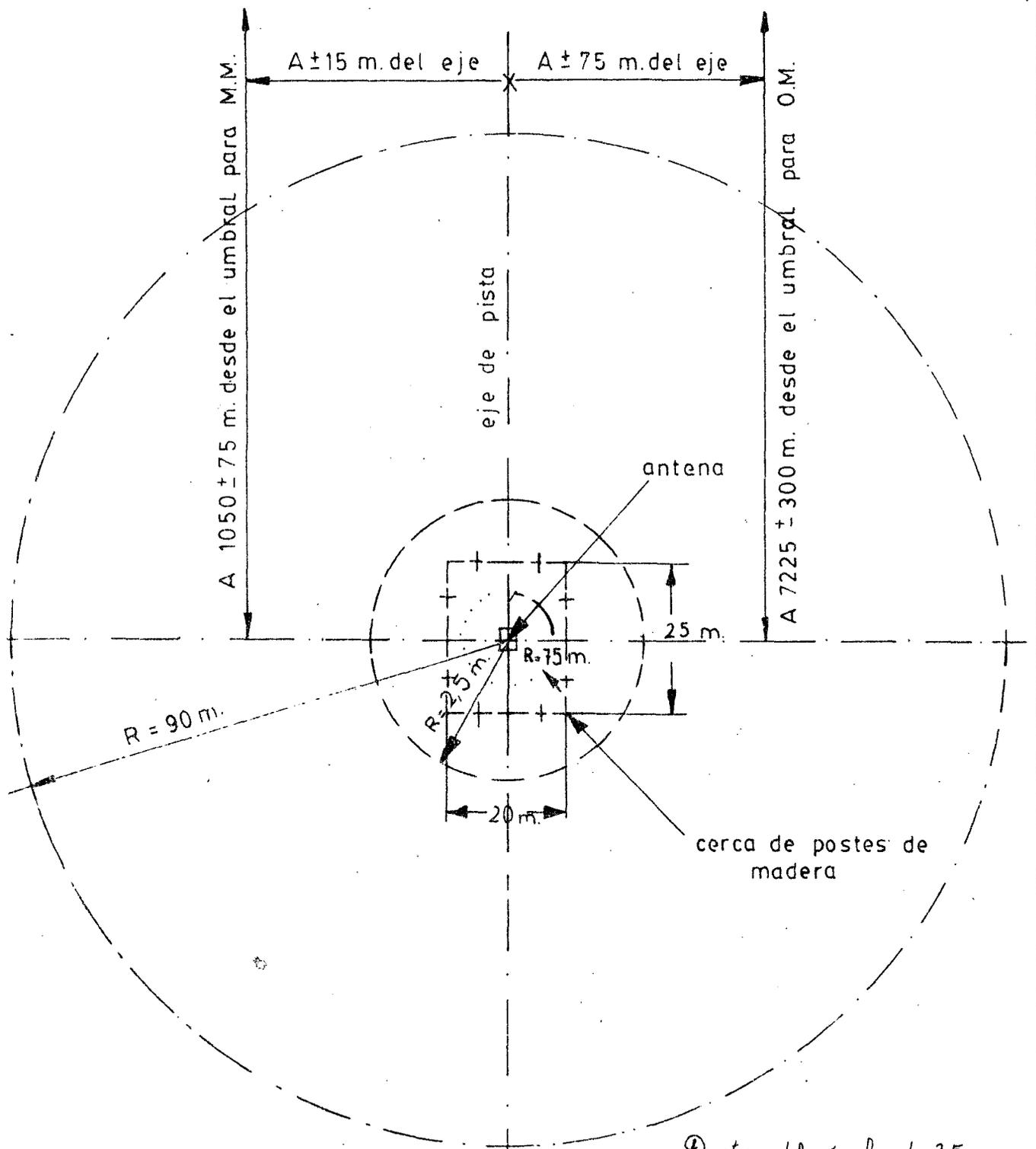


1.6.6



1.6.7

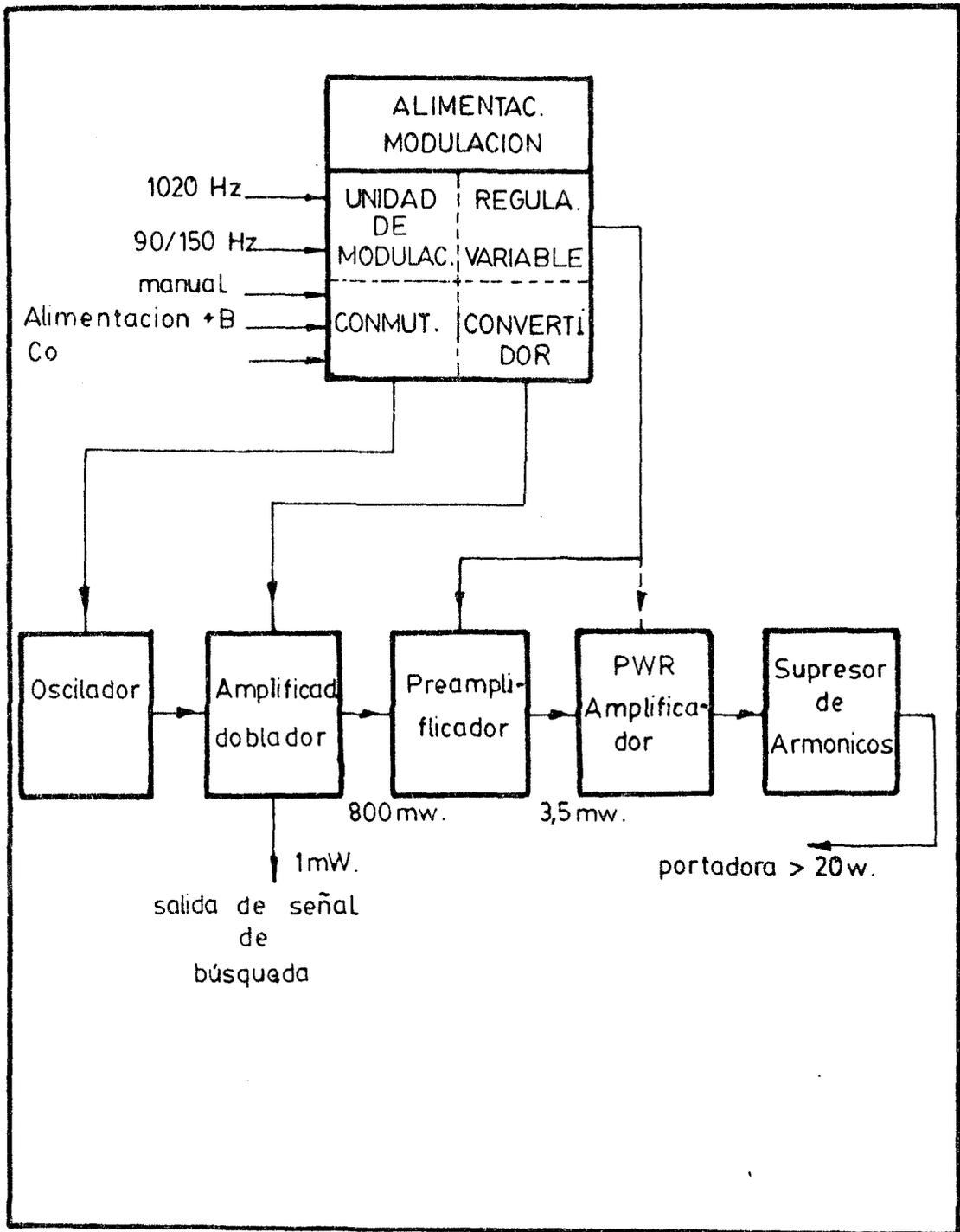
	fecha:	nombre:	número:
dibujado:			1.6.5-6-7
examinado:			
escala:	rótulo: GRÁFICOS DE APOYO AL CÁLCULO TEÓRICO.		



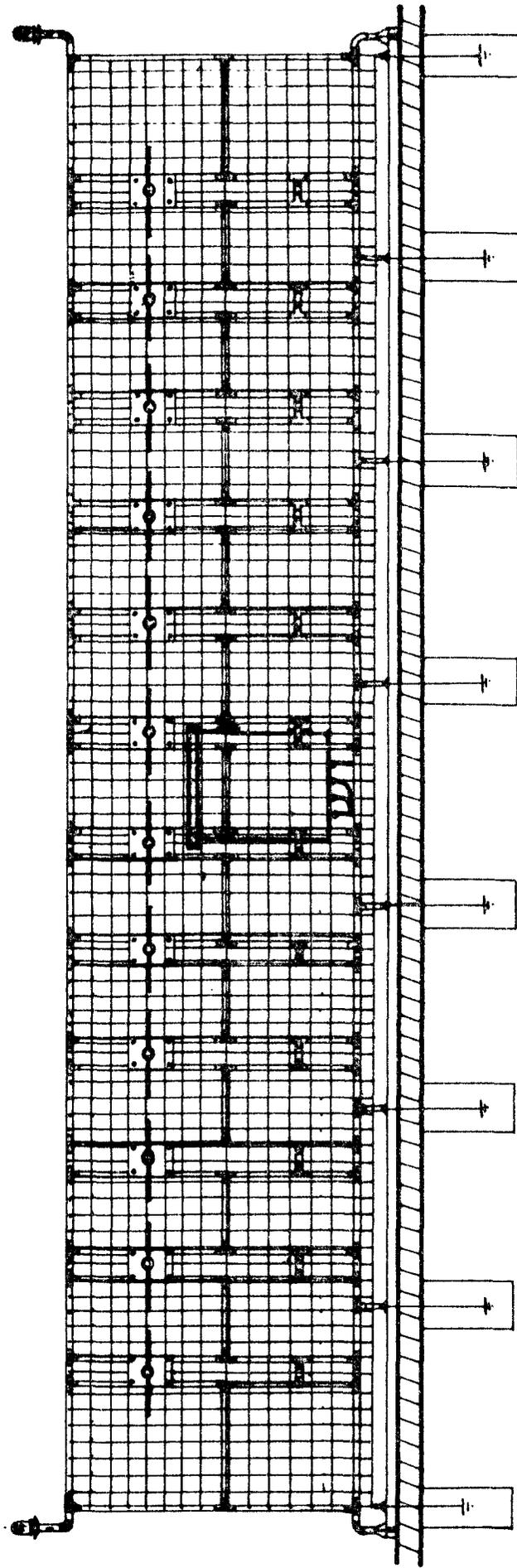
Dentro del círculo de 2,5 m. no debe haber objetos ni vehículos; y la vegetación se mantendrá inferior a 30 cms. de altura.

Dentro del círculo de 90 m. no debe existir líneas eléctricas aéreas y las subterráneas enterradas a más de 15 cms. de profundidad.

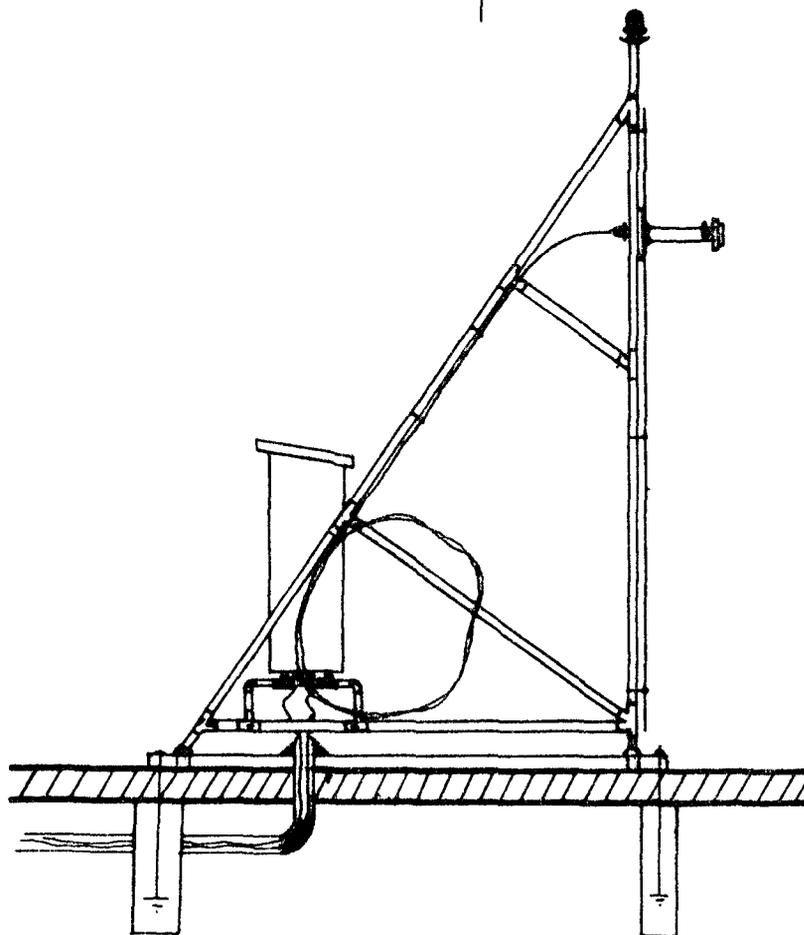
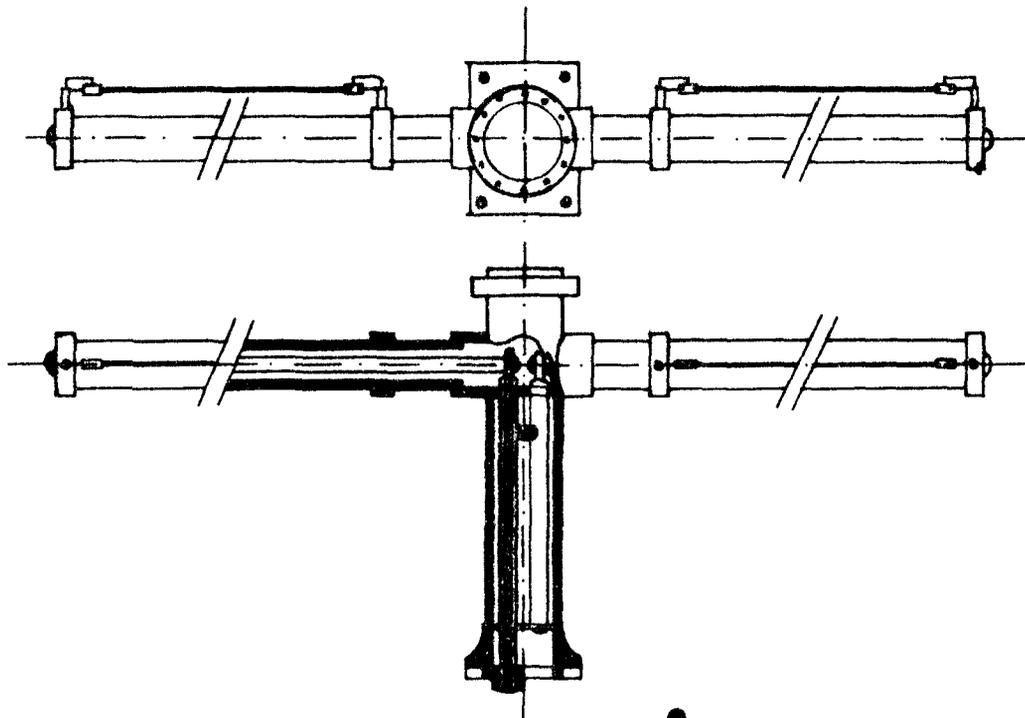
	FECHA	NOMBRE:	Nº
DIBUJADO			158
EXAMINADO			
ESCALA: 1:1000	ROTULO: AREA CRITICA DE LAS RADIOBALIZAS.		



	fecha:	nombre:	número:
dibujado:			II.1.1
examinado:			
rótulo: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL LOCALIZAD.			



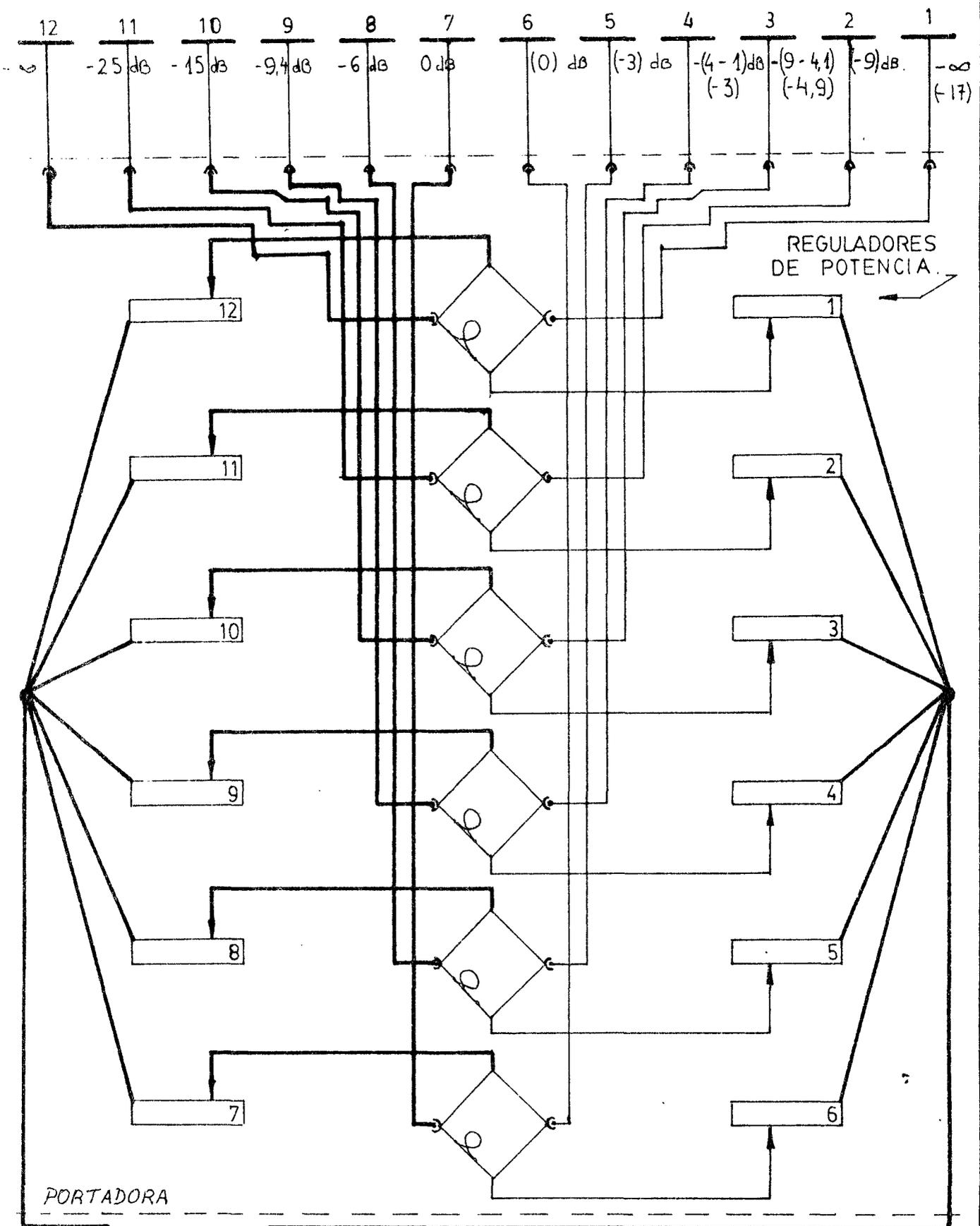
	FECHA:	NOMBRE:	NUMERO:
DIBUJADO:	7-7-81	Marcos Medina Sánchez	II.1.2
EXAMINADO:			
ESCALA:	RÓTULO: ANTENA DEL LOCALIZADOR (vista frontal)		



	FECHA:	NOMBRE:	NUMERO
DIBUJADO:	7-11-81	Marcos Medina Sanchez	III.1.3
EXAMINADO:	-		
ESCALA:	ROTULO: VISTA DE PERFIL AX. LOC. DETALLE DE UNO DE LOS DIPOLOS.		

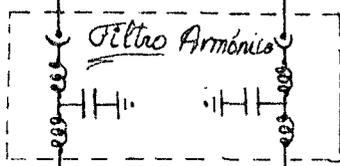
niveles de portadora

niveles de B.L.



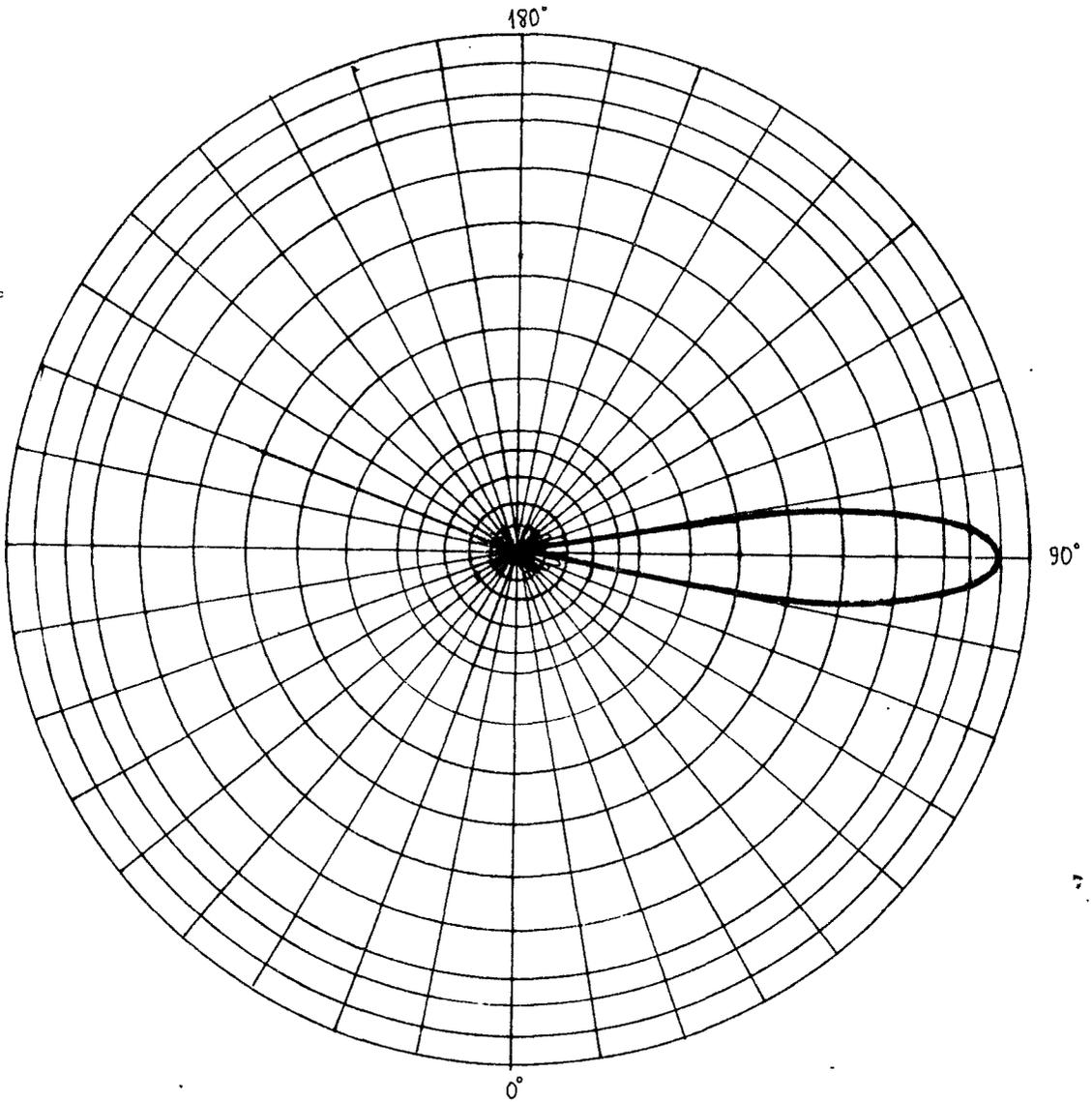
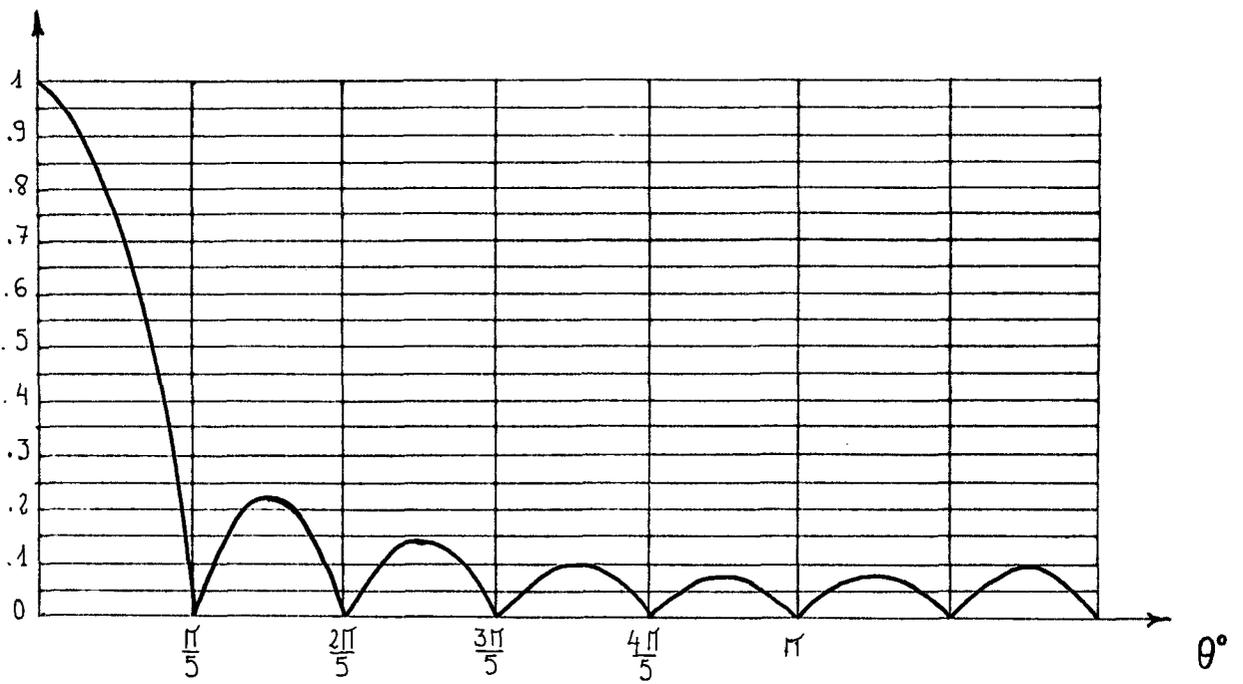
PORTADORA

B.L.

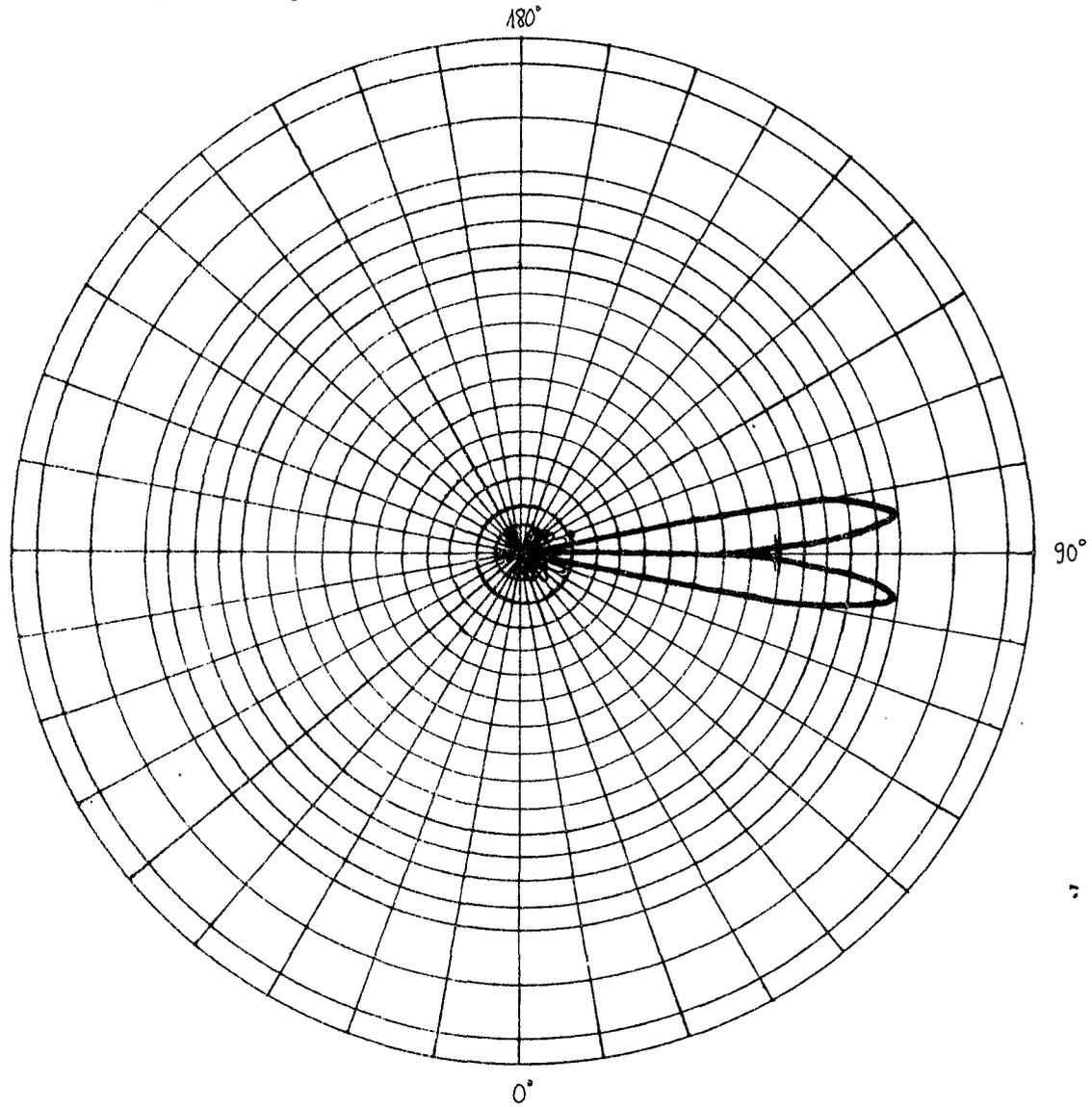
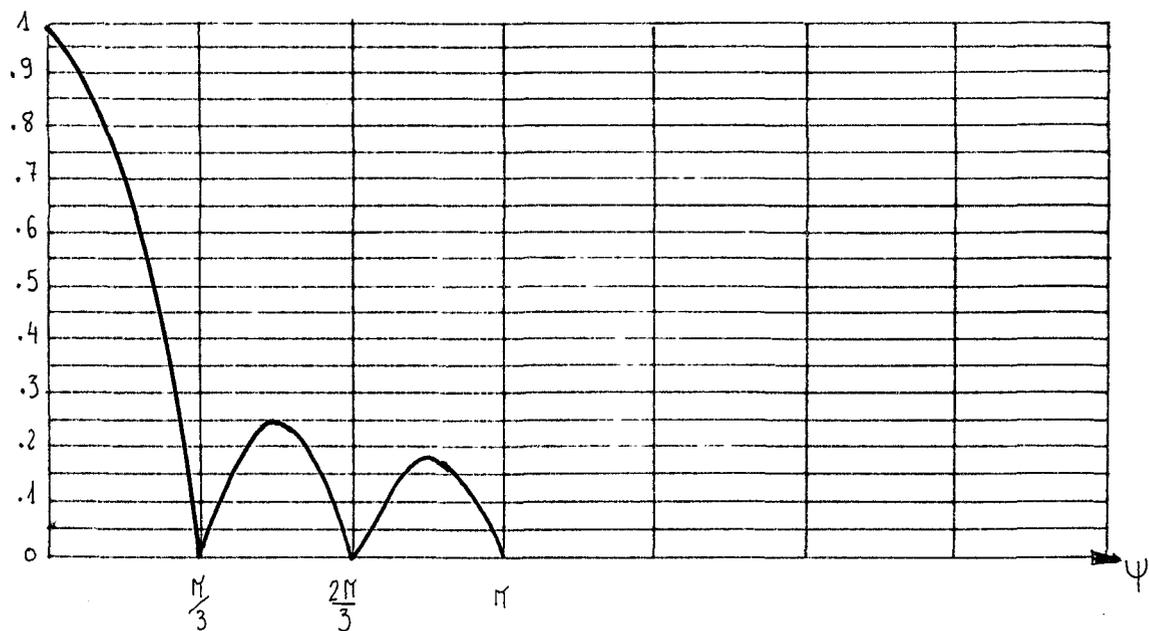


Commutador de antenas

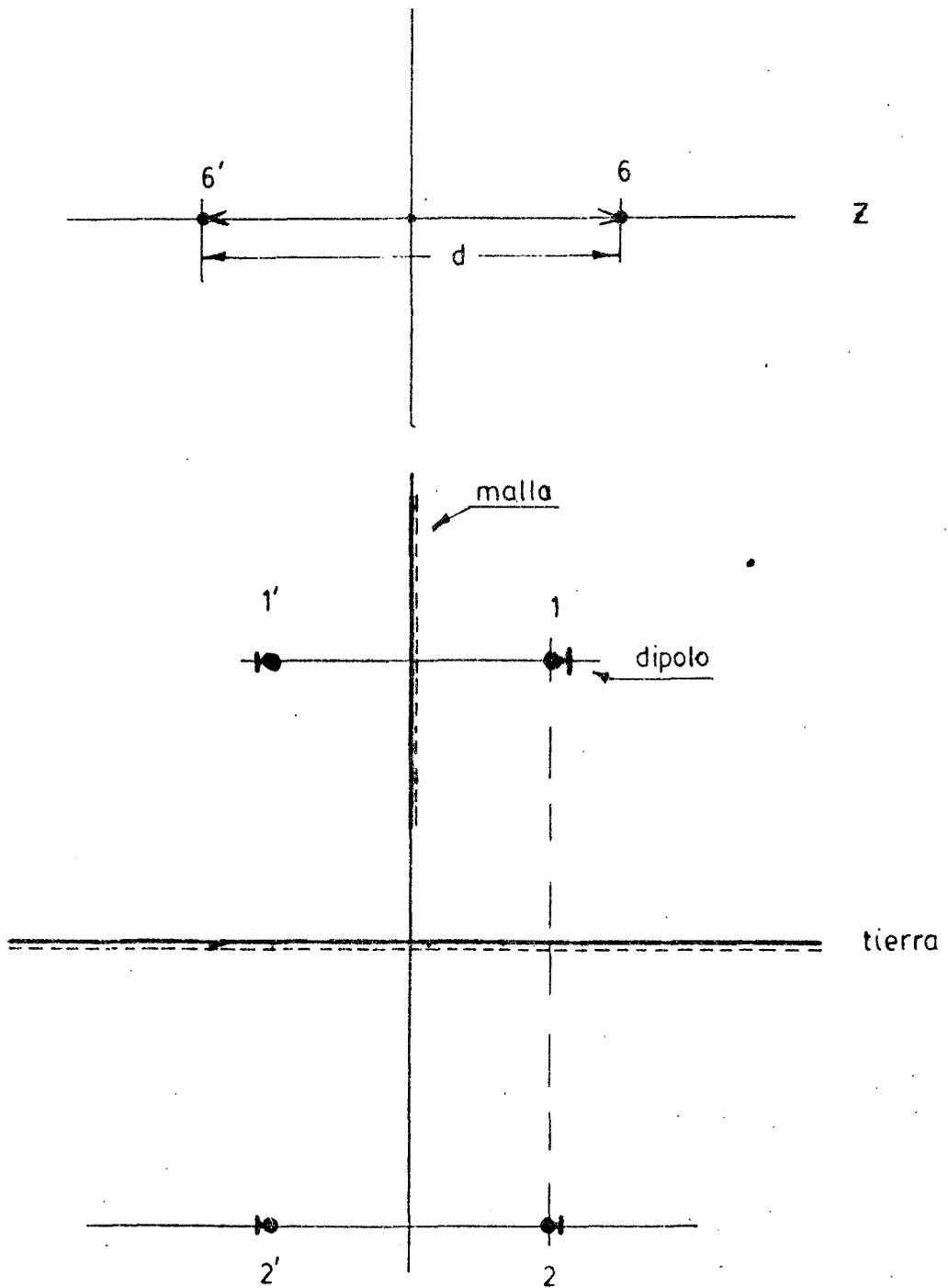
	FECHA	NOMBRE:	NÚMERO:
DIBUJADO:	1-IX-91	Marcos Medina Sánchez	
EXAMINADO:			
ESCALA:	ROTULO: SISTEMA DE DISTRIBUCION DE LA ENERGIA DE R.F. A LA AX. DEL LOC.		



	fecha	nombre:	número:
dibujado:	7-7-81	Marcos Medina Sánchez	II.1.4
examinad:			
rótulo: DIAGRAMA DE PORTADORA DEL LOCALIZADOR.			

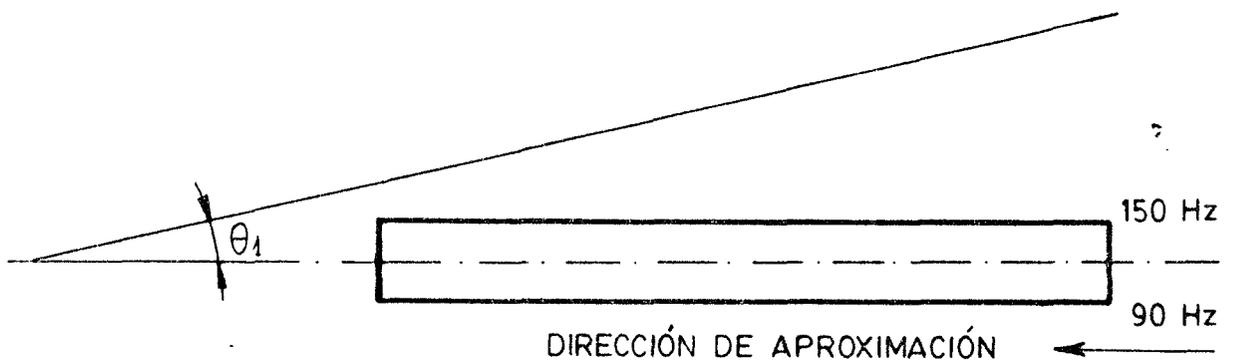
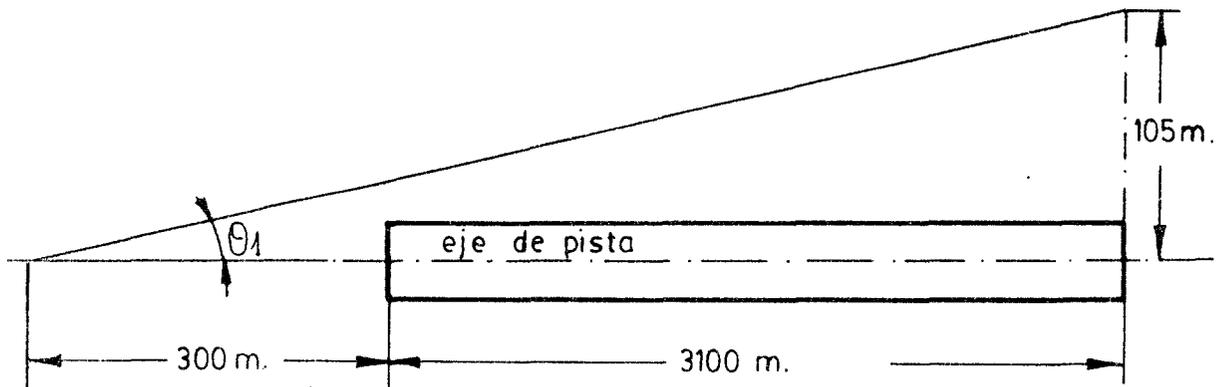
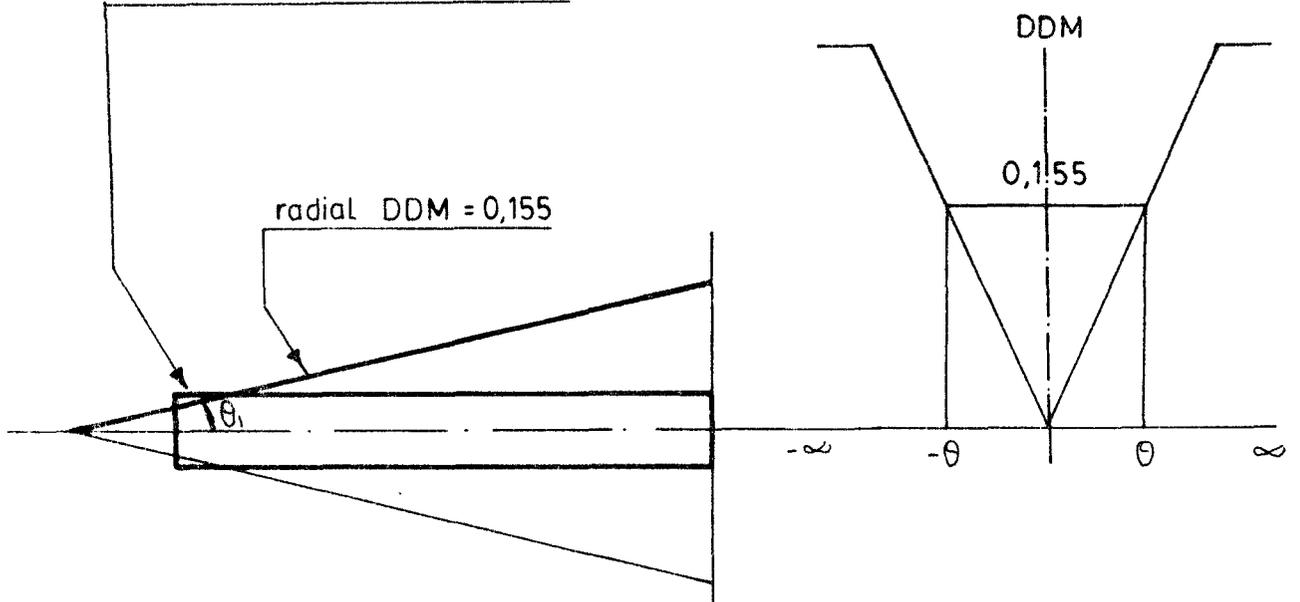


	fecha	nombre:	número:
dibujado:	7-7-81	Marcos Medina Sanchez	11.15
examinad:			
	rotulo: DIAGRAMA DE BL DEL LOCALIZADOR		



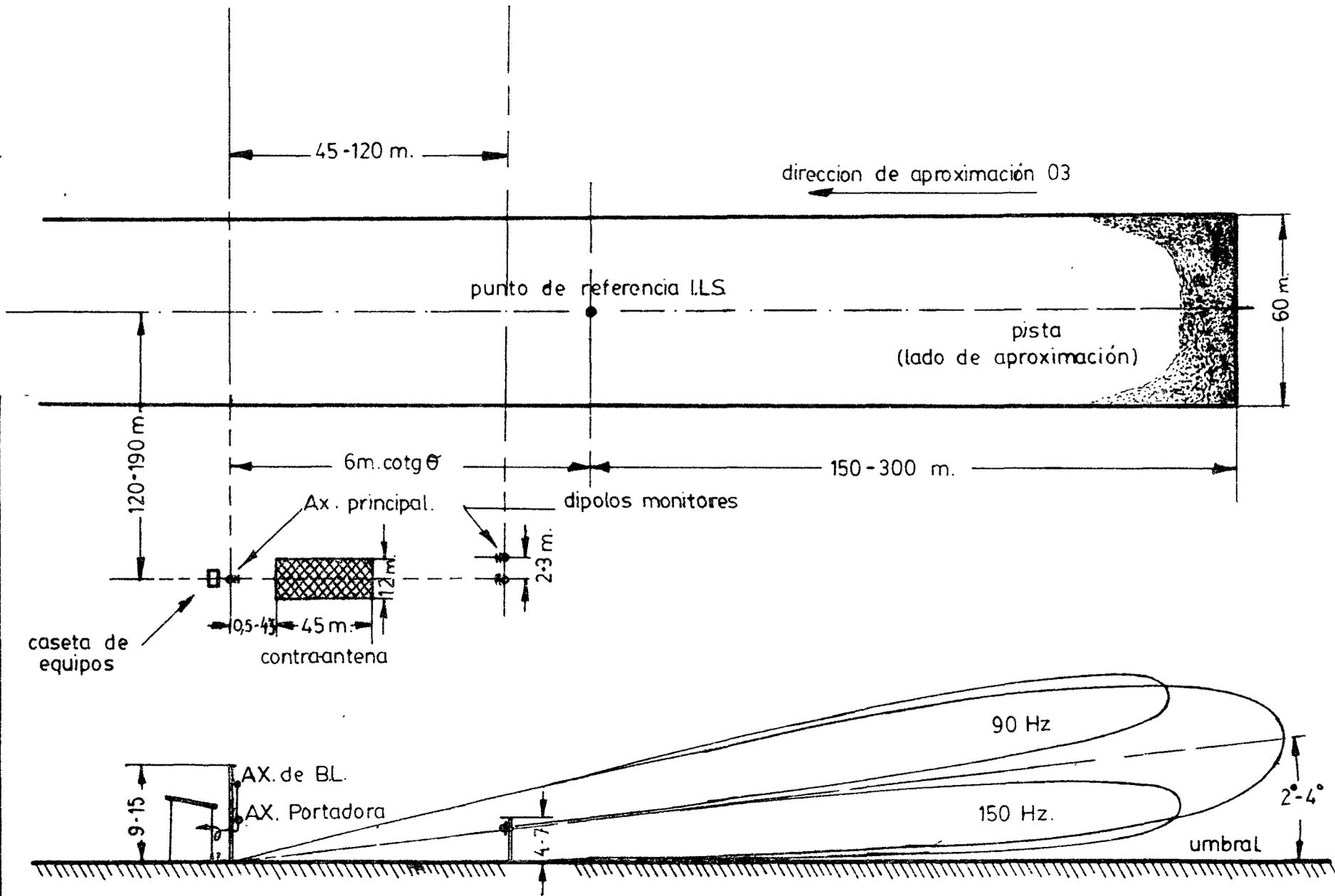
	fecha:	nombre:	número:
dibujado:		<i>Marcos Medina Sánchez</i>	II.1.6.7
examinad:			
escala:	rótulo: ARRAY RESULTANTE AL TENER EN CUENTA LA MALLA Y LA TIERRA.		

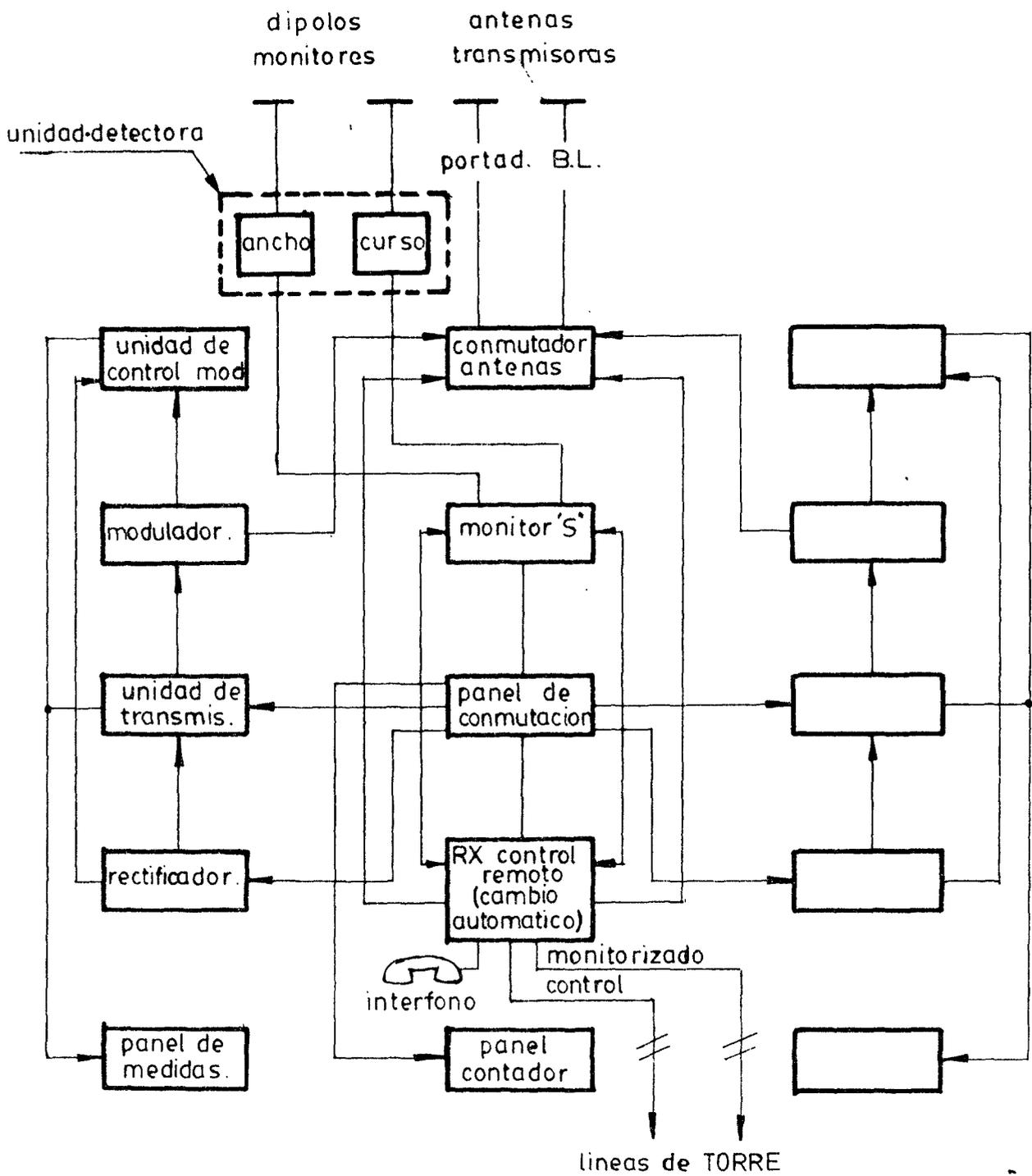
SECTOR DE SENSIBILIDAD



	fecha:	nombre	número:
dibujado:		Marcos Medina Sánchez	II.1.8-9
examinado:			
	rótulo:		
	SEMISECTOR DE SENSIBILIDAD		

Rotulo: PLANO DE SITUACION DE LA GRP Y SECTOR DE LA TRAYECTORIA DE GRP	EXAMINADO:	FECHA:	NOMBRE:	NUMERO:
	II. 2.1 PLANO 2	8-VIII-81	Marcos Medina S.	II. 2.1

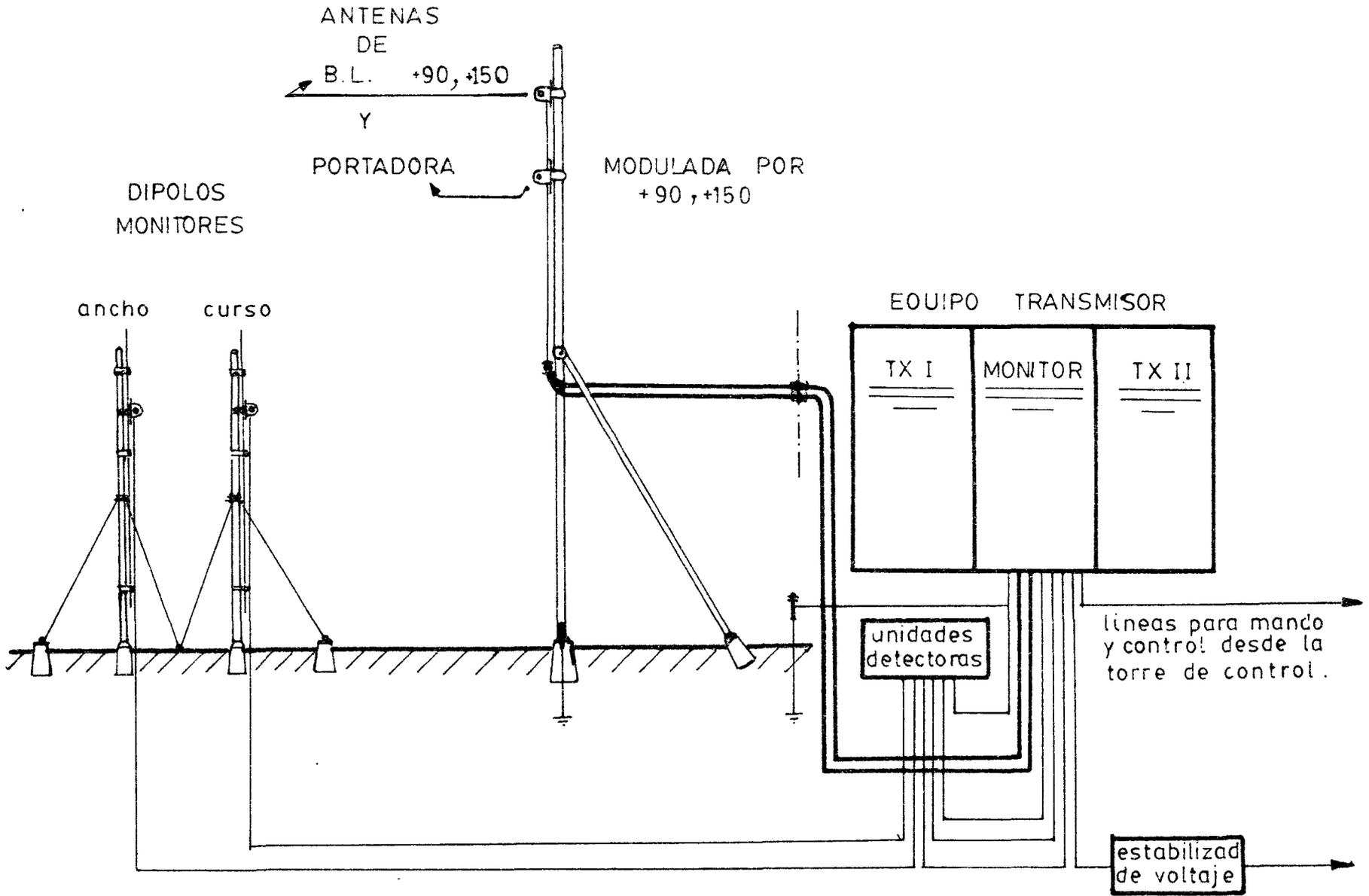




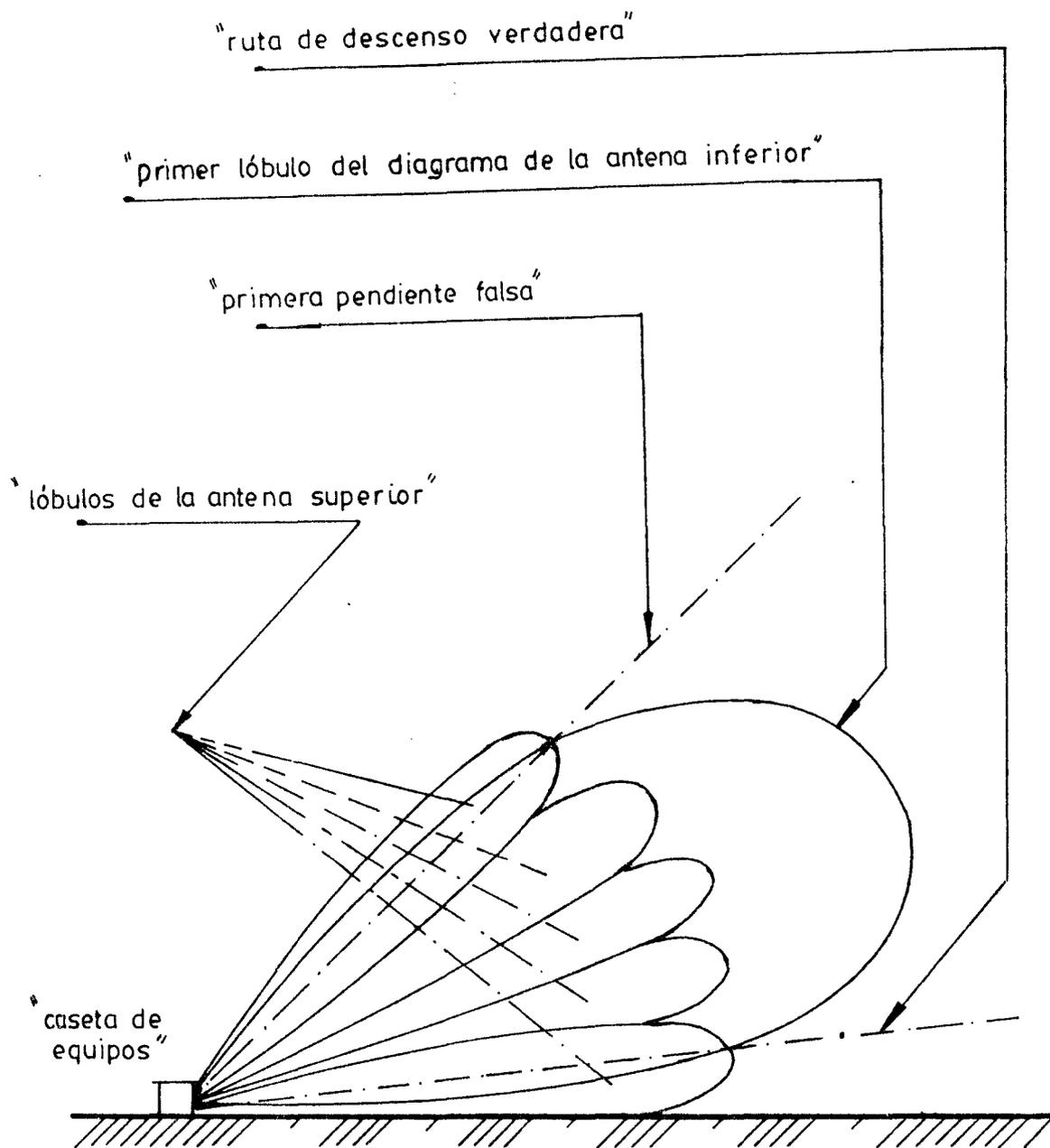
EQUIPO -1-

EQUIPO -2-

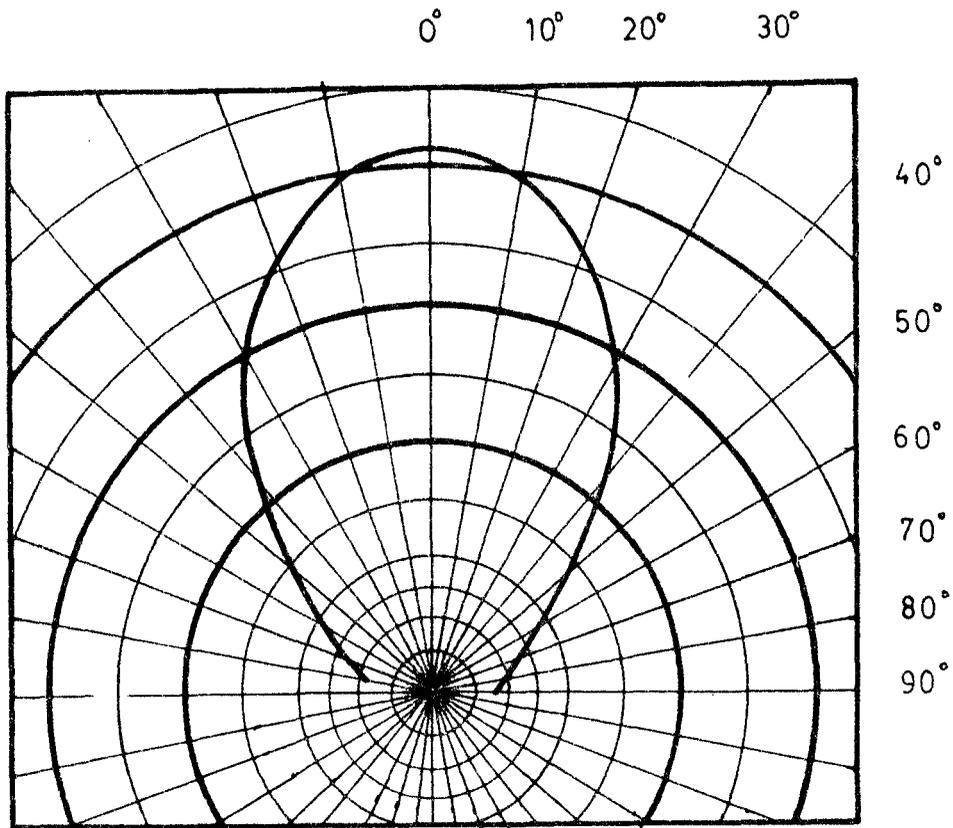
	FECHA:	NOMBRE:	NÚMERO:
DIBUJADO:			II.2.2
EXAMINADO:			
ESCALA:	ROTULO:	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL TX. DE LA SENDA DE PLANE0.	



#	ESCALA:	FECHA:	NOMBRE:	Nº UNIDAD:
	EXAMINADO:	1-6-81	Martín Medina Sandoval	IT-2.3
SISTEMA RADIANTE DE LA SENDA.				

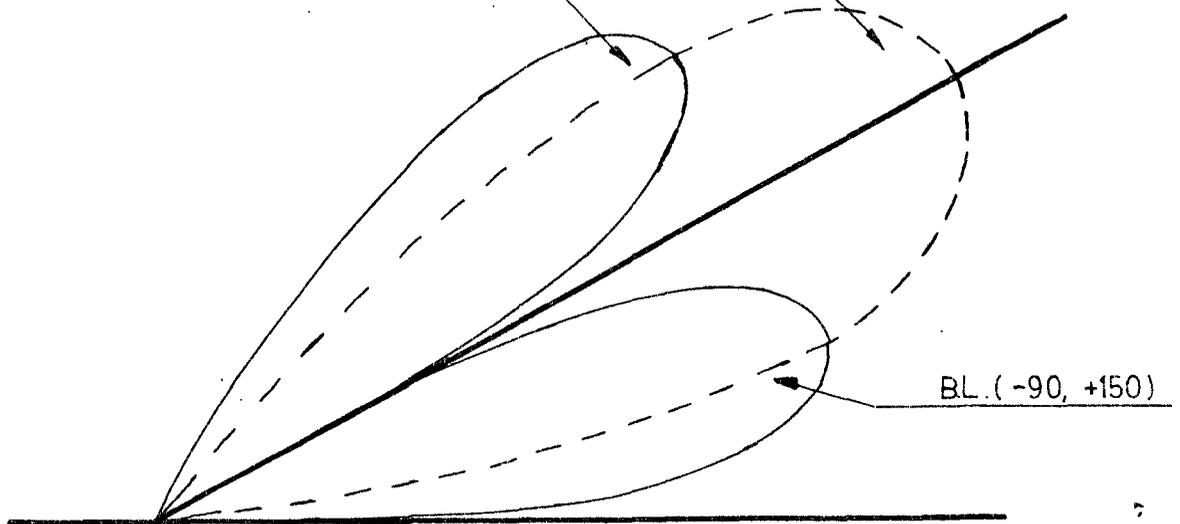


	FECHA:	NOMBRE	NUMERO:
DIBUJADO:	10-XI-81	Marcos Medina Sanchez	II.2.4
EXAMINADO:			
ROTULO: DIAGRAMA VERTICAL DE RADIACION DE LA G.P. CON VARIOS L6BUL.			



RADIACION REFLEJADA (+90, -150)

PORT. (+90, +150)



	FECHA:		Nº ÚNICO
DIBUJADO:			II. 2.5
DIAGRAMA DE RADIACION VERTICAL EN POLARES DE LA SENDA			

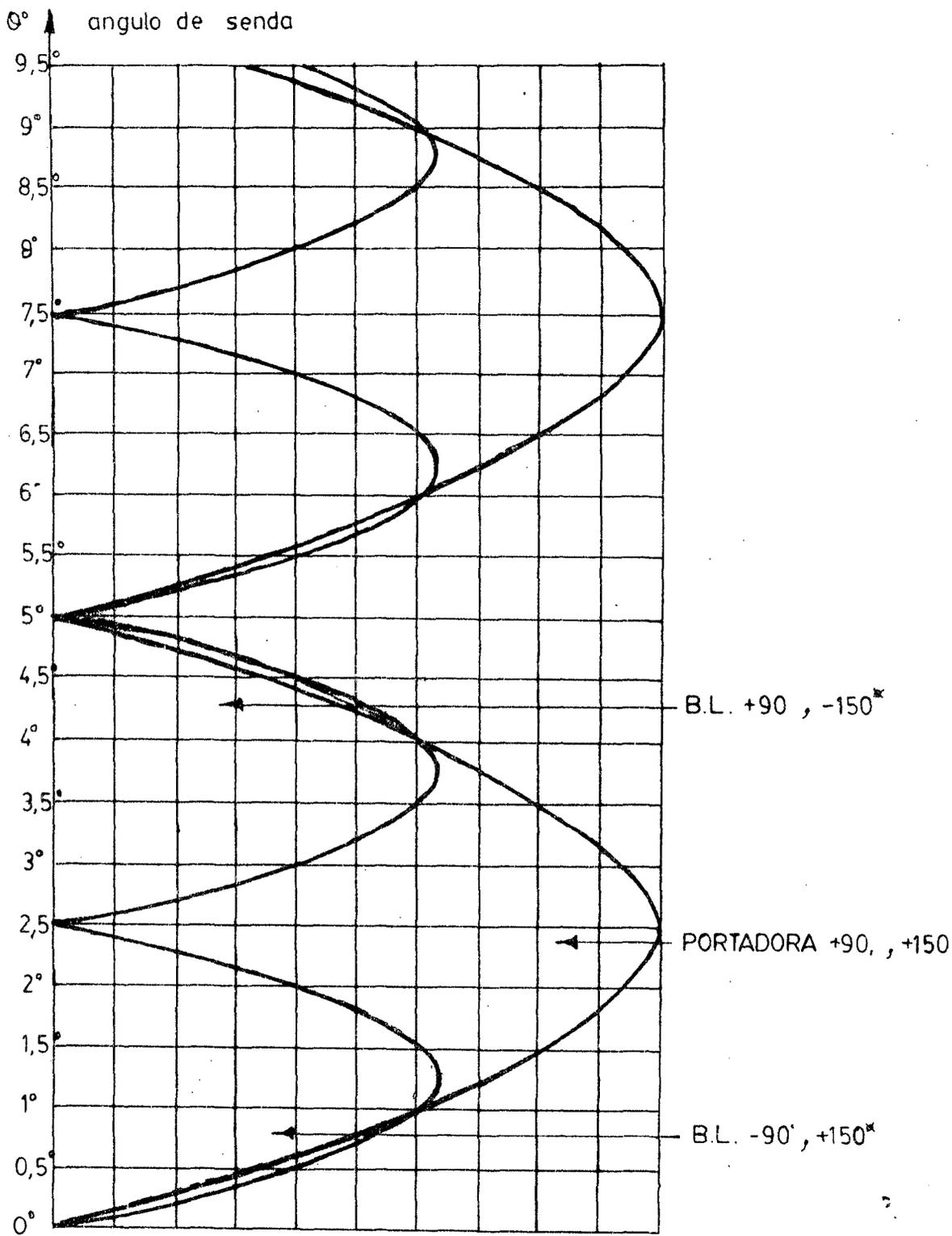
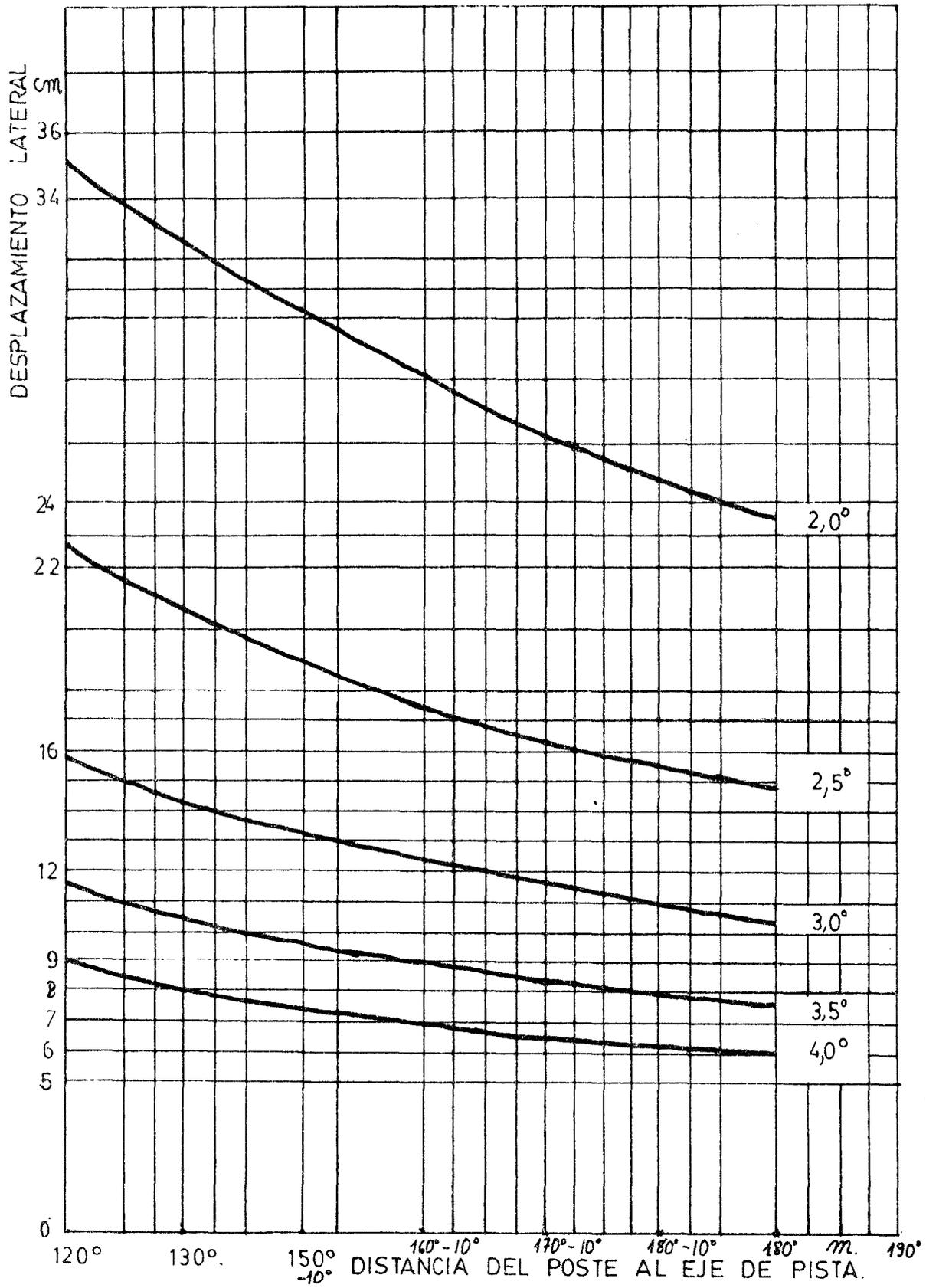
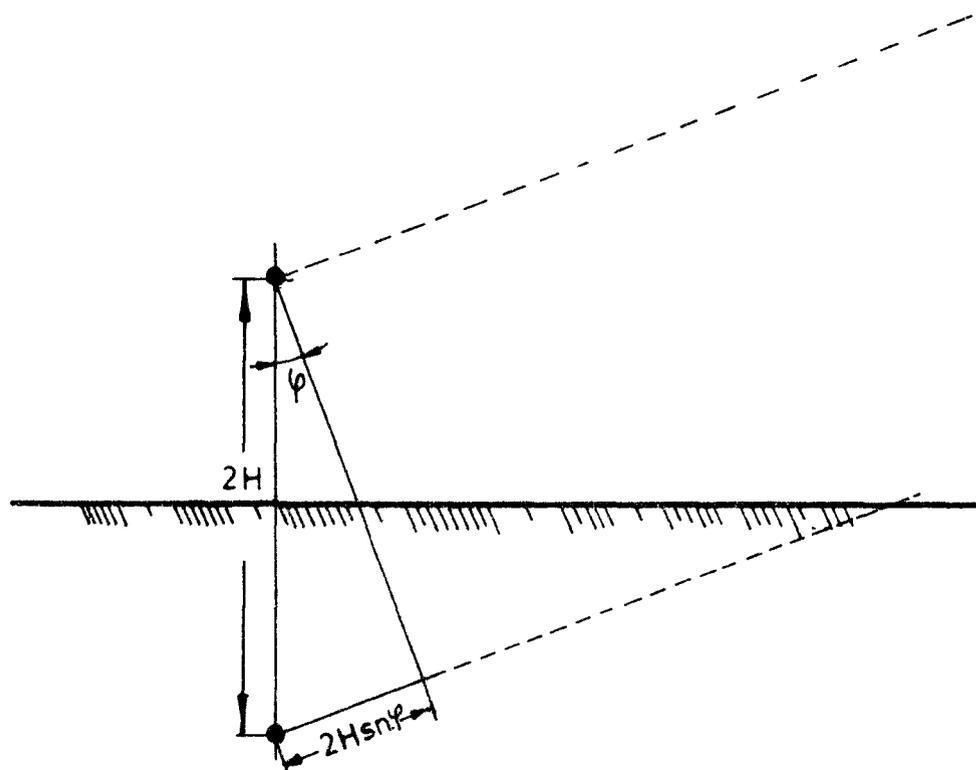
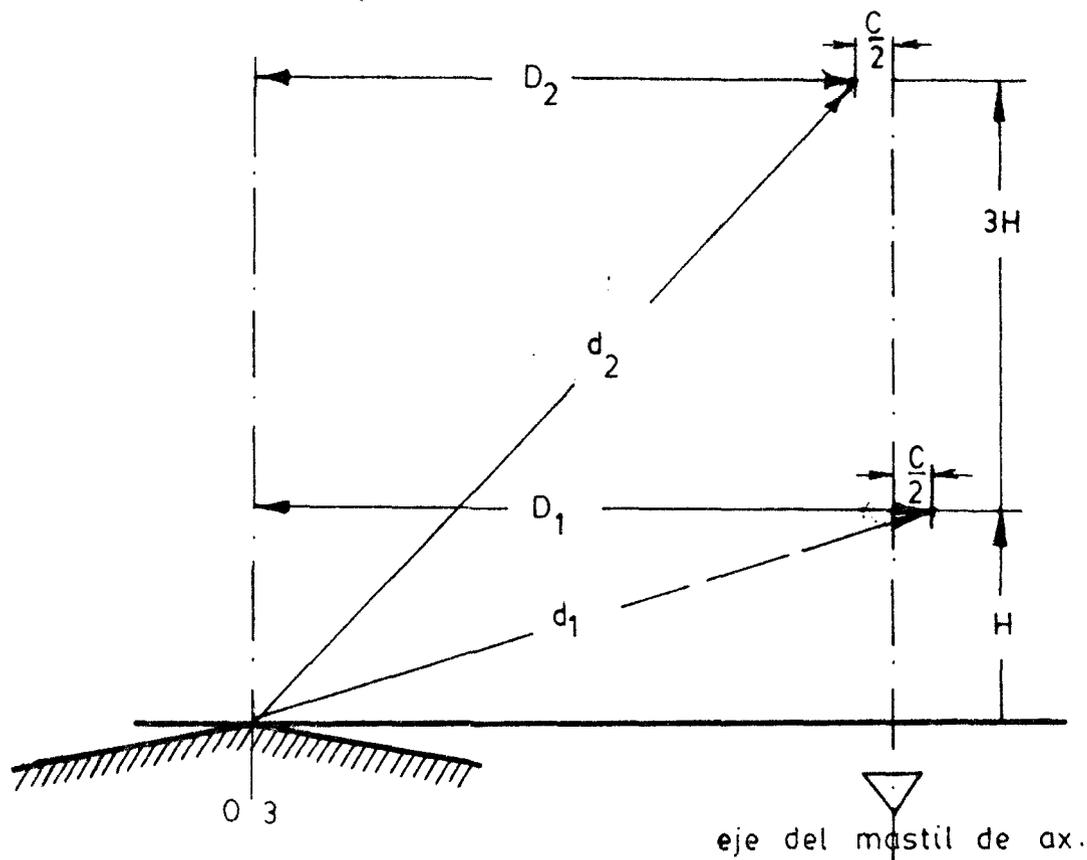


Diagrama de radiacion vertical para $\theta^\circ = 2,5^\circ$

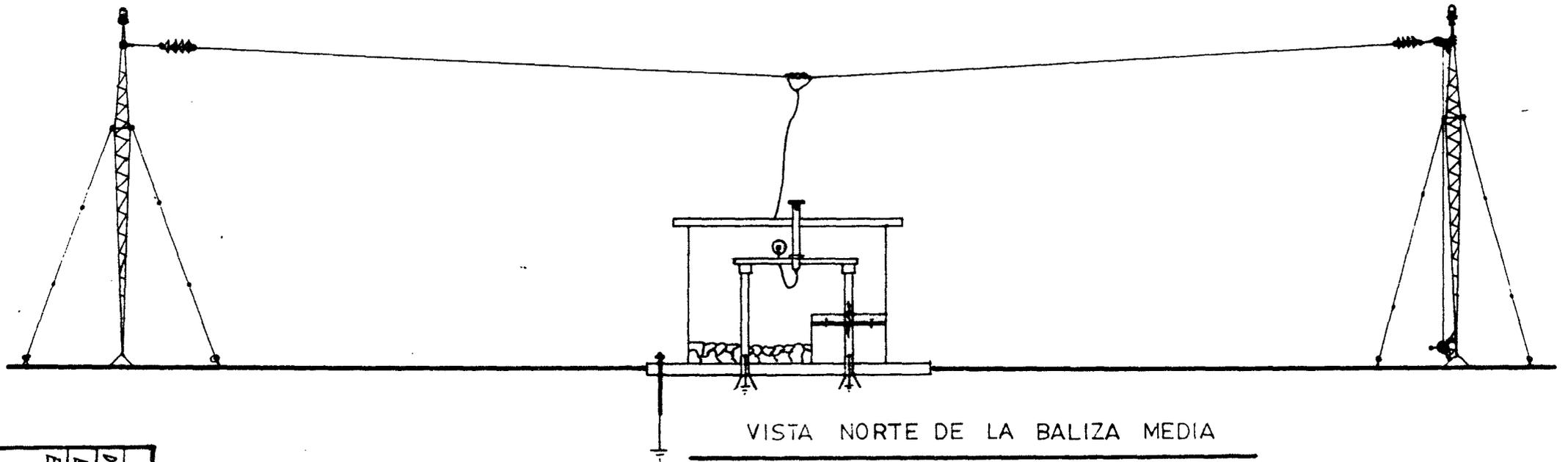
	fecha:	nombre:	número:
dibujado:		Marcos Medina Sanchez.	11.2.6
examinado:			
	rotulo: GRAFICO RADIACION DE LA SENDA EN CARTESIANAS		



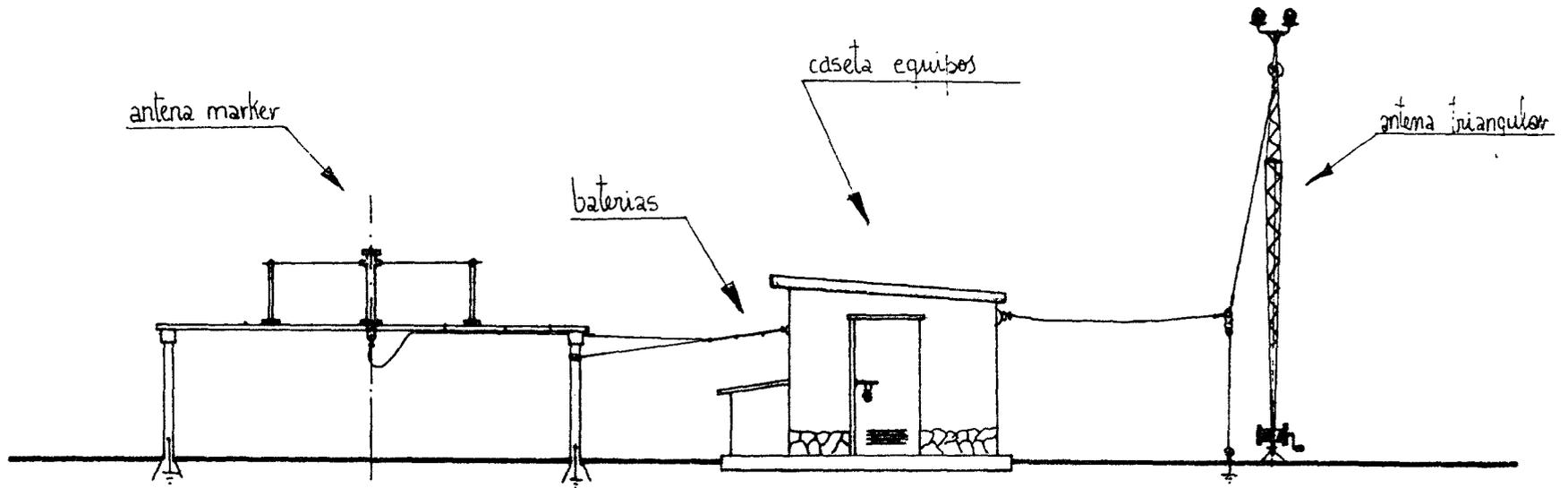
fecha	nombre:	número:
dibujado:		II.2.7
examinado:		
rotulo: ABACO PARA HALLAR LA SEPARACION DEL MASTIL DE AX'S AL EJE de la pista.		



	fecha:	nombre:	número:
dibujado:	5-6-81	Marcos Medina Sanchez.	II.2.10
examinado:			
escala:	rótulo: GRAFICOS PARA EL CALCULO D.L. Y ALTURA DE LOS DIPOLOS		

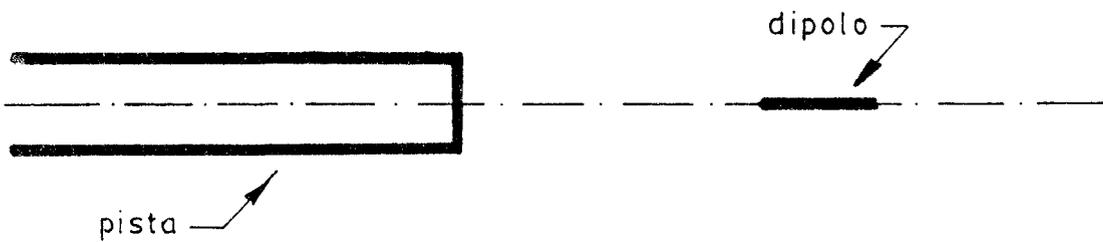
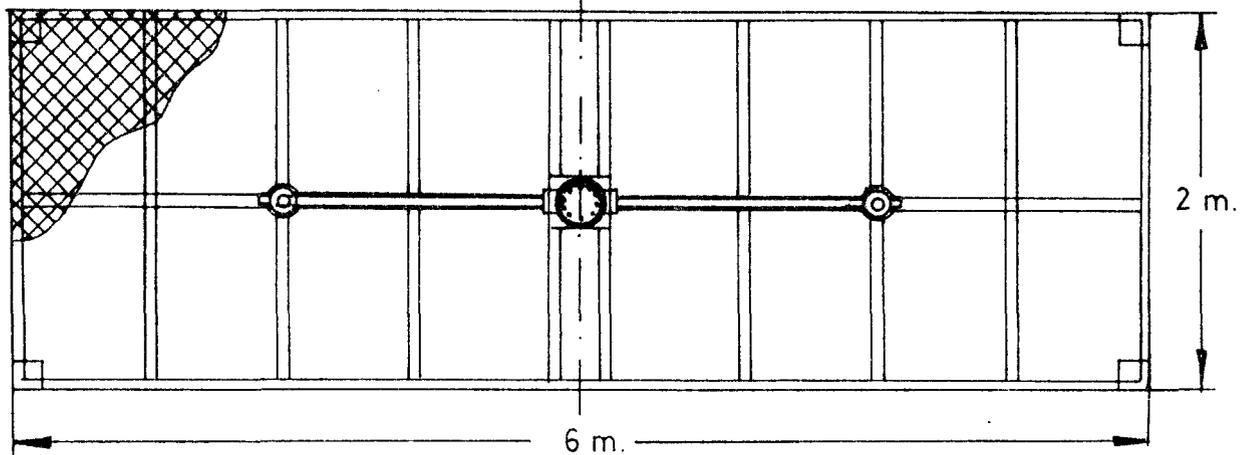
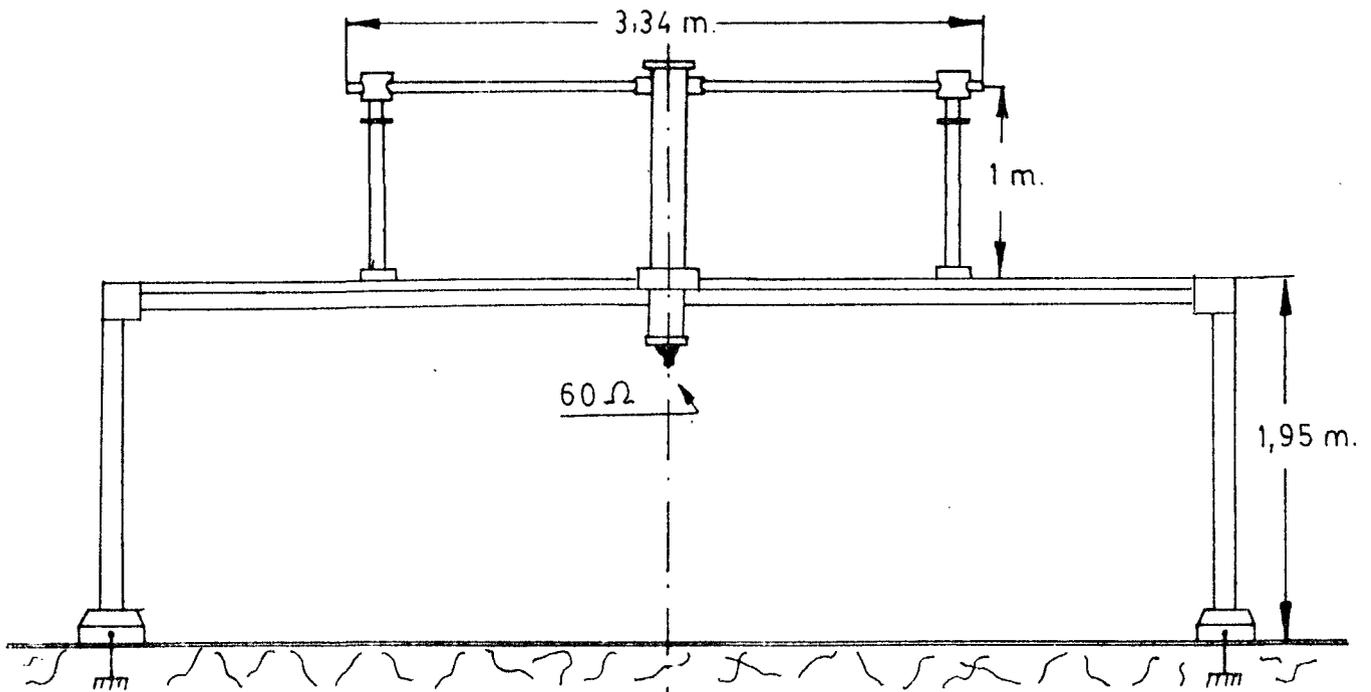


VISTA NORTE DE LA BALIZA MEDIA

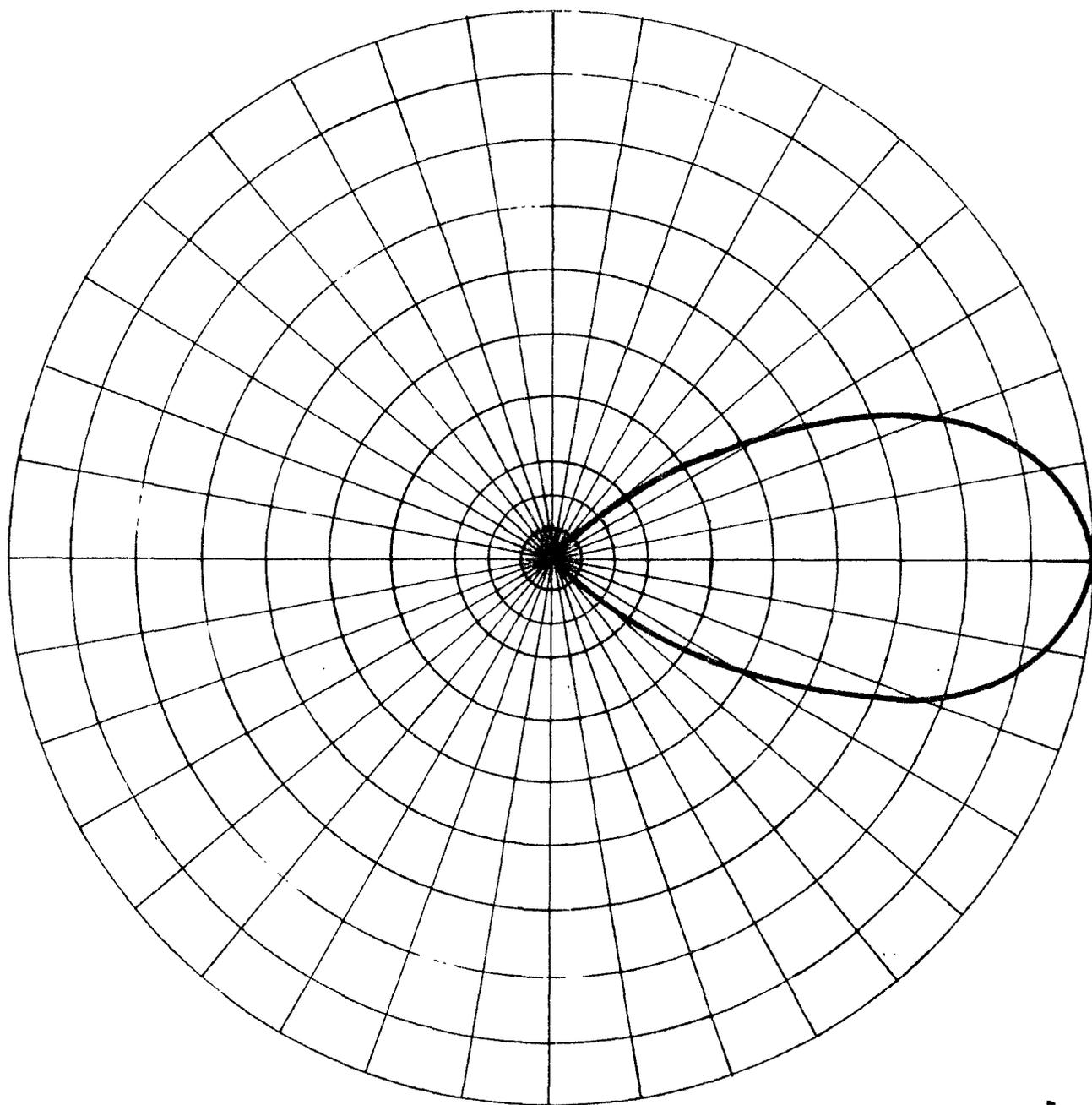


VISTA OESTE DE LA MM.

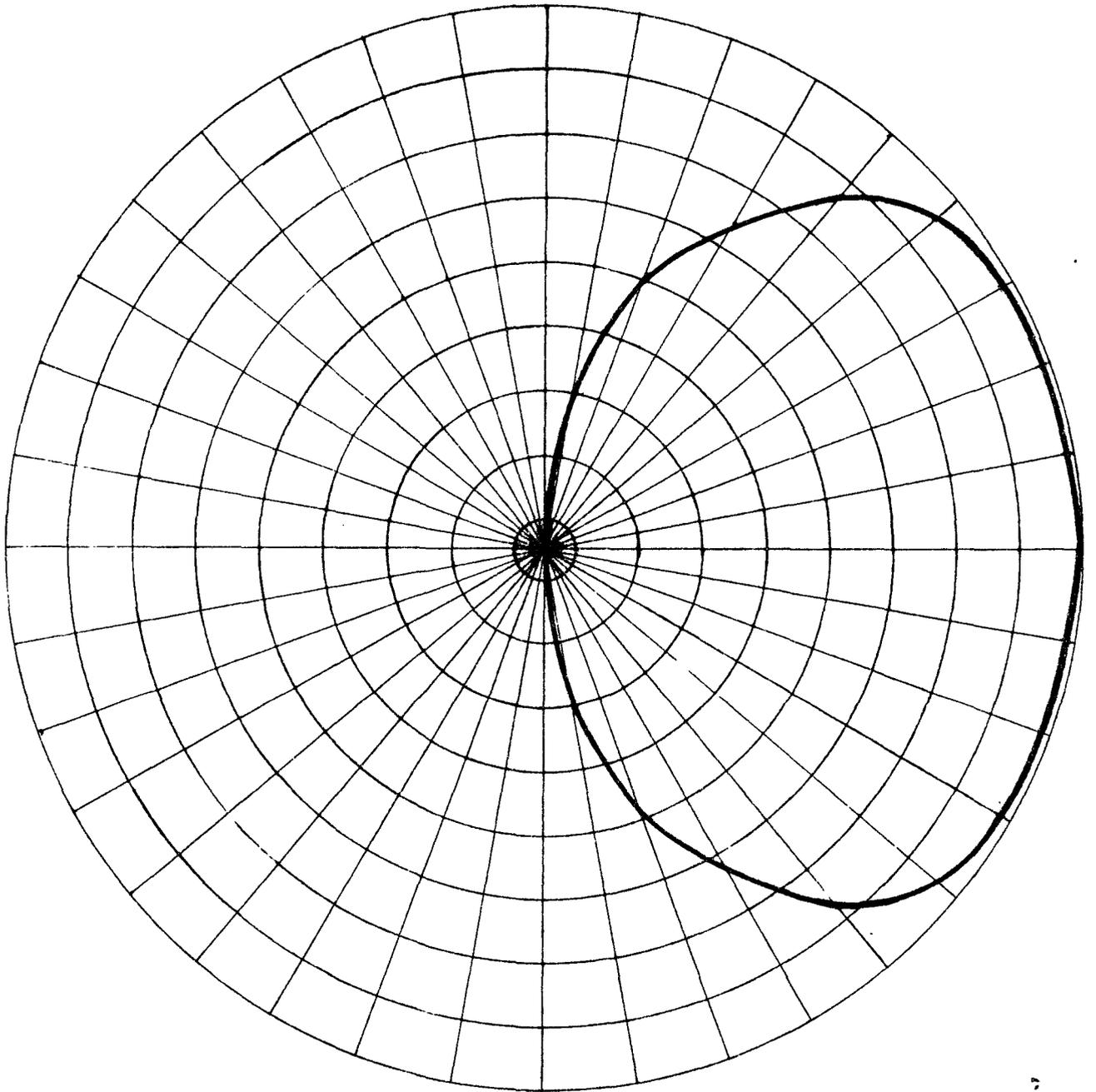
ESCALA:	EXAMINADO:	REVISADO:	FECHA:	NOMBRE:	NÚMERO:
					PLANO-3
PLANO VISTAS DE LA SITUACION DE LAS RADIOBALIZAS Y RAFARES					



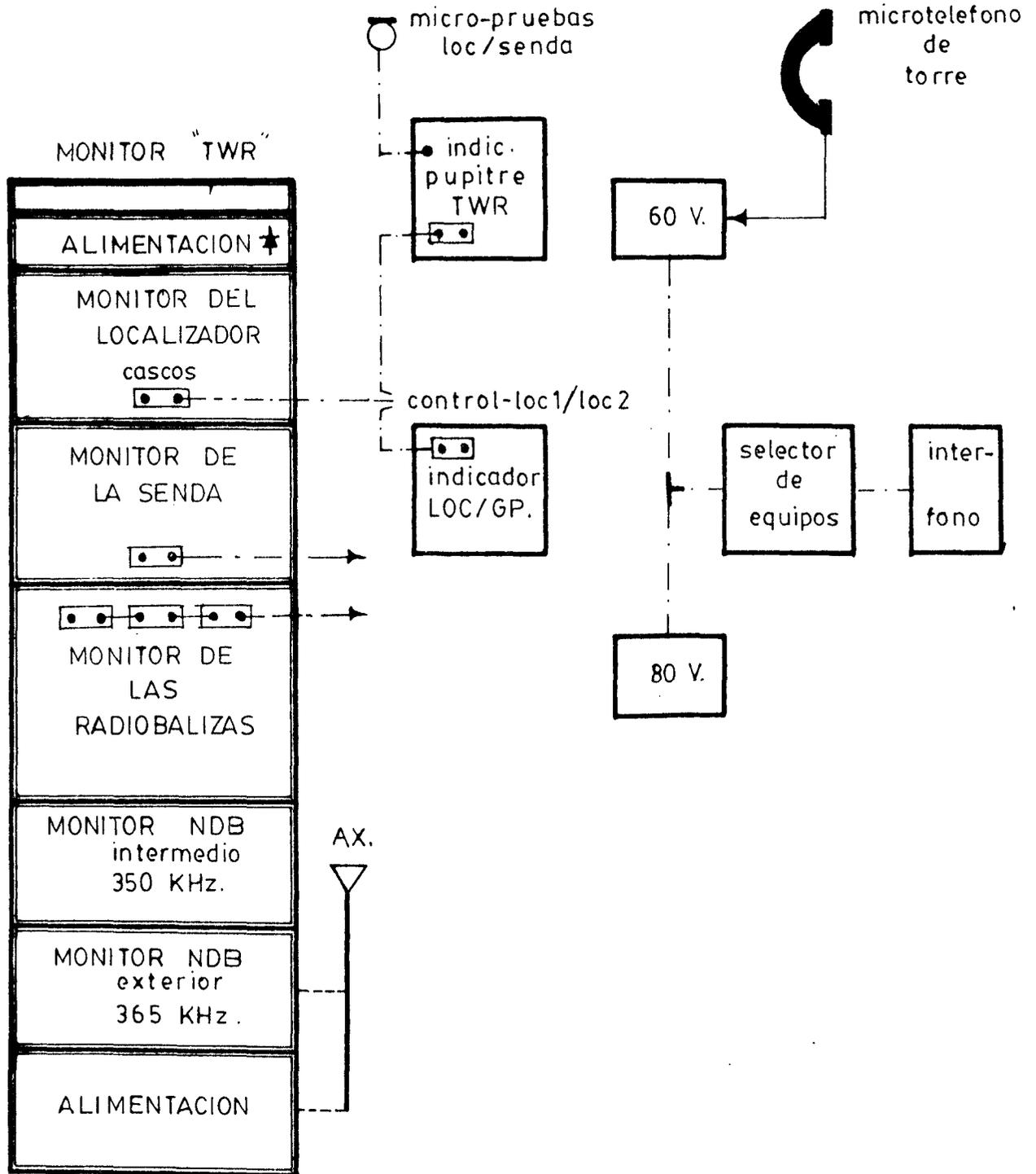
	FECHA:	NÚMERO:
DIBUJADO:		IZ.3.1
EXAMINADO:		
ESCALA:	SISTEMA RADIANTE DE LAS RADIOB. Y SU SITUACION	



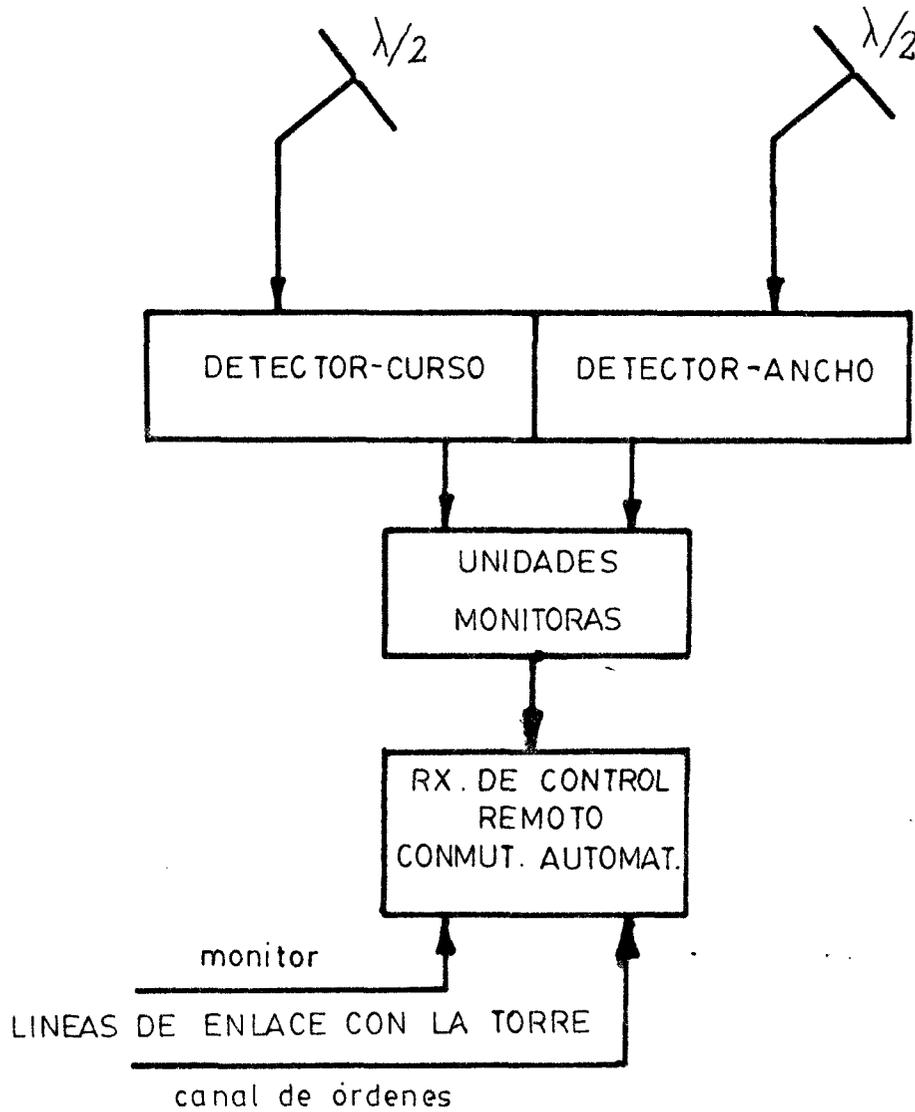
	FECHA:	NOMBRE:	NÚMERO:
DIBUJADO:			II. 3. 2
EXAMINADO			
ESCALA:	DIAG. DE RADIACION, PARALELO AL EJE DE PISTA, DE LA RADIOBALIZA.		



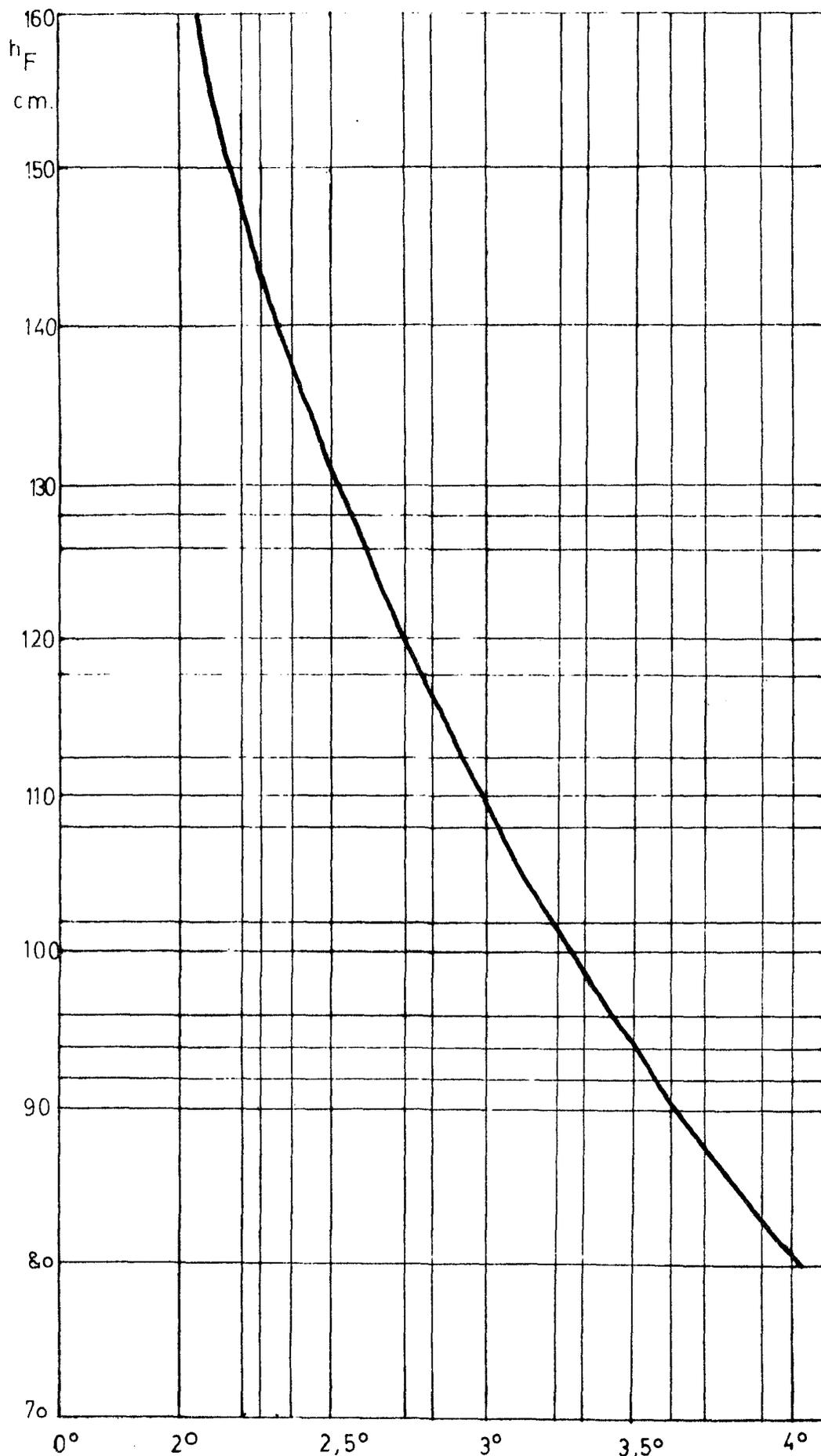
	FECHA:	NOMBRE:	NUMERO:
DIBUJADO:	5-8-81	Marcos Medina Sánchez.	II.3.3
EXAMINADO:			
ESCALA:	DIAG. DE RADIAC. DE LA RADIOB. NORMAL AL EJE DE PISTA		



	FECHA:	NOMBRE:	NÚMERO:
DIBUJADO:	11-X-81	Marcos Medina Sánchez	II-4-1
EXAMINADO:			
ROTULO: VISTA FRONTAL MONITOR DE TORRE Y ELEMENTOS AUXILIARES.			



	fecha:	nombre:	número:
dibujado:			11.4.2
examinad:			
rótulo: DIAGRAMA EN BLOQUES DEL SISTEMA MONITOR (I)			



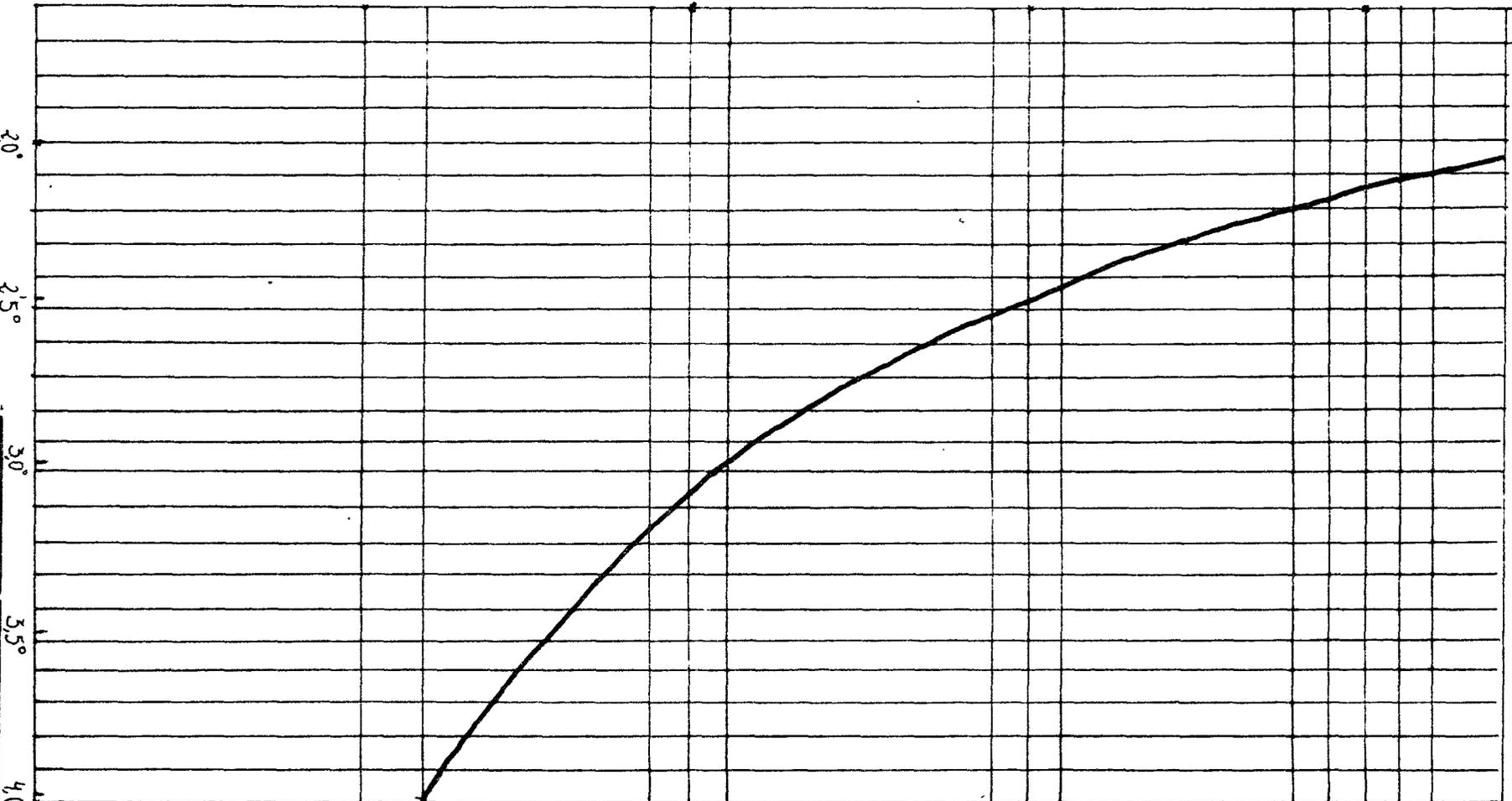
$$h_F = \text{tg } \theta \cdot e_F$$

h_F = Altura del dipolo monitor de curso (detector de campo) en función del ángulo de G.P.

e_F = Distancia del dipolo a la AX. TX.

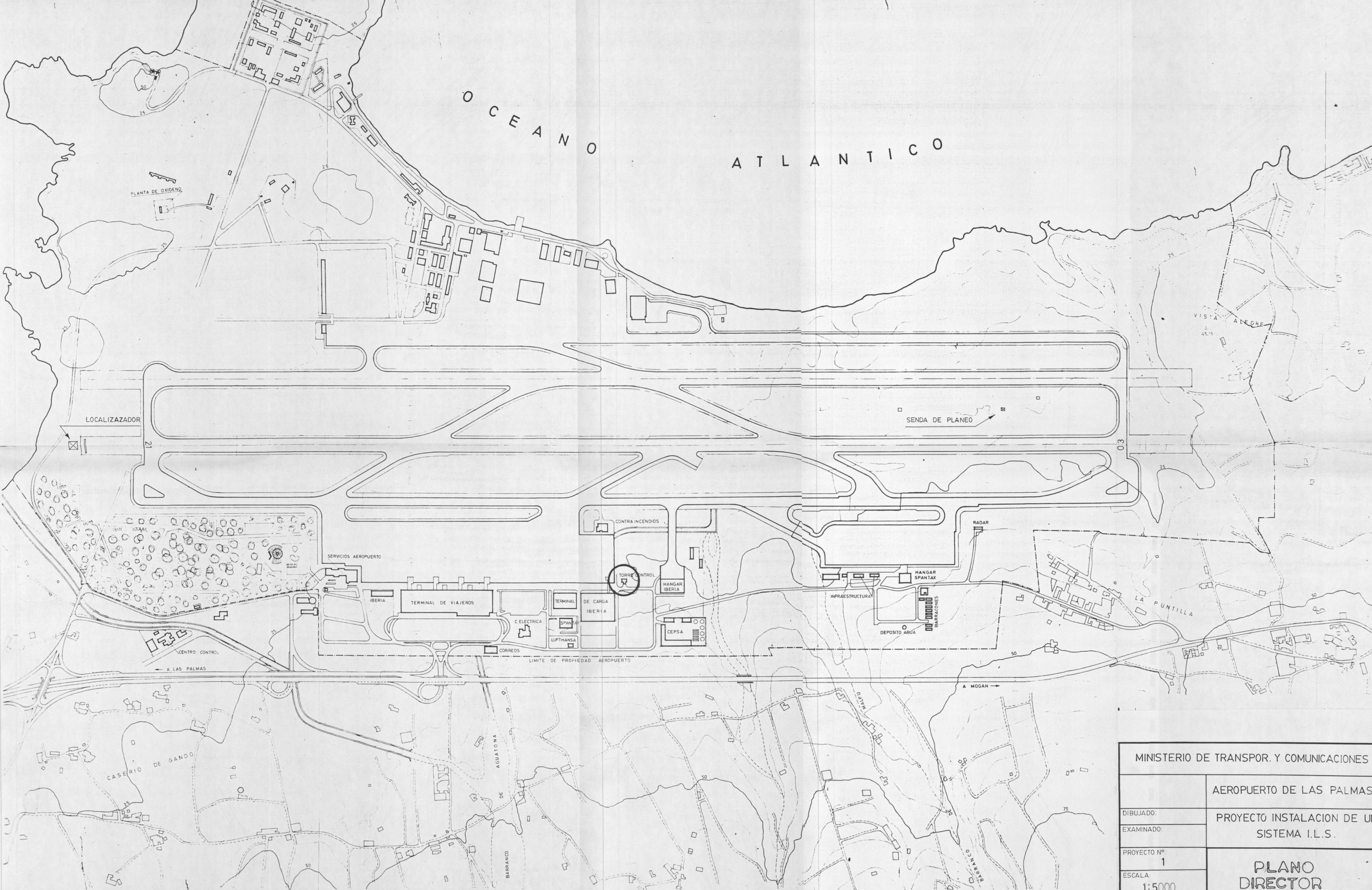
	FECHA:	NOMBRE:	NUMERO:
DIBUJADO:			II.4.4.
EXAMINADO:			
ROTULO:		ABACO PARA EL CALCULO DE LA ALTURA DIP. MON. EN FUNCION θ	

(m) Q_F
 DISTANCIA DE LOS DIP. MON. HASTA EL M. DE TX.



$$Q_F = \frac{h_{osB}^2 - h_{usB}^2}{20}$$

FECHA:	NOMBRE:	NUMERO:
DIBUJADO:		II. 4.5
EXAMINADO:		
ROTULO: ABACO PARA EL CALCULO DE LA DISTANCIA DEL M. MON AL M. RAD.		



MINISTERIO DE TRANSPOR. Y COMUNICACIONES	
AEROPUERTO DE LAS PALMAS	
DIBUJADO:	PROYECTO INSTALACION DE UN SISTEMA I.L.S.
EXAMINADO:	
PROYECTO N°:	1
ESCALA:	1:5000
PLANO DIRECTOR	