

ESTUDIO Y PROYECTO DE SUPERFICIE PARA REFLECTOR PARABOLICO DE 30MTS

Ings. J. A. Bava y A.J. Sanz

INTRODUCCION

Este es un estudio y proyecto de paneles para mejorar la superficie de un reflector parabolico de 30mts de diametro usado como radiotelescopio para estudios Radioastronomicos. Los calculos se realizaran en función de un diseño que presentó la Facultad de Ingeniería por intermedio del Departamento de Aeronautica.

CALCULOS A REALIZAR

El estudio realizado por el Dpto. de Aeronautico propone el cambio de superficie apoyando sobre el esqueleto de la parabola, conformado por costillas con perfil parabolicas y anillos circulares, una serie de paneles que pasaremos a describir a continuación.

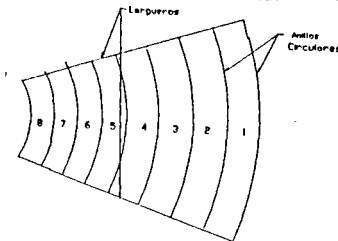


Fig. 1

Como se vé en la figura los paneles cubrirán toda la superficie parabolica en ocho paneles, conformados cada uno por dos largueros construido en perfil U de aluminio, y una serie de caños que generan los anillos circulares construidos con caños de aluminio redondo. La distribución y características de estos paneles son las siguientes.

PANEL N ^o	CANTIDAD	N ^o DE ANILLOS	CUBRIMIENTO DEL RADIO
1	64	9	2mts
2	64	9	2mts
3	64	9	2mts
4	32	7	1,5mts
5	32	9	2mts
6	22	9	2mts
7	16	9	2mts
8	10	5	1mts
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>			
TOTAL	304	66x8=528	14,5mts

O sea que son 304 paneles conformados por 608 largueros y 544 sectores de anillos circulares, el diametro llega a 14,5mts porque la parte

central esta construida con un disco de $\varnothing,5$ mts desmontable.
La estructura que propuso el Dpto de Aeronautica para el armado de los paneles es la siguiente.

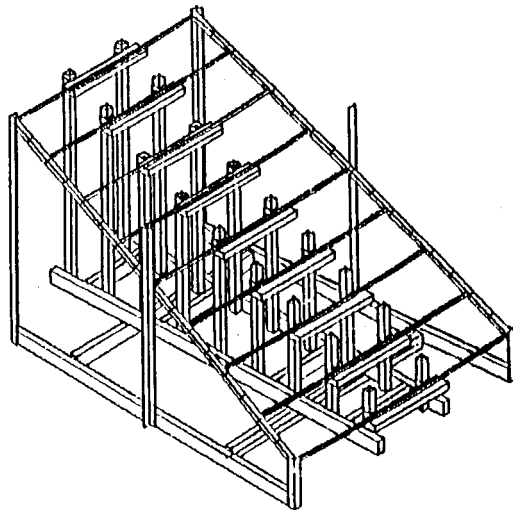


Fig. 2

La estructura tiene tres punto de apoyo para los largueros y una serie de soportes centrales que permiten soportar a los sectores de anillos circulares. cada una de estos soportes y sus respectivas alturas deben ser determinadas, que seran el proposito del siguiente estudio. Ademas de estos calculos debe determinarse la distancia focal de la parabola resultante de colocar los paneles sobre la superficie parabolica de distancia focal conocida.

Uno de nuestro proposito es llegar a una superficie parabolica con imperfecciones menores de 1mm, esto permitiría al telescopio su utilización en frecuencias mas elevadas. Por tanto otro de los factores a tener en cuenta son los largueros que forman los paneles los cuales deberan seguir lo mas posible con esa esactitud al perfil de la parabola resultante. Para su facil maquinado son aproximados circularmente al perfil parabólico, esto obliga a realizar el calculo de aproximación circular de cada sector y ademas calcular el error , que no debe superar lo antes estipulado.

Para lograr una rapida evaluación del sistema y construcción de los paneles es que hemos efectuado un programa de computo que analiza los pasos que esplicaremos a continuación, como ademas el calculo de

largos y distancias que permitan una facil armado de los paneles.

**ANALISIS MATEMATICO DE LOS CALCULOS A EFECTUAR
NUEVA PARABOLA**

Debemos analizar como primer medida el calculo de la distancia focal de una parabola que esta apoyada a una distancia "i" de una parabola que tiene un diametro "d" y una distancia focal "f" conocida.

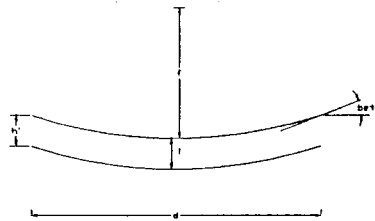


Fig. 3

Siendo i igual a la suma del espesor de las chapas de calibración (fa) mas el diametro del caño de los anillos circulares (dcc) mas el espesor de la chapa (es) mas un espesor del larguero (ela).

$$i = fa + dcc + es + ela$$

Luego la ecuación de la parabola conocida es :

$$y = x^2 / (4 \cdot f) \quad (1)$$

La tangente angulo generado por la superficie parabolica y el eje horizontal se puede sacar derivando esta ecuación.

$$tg(\beta) = d(y)/d(x) = 2 \cdot x / (4 \cdot f) \quad (2)$$

$$\beta = \text{arc tg} [2 \cdot x / (4 \cdot f)] \quad (3)$$

Por otro lado tenemos

$$\cos(\beta) = i / h' \quad (4)$$

$$h' = i / \cos(\beta) \quad (5)$$

Luego la nueva parabola estará regida por la siguiente ecuación

$$(y + h') = x^2 / (4 \cdot f) \quad (6)$$

De donde sacamos la nueva distancia focal

$$f = x^2 / [4 \cdot (y + h')] \quad (7)$$

CALCULO DE ALTURAS DEL PERFIL DE LA PARABOLA

Como sabemos los paneles apollaran con sus largueros en la estructura de armado en tres puntos, los cuales hay que determinar. Dichos puntos deben estar desplazados con respecto a los valores que daría el calculo del perfil de la parabola, ya que la estructura para todos el armado de los paneles parte del sector mas baja con una altura que denominamos distancia offset dada por la variable "of". La figura que representa el problema es la siguiente :

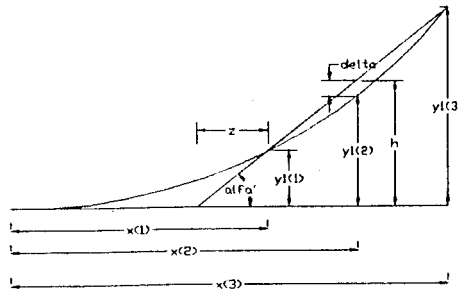


Fig 4

Si el calculo de las alturas de la parábola real son :

$$y1(j) = x(j)^2 / (4 \cdot f) \quad (8)$$

Tomando j los valores 1, 2 y 3, siendo las tres altura a calcular. Pero debido a que están desplazadas las alturas serán :

$$y(j) = y1(j) - [y1(1) - of] \quad (9)$$

Uno de los detalles del armado es que el panel, en su primer paso que es el armado de la estructura, se realiza en la posición inversa a su posición original. Por lo tanto debemos determinar las alturas de la invertidas y a su vez desplazada hacia la distancia "of" como se detallo anteriormente. Luego

$$\text{tg } \alpha = y(3) / [z + \{x(3) - x(1)\}] = y(1) / z \quad (10)$$

Despejando "z" nos queda

$$z = [x(3) - x(1)] \cdot y(1) / [y(3) - y(1)] \quad (11)$$

También tenemos

$$\text{tg } \alpha = h / z + [x(2) - x(1)] = y(1) / z \quad (12)$$

Despejando h

$$h = y(1) \cdot [z + [x(2) - x(1)]] / z \quad (13)$$

Luego los desplazamiento entre una parábola normal y la misma invertida serán

$$2 \cdot \Delta = h - y(2) \quad (14)$$

Luego las alturas de la parábola invertida serán :

$$h1 = y(1) \quad (15)$$

$$h2 = 2 \cdot \Delta + y(2) \quad (16)$$

$$h3 = y(3) \quad (17)$$

APROXIMACION DEL PERFIL PARABOLICO A UNO CIRCULAR

Debido al facil doblado de los perfiles en forma circular es que debemos aproximar el perfil parabolico a uno circular. Por lo tanto tenemos dos ecuaciones, una la de la parabola

$$y(j) = x(j)^2 / (4 \cdot f) \quad (18)$$

y la de la circunferencia desplazada del eje

$$(y(j) + e/2)^2 + (x(j) + m/2)^2 = r^2 \quad (19)$$

donde r es el radio de la circunferencia, e/2 y m/2 el desplazamiento del centro de ejes de coordenadas. Desarrollando esta ecuacion tenemos

$$y(j)^2 + e \cdot y(j) + (e/2)^2 + x(j)^2 + m \cdot x(j) + (m/2)^2 = r^2 \quad (20)$$

$$y(j)^2 + x(j)^2 + e \cdot y(j) + m \cdot x(j) + (e/2^2 + m/2^2) = r^2 \quad (21)$$

$$y(j)^2 + x(j)^2 + e \cdot y(j) + m \cdot x(j) + w = 0 \quad (22)$$

donde

$$w = (e/2^2 + m/2^2) - r^2 \quad (23)$$

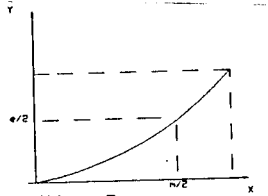


Fig. 5

Los tres puntos de apollo de la estructura de armado estaran fijados por $y(1)$, $y(2)$ e $y(3)$ correspondientes a $x(1)$, $x(2)$ y $x(3)$ calculados con la ecuacion (18) de la parabola. Pero si se va a construir circularmente tambien estos tres puntos deben satisfacer a la ecuacion (22), por lo tanto

$$y(1)^2 + x(1)^2 + e \cdot y(1) + m \cdot x(1) + w = 0 \quad (24)$$

$$y(2)^2 + x(2)^2 + e \cdot y(2) + m \cdot x(2) + w = 0 \quad (25)$$

$$y(3)^2 + x(3)^2 + e \cdot y(3) + m \cdot x(3) + w = 0 \quad (26)$$

Estas son tres ecuaciones con tres incognitas e, m y f

$$m \cdot x(1) + e \cdot y(1) + w = -(y(1)^2 + x(1)^2) \quad (27)$$

$$m \cdot x(2) + e \cdot y(2) + w = -(y(2)^2 + x(2)^2) \quad (28)$$

$$m \cdot x(3) + e \cdot y(3) + w = -(y(3)^2 + x(3)^2) \quad (29)$$

por lo tanto segun el metodo de determinantes tenemos

$$\Delta = \begin{vmatrix} x(1) & y(1) & 1 \\ x(2) & y(2) & 1 \\ x(3) & y(3) & 1 \end{vmatrix} \quad (30)$$

$$m = \frac{\begin{vmatrix} -(x(1)^2 + y(1)^2) & y(1) & 1 \\ -(x(2)^2 + y(2)^2) & y(2) & 1 \\ -(x(3)^2 + y(3)^2) & y(3) & 1 \end{vmatrix}}{\Delta} \quad (31)$$

$$e = \frac{\begin{vmatrix} x(1) & -(x(1)^2 + y(1)^2) & 1 \\ x(2) & -(x(2)^2 + y(2)^2) & 1 \\ x(3) & -(x(3)^2 + y(3)^2) & 1 \end{vmatrix}}{\Delta} \quad (32)$$

$$f = \frac{\begin{vmatrix} x(1) & y(1) & -(x(1)^2 + y(1)^2) \\ x(2) & y(2) & -(x(2)^2 + y(2)^2) \\ x(3) & y(3) & -(x(3)^2 + y(3)^2) \end{vmatrix}}{\Delta} \quad (33)$$

Conociendo f y con la ecuación (23) sacamos el radio del círculo que cumple con los tres puntos de la parábola.

$$r = [e/2^2 + m/2^2 - w]^{1/2} \quad (34)$$

Además los errores cometidos en cada punto pueden sacarse haciendo la diferencia entre la ecuación de la parábola y la de la circunferencia.

$$\text{error} = [x(j)^2/(4.f)] + [(r^2 - (x(j) + m/2)^2)^{1/2} + e/2] \quad (35)$$

CALCULO DE LAS LONGITUD Y ALTURA DE LOS ANILLOS CIRCULARES

Para construir los paneles es necesario conocer los largos de los perfiles y caños que van a generar la estructura de los mismos. Dichos largos deben contemplar la luz que se debe dejar entre paneles que para nuestro caso hemos adoptado 2mm en todo el perímetro del mismo. En el caso de los sectores de anillos circulares se conoce como se menciono anteriormente la cantidad de paneles, que señalaremos con la letra "q", por lo tanto podemos sacar el arco que ocupa cada panel contemplando los "esp" mm de luz mas "ela" mm del espesor del larguero, luego

$$la(j) = (\text{perimetro}/n^\circ \text{ paneles}) - 2 \cdot (\text{esp} + \text{ela}) \quad (36)$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot xp(j) / q - 8$$

donde los xp(j) son los radios de los círculos que van colocados cada 250mm, por lo tanto

$$xp(j) = x(1) + (j - 1) \cdot 250 \quad (37)$$

Esto nos da radios de círculos concéntrico comenzando en x(1) y separados 250mm entre ellos, hay dos excepciones que son la de los anillos de los extremos que van colocados dcc/2 mas esp/2 mm hacia adentro del panel, por lo tanto

$$xp(1) = xp(1) + (\text{dcc}/2 + \text{esp}/2) \quad (38)$$

$$xp(n) = xp(n) - (\text{dcc}/2 + \text{esp}/2) \quad (39)$$

Datos de importancia para la fabricación son también la cuerda y la flecha de estos sectores de círculo de longitud de arco la(j). Luego el número de sectores en los cuales se dividiría el perímetro del círculo sería

$$\text{nu}(j) = \text{perimetro}(j) / \text{lap}(j) = 2 \cdot \pi \cdot \text{xp}(j) / \text{lap}(j) \quad (40)$$

Donde $\text{lap}(j) = (\text{perimetro} / N^{\circ} \text{ paneles})$

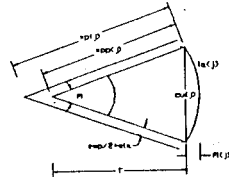


Fig. 6

Por lo tanto el angulo comprendido sera

$$\phi(j) = 2 \cdot \pi / \text{nu}(j) \quad (41)$$

Segun la figura 6 tenemos

$$\text{sen } \phi(j) = (\text{cu}/2) / \text{xpp}(j) \quad (42)$$

Donde

$$\text{xpp}(j) = \text{xp}(j) - \{[\text{esp}/2 + \text{ela}] / \text{tg}(\phi(j)/2)\}$$

y

$$\phi(j) = 360 / \text{nu}(j)$$

Luego la cuerda "cu" sera

$$\text{cu}(j) = 2 \cdot \text{sen} [\phi(j)/2] \cdot \text{xpp}(j) \quad (43)$$

La flecha se puede determinar como

$$\text{fl}(j) = \text{xpp}(j) - T \quad (44)$$

Pero

$$T = \text{xpp}(j) \cdot \cos(\phi/2) \quad (45)$$

Luego

$$\text{fl}(j) = \text{xpp}(j) \cdot (1 - \cos(\phi/2)) \quad (46)$$

Para determinar la altura de los anillos circulares se debe tener en cuenta que si aplicamos la ecuación de la parábola estaremos calculando la altura superior del panel, no donde debe apollar los anillos circulares.

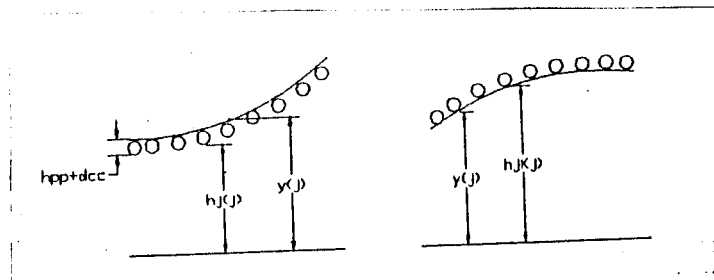


Fig. 7

Vemos en la figura que la altura donde apollan los anillos circulares por lo tanto debemos contemplar la altura de la parábola normal y la de la invertida. Para ambas debemos considerar el espesor de la chapa, del que vemos una figura

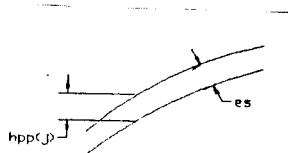


Fig. 8

Luego el espesor de la chapa entra en juego considerando el angulo en cada punto el cual se detremina calculando la derivada

$$\frac{dy(j)}{dxp(j)} = 2 \cdot xp(j) / (4 \cdot f)$$

$$\beta = \text{arc tg} [dy(j)/dxp(j)] = \text{arc tg} [2 \cdot xp(j) / (4 \cdot f)]$$

Por lo tanto tenemos

$$hpp = es / \cos(\beta)$$

Luego la alturas seran para la parabola normal

$$hj(j) = y(j) - (hpp + dcc) \quad (47)$$

Mientras que para la invertida será

$$hji(j) = y(j) - hpp$$

Donde dcc sera el diametro del caño que conforma al anillo circular mas el espesor de la chapa.

Ademas debemos contemplar que como la parabola a implementar esta desplazada una distancia "of" como vimos en parrafos anteriores, por lo tanto esta altura debe estar afectada del "of" como la ecuación (9) que calcula la altura de los largueros. Luego

$$hj(j) = hj(j) - [y1(1) - of] \quad (48)$$

y

$$hji(j) = hji(j) - [y1(1) - of]$$

LONGITUD , ARCO Y FLECHA DE LOS LARGUEROS

Los largueros tienen una disposicion como se muestra en la siguiente figura de donde podemos sacar la matematica para deducir las variables a calcular.

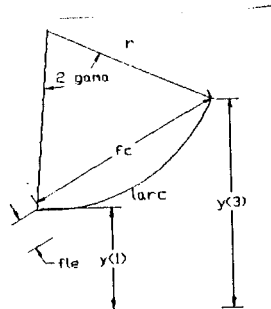


Fig. 9

Vemos que

$$\text{sen } \alpha(s) = (y(3) - y(1)) / fc \quad (49)$$

donde fc es la cuerda y s es el numero de panel

$$fc(s) = (y(3) - y(1)) / \text{sen } \alpha(s) \quad (50)$$

Luego podemos sacar el angulo γ como

$$\text{sen } \gamma(s) = (fc(s)/2) / r \quad (51)$$

La cantidad de veces que el angulo esta contenido en 360 grados sera

$$qx(s) = 2 \cdot \Pi / (2 \cdot \gamma(s)) \quad (53)$$

El valor de la longitud del arco sera

$$larc(s) = 2 \cdot \Pi \cdot r / qx(s) \quad (54)$$

y la flecha por lo tanto

$$fle(s) = r \cdot (1 - \cos \gamma(s)) \quad (55)$$

MEDIDAS DE LA ESTRUCTURA DE ARMADO DE LOS PANELES

Tambien son de interez para nuestro caso saber que dimensines debe tener la estructura que va a soportar el armado y medida de los paneles. Las alturas de cada soporte ya fueron calculadas, lo que quedaria son los largos y anchos lineales de los paneles y por supuesto de las estructura que lo van a permitir construir.

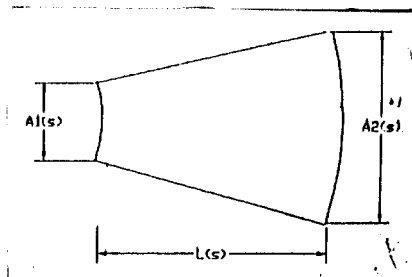


Fig. 10

El ancho $A1$ y $A2$ de la estructura son directamente el cuerda de los anillos circulares de los extremos mas dos veces el espesor de la pared del perfil u de los largueros "es" proyectada.

$$A1(s) = cu(1) + 2 \cdot [es \cdot \cos(\phi/2)] - 2 \cdot [(dcc/2) \cdot \text{sen}(\phi/2)] \quad (56)$$

$$A2(s) = cu(n) + 2 \cdot [es \cdot \cos(\phi/2)] + 2 \cdot [(dcc/2) + fl(n)/\cos(\phi/2)] \cdot \text{sen}(\phi/2) \quad (57)$$

Siendo

$$\gamma = \text{arc sen} [fc / (2 \cdot r)]$$

El largo sera

$$L(s) = x(3) - x(1) - \text{esp} \quad (58)$$

CONCLUSION

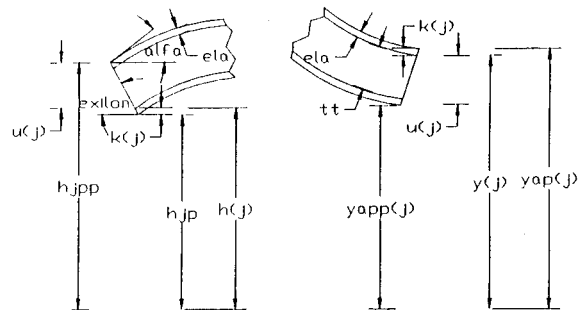
Este analisis nos llevo a realizar un programa de computo que permita un agil calculo de todos los parametros explicados en este articulo.

Ademas para mejor entendimiento del programa hemos intentado utilizar en este articulo la misma nomenclatura para asignar a las variables. Los resultados y listado del programa se encuentran a continuacion.

CONCLUSION POSTERIOR

Debido a que es necesario tener varios puntos donde uno pueda medir las alturas de los largueros del panel, es que se realizo el analisis para tener en cuenta los distintos puntos.

El analisis de la altura se determino en la chapa del panel, tendríamos que poder determinar la altura del apollo del panel y el extremo superior del mismo ya sea parabola normal o invertida.



Tenemos que tt es el ancho del perfil u del larguero, luego tenemos

$$u = tt - ela \quad (59)$$

$$\epsilon(j) = 90 - dy(j) \quad (60)$$

Por lo tanto

$$u(j) = u \cdot \sin[\epsilon(j)] \quad (61)$$

$$k(j) = ela \cdot \sin[\epsilon(j)] \quad (62)$$

Luego las alturas para la parabola normal seran:

$$yap(j) = y(j) + k(j) \quad (63)$$

$$yapp(j) = y(j) - u(j) \quad (64)$$

y para la parabola invertida

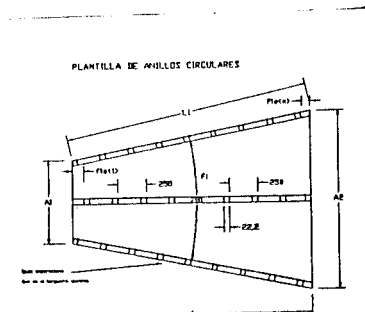
$$hjp = h(j) - k(j) \quad (65)$$

$$hjpp = h(j) + u(j) \quad (66)$$

CALCULO DE LAS PLANTILLAS PARA MEDIDA DE LOS ANILLOS CIRCULARES

Se construira una plantilla que tendra las medidas del panel de tal forma que ademas de medir la circularidad de los caños, que generaran los anillos circulares, tambien permitan cortarlos correctamente.

La plantilla constara de las siguientes medidas como se ven en la siguiente figura.



De la figura podemos deducir que

$$L = 6 \cdot 250 + [xp(2) - xp(1)] + [xp(n) - xp(n-1)] + dcc + fl(1) \quad (67)$$

$$L1 = L / \cos(\phi/2) \quad (68)$$

$$A1 = cu(1) - 2 \cdot [(dcc/2) \cdot \text{sen}(\phi/2)] \quad (69)$$

$$A2 = cu(n) + 2 \cdot \{[dcc/2 + fle(n)/\cos(\phi/2)]\} \cdot \text{sen}(\phi/2) \quad (70)$$

Como se realizo un suplemento para facilitar el corte del caño la plantilla tiene que tener sus laterales el espesor del suplemento mas chico de tal forma de conservar el largo correcto. Es así que se calcula con el programa un panel con una separación igual a la suma de el espaciado original (esp) mas el es ancho del suplemento. De esta forma se obtienen las cuerdas y las flechas de la plantilla mas angosta y aplicando las ecuaciones (67), (68), (69) y (70) obtenemos las dimensiones de la plantilla.

CALCULO DE LA PLANTILLA DE LOS LARGUEROS

En este caso como hay un circulo para cada panel es que la plantilla se realizará sobre un perfil, montando tres guía para medir la circularidad. Los topes de los extremos se colocaran a 1800mm de distancia uno de otro ya que de esa forma era perfectamente medible con la regla de 2mts que teniamos.

Las ecuaciones que permiriran la construcción de la plantilla son :

$$L = fc - 2 \cdot [(dcc/2) \cdot \text{sen}(\gamma)] \quad (71)$$

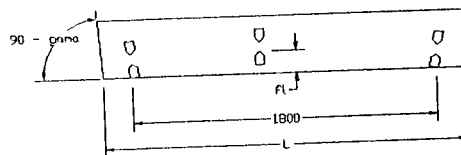
El angulo (σ) generado a 1800mm estara dado por

$$\text{sen}(\sigma) = 1800 / (2 \cdot r) \quad (72)$$

Luego la flecha del arco generado a 1800mm será.

$$\text{flep} = r [1 - \cos(\sigma)] \quad (73)$$

PLANTILLA DE LARGUEROS



Programa: PERF V1.0

CALCULO DEL PERFIL DE UNA PARABOLA
PARABOLA NORMAL

CALCULO DEL PANEL NUMERO 1

DATOS

Diametro de la antena : 30000 mm
Espesor de chapas calibr. : 8 mm
Espesor de la chapa : 1 mm
Diametro de anillos circu.: 22.2 mm
Espesor de largueros : 3 mm
Espaciado entre paneles : 2 mm
Ancho del larguero : 30 mm
Distancia Offset : 248 mm

RESULTADOS

Distancia focal : 12548.94 mm
Primer altura perfil parab.: 248.00 250.66 224.03
Segunda Altura perfil parab.: 785.89 788.51 762.31
Tercer Altura perfil parab. : 1363.63 1366.21 1340.46

Radio circulo equivalente : 37687.02 mm
Error maximo de aproximacion: .1313146 mm
Distancia al error maximo : 14581 mm

Longitud de la cuerda : 2290.12 mm
Flecha : 17.399 mm
Longitud del arco : 2290.47 mm
Angulo de estructura : 3.48 grados

VALORES DE LA ESTRUCTURA DE ARMADO

Ancho minimo : 1273.87 mm
Ancho maximo : 1471.81 mm
Largo : 1999.00 mm

Numero Anillo	Radio	Altura del anillo	Longitud Arco	Longitud de la cuerda	Flecha	Angulo de plantilla
1	13012.1	238.9	1269.5	1269.8	15.6	5.6
2	13258.8	355.4	1292.8	1292.3	15.9	5.6
3	13508.8	488.6	1317.4	1316.8	16.2	5.6
4	13758.8	624.3	1341.9	1341.4	16.5	5.6
5	14008.8	762.5	1366.4	1365.9	16.8	5.6
6	14258.8	903.2	1391.8	1390.4	17.1	5.6
7	14508.8	1046.4	1415.5	1415.8	17.4	5.6
8	14758.8	1192.1	1440.1	1439.5	17.7	5.6
9	14988.9	1333.6	1463.5	1463.8	18.0	5.6

Programa: PERF V1.0

CALCULO DEL PERFIL DE UNA PARABOLA
PARABOLA INVERTIDA

CALCULO DEL PANEL NUMERO 1

DATOS

Diametro de la antena : 30000 mm
Espesor de chapas calibr. : 8 mm
Espesor de la chapa : 1 mm
Diametro de anillos circu.: 22.2 mm
Espesor de largueros : 3 mm
Espaciado entre paneles : 2 mm
Ancho del larguero : 30 mm
Distancia Offset : 248 mm

-RESULTADOS

Distancia focal : 12548.94 mm
Primera Altura perfil parab.: 248.00 245.34 271.97
Segunda Altura perfil parab.: 823.74 823.12 849.32
Tercera altura perfil parab.: 1363.63 1361.06 1386.81

Radio circulo equivalente : 37687.02 mm
Error maximo de aproximacion: .1313146 mm
Distancia al error maximo : 14581 mm

Longitud de la cuerda : 2290.12 mm
Flecha : 17.399 mm
Longitud del arco : 2290.47 mm
Angulo de estructura : 3.48 grados

VALORES DE LA ESTRUCTURA DE ARMADO

Ancho minimo : 1273.87 mm
Ancho maximo : 1471.81 mm
Largo : 1999.00 mm

Numero Anillo	Radio	Altura del anillo	Longitud Arco	Longitud de la cuerda	Flecha	Angulo de plantilla
1	13012.1	253.1	1269.5	1269.0	15.6	5.6
2	13250.0	377.6	1292.8	1292.3	15.9	5.6
3	13500.0	510.8	1317.4	1316.8	16.2	5.6
4	13750.0	646.5	1341.9	1341.4	16.5	5.6
5	14000.0	784.7	1366.4	1365.9	16.8	5.6
6	14250.0	925.4	1391.0	1390.4	17.1	5.6
7	14500.0	1068.6	1415.5	1415.0	17.4	5.6
8	14750.0	1214.3	1440.1	1439.5	17.7	5.6
9	14900.9	1355.8	1463.5	1463.0	18.0	5.6

```

SUB calc
'
' Subrutina que realiza los calculos a partir de los datos ingresados.
'
CLS
' Variable Flag que se pone en 1 para indicar que se han ingresado los datos.
'
flag1 = 1
'
' Asignaciones de valores iniciales a las variables.

' Calculo de la distancia focal de la parabola desplazada
y = ((d / 2) ^ 2)
y = y * .001977 * .01
beta = ATN(((2 * (d / 2)) * .00198 * .01) * (pi / 180))
i = fa + dcc + es + ela
hp = i / (COS(beta))
f = ((d / 2) ^ 2) / (4 * (y + hp))

' Calculo de tres puntos del perfil de la parabola donde apoyan los largueros
FOR j = 1 TO 3
y1(j) = (x(j) ^ 2) / (4 * f)
y(j) = y1(j) - (y1(1) - of)
ya(j) = y(j)
dy(j) = ATN(2 * x(j) / (4 * f))
k(j) = ela * SIN((pi / 2) - dy(j))
'tt = 30 'Ancho del larguero
u = tt - ela
u(j) = u * SIN((pi / 2) - dy(j))
yap(j) = ya(j) + k(j)
yapp(j) = ya(j) - u(j)
NEXT j
c = (d ^ 2) / (16 * f)
L = x(3) - x(1)
z = (y(1) * L) / (y(3) - y(1))
alfa = (y(1) / z)
l2 = x(2) - x(1)
h2 = alfa * (l2 + z)
delta = h2 - y(2)
h1 = y(1)
h2 = 2 * delta + y(2)
h3 = y(3)
h1p = y(1) - k(1)
h2p = h2 - k(2)
h3p = y(3) - k(3)
h1pp = y(1) + u(1)
h2pp = h2 + u(2)
h3pp = y(3) + u(3)

' Calculo de las alturas y radio de los anillos circulares
n = 9
IF s = 4 THEN n = 7
IF s = 8 THEN n = 5
FOR j = 1 TO n
xp(j) = x(1) + (j - 1) * 250
NEXT j
xp(1) = xp(1) + (dcc / 2 + esp / 2)
IF s > 1 THEN xp(n) = xp(n) - (dcc / 2 + esp / 2)
IF s = 1 THEN xp(n) = xp(n) - (dcc / 2)

```

```

y(j) = (xp(j) ^ 2) / (4 * f)
beta = ATN(2 * xp(j) / (4 * f)) 'Espesor de la chapa
'es = 1 'Diametro de los anillos circulares
'dcc = 22.2
hpp = es / COS(beta) 'Diametro cano circular y espesor chapa
h = dcc + hpp
hj(j) = y(j) - h
hji(j) = y(j) - hpp
hji(j) = hji(j) - (y1(1) - of)
hj(j) = hj(j) - (y1(1) - of)
NEXT j

'Calculo de radio del circulo que aproxima al sector parabolico
delta = x(1) * (y1(2) - y1(3)) - x(2) * (y1(1) - y1(3)) + x(3) * (y1(1) - y1(2))
m = -(x(1) ^ 2 + y1(1) ^ 2) * (y1(2) - y1(3)) + (x(2) ^ 2 + y1(2) ^ 2) * (y1(1) - y1(3)) - (x(3) ^ 2 + y1(3) ^ 2) * (y1(1) - y1(2))
m = m / delta
e = -x(1) * ((x(2) ^ 2 + y1(2) ^ 2) - (x(3) ^ 2 + y1(3) ^ 2)) + x(2) * ((x(1) ^ 2 + y1(1) ^ 2) - (x(3) ^ 2 + y1(3) ^ 2)) - x(3) * ((x(1) ^ 2 + y1(1) ^ 2) - (x(2) ^ 2 + y1(2) ^ 2))
e = e / delta
w = -x(1) * (y1(2) * (x(3) ^ 2 + y1(3) ^ 2) - y1(3) * (x(2) ^ 2 + y1(2) ^ 2)) + x(2) * (y1(1) * (x(3) ^ 2 + y1(3) ^ 2) - y1(3) * (x(1) ^ 2 + y1(1) ^ 2)) - x(3) * (y1(1) * (x(2) ^ 2 + y1(2) ^ 2) - y1(2) * (x(1) ^ 2 + y1(1) ^ 2))
w = w / delta
r = SQR((e / 2) ^ 2 + (m / 2) ^ 2 - w)

'Calculo del error de aproximacion de una parabola con sectores circulares
pp = 2000
IF s = 8 THEN pp = 1000
IF s = 4 THEN pp = 1500
FOR ja = 1 TO pp
err1 = (((x(1) + ja) ^ 2) / (4 * f)) + SQR((r ^ 2) - ((x(1) + ja + (m / 2)) ^ 2) + (e / 2))
err2 = (((x(3) - ja) ^ 2) / (4 * f)) + SQR((r ^ 2) - ((x(3) - ja + (m / 2)) ^ 2) + (e / 2))
IF err1 > er THEN er = err1
IF err1 = er THEN xa = x(1) + ja
NEXT ja

'Calculo de largos de los anillos circulares
o = 64
IF s = 4 THEN o = 32
IF s = 5 THEN o = 32
IF s = 6 THEN o = 22
IF s = 7 THEN o = 16
IF s = 8 THEN o = 10
beta = (2 * pi) / o
FOR j = 1 TO n
'esp = 2 'Espaciado entre paneles
'ela = 3 'Espesor del larguero
la(j) = ((2 * pi * xp(j)) / o) - 2 * ((esp / 2) + ela)
lap(j) = ((2 * pi * xp(j)) / o)
nu(j) = 2 * pi * xp(j) / lap(j)
fii(j) = 2 * pi / nu(j)
xpp(j) = xp(j) - ((esp / 2) + ela) / TAN(fii(j) / 2)
cu(j) = 2 * (SIN(pi / nu(j))) * xpp(j)
fl(j) = xpp(j) * (1 - COS(pi / nu(j)))
fi(j) = 360 / nu(j) 'Angulo de la plantilla de los anillos circulares
es
NEXT

```

```

'Calculo de la estructura de armado de los paneles
'ela = 3 'Espesor del larguero
A1 = cu(1) + 2 * (ela / COS(pi / nu(1))) - 2 * ((dcc / 2) * SIN(pi / nu(1)))
A2 = cu(n) + 2 * (ela / COS(pi / nu(n))) + 2 * (((dcc / 2) + (fl(n) / COS(pi /
u(n)))) * SIN(pi / nu(n)))
L = x(3) - x(1) - esp
IF s = 1 THEN L = x(3) - x(1) - esp / 2
' Final de la subrutina de cálculo.
END SUB

```