

Construir Grandes Reflectores Parabólicos Usando Segmentos Planos

En esta página se describe un simple algoritmo (descargable cómo hoja de cálculo de Excel) que calcula las dimensiones de segmentos que al ser ensamblados forman un disco parabólico (parabólica). El diseño permite escoger la longitud focal deseada, abertura y tamaño total. El disco puede ser usado para concentrar energía en forma de sonido para conformar un micrófono direccional de muy alta ganancia, si se forra de papel de aluminio o cualquier material reflectante servirá para concentrar calor proveniente del sol. Otra aplicación es la recepción de ondas de radio.

Introducción

Los reflectores parabólicos de espejos son usados en los telescopios astronómicos, en las luces de los autos y en discos para recepciones de ondas radiales satelitales. Una parábola tiene la única propiedad que un rayo de radiación paralelo al eje será reflejado por la superficie y concentrado en el foco o viceversa; una fuente de radiación ubicada en el foco producirá un rayo paralelo a la reflexión. Cómo se muestra en el diagrama siguiente los rayos paralelos entran por la izquierda y son reflejados a un solo punto que es el foco.

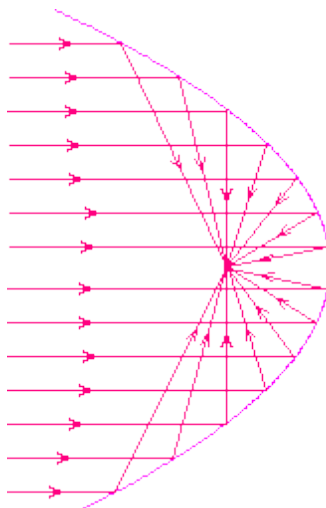


Figura 1: Acción de enfoque de una parábola

El ejemplo de la figura anterior corresponde a un reflector parabólico curvo; pero también se puede lograr una superficie parabólica con segmentos planos (pequeños espejos planos). Tengamos en cuenta que mientras más pequeños sean los espejos mayor precisión en el enfoque. El margen de error no será significativo para aplicaciones como – concentradores u hornos solares, espejos sonoros o discos (platos) de recepción o transmisión de ondas radiales. El tamaño de cada espejo individual tendrá que ser menor que el objetivo en el foco (un micrófono, una cacerola o una antena de radio). En este diseño los espejos individuales son cuadriláteros (o más bien, trapecios, ya que tienen dos lados paralelos).

El material para construir es de libre elección – el cartón es formidable para reflectores de micrófonos y si se cubre con papel de aluminio será entonces un perfecto concentrador solar. Un disco de cartón de un metro o metro y medio de diámetro será capaz de concentrar suficientes rayos infrarrojos provenientes del sol como para cocinar salchichas (ó tu mano así que ten cuidado). Una parabólica de cartón será más fácil de lograr con pequeños radios focales: $f/0.25$ o menos. La madera plywood liviana es apropiada para construir un disco más duradero aunque también más caro y pesado. Para la recepción radial se usan discos hechos con planchas de metal. Los mayores problemas al construir estructuras pesadas son lo difícil de la transportación, los mecanismos de soporte y el riesgo de deformación que afectará la capacidad de un enfoque apropiado.

El Principio

Si te interesa comprender el algoritmo tendremos que echar una ojeada a las matemáticas (si las matemáticas no son tu fuerte entonces sáltate esta parte y ve directo a la sección de diseño)

Comenzamos definiendo la parábola; que es una curva dimensional, lugar geométrico de los puntos del plano equidistantes de una recta y de un punto fijo que resulta de cortar un cono circular recto por un plano paralelo a una generatriz.

La ecuación de una parábola es:

$$y = a.x^2$$

Donde “a” es una constante.

Para una parábola con distancia focal “f”:

$$a = 1/(4f)$$

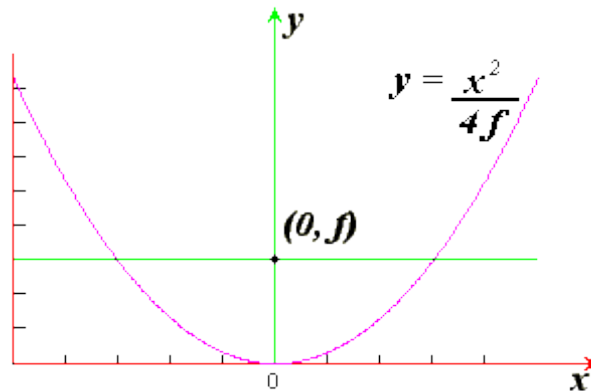


Figura 2: Parábola – distancia focal = f

El eje de la parábola coincide con el eje “y”, el foco está situado en (0, f).

Si la profundidad del reflector es igual a la distancia focal entonces el extremo externo del reflector y el foco estarán en el mismo plano lo cual hará más fácil la ubicación del foco y la conformación de la estructura para su localización se podrá hacer plana. A esto le sigue que en el punto focal el radio de la abertura es 2f y que el radio focal para este arreglo es f/0.25.

Veamos entonces ya el disco real (mostrado a continuación en plano y sección parciales). La sección re-ensambla la curva mostrada en la figura 2 con la diferencia de que está hecha de pequeñas líneas rectas. Existen tres aspectos a tener en cuenta: primeramente los puntos que están unidos por las líneas coinciden con la curva parabólica; segundo, los puntos son equidistantes a lo largo del eje “X” (lo que significa que el largo de los lados paralelos del trapecio son fáciles de calcular) y por último, las distancias entre los puntos (medidas a lo largo de la parábola) aumentan con la distancia del centro.

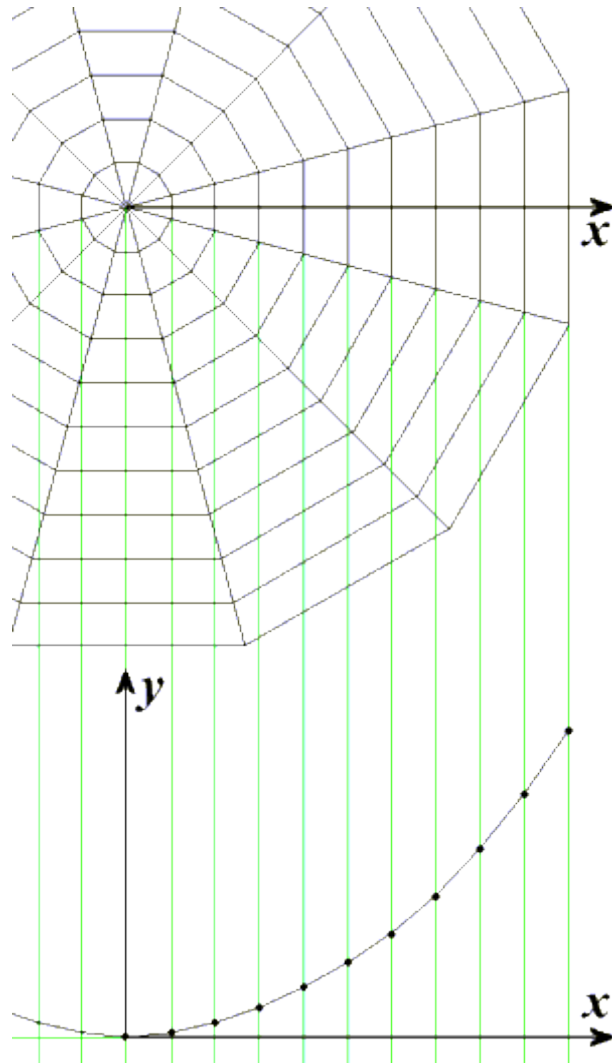


Figura 3: Plano del disco y secciones

Cuando se mira desde arriba, cada segmento asemeja un triángulo simple cuyo ángulo tope es igual a 360° dividido por el número total de segmentos (figura 4). Multiplicando la distancia "X" por la tangente de la mitad del ángulo tope se obtiene la mitad del triángulo en "X" desde el centro del disco. Este simple cálculo nos permite encontrar la longitud de los lados paralelos de los cuadriláteros.

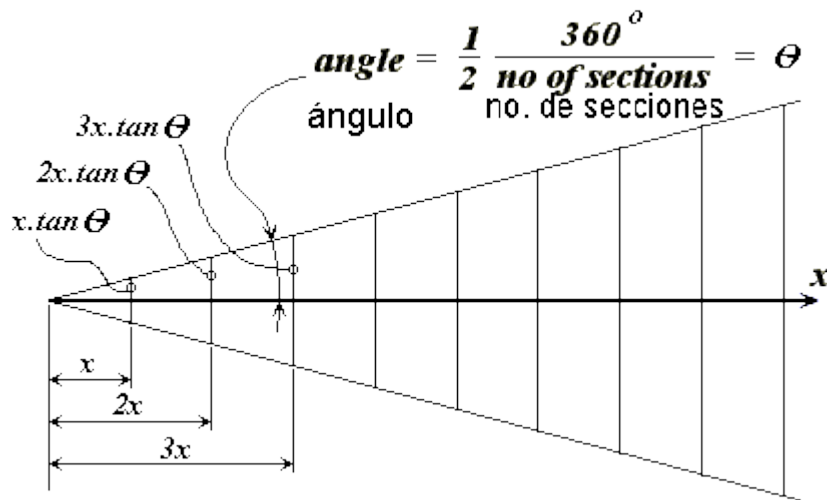


Figura 4: Vista superior de una sección

Al conformar el disco, la forma del segmento no es un triángulo sino una forma más compleja; necesitamos calcular la distancia entre los lados paralelos, esto nos permitirá conformar un segmento entero. Para obtener la distancia lineal medida a lo largo de la superficie del espejo consideramos dos puntos adyacentes de la parábola.

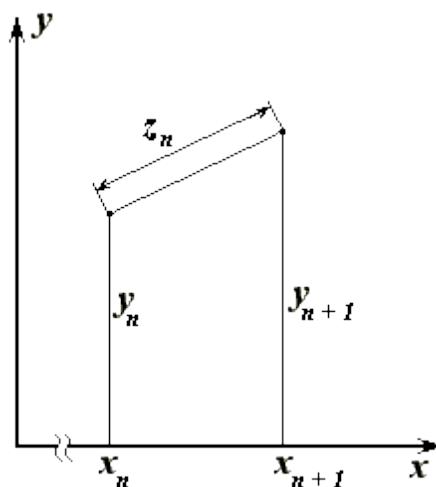


Figura 5: Calculo de la longitud de un segmento

La distancia entre los dos puntos se encuentra usando la formula:

$$z_n = ((x_{n+1} - x_n)^2 + (y_{n+1} - y_n)^2)^{1/2}$$

Diseño

Primero decide cuantas secciones quieres usar – en el plano se muestran doce – con más secciones habrá más exactitud pero también más trabajo. Divide esta figura entre 360° - así se obtendrá el ángulo en el vértice de cada sección. Ahora toma la tangente de la mitad de este ángulo (en el ejemplo el ángulo es de 30° así que necesitamos $\tan(15^\circ)$ la cual es 0.268). Segundo, elije el tamaño del incremento en “X” – este no deberá ser mayor que el objetivo ubicado en el foco – digamos 2 pulgadas para un micrófono, 4 pulgadas para una hamburguesa u 8 pulgadas para una sartén. Ahora elije la longitud focal – esta es la distancia entre el fondo del plato al punto focal. Para calcular el valor de “a” multiplicar f por 4 y obtener el resultado recíproco. Ejemplo, si f es 8 entonces será $1/(4 \times 8)$
 $= 1/32 = 0.03125$

Configurar la tabla entonces cómo a continuación:

1. Enumera las filas a la izquierda.
2. En la próxima columna pon el valor de las coordenadas “x” (cada fila aumenta con el valor del incremento de “x” que has elegido).
3. Calcula el valor correspondiente de “y” y ponlo en la siguiente columna; $y = a \times x^2$.
4. En la columna correspondiente a “y1”: copia el valor para “y” proveniente de la siguiente fila.
5. Para cada fila: calcular el cuadrado de la diferencia entre “y1” y “y”, adiciónaselo al cuadrado del valor del incremento de “x”. “z” se obtiene de la raíz cuadrada de esta suma.
6. En cada fila calcular “Vd” el cual es igual al valor de “z” para esa fila mas todos los valores de “z” en las filas precedentes.
7. La “distancia desde el medio” es la mitad del ancho de la sección a la distancia “Vd” desde el centro del disco – se calcula multiplicando el valor de “x” en la siguiente fila por la tangente ya encontrada.

El proceso puede ser repetido para cualquier número de filas deseado para incrementar el tamaño de la abertura para una longitud focal definida

No. de fila	x	y	yf	z	Vd	desde el medio
1	0	0.00	0.50	4.03	4.03	1.07
2	4	0.50	2.00	4.27	8.30	2.14
3	8	2.00	4.50	4.72	13.02	3.22
4	12	4.50	8.00	5.32	18.34	4.29
5	16	8.00	12.50	6.02	24.36	5.36
6	20	12.50	18.00	6.80	31.16	6.43
7	24	18.00	24.50	7.63	38.79	7.50
8	28	24.50	32.00	8.50	47.29	8.57
9	32	32.00	40.50	9.39	56.68	9.65
10	36	40.50	50.00	10.31	66.99	10.72
11	40	50.00				
incremento x	4					
f(long focal)	8					
secciones	12					

He programado una simple hoja de cálculo Excel para hacer todos los cálculos – [descargar](#) aquí. Con la misma solo necesitas elegir el número de secciones, la longitud focal y el incremento de “x” para obtener el diseño.

Construcción

Utiliza las dos últimas columnas de la tabla – Haz una línea en la plancha de material marcando las medidas dadas por Vd. Ahora mide las líneas perpendiculares cuyas longitudes aparecen en la última columna. Corta el segmento y repite la operación para los segmentos restantes. Marca a lo largo de las líneas perpendiculares. Ahora, al ensamblar los segmentos estos adoptaran automáticamente la curva parabólica.

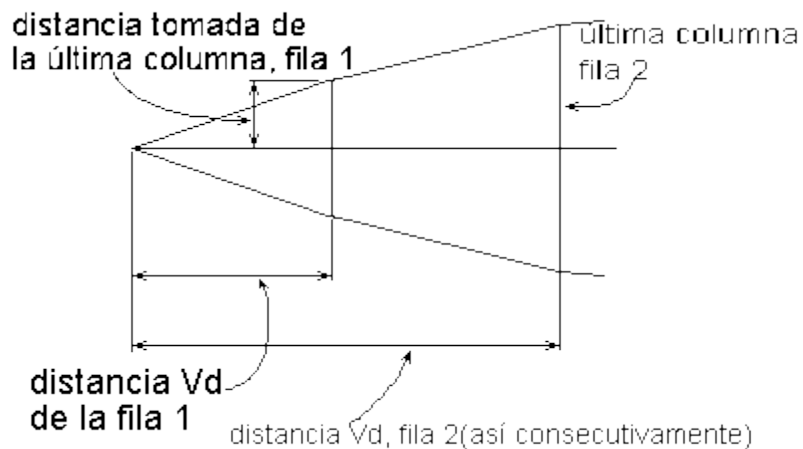


Figura 6: Marcando los segmentos

Para reforzar el disco, yo utilicé un aro de cartón pegado al borde con goma caliente derretida. Buena suerte. Realmente apreciaría mucho el feedback de cualquiera que construyera uno de estos.

NOTAS

- Se cuidadoso a la hora de marcar el diseño – usa un lápiz o marcador de punta fina y asegúrate de que las líneas perpendiculares en realidad lo sean Si eres descuidado los bordes de los segmentos no coincidirán a la hora del ensamblaje.
- El diseño del algoritmo está basado en una idea de Alex McEachern y Paul Boon publicado en la sección *Amateur Scientist* del magazine *Scientific American* en los años 70. El artículo tenía algunos errores (matemáticos y editoriales) así como algunas precisiones innecesarias que yo he corregido.
- Según Gregory Kunkel, el artículo original fue publicado en diciembre de 1973 el tema y las correcciones se publicaron al siguiente febrero. Buscar [Gregory's method](#) el cual también se basa en el artículo del *Scientific American* . Su página incluye fotos de un disco terminado.
- Yo traigo otro [método](#) – *Una simple técnica de fabricación de concentradores parabólicos* – con un tratamiento más matemático y orientado al uso de secciones planas con extremos rectos que forman una curva continua al unirse los segmentos.

[Electronics Index](#) [Feedback Form](#) [Electronics Index](#)

Last updated: 25 Dec 2005 ; © Lawrence Mayes, 2005