

Diseño de un Divisor de Potencia para Arreglos Planos

Cristian Edinson Duguet Sáez¹

¹Ingeniería Civil en Telecomunicaciones
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Concepción

31 de Marzo de 2010

CONTENIDO

■ Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■ Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■ Planteamiento del Problema

■ Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■ Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

■ Evaluación

- Divisor de Potencia
- Arreglo

■ Conclusiones

■ Trabajo Futuro

■Introducción

■Broadcasting Satelital

■Los arreglos de Antenas

■Herramientas

■Squintless feed technique

■Distribución de Apertura

■Planteamiento del Problema

■Diseño del Divisor de Potencia

■Diseño General

■Algoritmos de Cálculo

■Corrección Retroalimentada

■Divisor Inclinado

■Escalones suavizados

■Uniformidad de Fase

■Diseño de otros componentes

■Radiador

■Reflector Pillbox

■Evaluación

■Divisor de Potencia

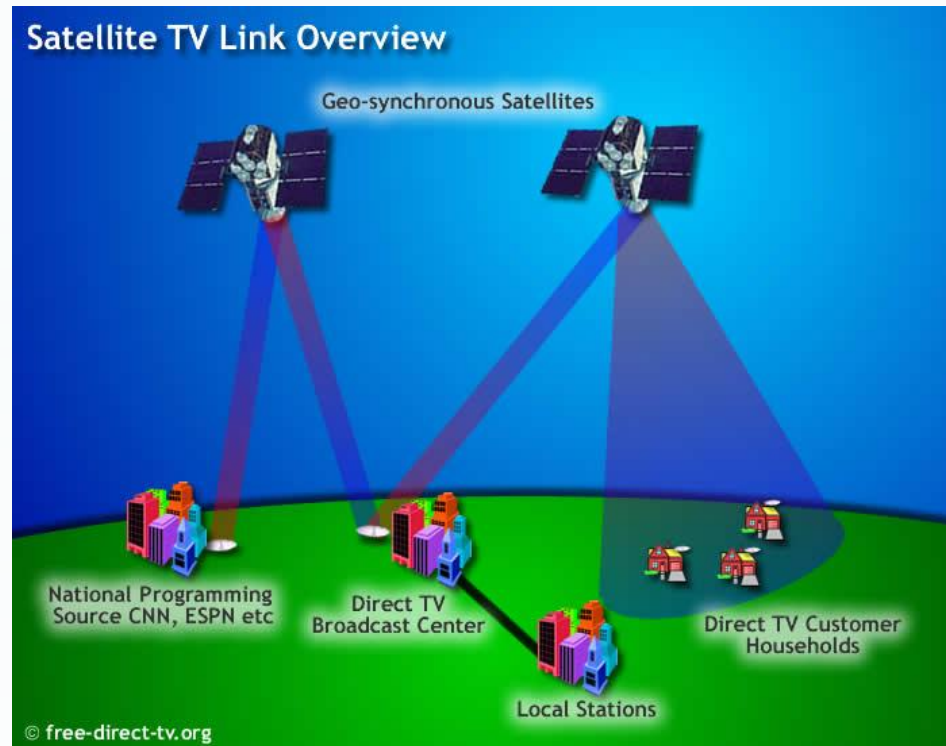
■Arreglo

■Conclusiones

■Trabajo Futuro

Broadcasting Satelital

- Televisión Satelital
- Servicio Direct to Home (DTH)
- Se utiliza para ver televisión en la Banda Ku



Broadcasting Satelital

- Regiones:

ITU-1 10.7GHz-12.75GHz

ITU-2 12GHz.2-12.7GHz

ITU-3 11.7GHz-12.2GHz

- Mercado grande y de exigencias económicas

- Las antenas mas ampliamente utilizadas son las de reflector parabólico offset.

- En ultimas décadas satélites son mas potentes.

- Alternativa de Arreglos de Antenas.

■ Introducción

- Broadcasting Satelital

- Los arreglos de Antenas

■ Herramientas

- Squintless feed technique

- Distribución de Apertura

■ Planteamiento del Problema

■ Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General

- Algoritmos de Cálculo

- Corrección Retroalimentada

- Divisor Inclinado

- Escalones suavizados

- Uniformidad de Fase

■ Diseño de otros componentes

- Radiador

- Reflector Pillbox

■ Evaluación

- Divisor de Potencia

- Arreglo

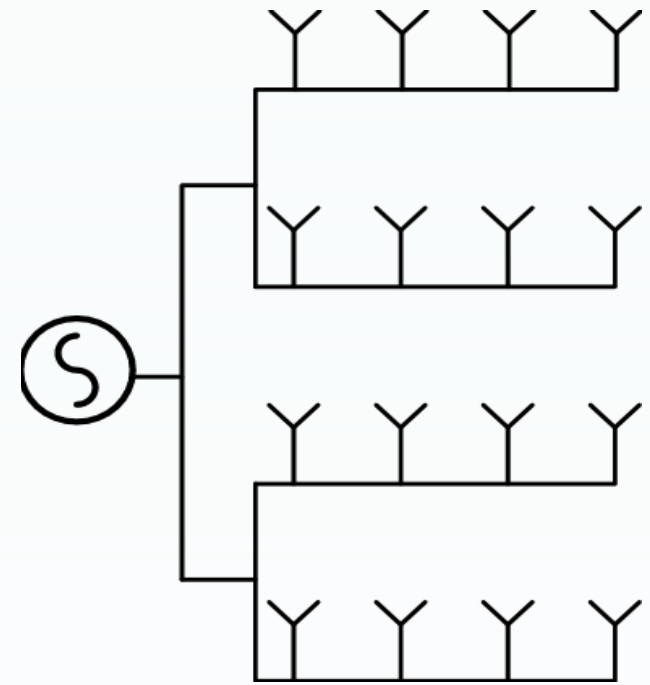
■ Conclusiones

■ Trabajo Futuro

Arreglos de Antenas

Son agrupaciones de antenas, normalmente iguales, eléctrica y geométricamente ordenadas para sintetizar una cierta distribución de campos, o apertura.

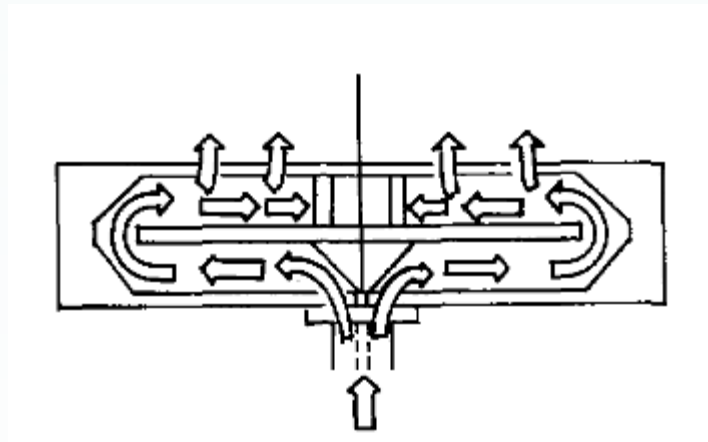
- Distribución de Apertura configurable
- Patrón de radiación configurable
- Mejores parámetros de antena
- Mas pesadas
- Mas costosas
- Ancho de banda muy delgado



Arreglos de Antenas

Antena RLSA (Radial Line Slot Antenna)

- Arreglo de antenas económico para DBS
- Se utiliza mucho en Japón
- Buena Distribución de Apertura (cercana a Uniforme)
- Soporta un ancho de Banda de 5%



■Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■Planteamiento del Problema

■Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

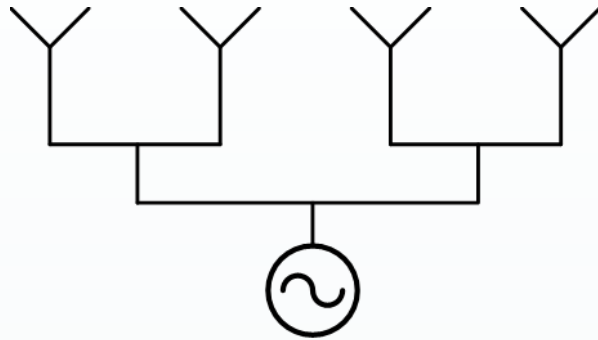
■Evaluación

- Divisor de Potencia
- Arreglo

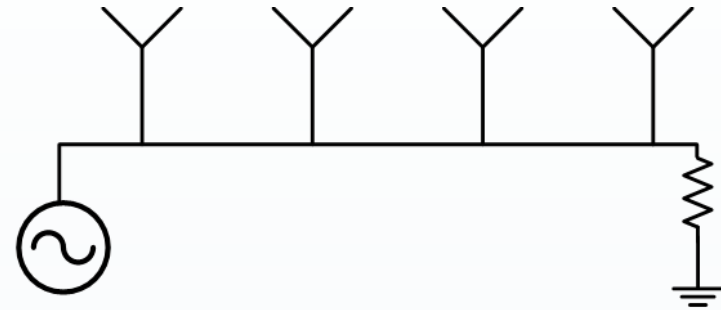
■Conclusiones

■Trabajo Futuro

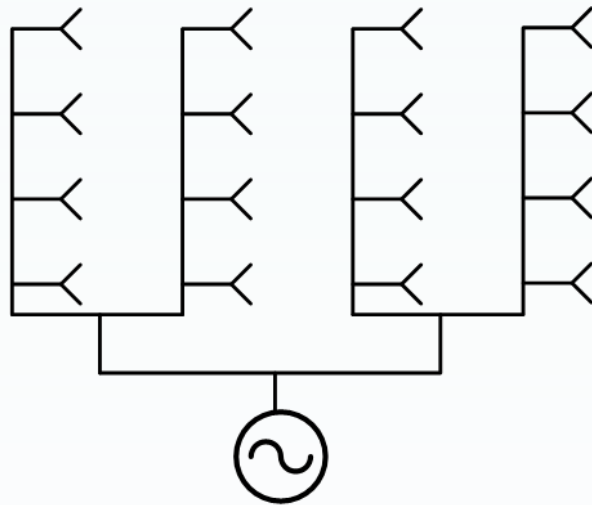
Alimentación de Arreglos



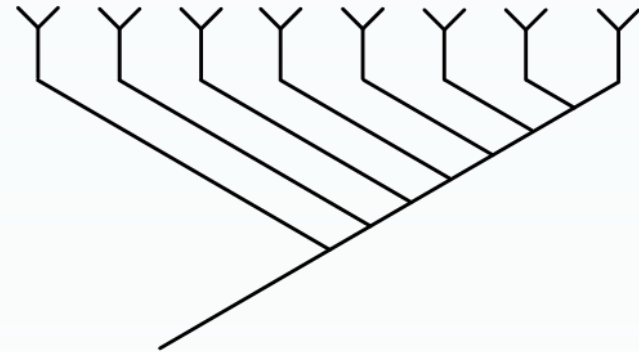
Alimentación en paralelo



Alimentación en serie



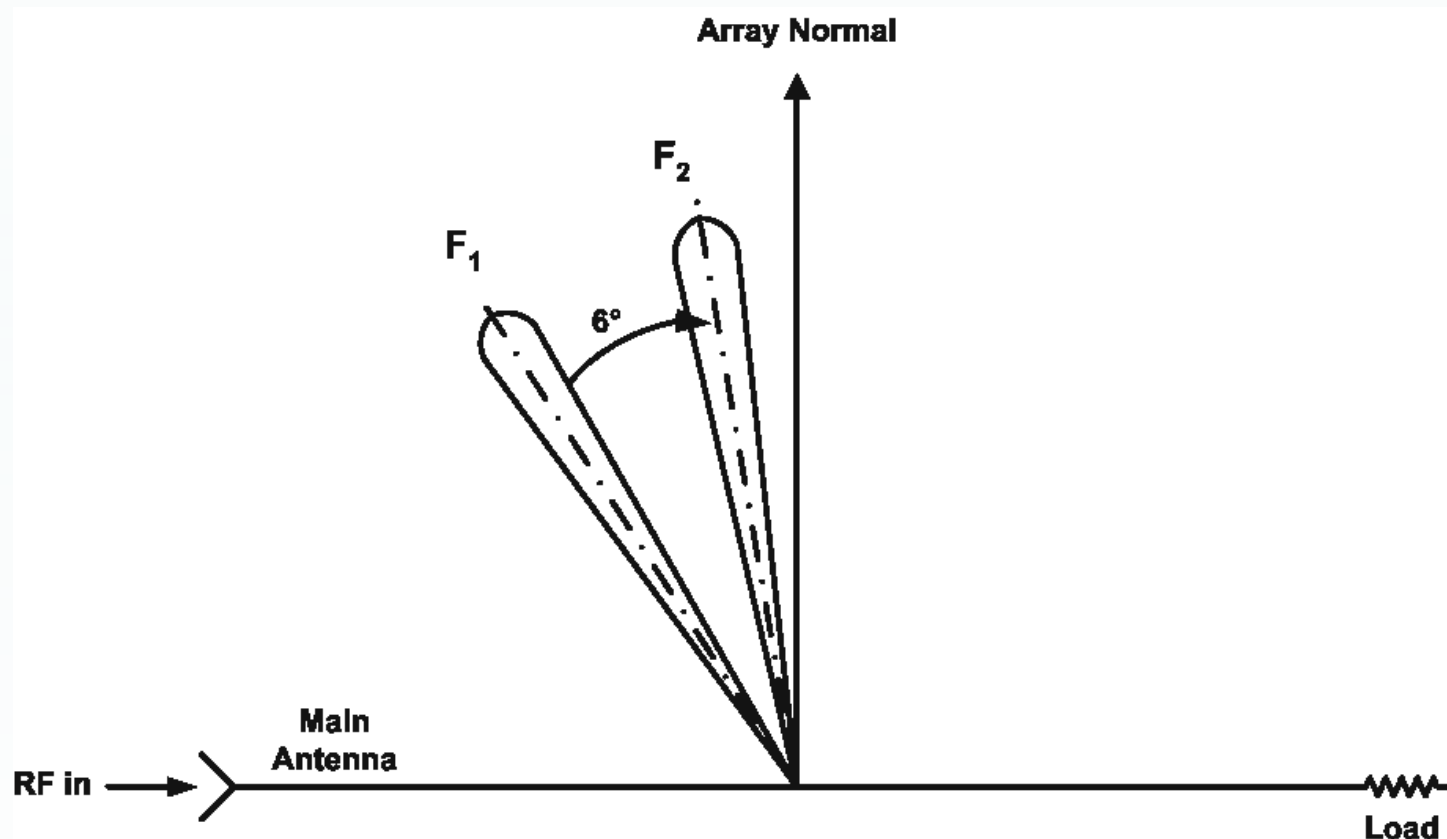
Alimentación mixta
paralelo-serie



Alimentación
sin estrabismo

Estrabismo o Squinting

- Dependencia de la fase de alimentación de los elementos de un arreglo, de la frecuencia.
- La diferencia de fase provoca que el patrón de radiación se modifique.
- Implica que un arreglo sea de banda angosta

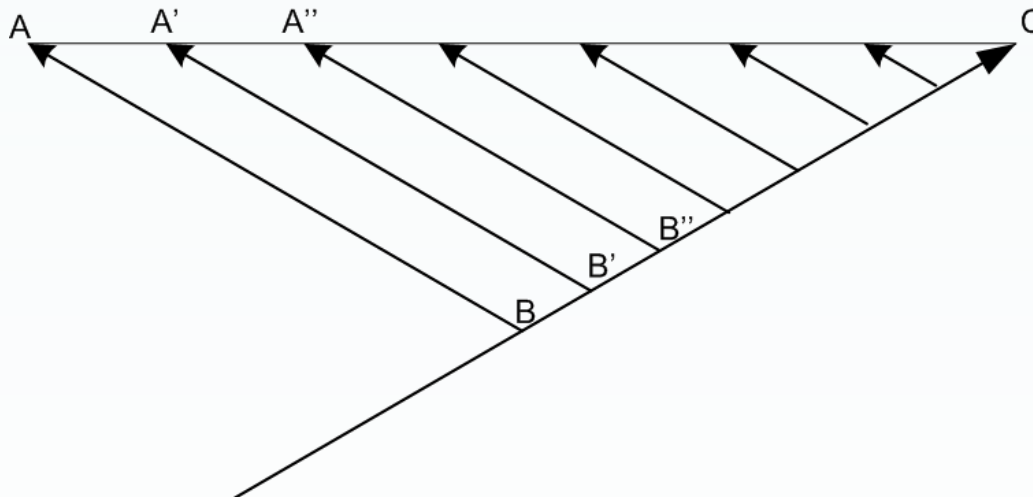


Squintless feed technique

- Desarrollada por A. Rogers para Marconi Electronics Limited en 1972.
- Todos los elementos alimentados en fase, independiente de frecuencia.
- Igualdad de camino eléctrico en todos los elementos del divisor.
- Triángulos isóceles.

$$\angle BCA = \angle BAC = \angle BA'C' = \angle BA''C'' = \dots$$

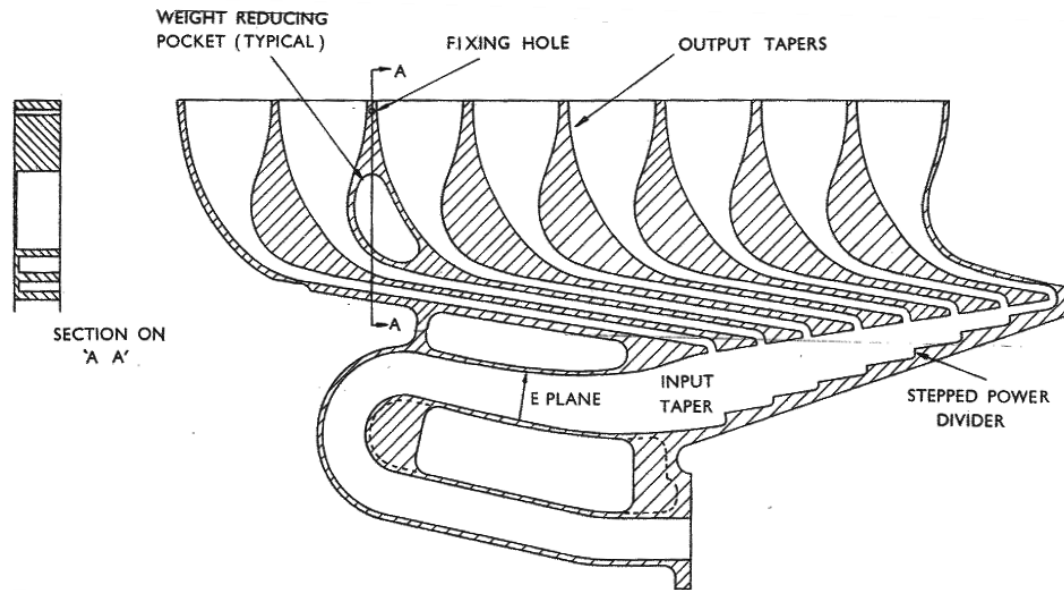
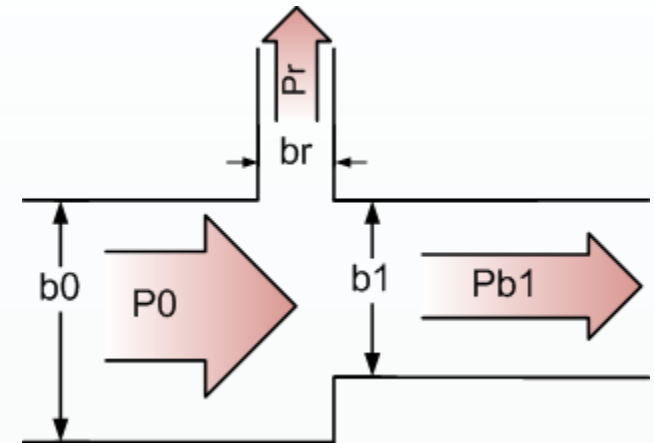
$$\overline{BA} = \overline{BC} = \overline{BA'C'} = \dots$$



Squintless feed technique

- División de Potencia se controla por escalones.
- Rogers postuló una igualdad simplificada de circuitos equivalentes .

$$\frac{P_{b1}}{P_r} = \frac{b_1}{b_r}$$



■Introducción

- Broadcasting Satelital

- Los arreglos de Antenas

■Herramientas

- Squintless feed technique

- Distribución de Apertura

■Planteamiento del Problema

■Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General

- Algoritmos de Cálculo

- Corrección Retroalimentada

- Divisor Inclinado

- Escalones suavizados

- Uniformidad de Fase

■Diseño de otros componentes

- Radiador

- Reflector Pillbox

■Evaluación

- Divisor de Potencia

- Arreglo

■Conclusiones

■Trabajo Futuro

Distribución de Apertura

- La apertura determina las características del patrón de radiación
- Se define el patrón de radiación óptimo como el de haz más delgado
- El patrón de radiación óptimo se obtiene con una distribución uniforme
- En muchas aplicaciones se requieren otras características en el patrón de radiación.
- La distribución ideal de Dolph-Chebyshev maximiza la relación de lóbulos laterales y ancho de haz. Imposible de implementar.
- La distribución de Taylor puede configurarse de acuerdo a Nivel de lóbulos Laterales y Ancho de haz., y puede aproximarse a Dolph-Chebyshev

Distribución de Taylor-n

- Trabaja en el espacio U

$$U = (a / \lambda)(\sin \theta)$$

- Tiene Diagrama de Radiación

$$\frac{\sin \pi U}{\pi U}$$

- El número n controla la aproximación a la Distribución de Dolph-Chebyshev
 - Un número n muy alto disminuye la eficiencia de la antena!

	Máxima eficiencia		\bar{n} monotónico	
Max SLL	\bar{n}	η	\bar{n}	η
25	12	0.9252	5	0.9105
30	23	0.8787	7	0.8619
35	44	0.8326	9	0.8151
40	81	0.7899	11	0.7729

Distribución de Taylor-n

Para un nivel de lóbulos laterales de 30dB, conviene elegir $n=7$

$$b = 10^{SLL/20}$$

Se calcula el parámetro A

$$A = \frac{\cosh^{-1}(b)}{\pi} = 1.32$$

- El número n controla la aproximación a la Distribución de Dolph-Chebyshev
- Un número n muy alto disminuye la eficiencia de la antena!

	Máxima eficiencia		\bar{n} monotónico	
Max SLL	\bar{n}	η	\bar{n}	η
25	12	0.9252	5	0.9105
30	23	0.8787	7	0.8619
35	44	0.8326	9	0.8151
40	81	0.7899	11	0.7729

Distribución de Taylor-n

La posición de los ceros en el espacio U es

$$U_N = \bar{n} \frac{\sqrt{A^2 + (N - 1/2)^2}}{\sqrt{A^2 + (\bar{n} - 1/2)^2}}, N = 1, \dots, \bar{n} - 1$$

El patrón de radiación se puede calcular con

$$f(U) = B_0 \frac{\sin(\pi U)}{\pi U} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{\bar{n}-1} B_i \left[\frac{\sin[\pi(U - i)]}{\pi(U - i)} + \frac{\sin[\pi(U + i)]}{\pi(U + i)} \right]$$

La distribución de Apertura es

$$E(x) = \sum_{m=0}^{\infty} B_m \cos(2\pi m x)$$

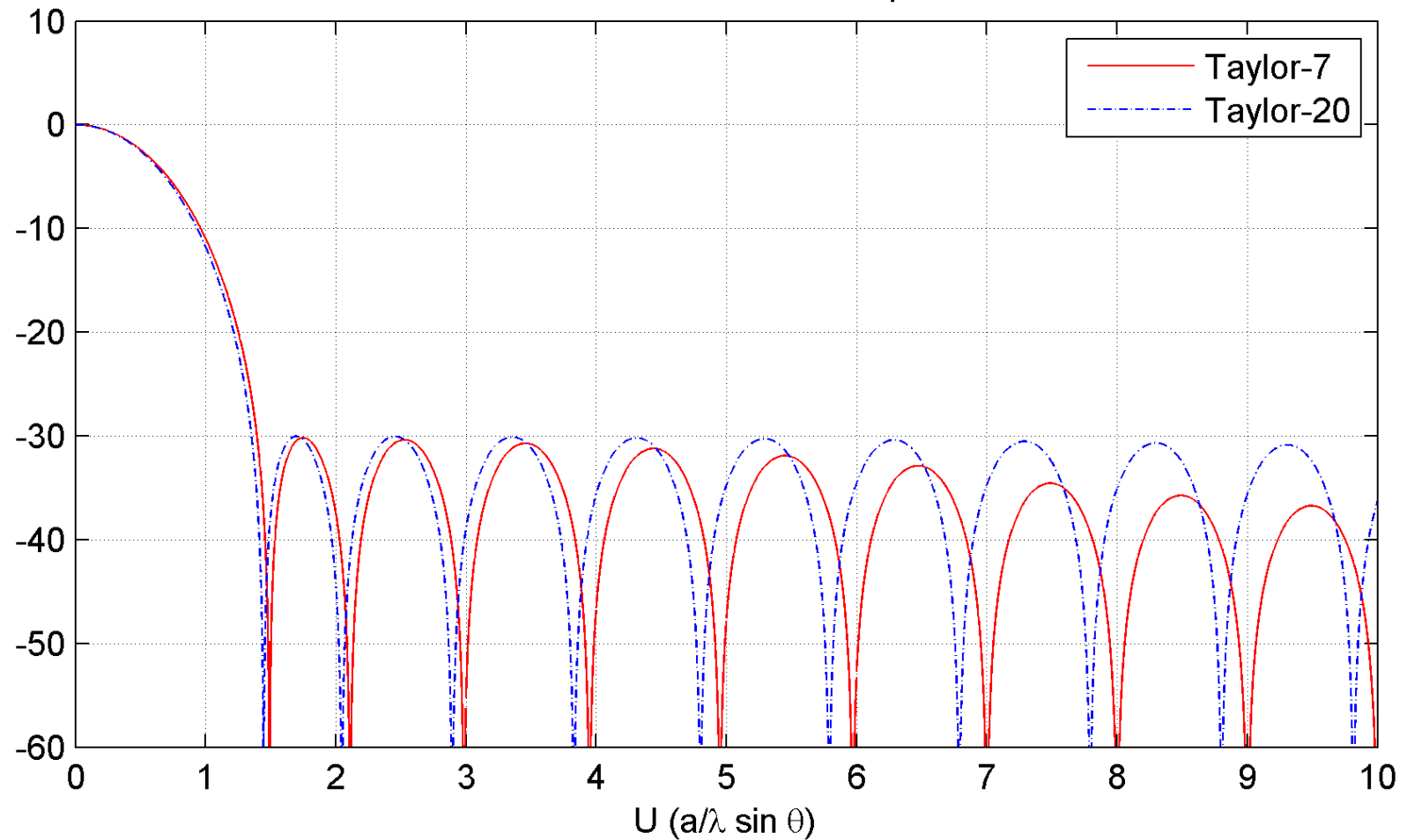
Con

$$B_0 = f(0) = 1$$

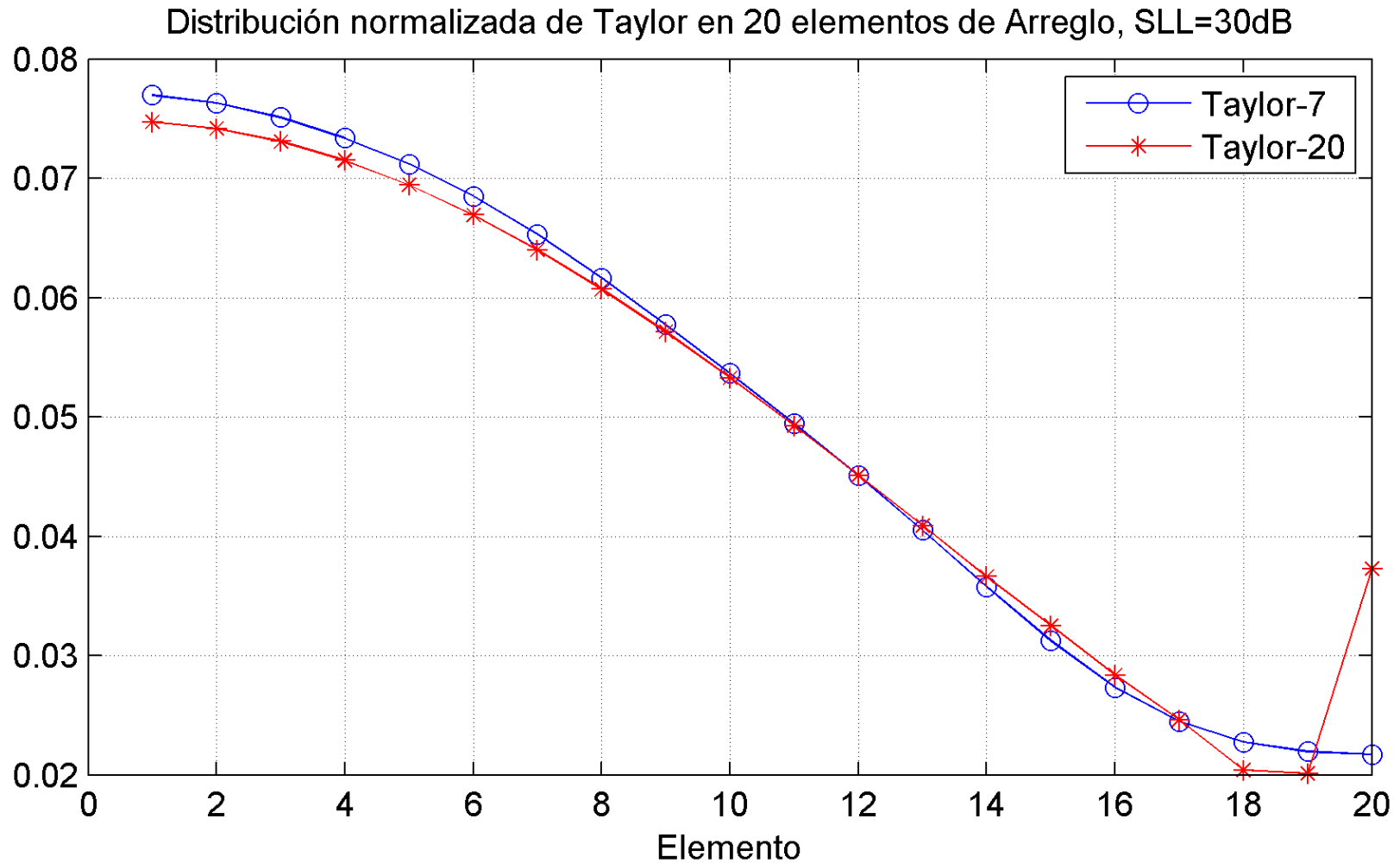
$$B_m = 2f(m) = \frac{(-1)^m \prod_{N=1}^{\bar{n}-1} (1 - m^2/U_N^2)}{-2 \prod_{N=1, N \neq m}^{\bar{n}-1} (1 - m^2/N^2)}, m = 1, \dots, \bar{n} - 1$$

Distribución de Taylor-n

Patrón de Radiación en el Espacio-U



Distribución de Taylor-n



■ Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■ Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■ Planteamiento del Problema

■ Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■ Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

■ Evaluación

- Divisor de Potencia
- Arreglo

■ Conclusiones

■ Trabajo Futuro

Planteamiento del Problema

En la actualidad no hay una gran disponibilidad de divisores de potencia para arreglos planos, que provean características de bajas perdidas, bajas reflexiones, gran respuesta en ancho de banda.

Un arreglo de antenas es generalmente más costoso que un

Es importante diseñar un modelo medianamente económico de un divisor de potencia, para arreglos planos de antenas, ya sean circulares o rectangulares.

Para este fin, el proyecto busca sacar provecho del alimentador tipo squintless, y crear una versión de este divisor, para arreglos planos.

Hipótesis de Trabajo

- Diseñar y realizar un divisor de potencia en guía de ondas, para arreglos planos.
- Investigar técnicas de distribución de apertura.
- Implementar en forma correcta la distribución de apertura en el divisor de potencia.
- Incorporar la característica de alimentación squintless, para tener mayor ancho de banda en el divisor.
- Implementar técnicas de corrección y mejoramiento de las características del divisor.
- Diseñar elementos radiadores para el divisor, y diseñar el arreglo de antenas obtenido con ambos.
- Simular el comportamiento esta antena.
- Los resultados serán simulados utilizando el software de simulación HFSS.

Objetivos

Buena característica de reflexión en frecuencia en Banda Ancha. Se pretende alcanzar un funcionamiento en un mínimo de ancho de banda de un 20% sobre la frecuencia central. Sin embargo, se diseñará y medirá en un rango de 30 %.

El diseño debe ser flexible para poder implementar una cierta distribución de amplitud controlando parámetros de la construcción.

Debe presentar un nivel de lóbulos laterales de 30dB.

Debe tener un ancho de haz muy delgado.

Bajas pérdidas de retorno, y de inserción.

Debe tener un costo de construcción económico.

■ Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■ Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■ Planteamiento del Problema

■ Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■ Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

■ Evaluación

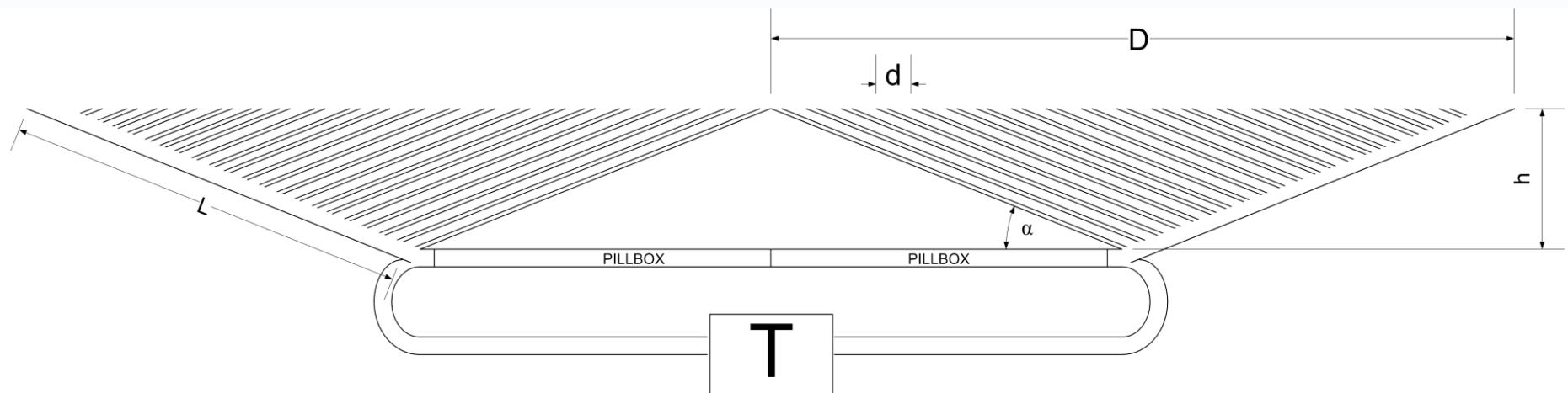
- Divisor de Potencia
- Arreglo

■ Conclusiones

■ Trabajo Futuro

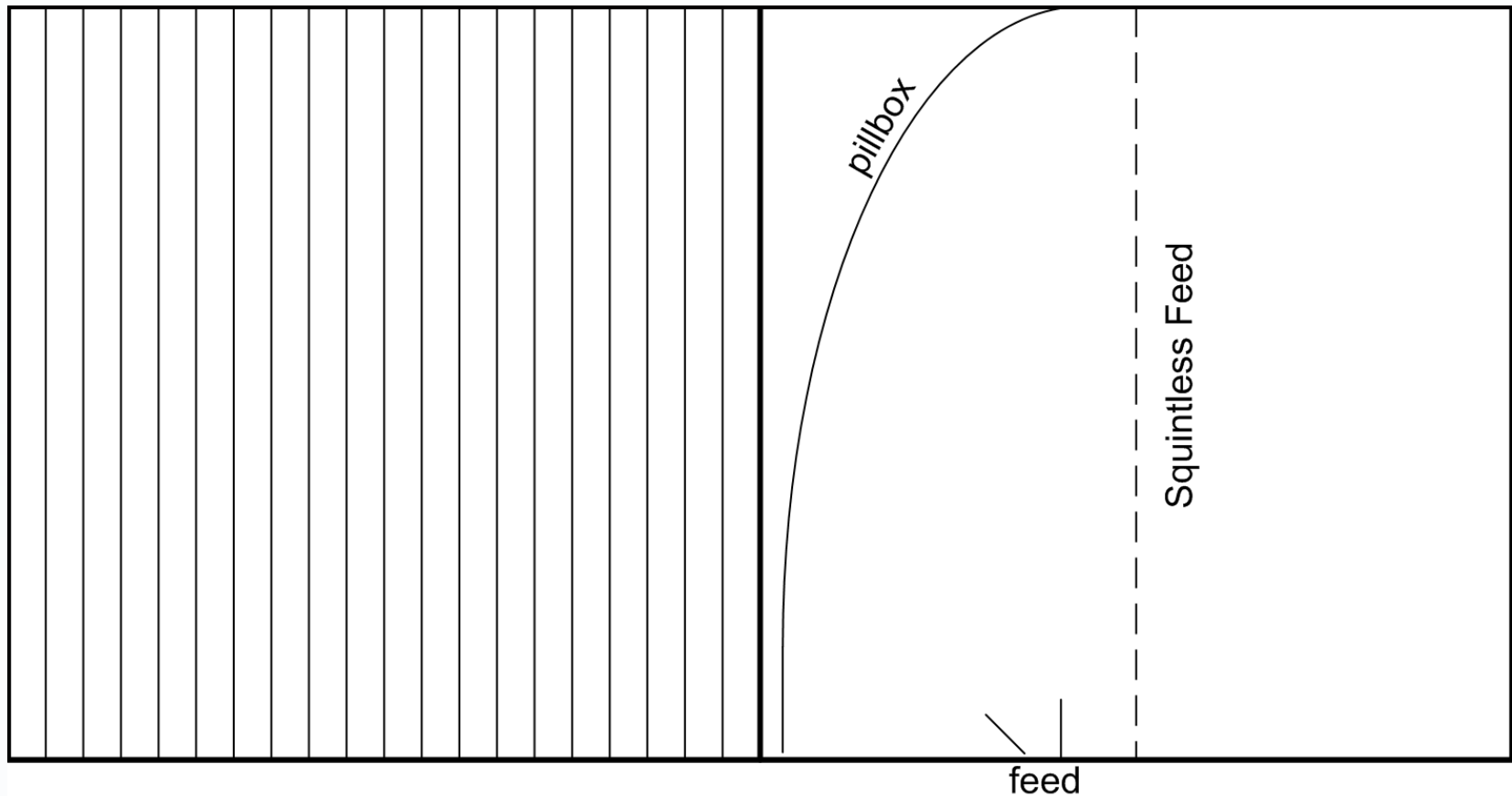
Diseño General

Se elige una propuesta de diseño de un arreglo de antenas de apertura rectangular, que utilizará el divisor de potencia en guía de ondas rectangulares muy anchas.



Diseño General

El divisor ancho es previamente alimentado por un reflector pillbox



Vista superior, divisor squintless

Corte transversal, reflector pillbox

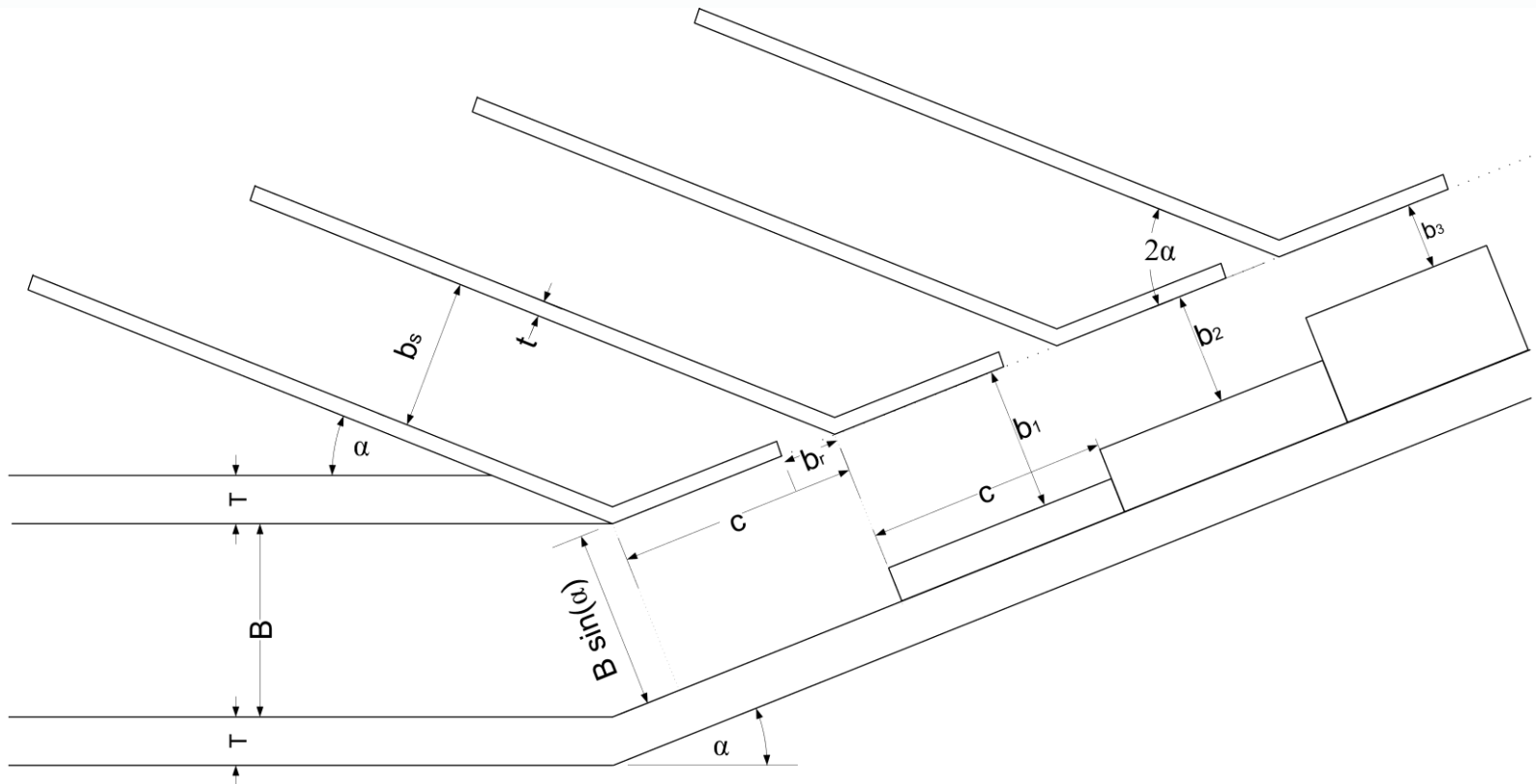
Diseño General

Antena Rectangular	
Distribución	Distribución de Taylor en una dimensión. La distribución en el otro plano es determinada por el reflector Pillbox.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">■ Iluminación configurable: Usando el divisor de potencia de juntas T no-simétricas, se puede conseguir la iluminación de apertura deseada, en uno de los dos planos.■ Facilidad en Construcción: Al ser un arreglo cuadrado, sólo se trabaja con planchas o láminas planas, lo que facilita la labor de construcción.■ Costo: Por su facilidad y la disponibilidad de materiales, se cree que es la alternativa más económica.■ Mitades de Arreglo independientes: Ambas mitades pueden ser alimentadas en cualquier fase. Así, se puede mejorar el patrón de radiación para eliminar interferencias, corregir dirección de haz, y compensar defectos en la fabricación que impliquen que ambas mitades no son simétricas.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">■ Volumen y Peso: Para trabajar con láminas muy delgadas, la antena será rellena con un dieléctrico, al igual que la antena circular, puede aumentar su peso.

Diseño General

Antena Rectangular	
Distribución	Distribución de Taylor en una dimensión. La distribución en el otro plano es determinada por el reflector Pillbox.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">■ Iluminación configurable: Usando el divisor de potencia de juntas T no-simétricas, se puede conseguir la iluminación de apertura deseada, en uno de los dos planos.■ Facilidad en Construcción: Al ser un arreglo cuadrado, sólo se trabaja con planchas o láminas planas, lo que facilita la labor de construcción.■ Costo: Por su facilidad y la disponibilidad de materiales, se cree que es la alternativa más económica.■ Mitades de Arreglo independientes: Ambas mitades pueden ser alimentadas en cualquier fase. Así, se puede mejorar el patrón de radiación para eliminar interferencias, corregir dirección de haz, y compensar defectos en la fabricación que impliquen que ambas mitades no son simétricas.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">■ Volumen y Peso: Para trabajar con láminas muy delgadas, la antena será rellena con un dieléctrico, al igual que la antena circular, puede aumentar su peso.

Diseño General



Diseño General

d: Distancia entre los elementos del arreglo, transversal a las guías de onda rectangulares anchas.

α : Angulo de inclinación del divisor de potencia tipo squintless.

B: Altura de la guía de onda, en el reflector pillbox y a la entrada de divisor squintless.

c: Distancia entre los divisores de potencia. Corresponde también al largo de cada step divisor.

bp: Ventana de apertura para la inserción de potencia hacia las guías alimentadoras.

bs: Tamaño de la cavidad de la guía de onda alimentadora.

bi: Altura de gua principal (altura del escalón) después del i-esimo divisor. $i \in 1, \dots, n$

t: Ancho de pared metálica entre guas alimentadoras.

T: Ancho de pared metálica en gua de onda del reflector pillbox.

Diseño General

Se recomienda tener una distancia entre elementos de

$$0.5\lambda \leq d \leq 0.8\lambda$$

La distancia, por la geometría del arreglo es

$$d = \frac{b_s + t}{\sin \alpha}$$

La distancia entre escalones, por geometría es

$$c = \frac{b_s + t}{\sin 2\alpha}$$

Para cancelar reflexiones en el acoplamiento de cada guía alimentadora, se debe tener

$$c = \lambda/4$$

De las ecuaciones anteriores, se obtiene la siguiente igualdad, que es una paradoja

$$d \sin \alpha = c \sin 2\alpha \quad \Rightarrow \quad \cos \alpha = d/(2c)$$

■ Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■ Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■ Planteamiento del Problema

■ Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■ Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

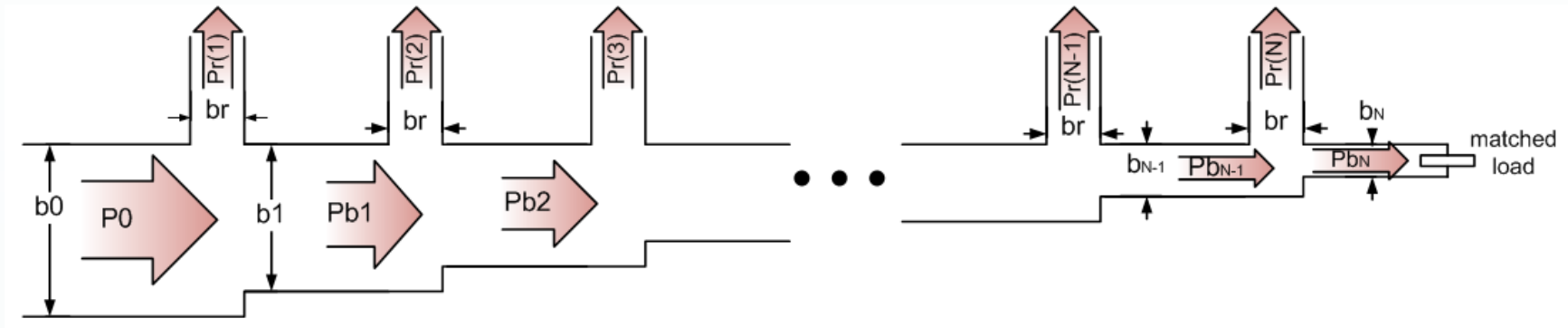
■ Evaluación

- Divisor de Potencia
- Arreglo

■ Conclusiones

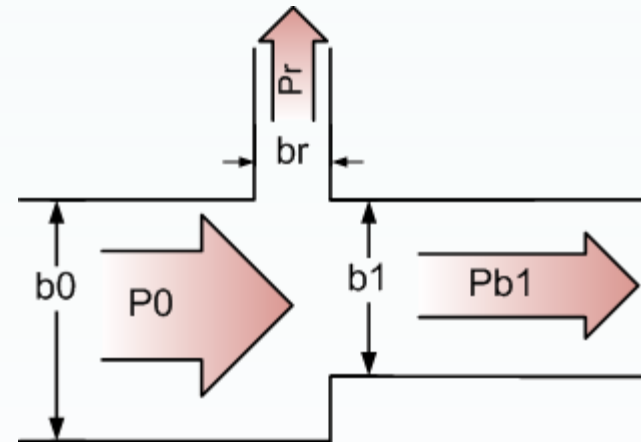
■ Trabajo Futuro

Algoritmos de Cálculo

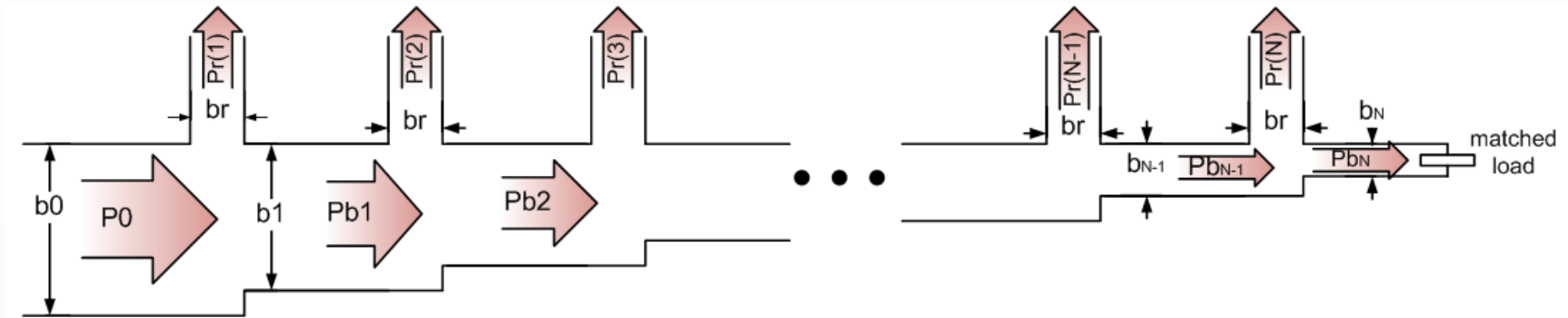


Algoritmo de Razón de Potencias

$$\frac{P_{b1}}{P_r} = \frac{b_1}{b_r}$$



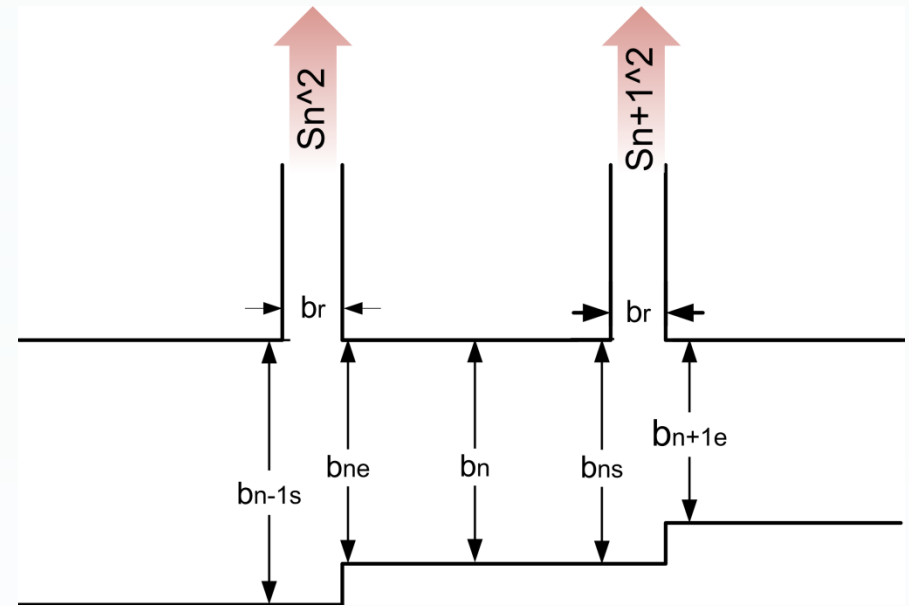
Algoritmos de Cálculo



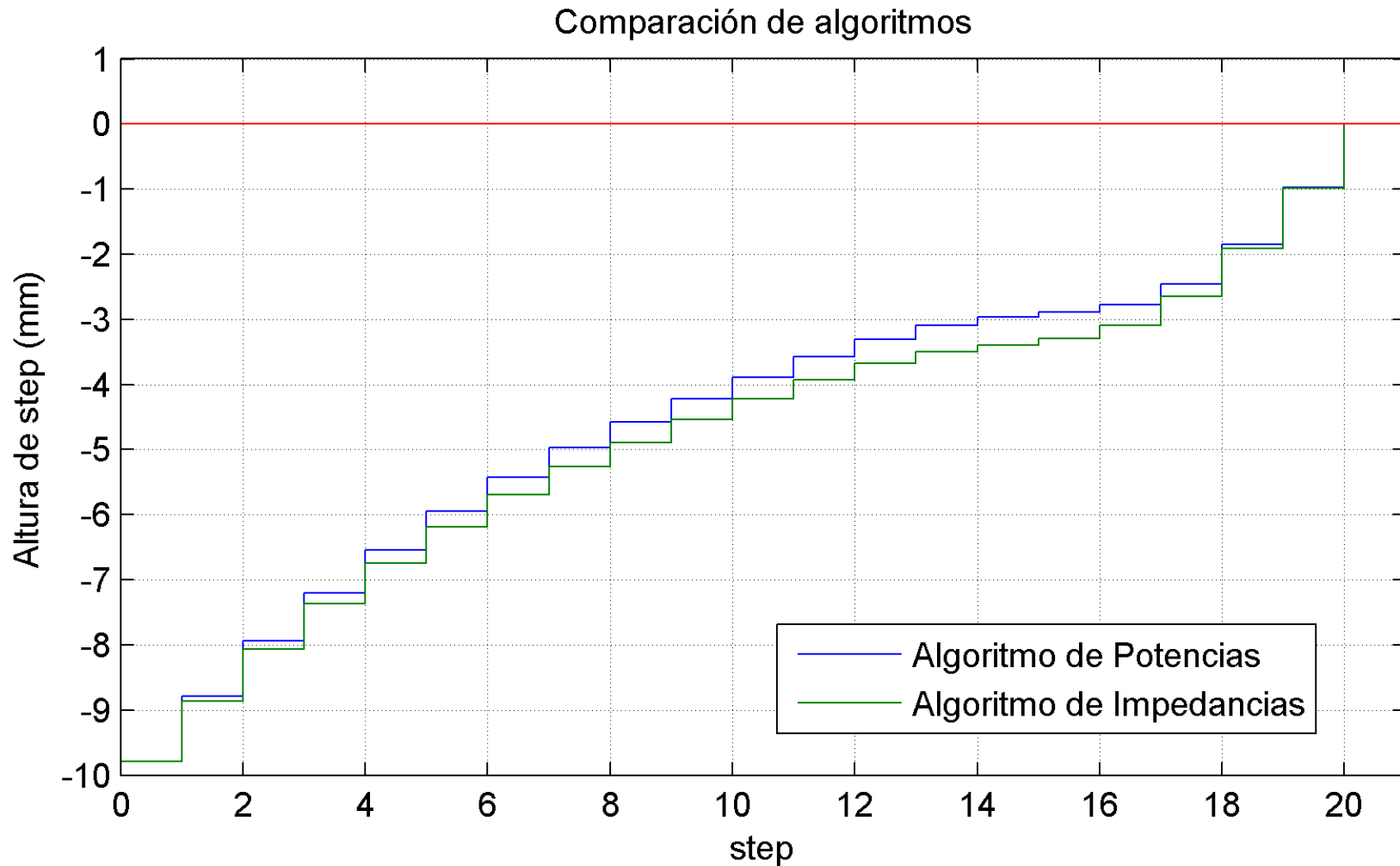
Algoritmo de Impedancias adaptadas

$$S_n^2 = \frac{b_r}{b_{n-1s}}$$

$$b_n = \sqrt{b_{ne} b_{ns}}$$

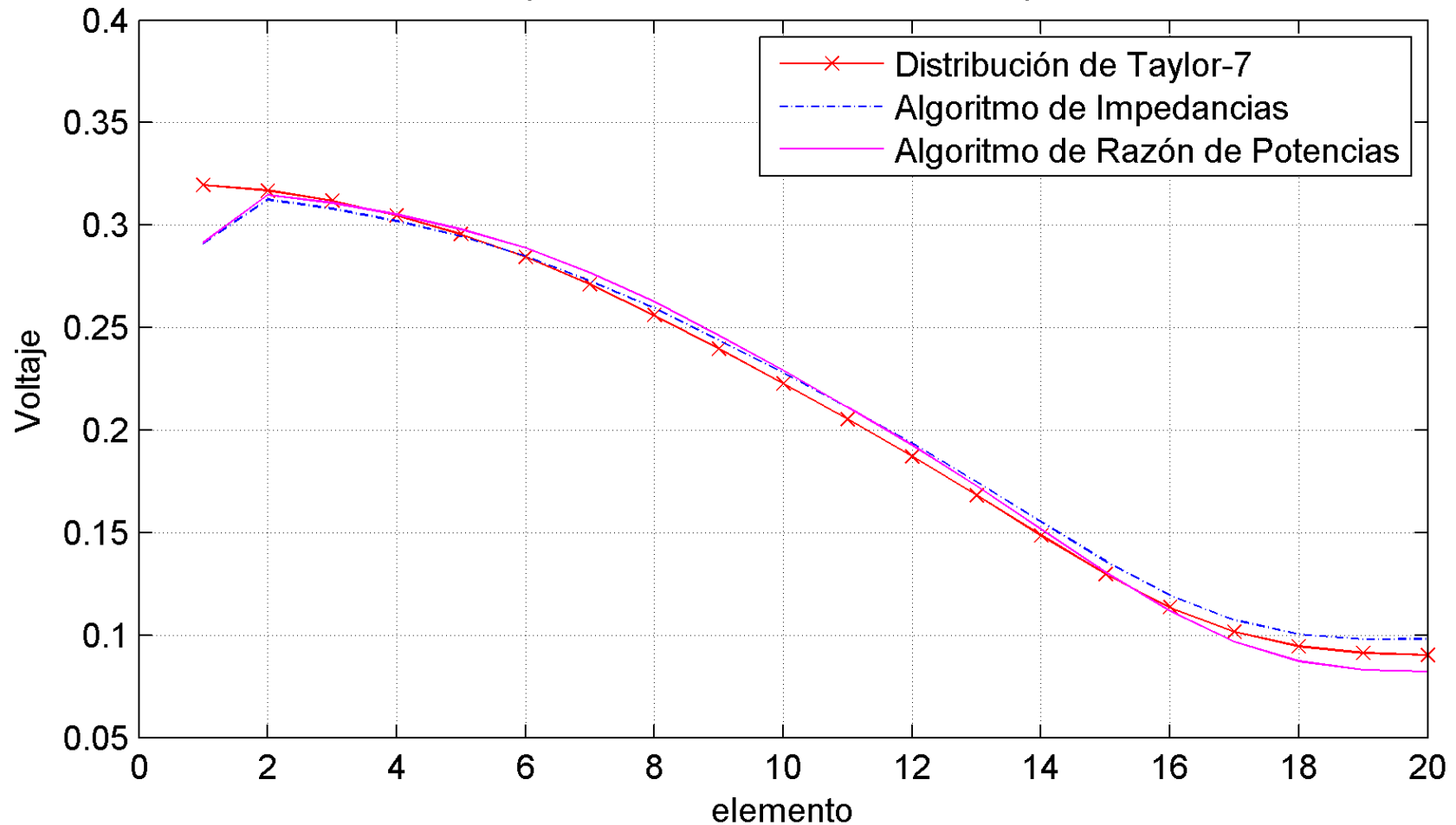


Algoritmos de Cálculo



Algoritmos de Cálculo

Comparación de distribuciones de amplitud.



■Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■Planteamiento del Problema

■Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

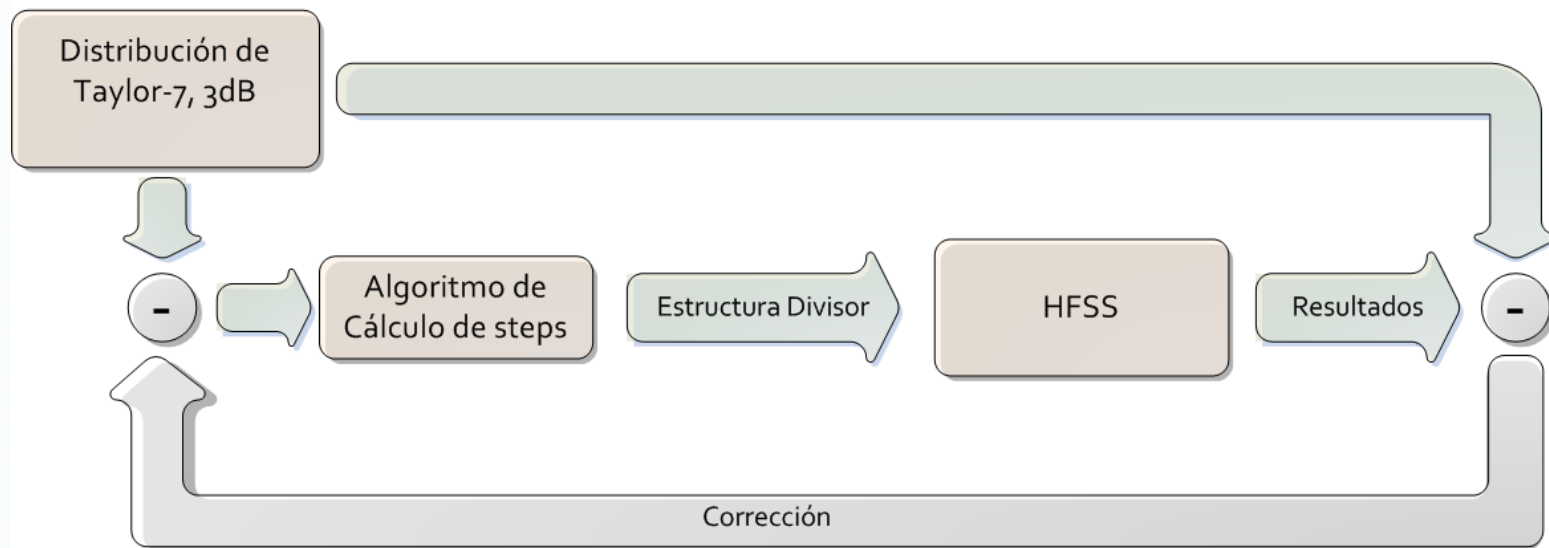
■Evaluación

- Divisor de Potencia
- Arreglo

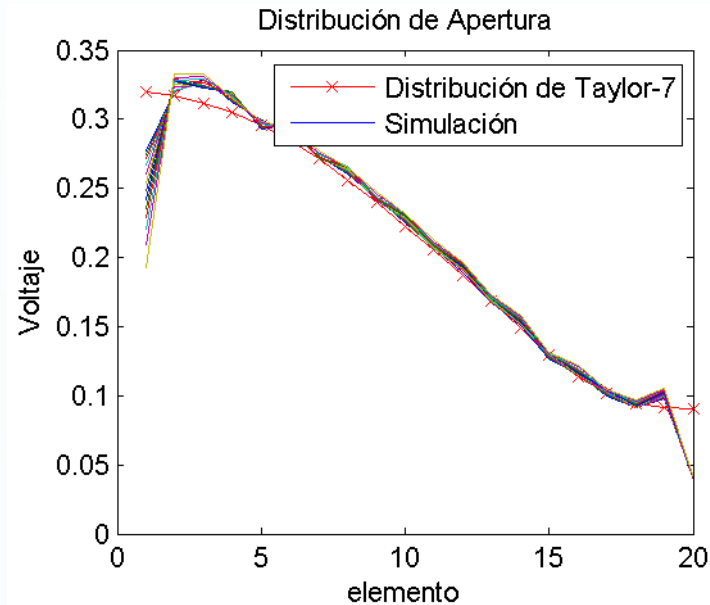
■Conclusiones

■Trabajo Futuro

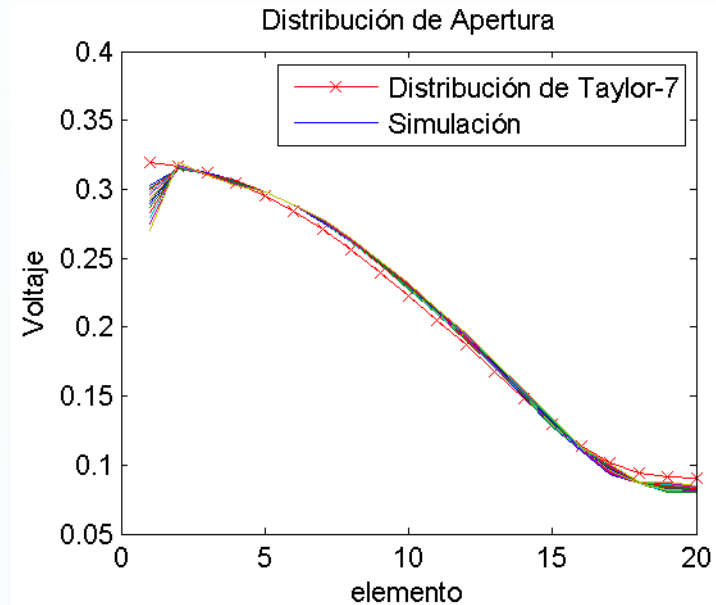
Corrección retroalimentada



Corrección retroalimentada



Algoritmo de Razón de Potencias
3era iteración



Algoritmo de Impedancias Adaptadas
3era iteración

	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	
Iteración	Algoritmo de Potencias	Algoritmo de Impedancias
1	0.008737	0.008912
2	0.008175	0.002844
3	0.022133	0.001979

■Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■Planteamiento del Problema

■Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

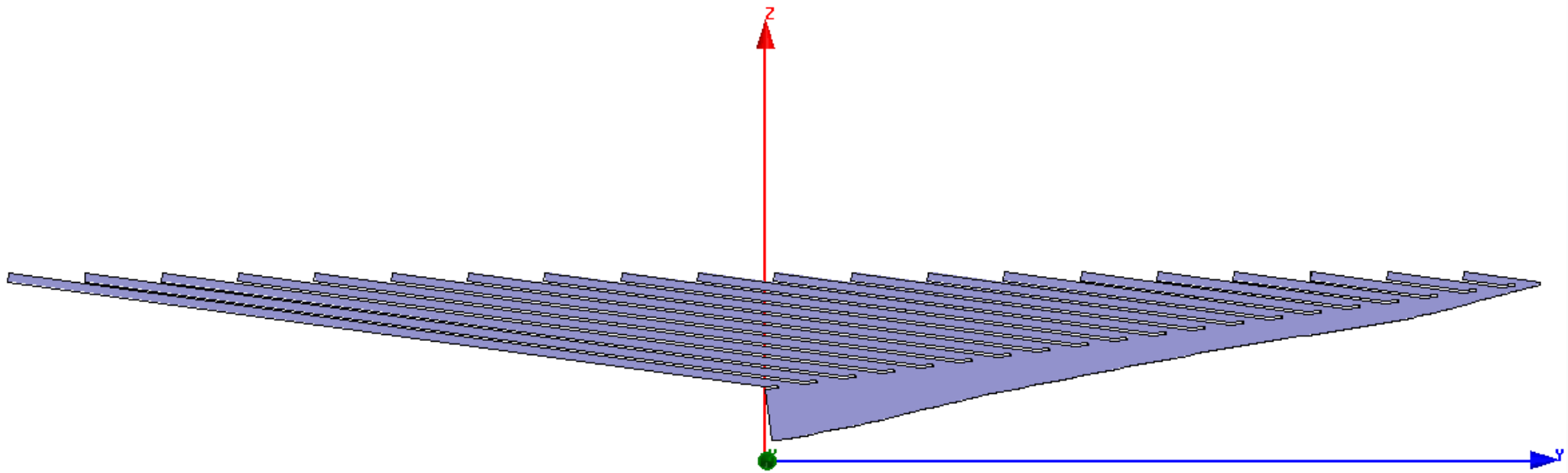
■Evaluación

- Divisor de Potencia
- Arreglo

■Conclusiones

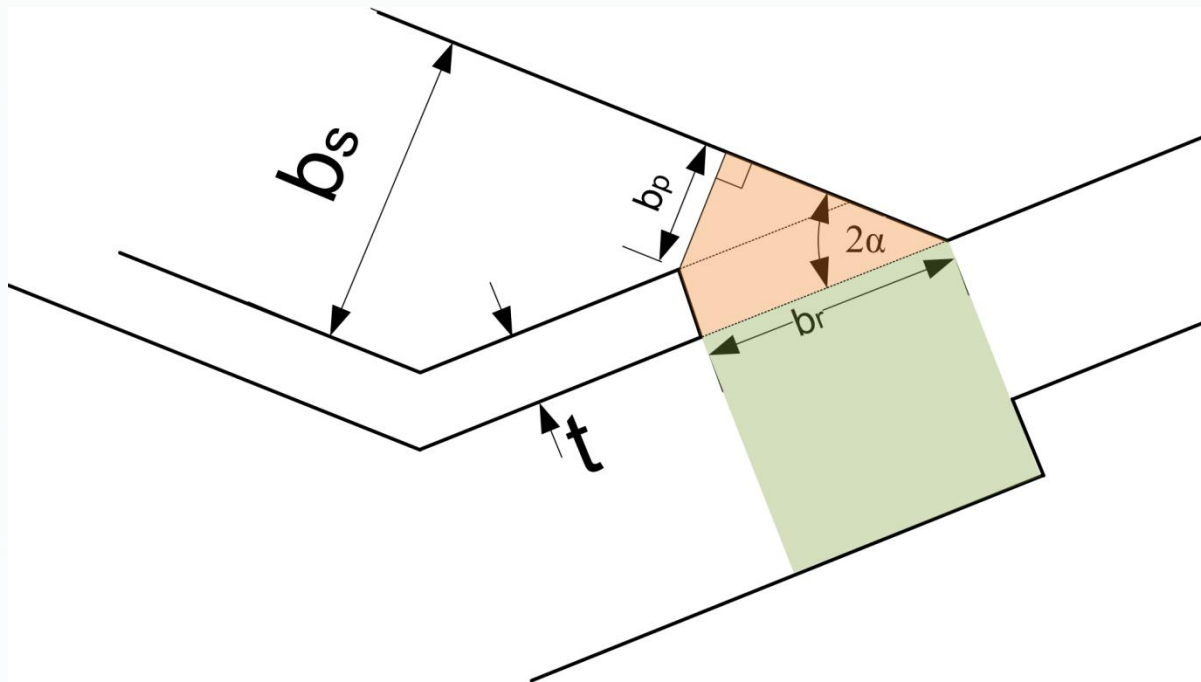
■Trabajo Futuro

Divisor Inclinado

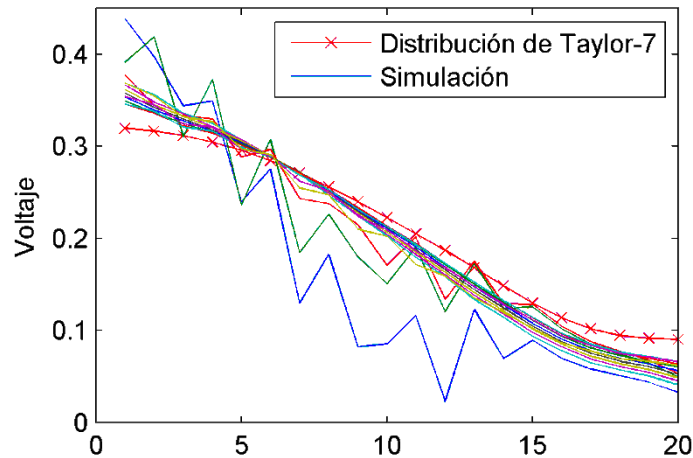


Divisor Inclinado

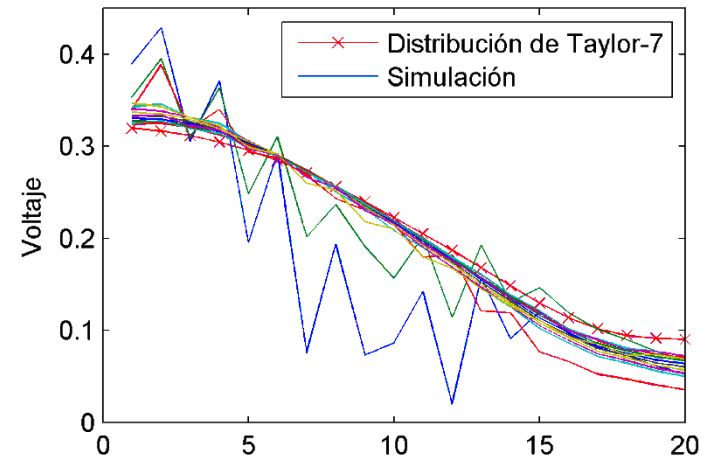
$$b_p = b_r \sin 2\alpha - t \cos 2\alpha$$



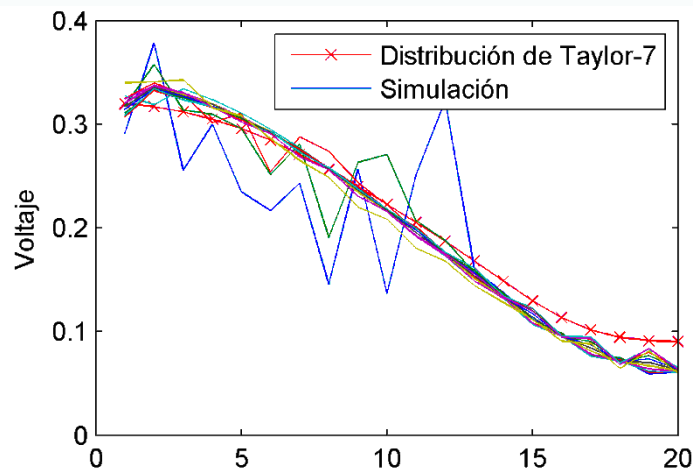
Divisor Inclinado



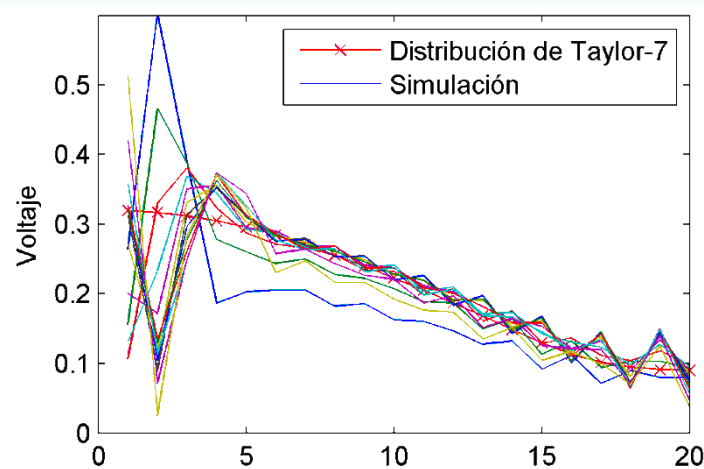
br = 3mm. Error = 0.035104



br = 3.25mm. Error = 0.032184

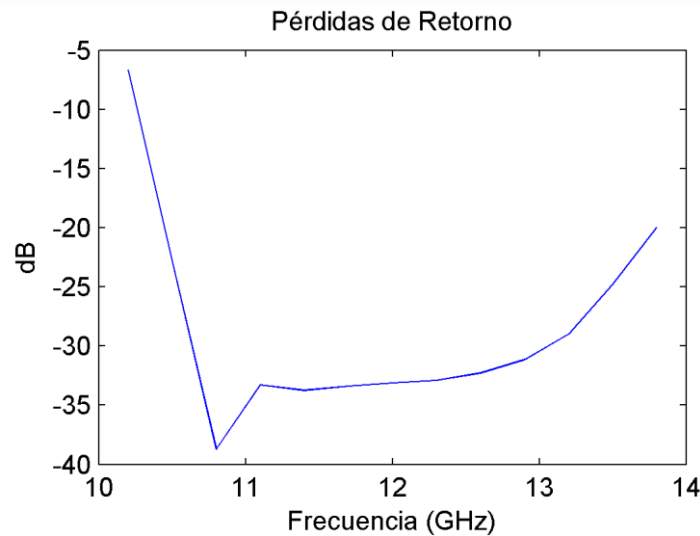


br = 4.20mm. Error = 0.022122

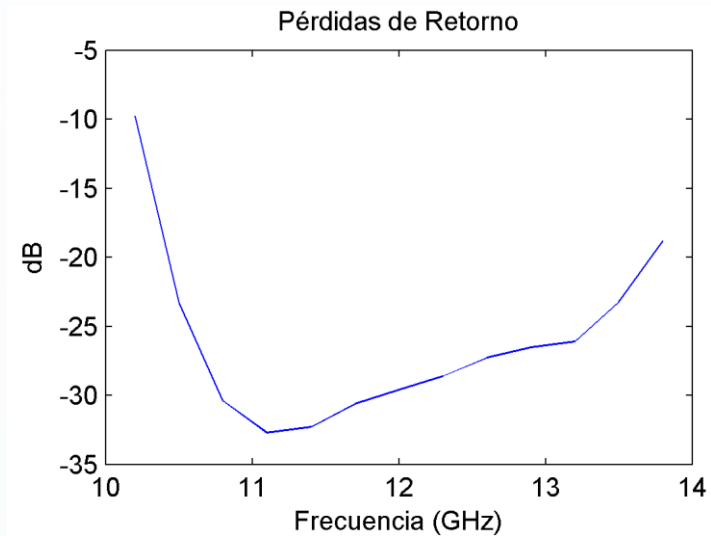


br = c = 6.25mm. Error = 0.059271

Divisor Inclinado



$b_r = 3.25\text{mm}$.



$b_r = 4.20\text{mm}$.

En el rango de frecuencias 10.8GHz-12.9GHz, el error de la distribución de amplitud

	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	
Iteración	Tamaño puerta $b_r = 3.25\text{mm}$	Tamaño puerta $b_r = 4.20\text{mm}$
1	0.015508	0.014526
2	0.006143	0.006306
3	0.005361	0.005830
4	0.005389	0.005440
5	0.005328	0.005093

■Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■Planteamiento del Problema

■Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

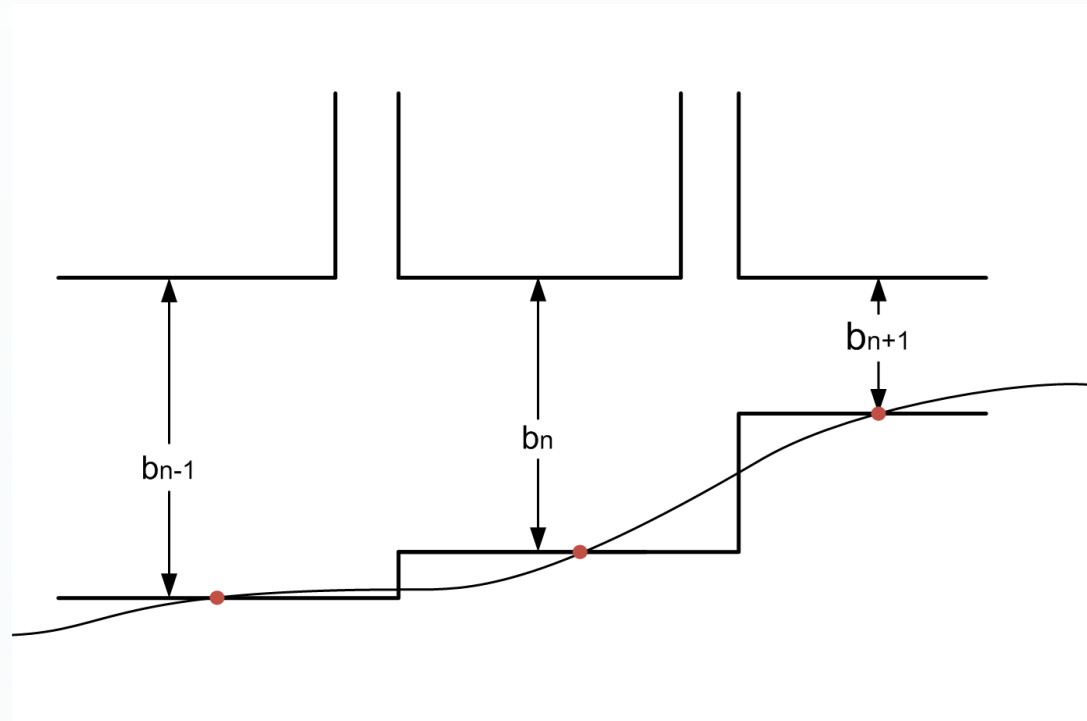
■Evaluación

- Divisor de Potencia
- Arreglo

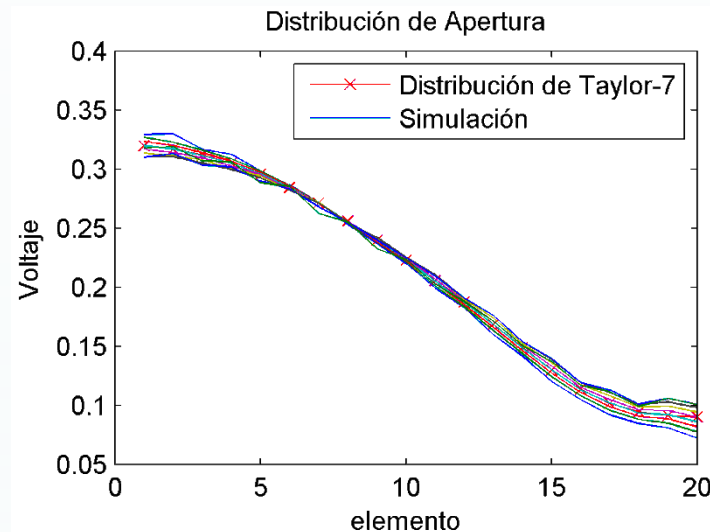
■Conclusiones

■Trabajo Futuro

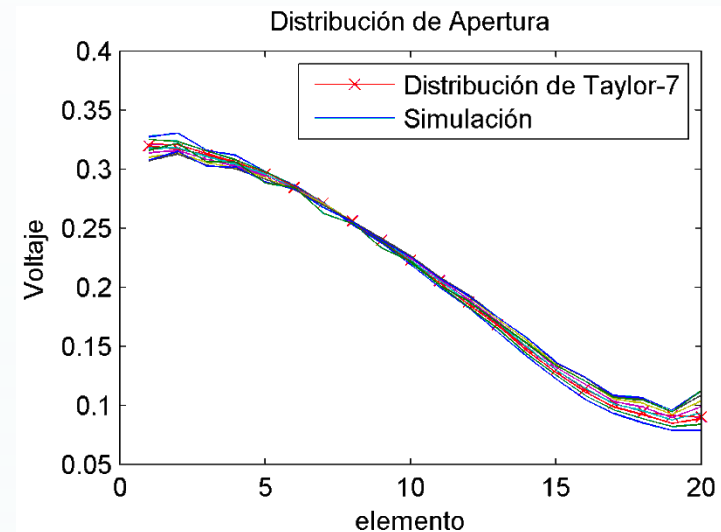
Escalones suavizados



Escalones suavizados

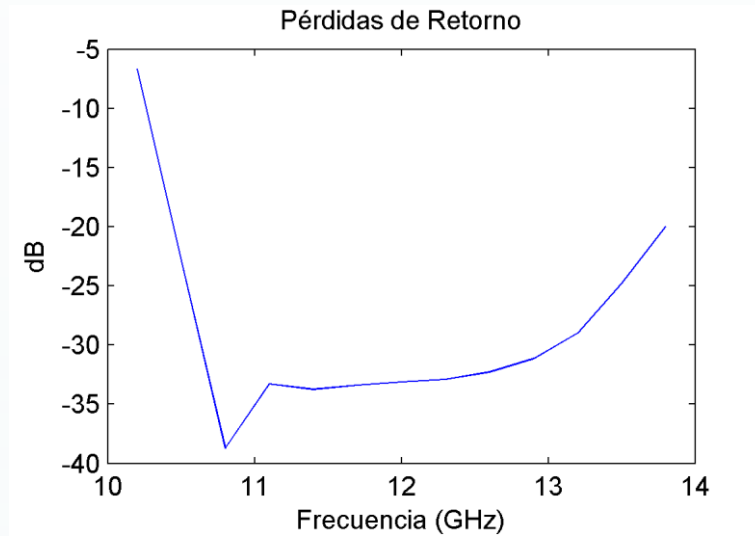


Estructura con escalones.
ERROR=0.005328

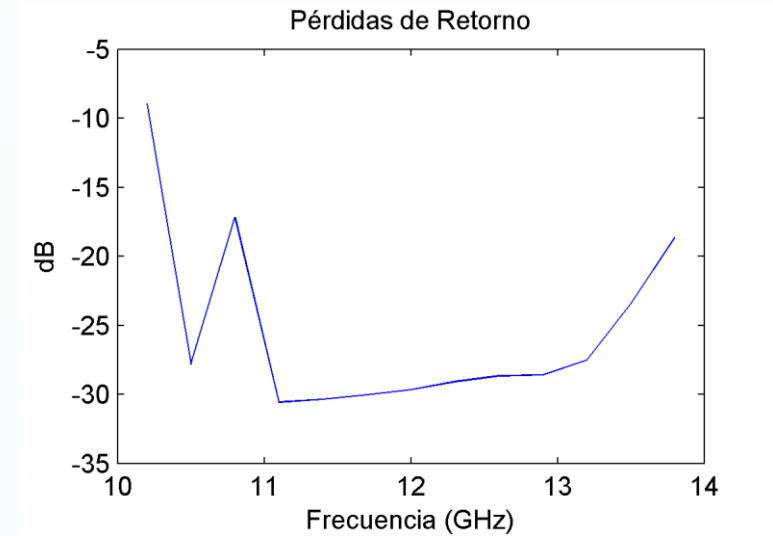


Estructura con curva.
ERROR=0.005674

Escalones suavizados



Estructura con escalones.



Estructura con curva.

■Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■Planteamiento del Problema

■Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

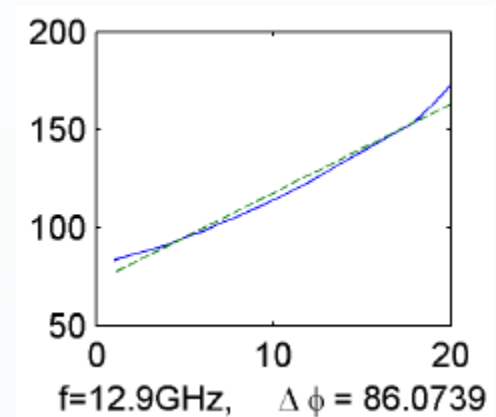
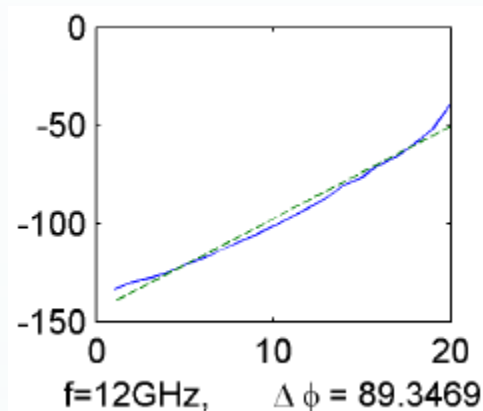
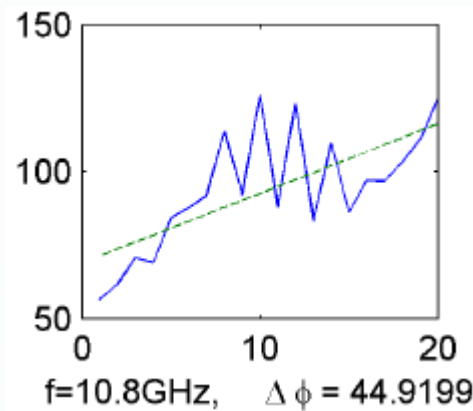
■Evaluación

- Divisor de Potencia
- Arreglo

■Conclusiones

■Trabajo Futuro

Uniformidad de Fase



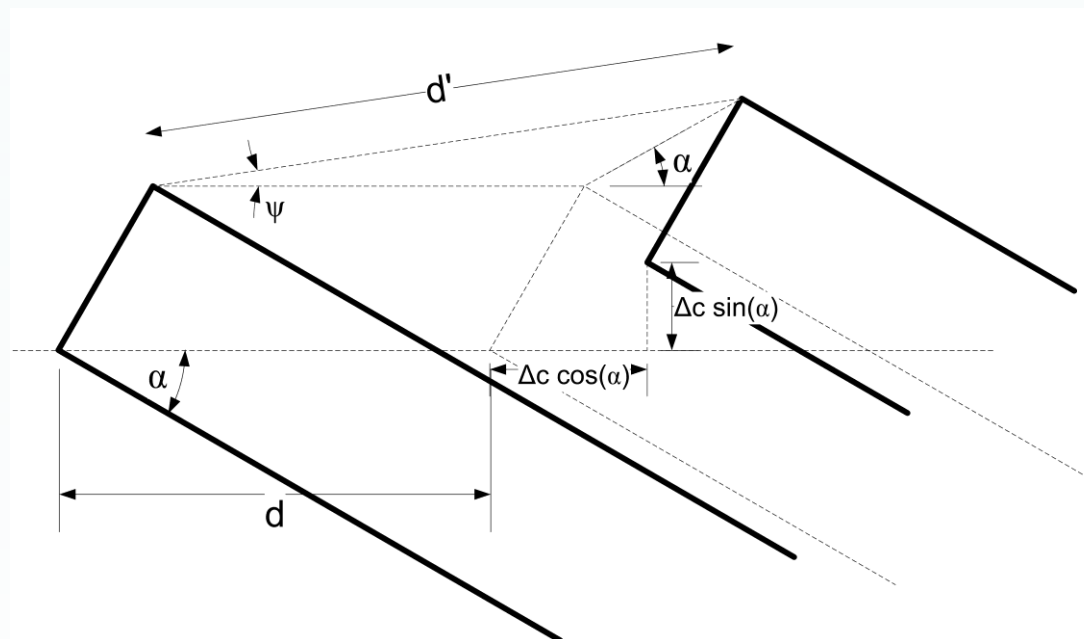
	DESFASE PROMEDIO ENTRE EXTREMOS	
b_r	Divisor inclinado con escalones	Divisor Inclinado suavizado
3.25mm	82.80°	95.93°
4.20mm	41.65°	54.52°

Uniformidad de Fase

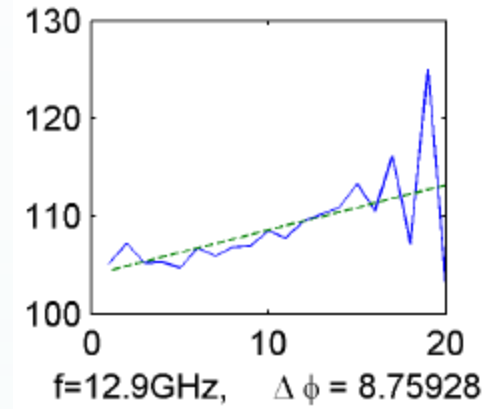
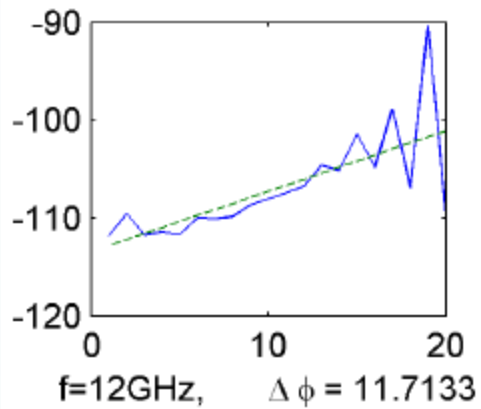
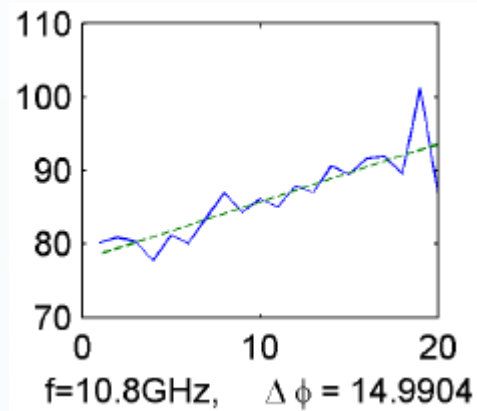
Para solucionar el problema de la no uniformidad de fase, se decide extender la distancia entre los escalones, es decir $c > \lambda / 4$

Este valor se mantiene con el fin de poder cancelar en forma caótica las reflexiones en cada step. Aumentar su longitud podría repercutir en mayores reflexiones.

Variar esta distancia lograra aumentar el retardo de los elementos mas lejanos, y al mismo tiempo aumentara la distancia entre los radiadores.



Uniformidad de Fase



■ Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■ Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■ Planteamiento del Problema

■ Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■ Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

■ Evaluación

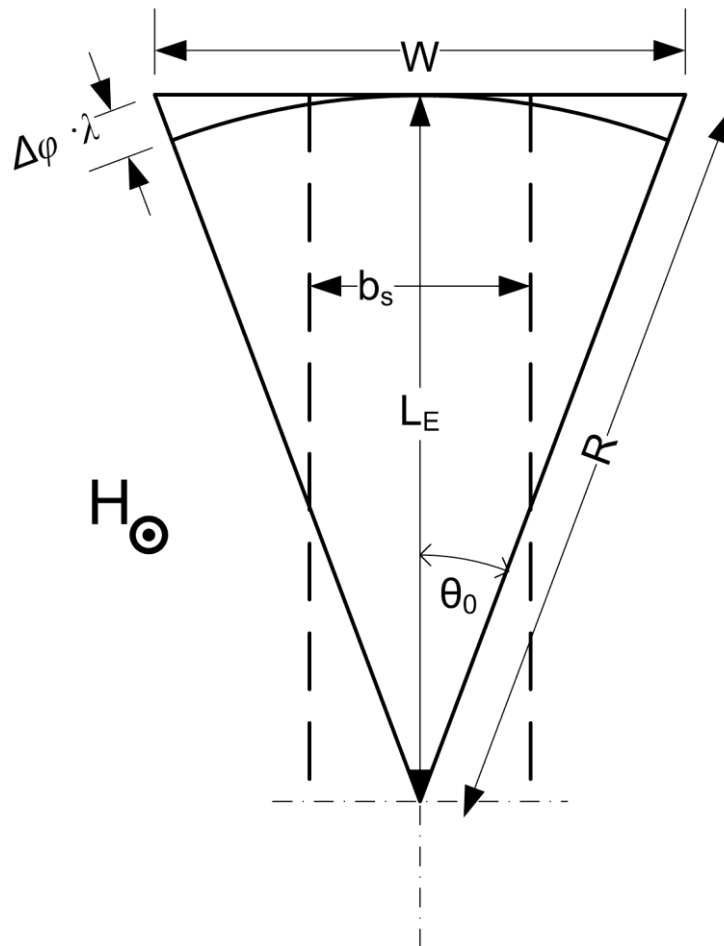
- Divisor de Potencia
- Arreglo

■ Conclusiones

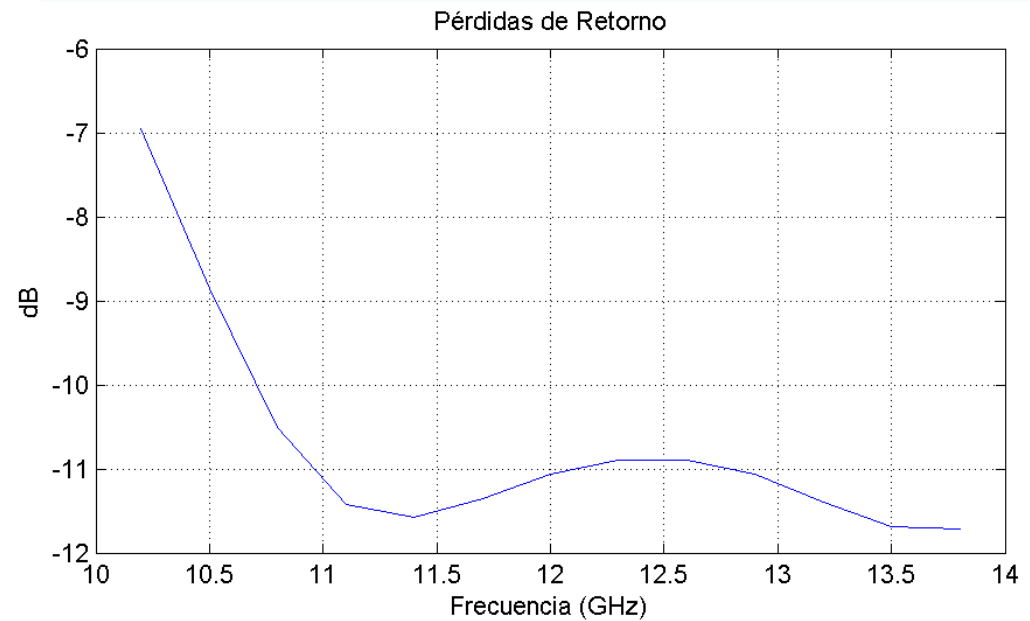
■ Trabajo Futuro

Diseño Horn

Plano E

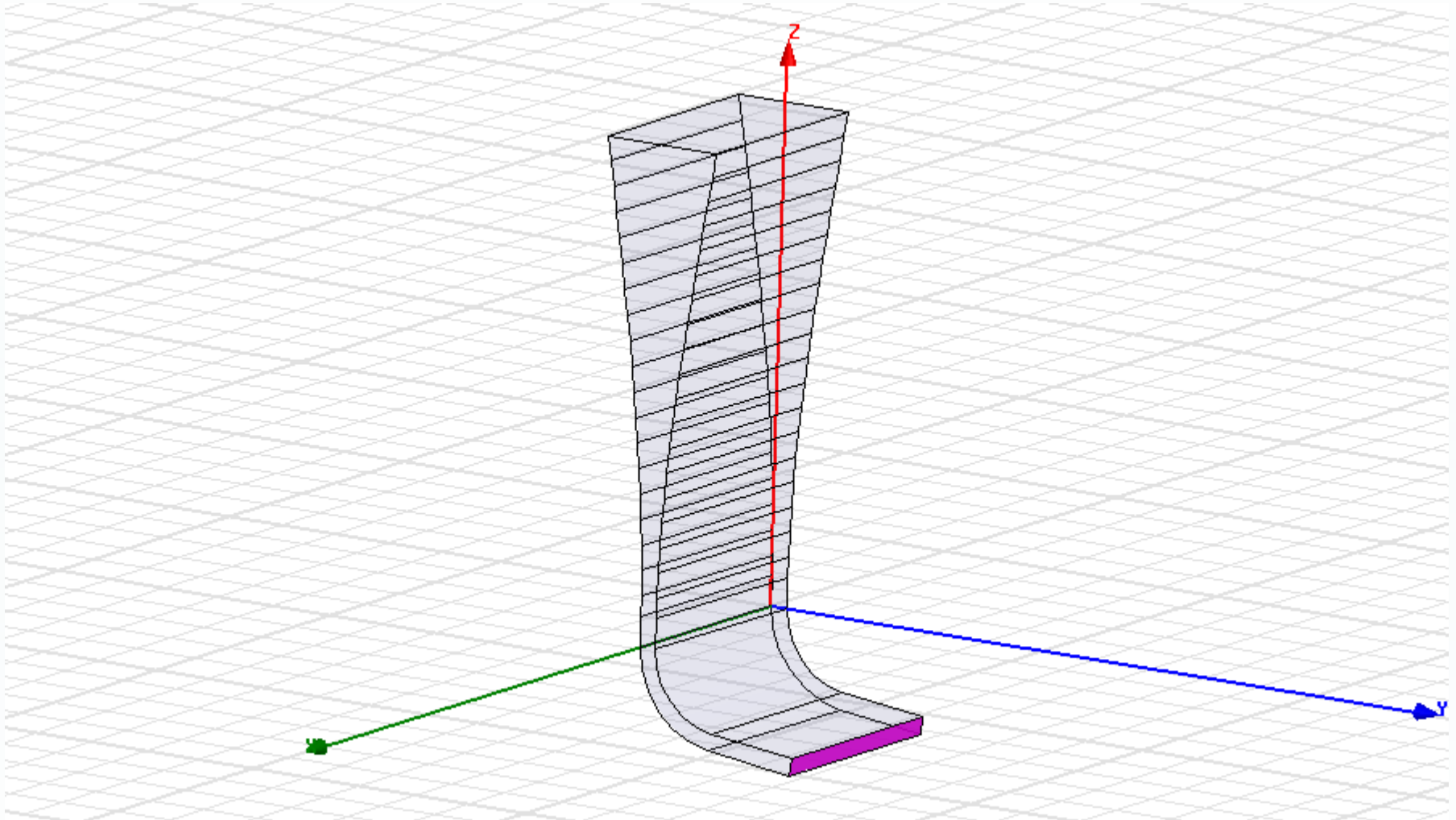


$$W = 1\text{cm}, L_E = 2\text{cm}$$



Diseño Horn

Suavizado de la Antena Horn



■ Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■ Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■ Planteamiento del Problema

■ Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■ Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

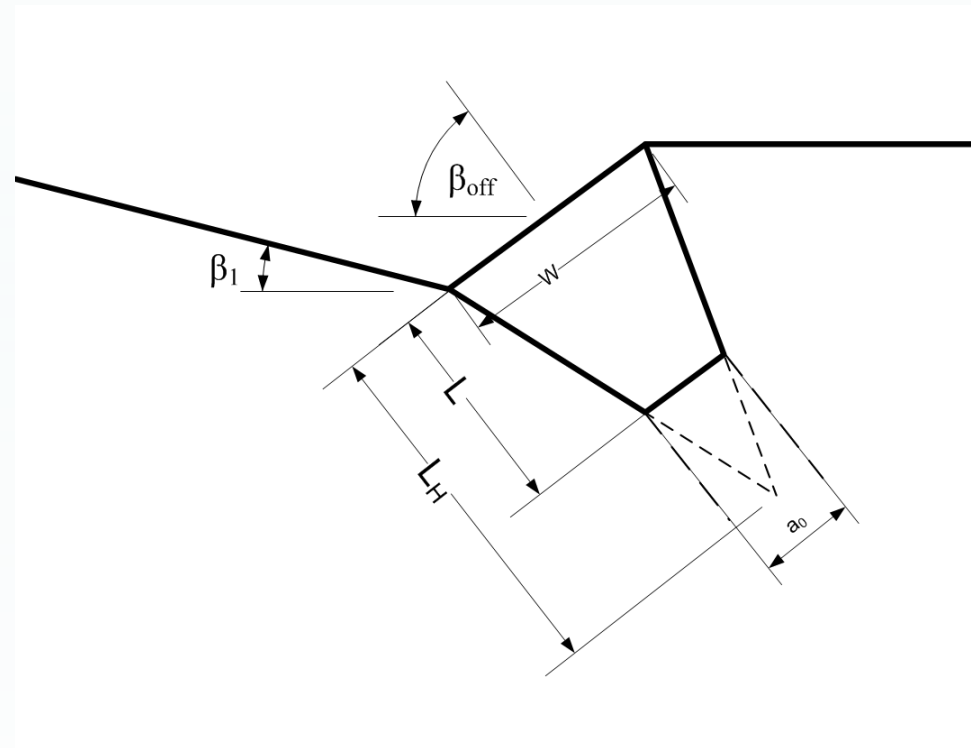
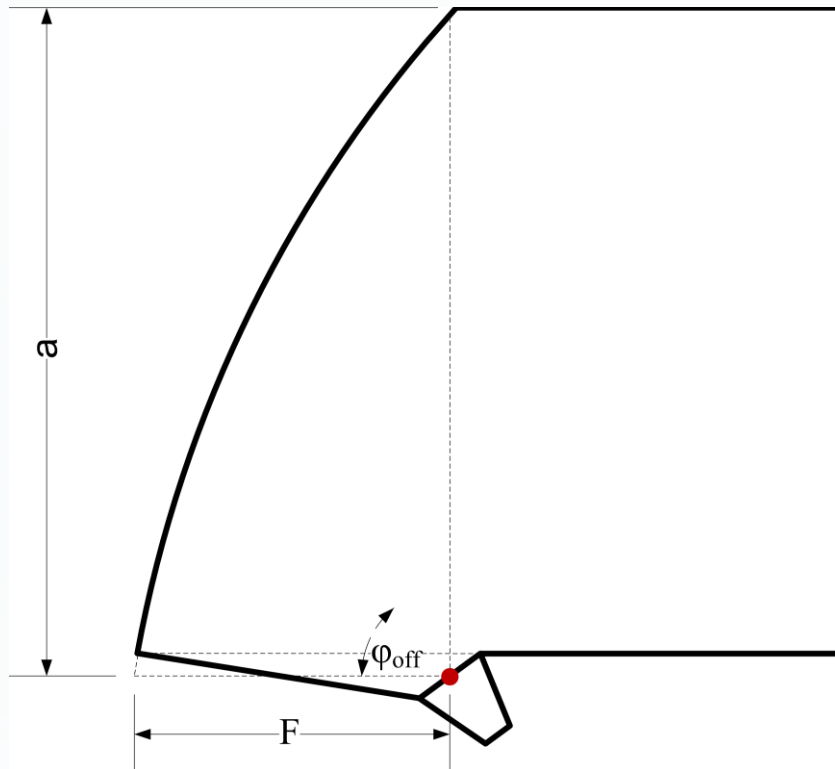
■ Evaluación

- Divisor de Potencia
- Arreglo

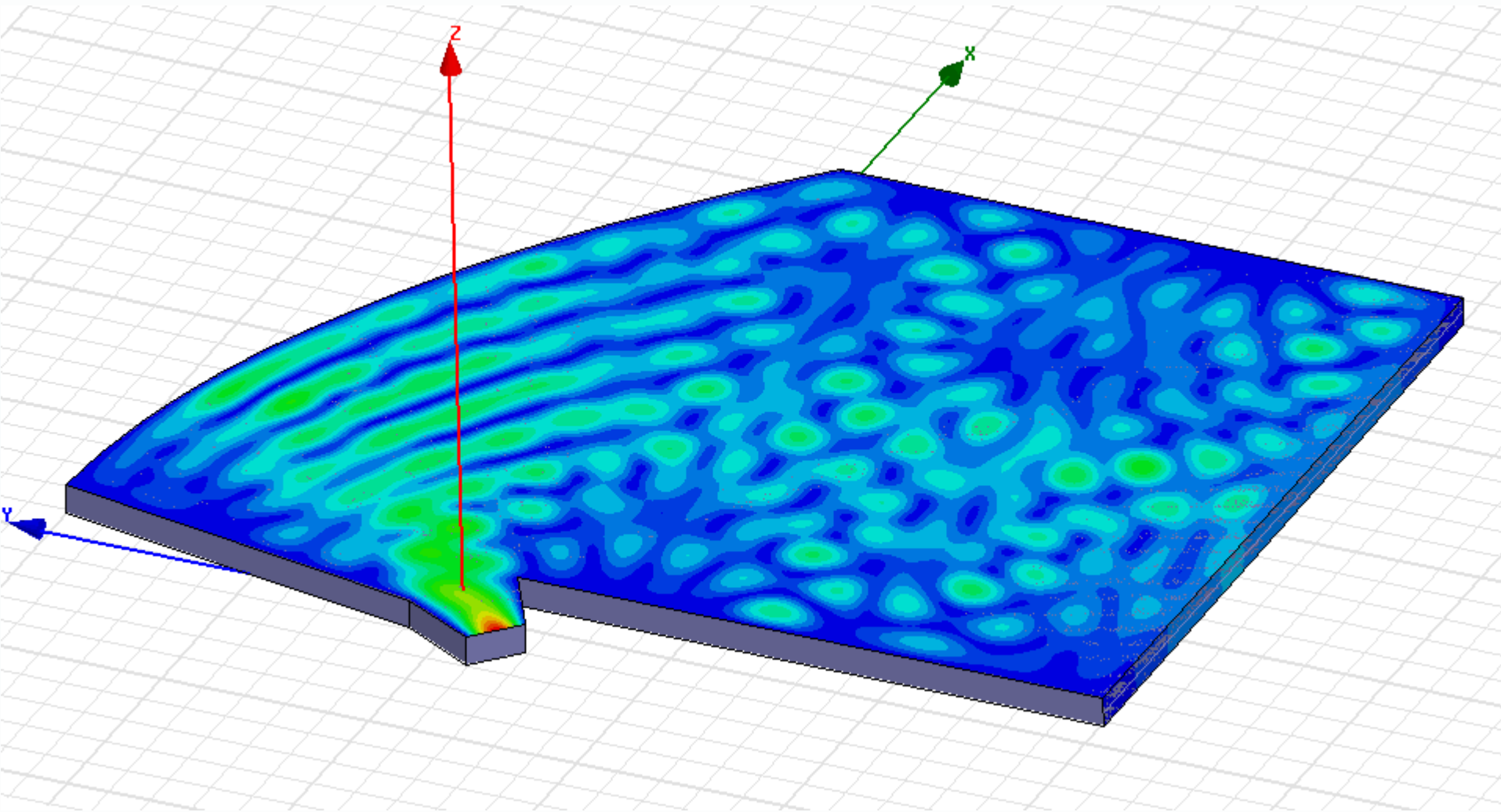
■ Conclusiones

■ Trabajo Futuro

Diseño Pillbox



Diseño Pillbox



■Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■Planteamiento del Problema

■Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

■Evaluación

- Divisor de Potencia
- Arreglo

■Conclusiones

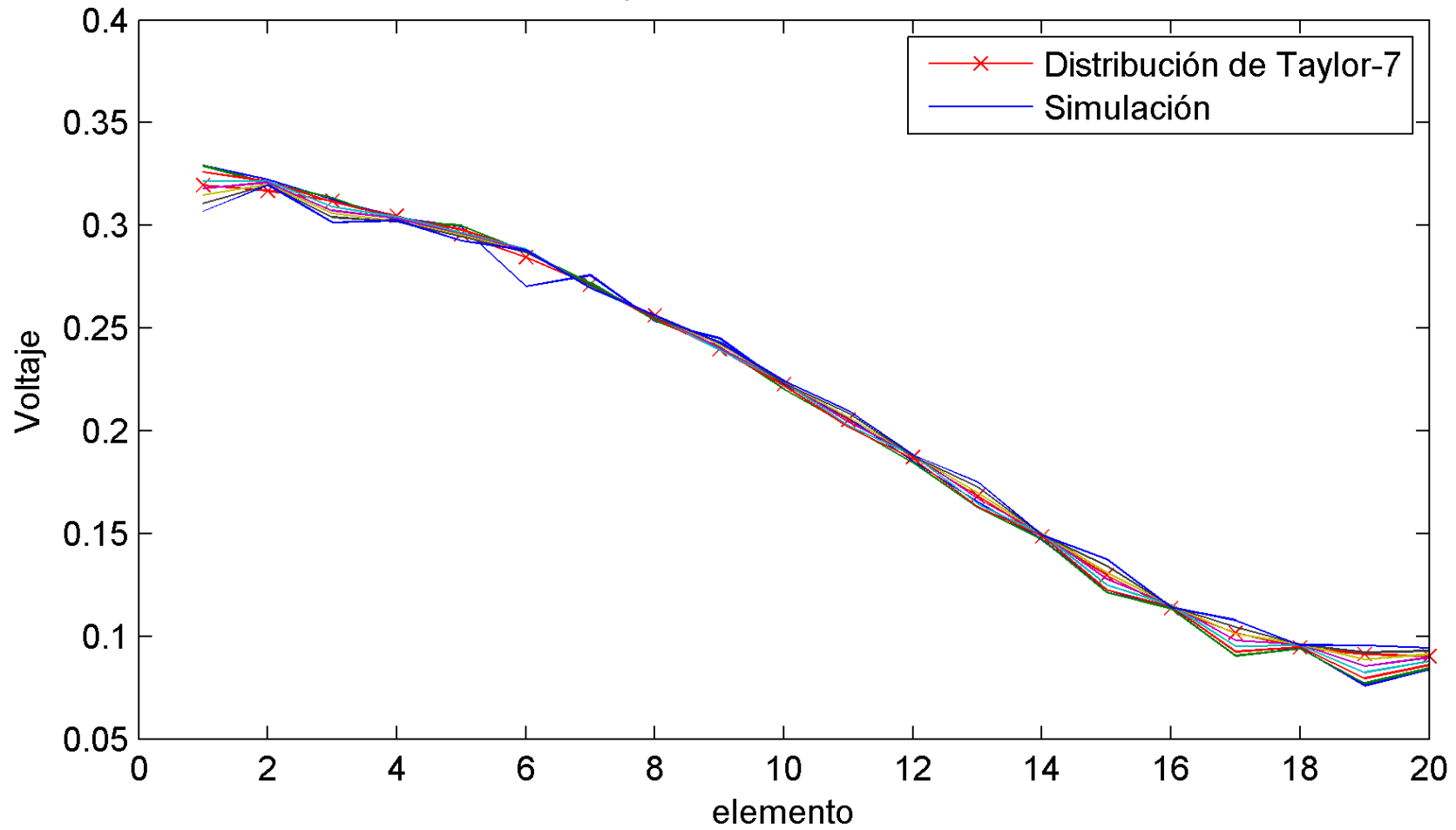
■Trabajo Futuro

Divisor de Potencia

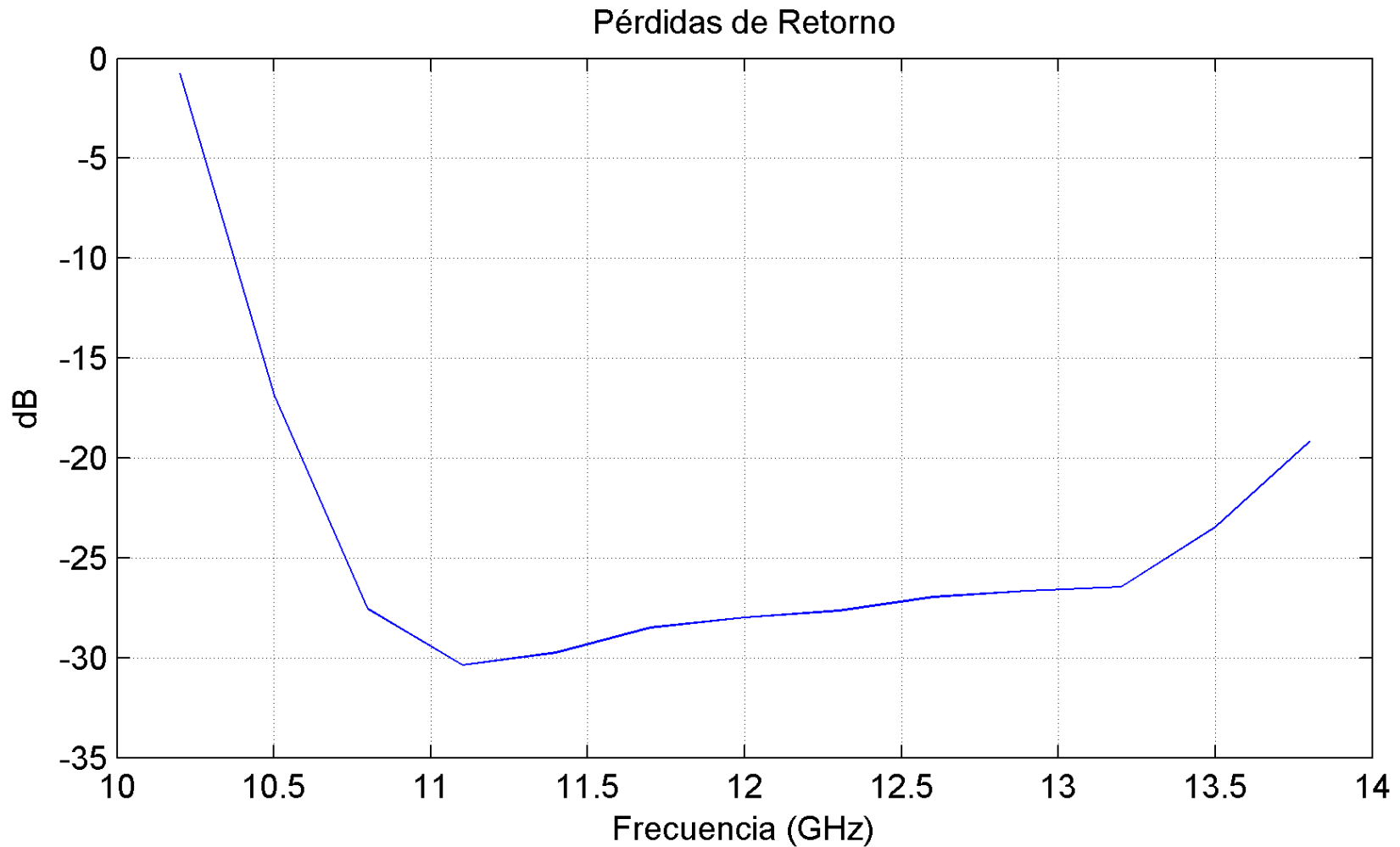
Parámetros de la estructura		Parámetros de los escalones			
Constante	Valor	Constante	Valor	Constante	Valor
f	12 GHz	b_1	8.13804mm	b_{10}	4.12175mm
λ_0	2.5 cm	b_2	7.76870mm	b_{11}	3.82378mm
a	20cm	b_3	7.11895mm	b_{12}	3.61933mm
c	6.25 mm	b_4	6.51254mm	b_{13}	3.44533mm
Δc	0.152229 mm	b_5	5.90736mm	b_{14}	3.37305mm
c'	6.402229 mm	b_6	5.52809mm	b_{15}	3.21629mm
T	3 mm	b_7	5.13607mm	b_{16}	2.96144mm
t	0.3 mm	b_8	4.75687mm	b_{17}	2.39498mm
b_s	1.4 mm	b_9	4.41385mm	b_{18}	1.57993mm
α	7.891657°	b_{10}	4.12175mm	b_{19}	0.781314mm
d	12.381618mm	B	8.49587mm	b_{20}	0 mm
ψ	0.095556°				
d'	12.532423 mm				

Divisor de Potencia

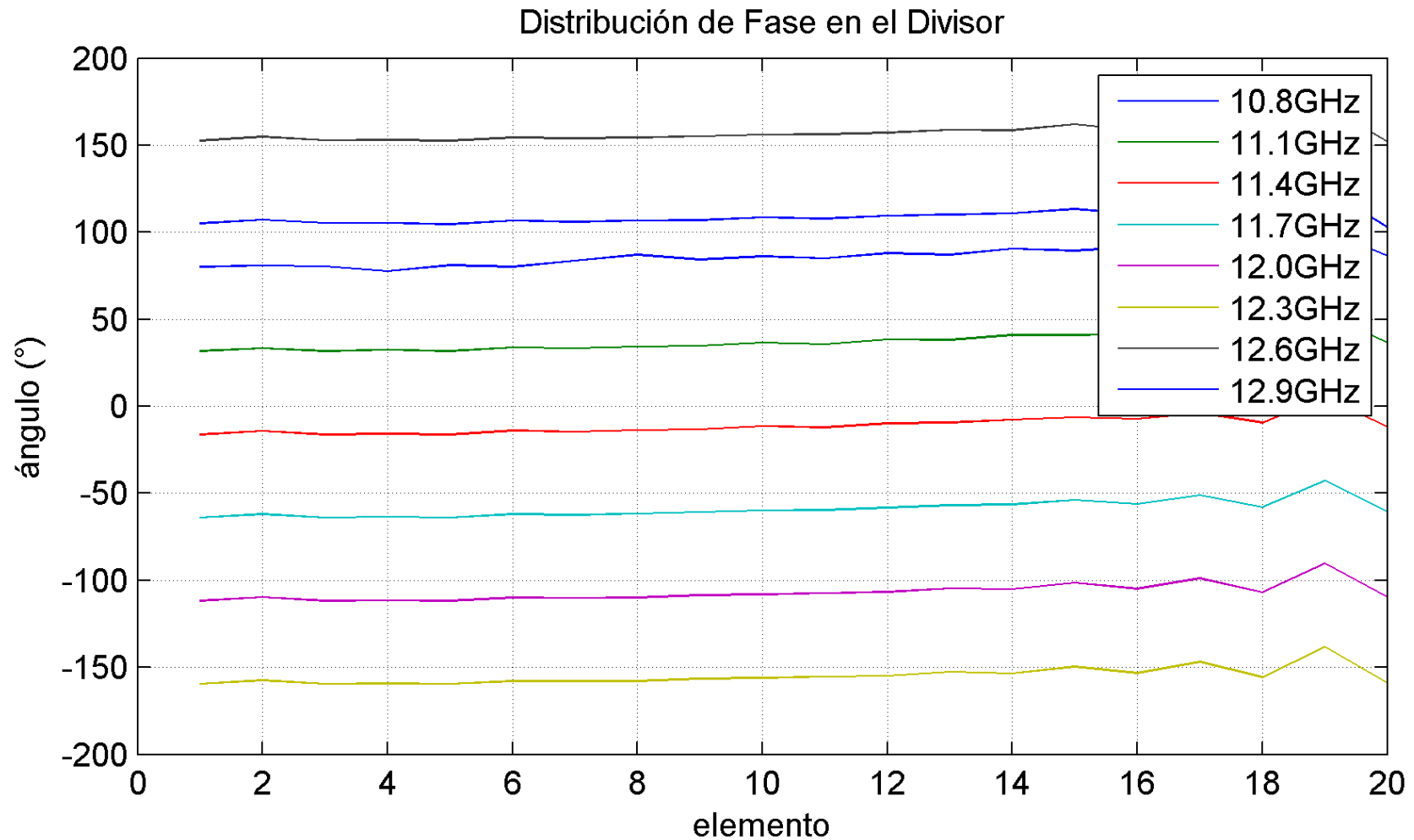
Distribución de Apertura, frecuencia 10.8GHz-12.9GHz



Divisor de Potencia



Divisor de Potencia



Divisor de Potencia

Tabla de Resultados del Divisor de Potencia, en rango 10.8GHz-12.9GHz

Criterio	Valor
Error Cuadrático Medio respecto de Dist. Taylor	0.0044196
Pérdidas de Retorno mínimo	26.6dB
Pérdidas de Retorno máximo	30.37dB
Promedio de desfase entre extremos	11.894191°

■Introducción

- Broadcasting Satelital

- Los arreglos de Antenas

■Herramientas

- Squintless feed technique

- Distribución de Apertura

■Planteamiento del Problema

■Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General

- Algoritmos de Cálculo

- Corrección Retroalimentada

- Divisor Inclinado

- Escalones suavizados

- Uniformidad de Fase

■Diseño de otros componentes

- Radiador

- Reflector Pillbox

■Evaluación

- Divisor de Potencia

- Arreglo

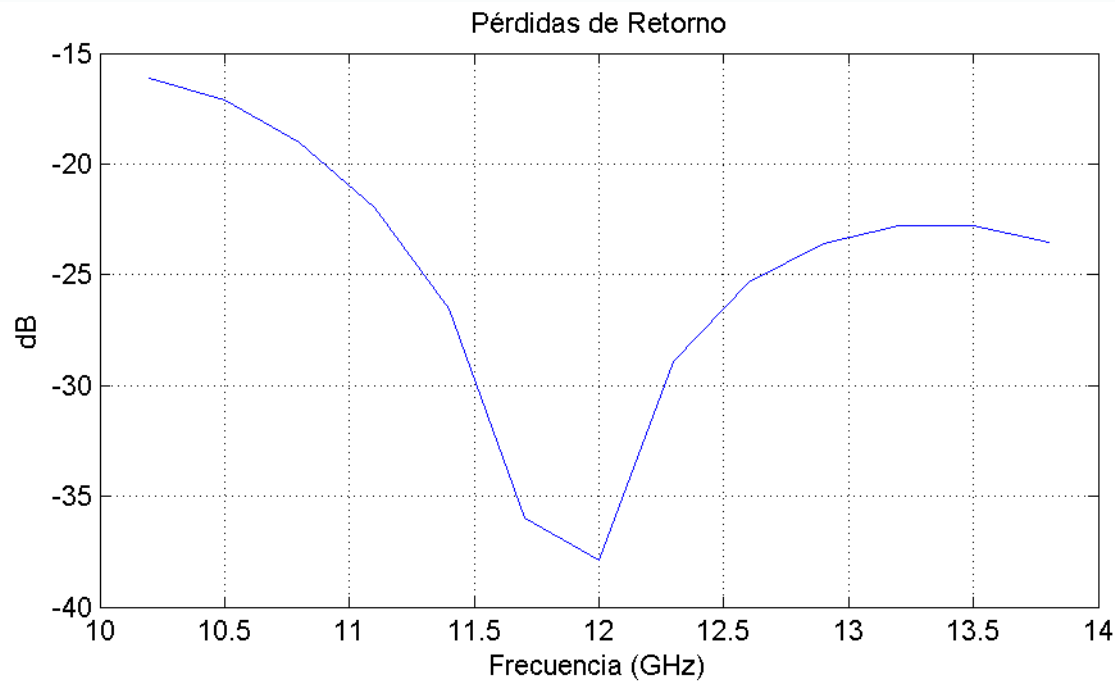
■Conclusiones

■Trabajo Futuro

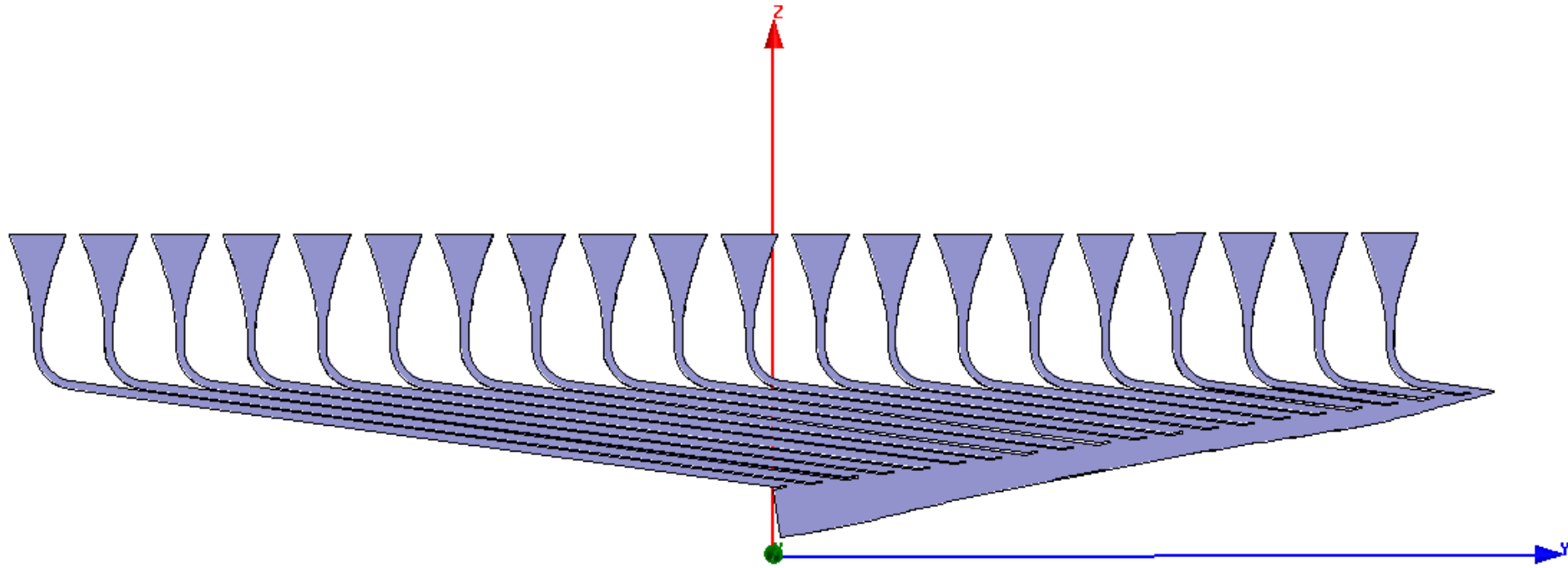
Antena Horn

Tabla de Resultados del Divisor de Potencia, en rango 10.8GHz-12.9GHz

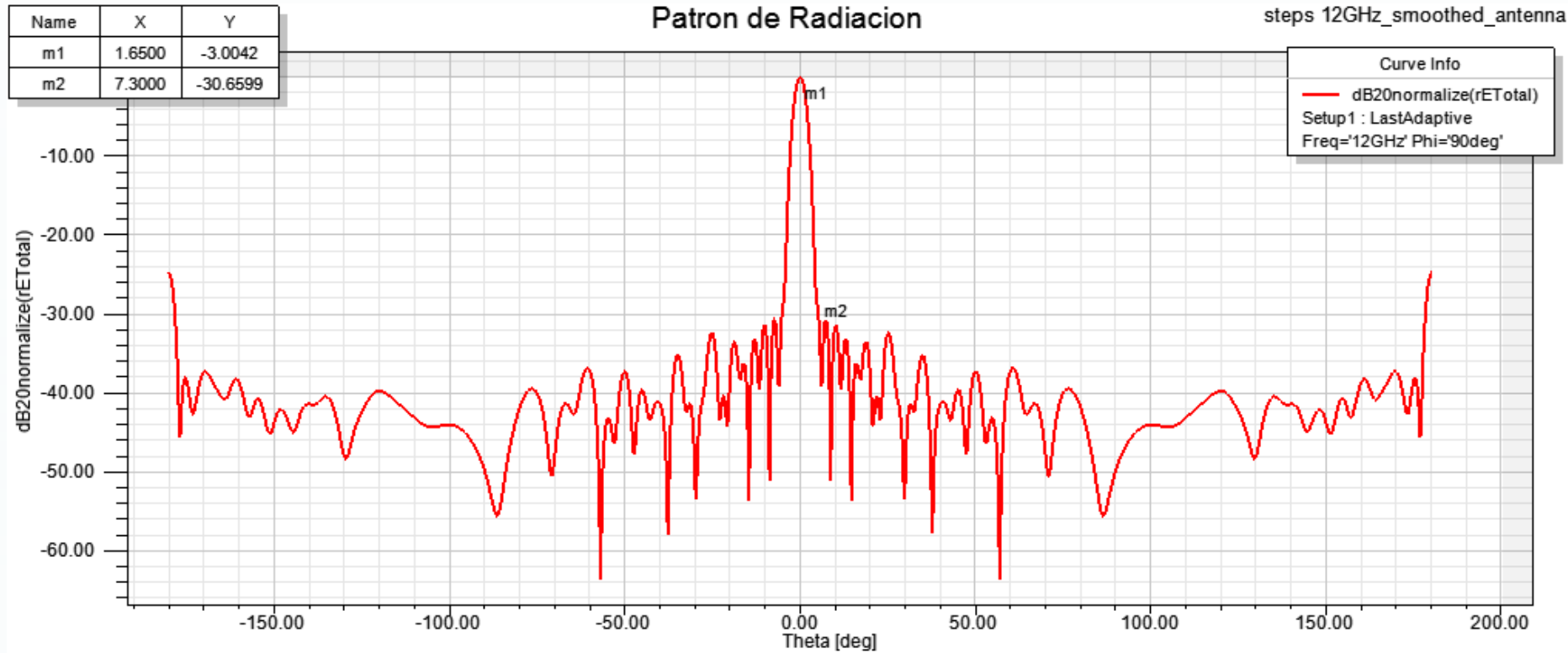
Parámetro	Símbolo	Valor
Ancho de la apertura	W	1cm
Alto del cuello	LE	4cm
Ancho guía alimentadora	bs	1.4mm



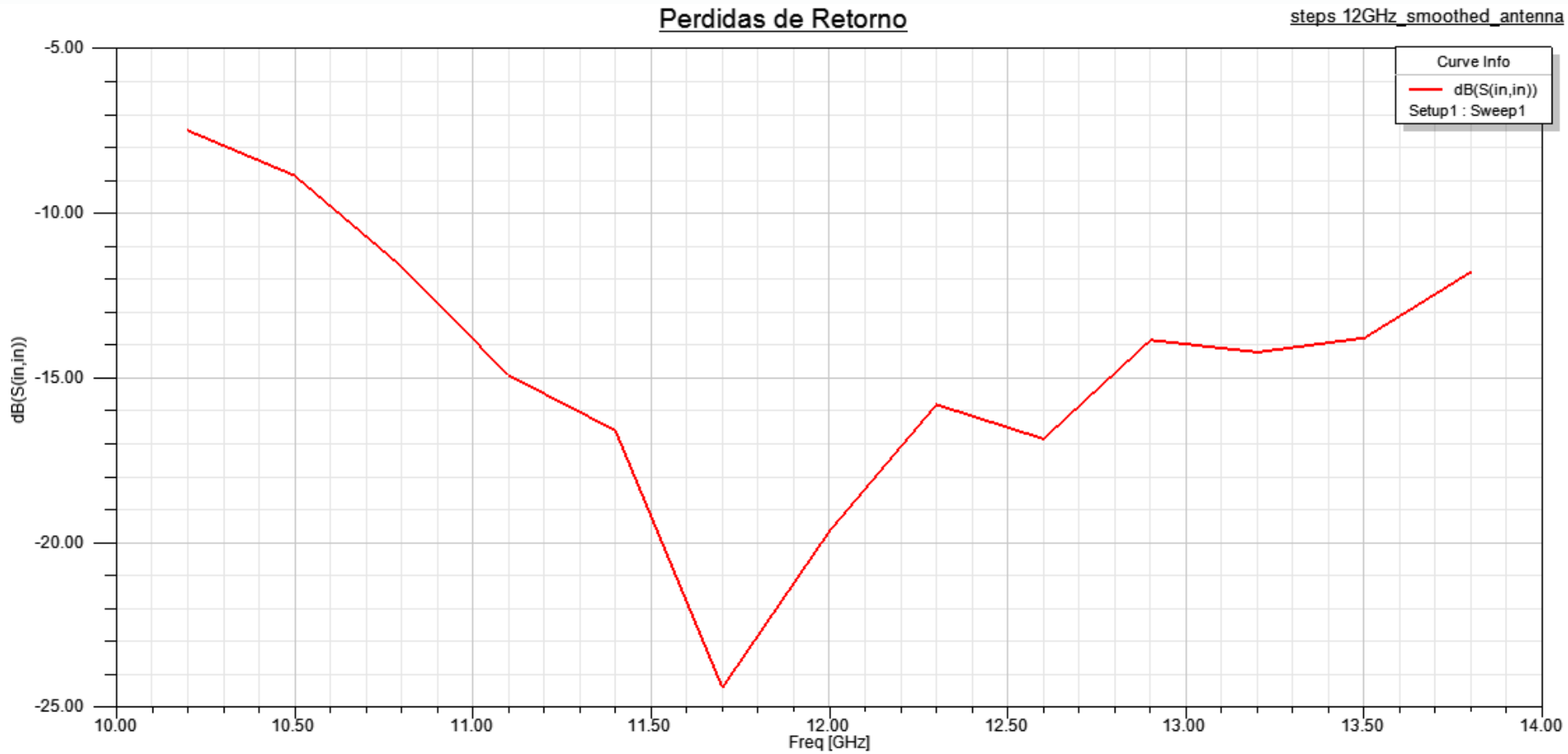
Arreglo Completo



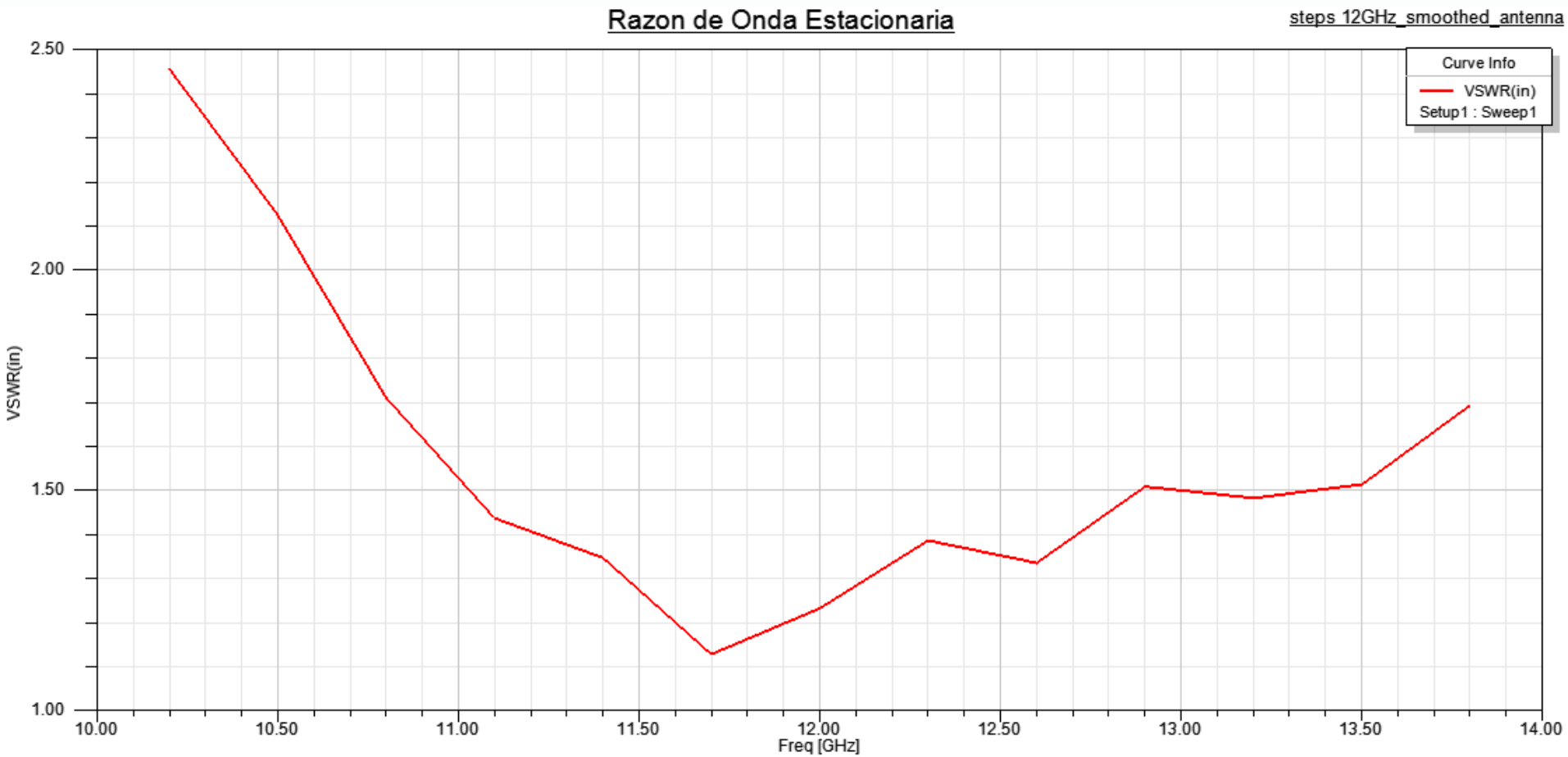
Arreglo Completo



Arreglo Completo



Arreglo Completo



Arreglo Completo

Criterio	Distribución de Taylor-7 (apertura continua)	Simulación en FEKO (radiadores isotrópicos)	Arreglo de Antenas Final (antenas horn)
SLL (HPBW)	-30dB 3.2112°	-30.138dB 3.202556°	-30.66dB 3.3°

■Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■Planteamiento del Problema

■Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

■Evaluación

- Divisor de Potencia
- Arreglo

■Conclusiones

■Trabajo Futuro

Conclusiones de los Resultados

Con el divisor se obtuvo la distribución de apertura de Taylor-7, con un error cuadrático medio igual a 0.0044196 en el rango 10.8GHz-12.9GHz.

Las pérdidas de retorno del divisor se mantienen entre los 26.60dB y 30.37dB. El divisor además sostiene un desfase progresivo de 0.626° entre elementos contiguos, lo que hace un desfase de 11.894° entre el primer y último elemento, siendo el ultimo el mas adelantado en fase.

Diseñando un arreglo de antenas de tipo corneta alimentadas por este divisor se obtuvo un patrón de radiación, de polarización lineal en el plano del divisor, con un nivel de lóbulos secundarios de -30.66dB, y un ancho de haz de 3.3° , lo que se considera muy acertado a las exigencias propuestas, para el rango de frecuencias 10.8GHz-12.9GHz.

El divisor de potencia muestra un adelantamiento de fase hacia los elementos más periféricos. Éste desfase es compensable con una extensión de la distancia entre los escalones, sin afectar mucho a las reflexiones. De paso, la misma solución logra aumentar la distancia entre elementos del arreglo, lo que mejora el ancho del haz.

Conclusiones Generales

Se obtiene un divisor de potencias en guía de ondas, en plano E, que puede ser utilizado de manera económica, y que entrega una gran respuesta en frecuencia, entre 10.8GHz-12.9GHz, que equivale a un 20% de ancho de banda, lo que significa una muy buena característica de ancho de banda. Puede utilizarse en antenas para la recepción satelital de DBS, en todas las regiones y todas las bandas ITU.

El arreglo, logra excelentes resultados de ancho de haz y nivel de lóbulos laterales requeridos.

Su flexibilidad entrega una gran ventaja para el diseño de arreglos de antenas, para multipropósito, en donde solo debe cambiarse la etapa del divisor de potencias, para ser una antena completamente distinta.

El diseño del divisor esta orientado al bajo costo, destinando laminas metálicas para las guías alimentadoras. A pesar de su forma económica, el divisor logro entregar un muy buen desempeño en frecuencia y distribución de iluminación.

Sin embargo, con el diseño se ha llegado a requerimientos de precisión submilimétricos, por lo tanto sugiere un costo adicional en el alineamiento de las piezas, y una limitación para implementar el diseño a frecuencias mas altas.

■Introducción

- Broadcasting Satelital
- Los arreglos de Antenas

■Herramientas

- Squintless feed technique
- Distribución de Apertura

■Planteamiento del Problema

■Diseño del Divisor de Potencia

- Diseño General
- Algoritmos de Cálculo
- Corrección Retroalimentada
- Divisor Inclinado
- Escalones suavizados
- Uniformidad de Fase

■Diseño de otros componentes

- Radiador
- Reflector Pillbox

■Evaluación

- Divisor de Potencia
- Arreglo

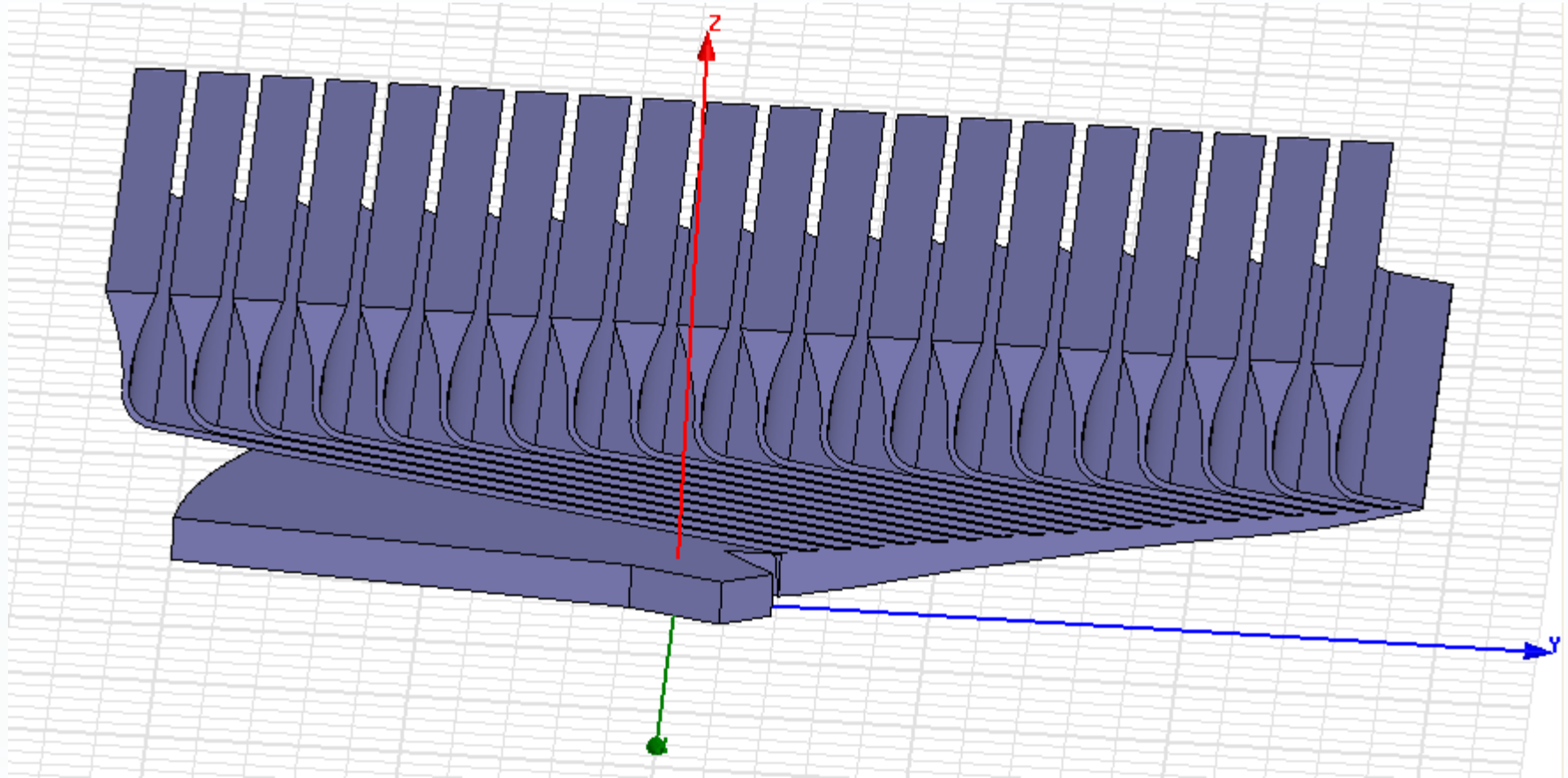
■Conclusiones

■Trabajo Futuro

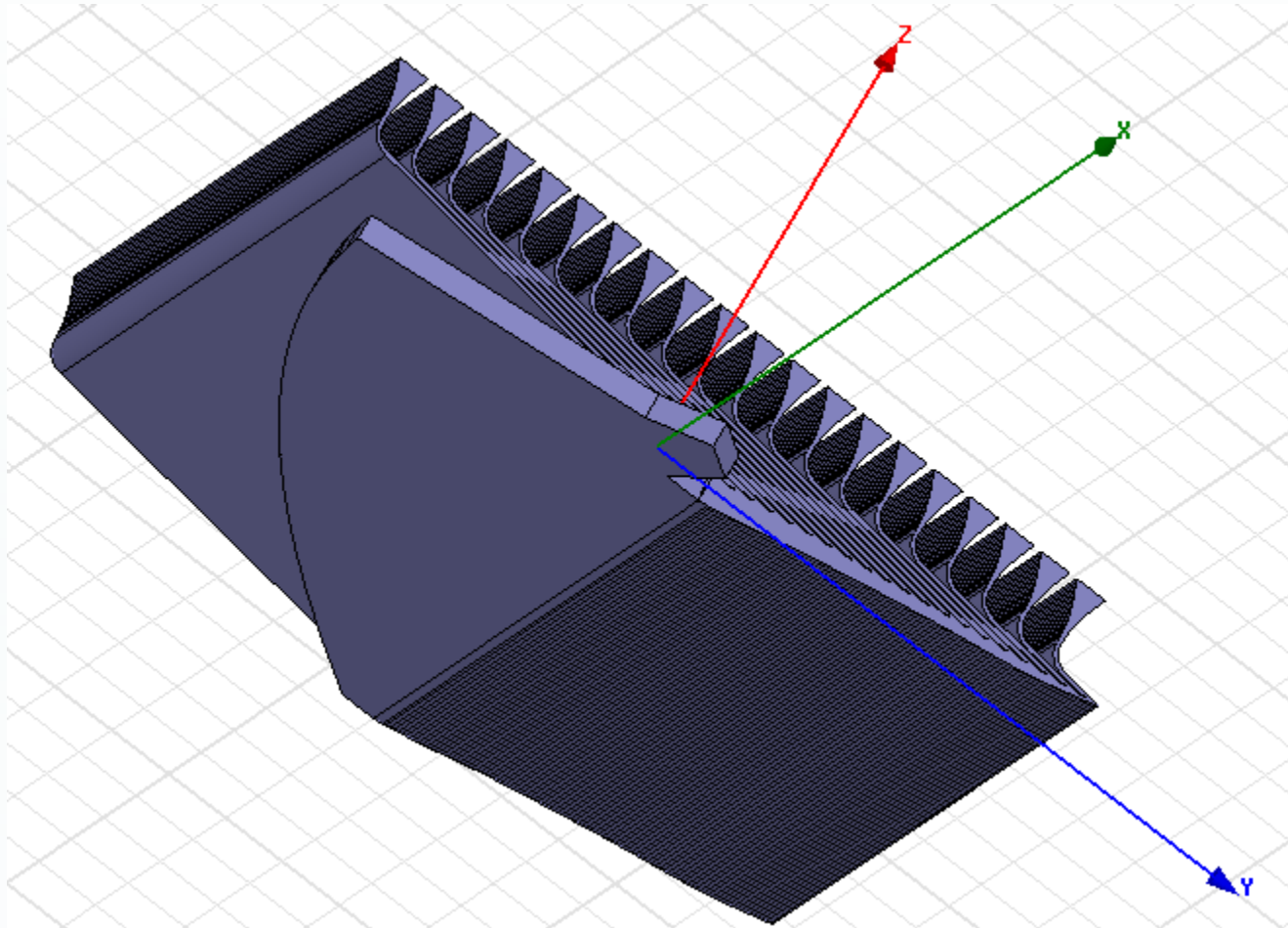
Trabajo Futuro

- Otras propuestas de arreglos.
- El diseño completo y la construcción de una antena de apertura rectangular.
- Implementación de algoritmo de división de potencia utilizando la técnica de adaptación modal.

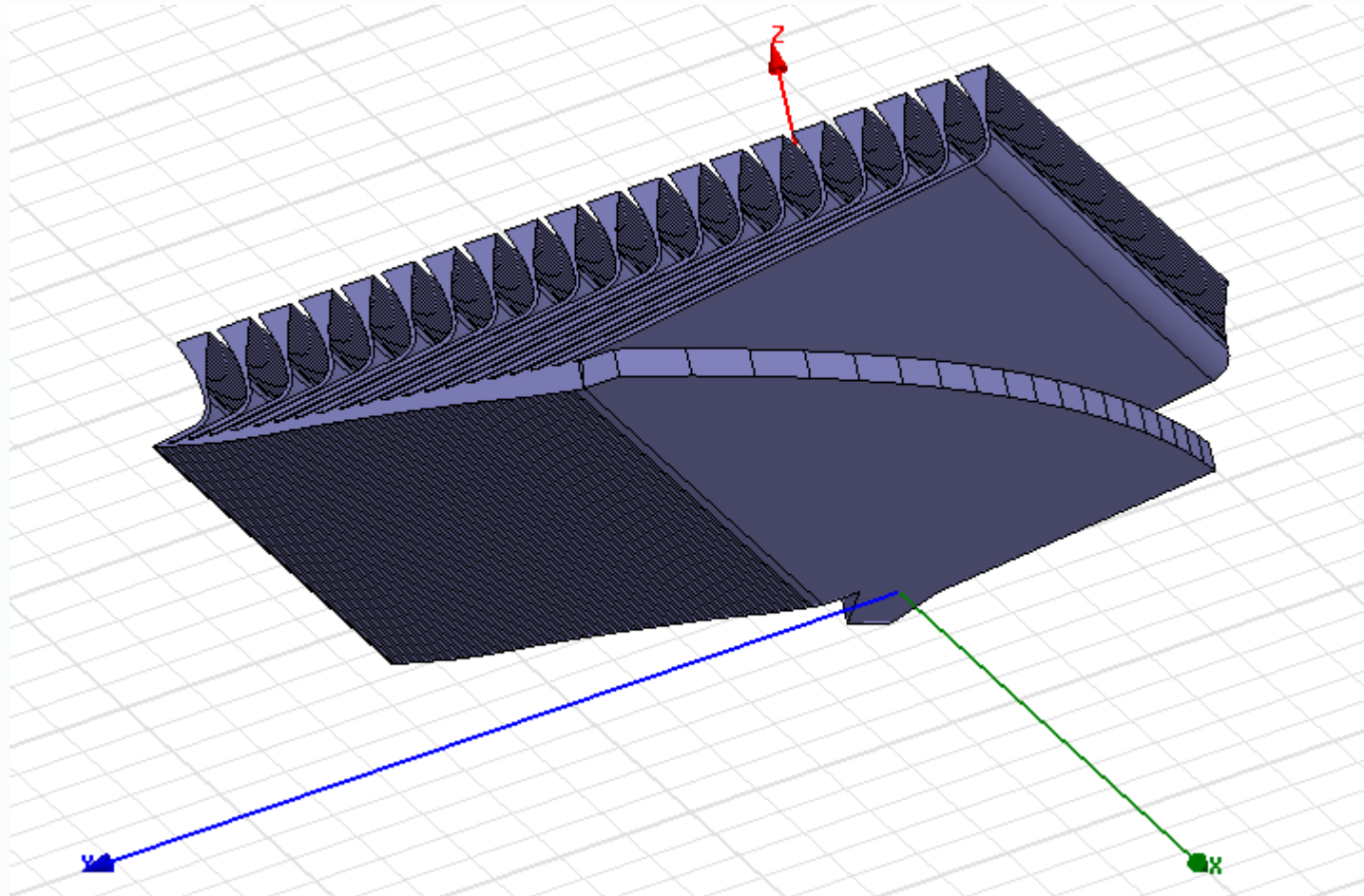
Trabajo Futuro



Trabajo Futuro



Trabajo Futuro



Diseño de un Divisor de Potencia para Arreglos Planos

Cristian Edinson Duguet Sáez¹

¹Ingeniería Civil en Telecomunicaciones
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Concepción

31 de Marzo de 2010