

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO DE UN PAQUETE DE CÁLCULO DE ENLACES PUNTO A PUNTO EN LA BANDA DE MICROONDAS**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Br. Muñoz D., Maylin E.  
Para optar al Título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2005

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **DISEÑO DE UN PAQUETE DE CÁLCULO DE ENLACES PUNTO A PUNTO EN LA BANDA DE MICROONDAS**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Francisco Varela.

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Br. Muñoz D., Maylin E.  
Para optar al Título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2005

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 16 de noviembre de 2005

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Muñoz D. Maylin E., titulado:

### “DISEÑO DE UN PAQUETE DE CALCULO DE ENLACES PUNTO A PUNTO EN LA BANDA DE MICROONDAS”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Luis Fernández  
Jurado

Prof. Rafael Arruebarrena  
Jurado

Prof. Francisco Varela  
Tutor Académico



## DEDICATORIA

A mi madre por su amor y apoyo en todas las etapas de mi vida.

## RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

Al profesor Francisco Varela por ayudarme en la realización de este trabajo especial de grado, por su paciencia y tiempo.

A mi hermana por brindarme su cariño y apoyo.

A mi momio por enseñarme a luchar siempre por lo que queremos y demostrarme que somos un equipo.

A los profesores del departamento: Gorgal, Marilyn, Belzyt por animarme a seguir adelante.

A mis amigos: Filippo, Luis Santana, Yonel, Rafael, Leonardo, Tulio, por hacerme pasar los mejores momentos en la universidad.

**Muñoz D., Maylin E.**

## **DISEÑO DE UN PAQUETE DE CÁLCULO DE ENLACES PUNTO A PUNTO EN LA BANDA DE MICROONDAS**

**Tutor Académico: Francisco Varela Muzzati. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. UCV.2005. 73h+anexos.**

**Palabras claves:** radioenlace, microondas, software.

**Resumen.** Se muestra el desarrollo de un software que permite el análisis del comportamiento y disponibilidad de un radioenlace de microondas, además considera aspectos como lo son las soluciones de diversidad, y el manejo de bases de datos que contienen información actualizada. Para realizar el estudio de disponibilidad del enlace se toman en cuenta los factores más determinantes como son: atenuación debido a la lluvia, falla en los equipos y multitrayectoria. Al estudiar el comportamiento se toman en cuenta los parámetros de calidad como minutos degradados (DM), segundos con muchos errores (SES), segundos errados (ES), definidos en las recomendaciones G.821 de la UIT. Se desarrolló un algoritmo que permite realizar los cálculos necesarios para el diseño de enlaces de microondas, de una manera fácil y sencilla, disminuyendo el tiempo de inversión en estrategias de reconfiguración y recálculo en la realización de un proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN .....	II
DEDICATORIA .....	VIII
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS .....	<u>IV</u>
RESUMEN.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABLAS .....	X
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
OBJETIVO DE LA TESIS .....	3
I.1 Planteamiento del problema .....	3
I.2 Objetivo general de la Tesis.....	3
I.3 Objetivos específicos .....	3
I.4 Metodología .....	4
CAPÍTULO II .....	6
RADIOENLACES .....	6
II.1 Cálculo de los parámetros básicos de un enlace de microondas .....	6
II.1.1 Ganancias .....	7
II 1.2 Pérdidas .....	7
II 1.2.1 Pérdidas de espacio libre .....	8
II 1.2.2 Pérdidas en los alimentadores .....	8
II 1.2.3 Pérdidas por distribución.....	9
II 1.2.4 Pérdidas por difracción o por obstrucciones .....	9
II 1.2.5 Pérdidas por absorción .....	10
II 1.2.6 Atenuación debido a la vegetación.....	12
II 1.2.7Pérdidas adicionales .....	13
II.2 RSL: Nivel de señal recibido.....	13

II.3 Desvanecimiento .....	14
II.3.1 Margen de desvanecimiento plano FFM .....	14
II.3.2 Factor de ocurrencia de desvanecimiento $P_o$ .....	15
(a) Método de Mojoli .....	15
(b) Métodos UITR.....	16
II.3.3 Factor de actividad de multitrayecto $\eta$ .....	19
II.3.4 Retardo temporal medio $\tau_m$ y retardo de referencia, para obtener la signatura $\tau_o$ .....	19
II.3.5 Margen de desvanecimiento selectivo SFM.....	21
II.3.6 Margen de desvanecimiento por interferencia IFM. ....	22
II.3.7 Margen de desvanecimiento compuesto CFM. ....	22
II.3.8 Causas del desvanecimiento .....	23
(a) Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento plano.....	23
(b) Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento selectivo .....	23
(c) Probabilidad total de ocurrencia de desvanecimiento por multitrayectoria.....	24
II.3.9 Diversidad.....	24
II.3.9.1 Diversidad de espacio.....	25
II.3.9.2 Diversidad de frecuencia .....	25
II.3.9.3 Diversidad Combinada .....	26
II.3.9.4 Mejora por diversidad.....	26
II.3.9.5 Factor de mejora por diversidad en espacio. ....	27
II.3.9.6 Factor de mejora para diversidad de frecuencia. ....	27
II.4 Calidad de un radioenlace .....	28
II.4.1 Modelos de trayectos de referencia .....	29
II.4.2 Parámetros de calidad de error .....	31
II.4.3 Disponibilidad del enlace. ....	33
II.4.4 Fallas de los equipos.....	34
II.4.5 Propagación por multitrayectoria .....	35
II.4.6 Atenuación por lluvia .....	38
II.4.7 Disponibilidad total .....	41
 CAPÍTULO III.....	 42
DISEÑO DE LA HERRAMIENTA .....	42
III.1 Diagrama de flujo del programa .....	43
III.2 Diagrama de flujo de los cálculos del enlace.....	44
III.3 Cálculo de la altura, distancia y porcentaje de obstrucción. ....	46
III.4 Problema .....	48
 CAPÍTULO IV.....	 56
MANUAL DEL USUARIO.....	56
IV.1 Introducción .....	56



IV.2 Requerimientos .....	56
IV.3 Uso general del programa .....	57
CONCLUSIONES .....	67
RECOMENDACIONES.....	68
GLOSARIO .....	69
ABREVIATURAS.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
BIBLIOGRAFÍA .....	73
[ANEXO N° 1].....	74
[ANEXO N° 1].....	74
[Atenuaciones para distintos alimentadores (dB/100m)].....	74
[ANEXO N° 2].....	75
[ Antenas para microondas marca Andrew].....	75
[ANEXO N°3].....	86
[Alimentadores] .....	86
[ANEXO N°4].....	101
[Equipos de radio].....	101
[ANEXO N° 5].....	109
[Tabla de intensidad de lluvia].....	109
[ANEXO N°6].....	110
[Zonas hidrometeorológicas] .....	110

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	Diagrama a bloques del enlace de microondas.....	6
<b>Figura 2.2</b>	Parámetros utilizados para el cálculo de obstrucciones filo de cuchillo ....	9
<b>Figura 2.3</b>	Atenuación debida a los gases atmosféricos (dB/km).....	12
<b>Figura 2.4</b>	Configuración de la diversidad en espacio.....	25
<b>Figura 2.5</b>	Configuración de diversidad en frecuencia.....	26
<b>Figura 2.6</b>	Conexión hipotética de referencia (HRX) [6].....	30
<b>Figura 2.7</b>	Trayecto digital ficticio de referencia (HRDP) [12].....	30
<b>Figura 3.1</b>	Diagrama de flujo del programa.....	43
<b>Figura 3.2</b>	Diagrama de flujo de cálculos de enlaces.....	44
<b>Figura 3.3</b>	Diagrama de flujo de cálculos de obstrucción.....	46
<b>Figura 4.1</b>	Pestaña “Datos Generales”.....	58
<b>Figura 4.2</b>	“Pestaña Enlace”.....	60
<b>Figura 4.3</b>	Pestaña “Equipos”.....	62
<b>Figura 4.4</b>	Pestaña “Ganancias”.....	63
<b>Figura 4.5</b>	Pestaña “Comportamiento”.....	64
<b>Figura 4.6</b>	Pestaña Análisis.....	65
<b>Figura 4.7</b>	Pestaña “Gráficos”.....	66

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla N° 1</b> Parámetros para el cálculo de la duración del desvanecimiento.....	37
<b>Tabla N°2</b> Coeficientes para estimar el valor de la atenuación específica.....	40
<b>Tabla N° 3</b> Intensidad de lluvia [mm/hr]vs-zonas hidrometeorológicas.....	109

## INTRODUCCIÓN

Los enlaces de microondas comúnmente son utilizados como medios de transmisión de larga distancia y alta capacidad de punto a punto en las redes de telecomunicaciones, pero gracias a los últimos adelantos que se han suscitado en técnicas digitales también pueden ser utilizados para enlazar terminales en una misma ciudad (centrales telefónicas, centros de comunicación, etc).

En este trabajo se plantea realizar una herramienta computarizada que facilite los cálculos necesarios para el diseño de enlaces de microondas punto a punto, permitiendo el manejo de la información necesaria de los equipos presentes en el mercado utilizado para calcular el enlace, con la finalidad de que se disminuya el tiempo de realización del proyecto, de manera que el proceso de diseño pueda hacerse a través de una interfaz amigable para el usuario.

En el análisis y diseño de comunicaciones por microondas es necesario hacer un estudio bien detallado de las condiciones de la trayectoria del enlace, condiciones atmosféricas y climáticas, perfil topográfico, etc.

En base a estas variables se deben de considerar los diferentes tipos de desvanecimiento, para garantizar el comportamiento y la disponibilidad la cual es evaluada través de factores como: el desvanecimiento por multitraectoria, atenuación debido a la lluvia y la falla existente en los equipos. También es necesario considerar las diversas atenuaciones que puede sufrir la señal como lo son: pérdidas por propagación en espacio libre, atenuación por difracción, atenuación de los alimentadores en la transmisión y recepción, atenuación por absorción entre otras.

El programa se desarrolló en Borland Delphi 7.0 el cual es compatible con las diferentes versiones de Windows existentes en el mercado, el lenguaje base del Delphi es el Pascal el cual es un lenguaje que ofrece versatilidad y eficacia.

El presente informe está estructurado de la siguiente manera: primero un marco teórico donde se detalla la manera de calcular los parámetros involucrados en el diseño del radioenlace de microondas, también podemos encontrar el análisis del

comportamiento y disponibilidad del mismo, en la segunda parte encontramos un manual del usuario el cual esta dirigido a el usuario de forma de ayudarlo con el manejo del programa.

# CAPÍTULO I

## OBJETIVO DE LA TESIS

### I.1 Planteamiento del problema

Actualmente en nuestra Escuela existen herramientas computarizadas orientadas a simplificar los cálculos requeridos para realizar enlaces de comunicaciones, entre los que cabe mencionar: ONDAS, Sis.RMD.v.1.0; PZ link que han servido de apoyo en la realización de diversos proyectos.

El programa ONDAS y Sis.RMD son herramientas que permiten el análisis del comportamiento y disponibilidad de radioenlaces digitales con la diferencia que en el programa ONDAS no se toman en cuenta las interferencias. PZ link esta orientado a el análisis de enlaces de comunicación punto a multipunto.

No obstante existe la necesidad de actualizar estas herramientas para que realicen los cálculos para enlaces de microondas, tomando en cuenta las últimas recomendaciones de la UIT , las especificaciones requeridas por los equipos, las características del medio geográfico donde se desea realizar el enlace , con la finalidad de mejorar la calidad del enlace.

### I.2 Objetivo general de la Tesis

Diseñar una herramienta computarizada que permita realizar los cálculos de un enlace punto a punto en la banda de microondas considerando las últimas recomendaciones de la UIT.

### I.3 Objetivos específicos

Desarrollar una herramienta computarizada que cumpla con las necesidades y requerimientos del diseñador orientado al enlace de microondas.

La herramienta a diseñar debe calcular los parámetros básicos relacionados con el diseño de un radioenlace de microondas:

- (a) Nivel de señal recibido.
- (b) Efecto de multitrayectoria.
- (c) Fallas por lluvia y en los equipos.
- (d) Comportamiento y disponibilidad del enlace.
- (e) Evaluación de perfiles.
- (f) Pérdidas: por obstrucción, en los alimentadores, espacio libre, debidas a la atenuación de la vegetación, absorción.
- (g) Soluciones de diversidad: en espacio y en frecuencia.

#### I.4 Metodología

La metodología empleada para alcanzar los objetivos antes mencionados constará de varias fases:

##### (a) Fase de recopilación de información

En la cual se comienza a recopilar los recursos necesarios para la elaboración del programa los cuales comprenden: libros, revistas, programas informáticos, recomendaciones y datos relacionados con los equipos que van a ser utilizados en el diseño del programa. Esta fase también comprende el análisis de las necesidades previas que involucran la realización de este proyecto, la cual sirve para generar las ideas que acabarán dando forma a un primer boceto de lo que puede ser el programa.

##### (b) Fase de concepción

En donde se hace un esquema preliminar del programa, donde se estructura y se desarrollan los modelos que serán utilizados en el diseño del enlace de microondas.

##### (c) Fase de desarrollo

Consiste en la elaboración del proyecto, donde se utilizan los diversos instrumentos como lo son: la bibliografía sobre diseño de sistemas de microondas, las recomendaciones de la UIT, especificaciones técnicas de los equipos a utilizar,

artículos de Internet relacionados con el tema. La implementación del software basado en lo antes mencionado.

(d) Fase de evaluación

Donde se procede a la corrección y validación del programa, mediante el análisis de los resultados, donde dichos resultados serán comparados con los teóricos.



## CAPÍTULO II

### RADIOENLACES

#### II.1 Cálculo de los parámetros básicos de un enlace de microondas

En los sistemas de enlaces de microondas, es importante tomar en cuenta los parámetros que influyen de alguna manera en el funcionamiento del mismo, por lo cual en la figura 2.1 se muestra el diagrama a bloques de un enlace de microondas indicando las principales variables que se involucran en el sistema de comunicación [1], donde:

Pt: Potencia de transmisión [dBm]

$C_{min}$  : Umbral del receptor [dBm]

Ganancias:

Gt: Ganancia de la antena de Tx [dB]

Gr: Ganancia de la antena Rx [dB]

Pérdidas:

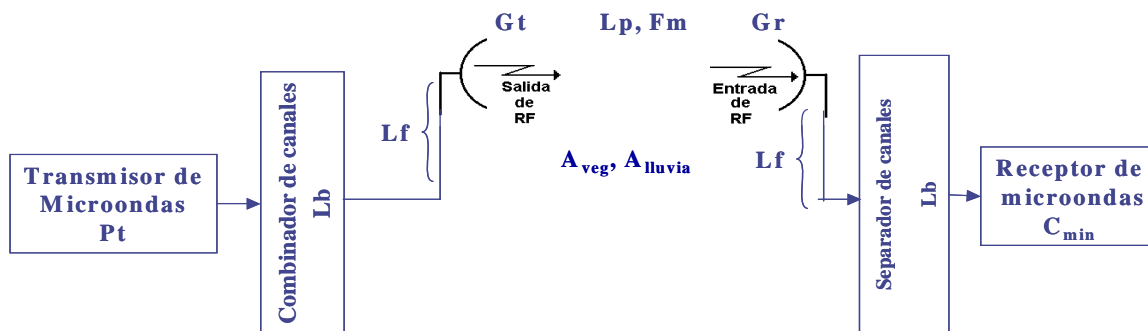
Lp: Pérdidas en la trayectoria de espacio libre [dB]

Lf: Pérdidas en la línea de transmisión (Tx y Rx) [dB]

Fm: Margen de desvanecimiento [dB]

$A_{Lluvia}$  = Atenuación por lluvia [dB]

$A_{veg}$  = Atenuación por vegetación [dB]



**Figura 2.1** Diagrama a bloques del enlace de microondas.

### II.1.1 Ganancias

En este cálculo se toma en cuenta la ganancia de las antenas de transmisión y de recepción considerando como referencia antenas isotrópicas con idéntica densidad de potencia en todas las direcciones, al igual que la potencia de transmisión que viene dada por el equipo de radio que seleccionemos. Por lo tanto la ganancia total del enlace viene dada por la siguiente ecuación:

$$G_T = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} \quad (1)$$

$P_{Tx}$  : Potencia de transmisión [dBm]

$G_{Tx}$  : Ganancia de la antena de transmisión [dBi]

$G_{Rx}$  : Ganancia de la antena de recepción [dBi]

$G_T$  : Ganancia total del enlace [dBm]

### II 1.2 Pérdidas

Son las pérdidas involucradas en el enlace entre las que cabe mencionar: las pérdidas en el espacio libre, en los alimentadores, por distribución, atenuación debido a la vegetación; por obstrucción o difracción, por absorción y las pérdidas adicionales en: los conectores, atenuadores, etc.

$$A_T = A_O + A_{WTx} + A_{WRx} + A_B + A_{Obs} + A_{Abs} + A_{Veg} + A_A \quad (2)$$

$A_O$  : Pérdidas en el espacio libre [dB]

$A_{WTx}$  : Atenuación en el alimentador del transmisor [dB]

$A_{WRx}$  : Atenuación en el alimentador del receptor [dB]

$A_B$  : Atenuación por distribución [dB]

$A_{Obs}$  : Atenuación por difracción u obstrucción [dB]

$A_{Abs}$  : Atenuación por absorción [dB]

$A_{Veg}$  : Atenuación debido a la vegetación [dB]

$A_A$  : Atenuaciones adicionales [dB]

$A_T$  : Pérdidas totales [dB]

### II 1.2.1 Pérdidas de espacio libre

Para muchos fines la pérdida en la trayectoria por encima de los 10 GHz se puede considerar como pérdida de espacio libre. Se define como la pérdida que produce una onda electromagnética cuando se propaga en el espacio vacío, dependen de la frecuencia y aumentan directamente con la distancia.

$$A_o = 92,4 + 20\log(d \text{ Km}) + 20\log(f \text{ GHz}) \quad (3)$$

$A_o$  : Pérdida básica de transmisión en espacio libre [dB]

d: Distancia [km]

f: Frecuencia[GHz]

### II 1.2.2 Pérdidas en los alimentadores

Para realizar la conexión entre las antenas y los equipos de transmisión y recepción es necesario utilizar los alimentadores, que dependiendo de la frecuencia de trabajo serán de varios tipos: cables coaxiales o guías de onda entre las más usadas para enlaces de microondas están: rectangulares, circulares y elípticas. Entre ellas las más usadas son las guías de onda elípticas, debido a que son mucho más flexibles y no necesitan de empalmes, pero son las que poseen mayor atenuación.

Las atenuaciones más utilizadas se muestran en el Anexo N° 1 para la marca de alimentadores ANDREW la cual viene expresada en dB/100m.

La longitud de los alimentadores si no se conoce su valor puede asumirse que es el valor de antena más 10 m adicionales.

Las pérdidas en los alimentadores vienen dadas por la siguiente ecuación que es la misma para transmisión como para recepción:

$$A_w = \frac{A_{Al} \cdot l}{100} \quad (4)$$

$A_{Al}$ : Atenuación del alimentador [dB/100m]

$l$ : Longitud del alimentador [m]

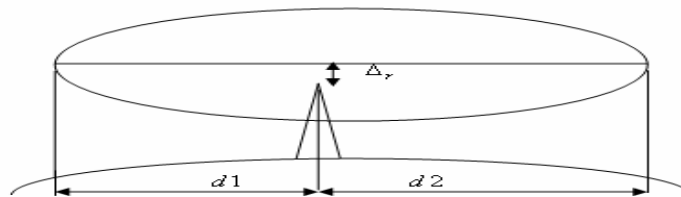
$A_w$ : Atenuación del alimentador [dB]

### II 1.2.3 Pérdidas por distribución

En ellas se incluyen las pérdidas en los circuladores y filtros tanto de la parte de transmisión como de recepción. Estas varían dependiendo del equipo de radio seleccionado, sus valores típicos se encuentran entre 0.6 y 4.8 dB.

### II 1.2.4 Pérdidas por difracción o por obstrucciones

La aproximación utilizada para el cálculo de las pérdidas por difracción es la del modelo de “filo de cuchillo”.



**Figura 2.2** Parámetros utilizados para el cálculo de obstrucciones filo de cuchillo

El cálculo se realiza a través de las siguientes ecuaciones:

$$A = 6,4 + 20 \log(\sqrt{1 + v^2} + v) \text{ [dB]} \quad (5)$$

para valores de  $v > -1$

v: Denominado despeje normalizado

$$v = \frac{\Delta_r}{r} \quad (6)$$

$$r = 17,32 \cdot \sqrt{\frac{d1 \cdot (d - d1)}{f \cdot d}} \quad (7)$$

$\Delta_r$ : Diferencia de alturas entre el obstáculo y la línea de vista ,si el obstáculo queda por debajo de la línea de vista, el valor de  $\Delta_r$  es negativo, si queda por encima será positivo.

r: Radio de la primera zona de Fresnel en el obstáculo[m]

d: Longitud del enlace [km]

d1 Distancia de la antena de transmisión al obstáculo [km]

f: Frecuencia [GHz].

A: Atenuación debido a un obstáculo [dB]

En el caso de existir varias obstrucciones se suman las atenuaciones causadas por cada obstáculo.

#### II 1.2.5 Pérdidas por absorción

Son las pérdidas producidas por los componentes del oxígeno o vapor de agua de la atmósfera, las cuales producen una atenuación muy alta para ciertas frecuencias, esta atenuación sólo tiene importancia para valores de frecuencias mayores a 10 GHz. La atenuación debido a estos efectos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$A_{Abs} = \gamma_a \cdot d \quad (8)$$

$\gamma_a$  : Atenuación específica [dB/km]

d: Distancia del enlace [km]

$A_{Abs}$  : Atenuación debido a la absorción [dB]

$$\gamma_a = \gamma_o + \gamma_w \quad (9)$$

$\gamma_o$  : Atenuación específica debido al oxígeno [dB/km]

$\gamma_w$  : Atenuación específica debido al vapor de agua [dB/km]

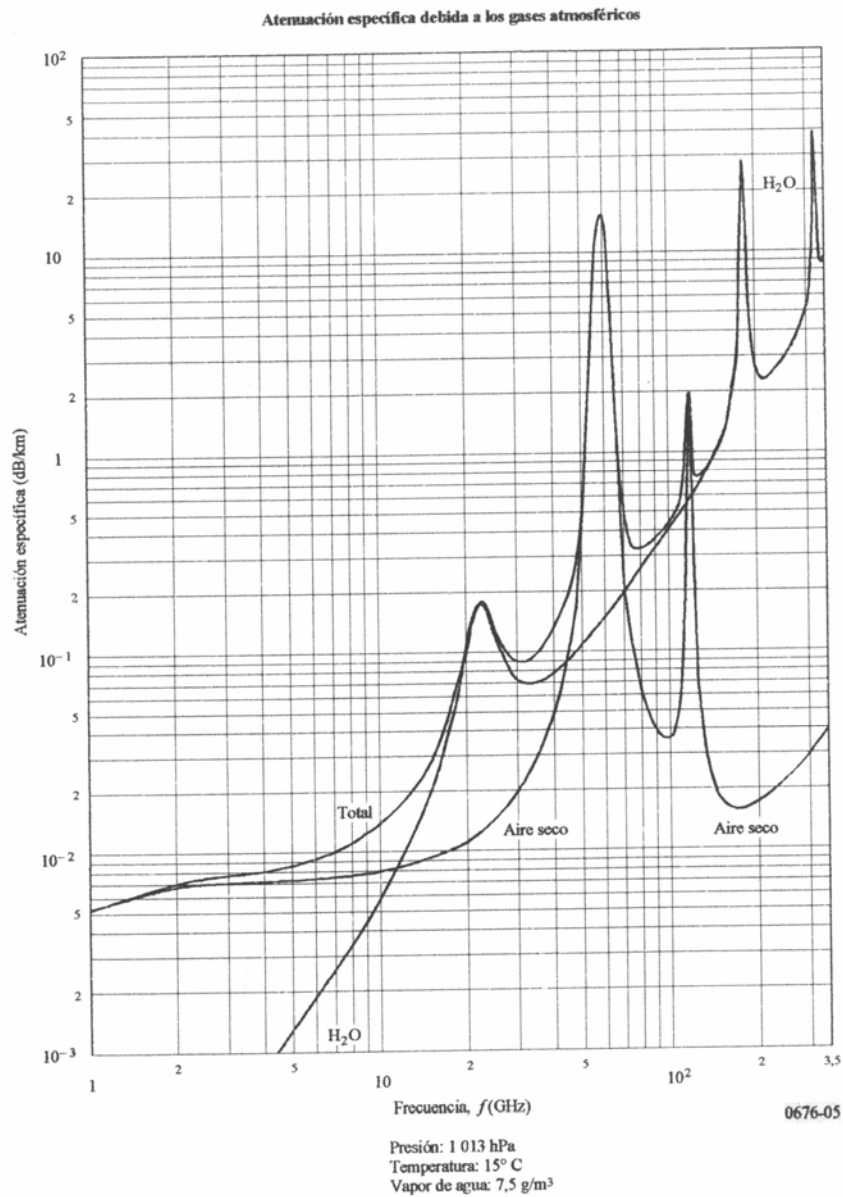
$$\gamma_o = \left[ \frac{6.6}{f^2 + 0.33} + \frac{9}{(f - 57)^2 + 1.96} \right] \cdot f^2 \cdot 10^{-3} \quad (10)$$

$$\gamma_w = \left[ 0.067 + \frac{2.4}{(f - 22.3)^2 + 6.6} + \frac{7.3}{(f - 183.5)^2 + 5} + \frac{4.4}{(f - 323.8)^2 + 10} \right] \cdot f^2 \cdot \rho \cdot 10^{-4} \quad (11)$$

Tomadas de la recomendación de UIT-R P.676-5 [2]

f: Frecuencia [GHz]

$\rho$ : Densidad de vapor de agua , tomando usualmente el valor de  $7.5 \text{ g} / \text{m}^3$ .



**Figura 2.3** Atenuación debida a los gases atmosféricos (dB/km)

### II 1.2.6 Atenuación debido a la vegetación

La atenuación debida a la vegetación puede variar ampliamente por su tamaño, densidad, debido al tipo y a la forma de la vegetación donde se realice el

enlace; por ejemplo, cuando el receptor se encuentra en una zona boscosa existe una pérdida adicional cuando las ondas penetran la vegetación.

Según estudios realizados existe un modelo que predice de una manera óptima lo que es la realidad, el modelo se recomienda para el rango de frecuencias de 10 a 40 GHz, para los árboles con hojas. [3]

$$A_{veg} = 0.39 \cdot f^{0.39} \cdot d_p^{0.25} \quad (12)$$

f: Frecuencia [GHz]

$d_p$  : Altura de la vegetación [m]

$A_{veg}$  : Atenuación por vegetación [dB]

### II 1.2.7 Pérdidas adicionales

Se incluyen las pérdidas en los conectores, en las conexiones de los alimentadores, alineación de las antenas, los valores típicos están entre 0.5 y 1 dB.

### II.2 RSL: Nivel de señal recibido

De los cálculos obtenidos anteriormente podemos conocer el nivel de señal recibido en el equipo de radio, como la diferencia entre la Ec. N° 1 que corresponde a las ganancias totales del enlace y Ec.N°2 que nos da las pérdidas totales de dicho enlace.

$$RSL = G_T - A_T \quad (13)$$

$G_T$  : Ganancia total del enlace [dBm]

$A_T$  : Pérdidas totales del enlace [dB]

RSL: Nivel de señal recibido [dBm]



Debido a las características que presentan los equipos de radio en cuanto a la potencia nominal de recepción, la cual es la diferencia entre la potencia del transmisor y las atenuaciones debidas a: guía de ondas o de los cables coaxiales y de espacio libre y las ganancias de las antenas, observamos un valor igual a -30dBm, por lo que deberíamos diseñar enlaces que tengan valores cercanos a este.

### II.3 Desvanecimiento

Se conoce con el nombre de desvanecimiento o fading ,al fenómeno de cambio de intensidad de la señal captada por la antena receptora aun cuando la intensidad de la señal en la antena emisora se mantenga constante, debido a diversos factores como: los cambios atmosféricos, interferencias, reflexiones sobre el agua o el terreno, etc.

Existen en la actualidad diversos tipos de desvanecimiento, dependiendo de la causa que los origine: plano, selectivo y por interferencia, y englobando los anteriores tenemos el llamado margen de desvanecimiento compuesto. Se entiende por margen de desvanecimiento la diferencia en dB entre el nivel de señal recibido y el nivel mínimo de potencia que asegura que se produzca una tasa de error determinada.

#### II.3.1 Margen de desvanecimiento plano FFM

Se entiende por margen de desvanecimiento plano, la diferencia en dB entre el nivel de señal recibido y el nivel mínimo de potencia que asegura que se produzca una tasa de error determinada.

$$FFM = RSL - \text{Threshold} \quad (14)$$

RSL: Nivel de señal recibido [dBm]

Threshold: Umbral de recepción del equipo de radio para los umbrales de BER en  $10^{-3}$  y  $10^{-6}$  [dBm].

Debido a que los valores que se dan de los umbrales de recepción de los equipos de radio se dan para BER de  $10^{-3}$  y  $10^{-6}$ , tendremos dos valores de margen de desvanecimiento plano, uno para un BER de  $10^{-3}$  y otro para un BER= $10^{-6}$ .

$$FFM3 = RSL - Threshold_3 \quad (15)$$

RSL: Nivel de señal recibido [dBm]

$Threshold_3$ : Umbral de recepción del equipo de radio para un BER= $10^{-3}$  [dBm].

FFM3: Margen de desvanecimiento plano para un BER= $10^{-3}$  [dB]

$$FFM6 = RSL - Threshold_6 \quad (16)$$

RSL: Nivel de señal recibido [dBm]

$Threshold_6$ : Umbral de recepción del equipo de radio para un BER= $10^{-6}$  [dBm].

FFM6: Margen de desvanecimiento plano para un BER= $10^{-6}$  [dB].

### II.3.2 Factor de ocurrencia de desvanecimiento $P_o$

Existen diversos métodos para el cálculo del factor  $P_o$ , el método de Mojoli y los dos que describe la recomendación UIT-R P.530 -10 [4].

#### (a) Método de Mojoli

Al utilizar este método, el cálculo de  $P_o$  se realiza para el mes más desfavorable y de la siguiente manera:

$$P_o = 0,3 \cdot a \cdot b \cdot \left(\frac{f}{4}\right) \cdot \left(\frac{d}{50}\right)^3 \quad (17)$$

f: Frecuencia [GHz]

d: Longitud del enlace [km]

a: Parámetro relacionado con el clima, con valores entre 0.25 y 4

Climas secos y montañosos  $a=0.25$

Climas templados  $a = 1$

Climas húmedos  $a = 4$

b: Parámetro relacionado con el terreno, que depende de la ondulación del terreno  $s$ , la cual esta comprendida entre 5 y 100m.

$$b = \left( \frac{s}{15} \right)^{-1.3} \quad (18)$$

### (b) Métodos UITR

Método N°1:

Este método es para pequeños porcentajes de tiempo, y es muy fácil de usar porque no utiliza el perfil del trayecto.

Para el cálculo de  $P_o$  nos basamos en los pasos sugeridos en la recomendación UITR P.530-10 [4].

Paso1: Calculamos  $K_c$  (factor geoclimático)

$$K_c = 10^{-4.2 - 0.0029dN1} \quad (19)$$

$dN1$ : Gradiente de refractividad puntual en los 65 m inferiores de la atmósfera obtenidos de la recomendación UIT-R P.453 [5] o a través de las siguientes relaciones empíricas:

(a) Terreno montañoso: para enlaces donde la menor de las antenas este por encima de los 700m sobre el nivel del mar.

$$K_C = 10^{-(7,1 - C_{lat} - C_{lon})} \cdot P_L^{1,5} = 10^{-7,4} \cdot P_L^{1,5} \quad (20)$$

$C_{lat}$  = Coeficiente de latitud, que para el caso de Venezuela donde la latitud es menor a  $53^\circ$ , se tiene que su valor es 0.

$C_{lon}$  = Coeficiente de longitud, el cual para longitudes de Norteamérica y Sudamérica es de -0,3.

(b) Terreno plano: para enlaces donde la menor de las antenas este por debajo de los 700m sobre el nivel del mar.

$$K_C = 10^{-(6,5-C_{lat}-C_{lon})} \cdot P_L^{1,5} = 10^{-6,8} \cdot P_L^{1,5} \quad (21)$$

(c) Con mucha agua: para enlaces que se encuentren sobre terrenos con grandes porciones de agua.

$$K_C = 10^{-(5,5-C_{lat}-C_{lon})} \cdot P_L^{1,5} = 10^{-5,8} \cdot P_L^{1,5} \quad (22)$$

(d) Poca agua: para enlaces que se encuentren en terrenos con pequeñas porciones de agua., regiones con lagos, zonas costeras.

$$K_C = 10^{-(5,9-C_{lat}-C_{lon})} \cdot P_L^{1,5} = 10^{-6,2} \cdot P_L^{1,5} \quad (23)$$

$P_L$  : Porcentaje de tiempo que el gradiente de refractividad promedio en los primeros 100m de la atmósfera es menor de -100 Nunits/km, para Venezuela se utiliza comúnmente un valor de  $P_L=20\%$ .

Paso2: Calculamos la magnitud de la inclinación del trayecto  $\varepsilon_p$  a partir de las alturas de las antenas de transmisión  $h_T$  y recepción  $h_R$  de la siguiente manera:

$$|\varepsilon_p| = |h_R - h_T| / d \quad (24)$$

d: Longitud del trayecto [km]

$h_T$  : Altura de la antena de transmisión, sobre el nivel del mar [m]

$h_R$  : Altura de la antena de recepción, sobre el nivel del mar [m]

Paso3: Se procede a calcular el valor de Po

$$P_o = Kc \cdot d^3 \left(1 + |\varepsilon_p|\right)^{-1,2} \cdot 10^{0,033f - 0,001h_L} \text{ (%) } \quad (25)$$

f: Frecuencia [GHz]

$h_L$ : Altitud de la antena inferior entre  $h_T$  y  $h_R$

Método N°2:

El cual es para cualquier profundidad de desvanecimiento, y requiere los datos del perfil y del ángulo rasante,  $P_o$  es calculado mediante:

$$P_o = Kc \cdot \left[ \left(1 + |\varepsilon_p|\right)^{-1,1} \cdot \phi^{-1,2} \right] \cdot f^{0,93} \cdot d^{3,3} \quad (26)$$

Kc: Factor geoclimático.

D: Longitud del enlace [km].

F: Frecuencia [GHz].

$\varepsilon_p$ : Inclinación del enlace [mrad].

$\phi$ : Ángulo rasante promedio [mrad].

### Rugosidad

Nos da una idea de la altura del perfil, este parámetro es llamado rugosidad el cual se calcula mediante la desviación estándar de las alturas del perfil, excluyéndose la altura de las estaciones.

$$S = \sqrt{\frac{n \sum h_i^2 - (\sum h_i)^2}{n^2}} \quad (27)$$

n: Número de datos del perfil.

$h_i$ : Altura del perfil para cada dato [m]

S: Rugosidad [m]

Se hace uso de este parámetro en el método propuesto por Barnett y Vigants, para el cálculo de  $P_o$ :

(a) Clima húmedo

$$P_o = 1.10^{-5} \cdot f \cdot d^3 \quad (28)$$

(b) Climas de temperatura continental.

$$P_o = \frac{2,1 \cdot 10^{-5}}{S^{1,3}} \cdot f \cdot d^3 \quad (29)$$

(c) Clima subtropical marítimo.

$$P_o = \frac{3,1 \cdot 10^{-5}}{S^{1,3}} \cdot f \cdot d^3 \quad (30)$$

(d) Climas con temperatura marítima.

$$P_o = \frac{4,1 \cdot 10^{-5}}{S^{1,3}} \cdot f \cdot d^3 \quad (31)$$

### II.3.3 Factor de actividad de multitrayecto $\eta$

Es la representación del tiempo (del mes más desfavorable) en que se produce el efecto de multitrayectoria. Se calcula de la siguiente manera por la recomendación UIT –R P.530-10 [4]:

$$\eta = 1 - e^{-0,2 \left( \frac{P_o}{100} \right)^{0,75}} \quad (32)$$

Po: Factor de ocurrencia de desvanecimiento.

### II.3.4 Retardo temporal medio $\tau_m$ y retardo de referencia, para obtener la

signatura  $\tau_o$

Siguiendo la recomendación UIT – R P.530-10 [4].

$$\tau_m = 0,7 \left( \frac{d}{50} \right)^{1,3} \text{ [ns]} \quad (33)$$

d: Longitud del trayecto[km]

$$\tau_o = 6,3 \text{ [ns]}$$

### II.3.5 Margen de desvanecimiento selectivo SFM

El desvanecimiento selectivo se caracteriza considerando la función de transferencia que modela el medio de transmisión y varía con la frecuencia, produciendo distorsión de amplitud y de fase de las señales que se están transmitiendo, incidiendo en la calidad de la señal que se recibe.

El cálculo del desvanecimiento selectivo se hará mediante la siguiente fórmula:

$$SFM = -10 \cdot \log \left( 0,43 \cdot \frac{\eta}{P_o} \cdot sf \cdot \frac{\tau_m^2}{\tau_o} \right) \quad (34)$$

$\eta$ : Factor de actividad de multitrayecto.

$P_o$ : Factor de ocurrencia de desvanecimiento.

$sf$ : Factor de signatura, que es la mejor caracterización del receptor y corresponde a relacionar la tasa de error BER con la atenuación del notch.

$\tau_m$ : Retardo temporal medio [ns]

$\tau_o$ : Retardo de referencia [ns]

Debido a que existen distintos valores de  $sf$  para cada BER, tendremos dos valores de SFM, uno para  $BER=10^{-3}$  y otro para  $BER=10^{-6}$ .

$$SFM_3 = -10 \cdot \log \left( 0,43 \cdot \frac{\eta}{P_o} \cdot sf_3 \cdot \frac{\tau_m^2}{\tau_o} \right) \quad (35)$$

$sf_3$ : Factor de signatura para un  $BER=10^{-3}$ .

$$SFM_6 = -10 \cdot \log \left( 0,43 \cdot \frac{\eta}{P_o} \cdot sf_6 \cdot \frac{\tau_m^2}{\tau_o} \right) \quad (36)$$

$sf_6$ : Factor de signatura para un  $BER=10^{-6}$ .



### II.3.6 Margen de desvanecimiento por interferencia IFM.

La presencia de señales de interferencia, las cuales no son deseadas en los enlaces de microondas puede manifestarse como la degradación de la calidad o pérdida de la información.

El IFM nos da el nivel al cual puede caer la señal antes de alcanzar el umbral degradado debido a la interferencia, se calcula mediante la relación portadora-interferencia(C/I) y la relación umbral degradado-interferencia ( $S/I_d$ ).

$$IFM = C/I - S/I_d \quad (37)$$

### II.3.7 Margen de desvanecimiento compuesto CFM.

Este término permite englobar todos los tipos de desvanecimientos anteriormente definidos (desvanecimiento plano, selectivo y por interferencia). Al igual que para los casos anteriores se tendrán dos valores de CFM uno para un uno para  $BER=10^{-3}$  y otro para  $BER=10^{-6}$ .

$$CFM = -10.\log\left(10^{-FFM/10} + 10^{-SFM/10} + 10^{-IFM/10}\right) \quad (38)$$

$$CFM_3 = -10.\log\left(10^{-FFM_3/10} + 10^{-SFM_3/10} + 10^{-IFM_3/10}\right) \quad (39)$$

FFM3: Margen de desvanecimiento plano para un  $BER=10^{-3}$ .

SFM3: Margen de desvanecimiento selectivo para un  $BER=10^{-3}$ .

IFM3: Margen de desvanecimiento por interferencia para un  $BER=10^{-3}$ .

$$CFM_6 = -10.\log\left(10^{-FFM_6/10} + 10^{-SFM_6/10} + 10^{-IFM_6/10}\right) \quad (40)$$

FFM6: Margen de desvanecimiento plano para un  $BER=10^{-6}$ .

SFM6: Margen de desvanecimiento selectivo para un  $BER=10^{-6}$ .

IFM6: Margen de desvanecimiento por interferencia para BER=10<sup>-6</sup>.

### II.3.8 Causas del desvanecimiento

Los responsables de la distorsión de la señal en un radioenlace se deben a dos factores: desvanecimiento por lluvia y desvanecimiento por multitrayectoria.

En el diseño de enlaces se debe de tener en cuenta los efectos del desvanecimiento plano que posee un desvanecimiento relativamente lento, como también el desvanecimiento selectivo suele ser más rápido. Lo que se busca es reducir los efectos de la propagación por multitrayectoria.

#### (a) Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento plano

Es la probabilidad de que el nivel de la señal sea menor al umbral de recepción del equipo de radio.

$$P_{Plano} = P_o \cdot 10^{-FFM/10} \quad (\%) \quad (41)$$

Po: Factor de ocurrencia de desvanecimiento.

FFM: Margen de desvanecimiento plano [dB]

#### (b) Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento selectivo

Se han desarrollado muchas técnicas para poder reducir los efectos del desvanecimiento selectivo por multitrayectoria, que requieren diversidad o no, pero existe un método basado en la curva de signatura, que nos presenta la gran habilidad que tiene el equipo de radio de soportar el desvanecimiento selectivo.

$$P_{Select} = 0,43 \cdot \eta \cdot sf \cdot \frac{\tau_m^2}{\tau_o} \quad (42)$$

Como existen distintos valores de signatura para las tasas de error vamos a tener también dos valores de Pselect:

$$P_{Select3} = 0,43 \cdot \eta \cdot sf_3 \cdot \frac{\tau_m^2}{\tau_o} \quad (43)$$

sf3: Factor de signatura para un BER=10<sup>-3</sup>

$P_{Select3}$ : Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento selectivo por multitrayectoria para un BER= $10^{-3}$ .

$$P_{Select6} = 0,43 \cdot \eta \cdot sf_6 \cdot \frac{\tau_m^2}{\tau_o} \quad (44)$$

sf6: Factor de signatura para un BER= $10^{-6}$ .

$P_{Select6}$ : Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento selectivo por multitrayectoria para un BER= $10^{-6}$ .

(c) Probabilidad total de ocurrencia de desvanecimiento por multitrayectoria.

La interrupción por multitrayectoria viene dada por la suma de la probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento plano más la probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento selectivo, tomando la cuenta las interferencias.

$$P_{Total} = P_{Plano} + P_{Select} (\%) \quad (45)$$

También se puede calcular mediante la siguiente ecuación, si lo que disponemos es del margen de desvanecimiento compuesto CFM:

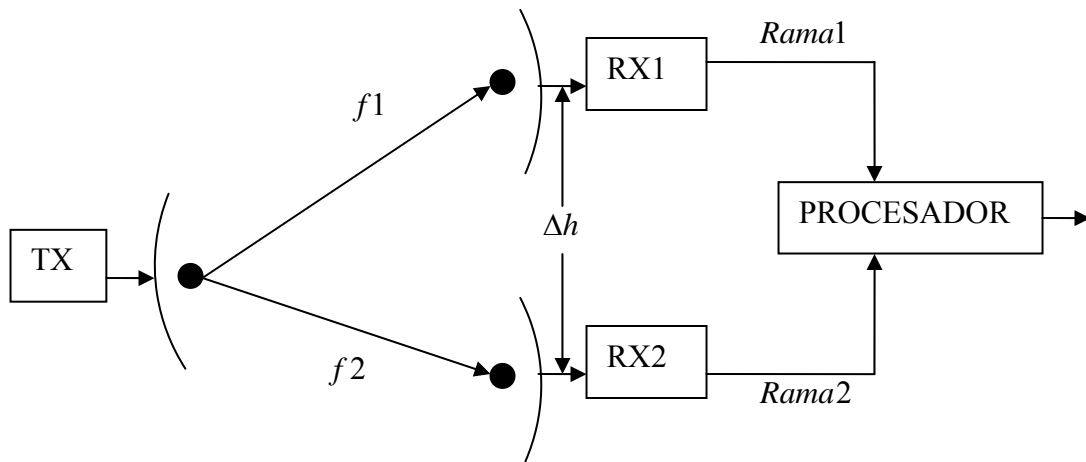
$$P_{Total} = P_o \cdot 10^{-CFM/10} = P_o \cdot (10^{-FFM/10} + 10^{-SFM/10} + 10^{-IFM/10}) \quad (46)$$

II.3.9 Diversidad

Para reducir los efectos causados por el desvanecimiento por multitrayectoria, se utilizan las llamadas técnicas de diversidad, que consiste en transmitir la misma información por dos trayectorias diferentes, de manera que sean afectados por separado por el desvanecimiento, las técnicas incluyen la diversidad de espacio y la diversidad de frecuencia

### II.3.9.1 Diversidad de espacio

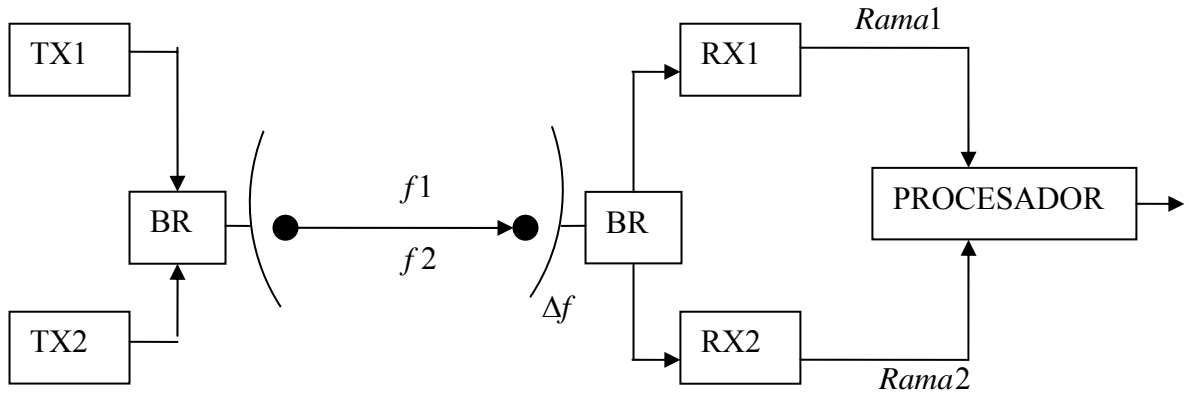
En la diversidad por espacio se habilitan dos trayectorias, con dos antenas de recepción separadas verticalmente, de manera que la señal transmitida por un único transmisor se reciba por dos caminos diferentes, en dos antenas receptoras separadas con una salida combinada, con la ventaja que se utiliza una sola frecuencia.



**Figura 2.4** Configuración de la diversidad en espacio

### II.3.9.2 Diversidad de frecuencia

La diversidad de frecuencia es más compleja y costosa que la diversidad de espacio, por lo que se debe en la medida de lo posible evitar utilizarse para ahorrar espectro. Consiste en una doble transmisión y en una doble recepción utilizando frecuencias distintas, de forma que cuando una señal sufre desvanecimiento (oposición de fase), la otra se recibe en fase, la frecuencia de separación  $\Delta_f$  debe ser al menos del 2%, pero sería preferible 5%.



**Figura 2.5** Configuración de diversidad en frecuencia

### II.3.9.3 Diversidad Combinada

Muchas veces es necesario incrementar el factor de mejora para poder alcanzar los objetivos de calidad, en este caso disponemos de la diversidad combinada donde la mejora introducida se expresa de la siguiente manera:

$$I_{F+S} = I_F + I_S \quad (47)$$

### II.3.9.4 Mejora por diversidad

Empleando diversidad se logra reducir los porcentajes de tiempo en que se supera una determinada profundidad de desvanecimiento.

El factor de mejora por diversidad  $I$ , es la relación entre las probabilidades de que se supere una determinada profundidad de desvanecimiento en los trayectos protegidos o no protegidos.

$$I = \frac{P_{Sin\ Protection}}{P_{Con\ Protection}} = \frac{U_{SD}}{U_{CD}} \quad (48)$$

$U_{SD}$  = Indisponibilidad sin desvanecimiento.

$U_{CD}$  = Indisponibilidad con desvanecimiento.

### II.3.9.5 Factor de mejora por diversidad en espacio.

$$I_s = \left[ 1 - \exp\left(-0,04 \cdot S^{0,87} \cdot f^{-0,12} \cdot d^{0,48} \cdot \left(\frac{P_o}{100}\right)^{-1,04}\right) \right] \cdot 10^{(CFM-V)/10} \quad (49)$$

CFM: Margen de desvanecimiento compuesto [dB]

S: Separación vertical entre los centros de las antenas [m]

f: Frecuencia [GHz]

d: Longitud del enlace [km]

$V = |G_1 - G_2|$ , G1 y G2 son las ganancias de las antenas terminales [dB]

El factor de mejora por diversidad en espacio se aplica si se cumplen las siguientes condiciones:

$$3 \leq s \leq 23$$

$$2 \leq f \leq 11$$

$$43 \leq d \leq 240$$

En los casos en que estos límites sean excedidos, el factor de mejora I se calcula con los valores límites.

### II.3.9.6 Factor de mejora para diversidad de frecuencia.

Para sistemas 1+1

$$I_F = \frac{80}{f \cdot d} \cdot \left(\frac{\Delta_f}{f}\right) \cdot 10^{CFM/10} (I \geq 5) \quad (50)$$

$f$  : Frecuencia [GHz]

$d$ : Longitud del enlace [km]

CFM: Margen de desvanecimiento compuesto [dB]

$\Delta_f$  : Separación relativa de frecuencias [GHz]

El factor de mejora para diversidad de frecuencia se aplica si se cumplen las siguientes condiciones:

$$2 \leq f \leq 11$$

$$30 \leq d \leq 70$$

$$\frac{\Delta_f}{f} \leq 0,05$$

En los casos en que estos límites sean excedidos, el factor de mejora  $I$  se calcula con los valores límites.

#### II.4 Calidad de un radioenlace

Se define como la disposición que tiene el sistema de prestar el servicio para el cual fue diseñado. Se distinguen dos aspectos importantes en la calidad de un radioenlace que están relacionados entre sí:

- (a) Calidad de disponibilidad.
- (b) Calidad de fidelidad o comportamiento

El comportamiento de los servicios digitales se manifiesta mediante:

- (a) La calidad del enlace: características del enlace.
- (b) La servibilidad: accesibilidad a la red y retenibilidad de la comunicación.
- (c) La logística del servicio y la integridad del servicio.
- (d) La fiabilidad en el uso de las comunicaciones.
- (e) La disponibilidad: mantenibilidad del sistema.
- (f) Logística de mantenimiento y fiabilidad de funcionamiento.

Se entiende por disponibilidad de un sistema la aptitud para desempeñar la función para la cual fue diseñado. La disponibilidad del enlace se encuentra relacionada directamente a la falla de equipos.

La indisponibilidad es definida por la recomendación UIT-T G.821 [6] de la siguiente manera: un periodo de tiempo de indisponibilidad comienza cuando la tasa de errores en los bits (BER) en cada segundo es peor que  $1 \times 10^{-3}$  durante diez segundos consecutivos; se considera que estos diez segundos son tiempo de indisponibilidad.

Un nuevo periodo de tiempo de disponibilidad comienza con el primer segundo de un periodo de diez segundos consecutivos cada uno de los cuales tiene un BER mejor que  $10^{-3}$ .

#### II.4.1 Modelos de trayectos de referencia

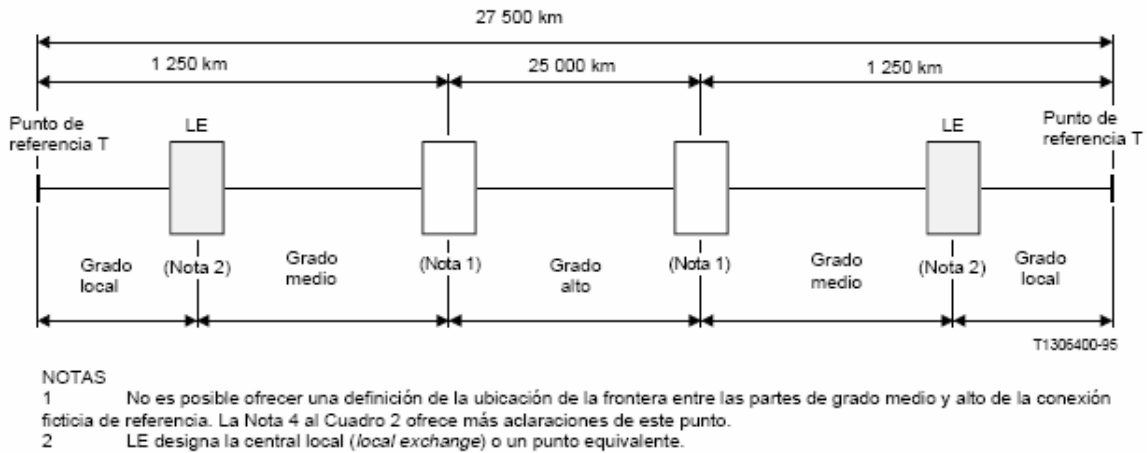
En la recomendación de la UIT-T G.821 [6] se muestra una conexión ficticia de referencia (HRX) totalmente digital, la cual es un modelo de enlace en el cual pueden efectuarse estudios de calidad con el fin de observar los objetivos de calidad. Con el fin de que esta conexión sea una buena representación de la realidad, se le asignó una longitud de 27.500 km.

Esta dividida en tres partes en las que se definen tres grados de calidad: Grado local, grado medio y grado alto.

La sección de la HRX que corresponde al grado local, une los puntos de referencia T con las centrales locales. La de grado medio termina en alguna interfaz próxima a una central internacional.

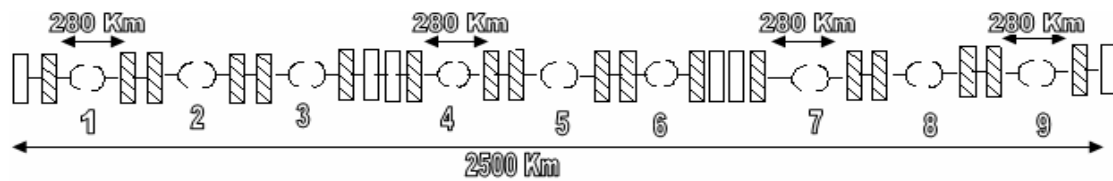
Los tramos local y medio poseen una longitud de 2.500 km ,y los tramos de grado alto se dividen en 10 secciones de 2.500 km.








**Figura 2.6** Conexión hipotética de referencia (HRX) [6]

Con el fin de que se estudiaran las degradaciones en la transmisión digital, se establecieron modelos de conexiones que comprenden diferentes elementos de transmisión, por lo que se define (HRDP) llamado trayecto digital ficticio de referencia con una longitud de 2500 km, el cual está dividido en 9 secciones de 280 km aproximadamente, escogiéndose este valor de manera que sea representativo de las secciones encontradas en los sistemas de radioenlaces reales, no incluyen multiplexación ni demultiplexación de señales.



**Figura 2.7** Trayecto digital ficticio de referencia (HRDP) [12]

-  Equipo de multicanalización digital del 1er nivel
-  Equipo de multicanalización digital de otros niveles jerárquicos
-  Sección radioenlace digital

#### II.4.2 Parámetros de calidad de error

Estos parámetros se definen en las recomendaciones UIT-T G.821 [6] y la G.826 [7].

El parámetro fundamental de calidad de error de cualquier sistema de transmisión es la tasa de error en los bits (BER), a partir del cual se definen otros que son importantes para determinar los objetivos de calidad de sistemas de transmisión digital.

Se muestran a continuación la definición de dichos parámetros:

- (a) Segundo con errores (ES): es un período de 1 segundo en el cual uno o más bits son erróneos.
- (b) Segundo con muchos errores (SES): es un período de un segundo que tiene una tasa de error en los bits  $BER \geq 10^{-3}$ . (Recomendación G.821 [6])
- (c) Segundo con muchos errores (SES): es un período de un segundo que contiene  $\geq 30\%$  de bloques con errores o por lo menos un defecto, que equivale a un BER igual a  $1,7 \cdot 10^{-5}$ . (Recomendación G.826 [7]).
- (d) Minutos degradados (DM): es un período de 60 s durante el cual el BER promedio es mayor que  $1 \cdot 10^{-6}$ .
- (e) Bloque con errores (EB): bloque en el cual uno o más bits tienen errores.

A partir de de estos parámetros se han definidos otros parámetros de calidad de error:

- (a) Tasa de segundos con error (ESR): cociente entre ES y el número total de segundos en el tiempo de disponibilidad durante un intervalo de medición fijo.
- (b) Tasa de segundos con muchos errores (SESR): cociente entre SES y el total de segundos de tiempo de disponibilidad durante un intervalo de medición fijo.
- (c) Tasa de errores de bloque de fondo (BBER): cociente entre bloques con errores de fondo (BBE) y el total de bloques en el tiempo de disponibilidad durante un intervalo de medición fijo.

La UIT-R, considerando que el HRDP contiene nueve secciones de 280km cada una, estable los siguientes objetivos que se podrían adoptar para enlaces radioeléctricos con una longitud L, en sus recomendaciones 634-4[8] y 594-4 [9].

Para L menor que 280km

(a) La tasa de error en los bits BER no debería exceder un valor de  $1 \cdot 10^{-3}$  por más de  $0,006\% = 0,054 \cdot \frac{280}{2500} \%$ , para cualquier mes del año con un tiempo de integración de un segundo, correspondiendo este porcentaje a los SES.

(b) La tasa de error en los bits BER no debería exceder un valor de  $1 \cdot 10^{-6}$  por más de  $0,045\% = 0,4 \cdot \frac{280}{2500} \%$ , para cualquier mes del año con un tiempo de integración de un minuto, correspondiendo este porcentaje a los DM.

(c) Los segundos errados totales (ES) no deberían de exceder el valor de  $0,036\% = 0,32 \cdot \frac{280}{2500} \%$  de cualquier mes del año.

Para L mayor que 280km y menor que 2500km

(a) La tasa de error en los bits BER no debería exceder un valor de  $1 \cdot 10^{-3}$  por más de  $0,054 \cdot \frac{L}{2500} \%$ , para cualquier mes del año con un tiempo de integración de un segundo, correspondiendo este porcentaje a los SES.

(b) La tasa de error en los bits BER no debería exceder un valor de  $1 \cdot 10^{-6}$  por más de  $0,4 \cdot \frac{L}{2500} \%$ , para cualquier mes del año con un tiempo de integración de un minuto, correspondiendo este porcentaje a los DM.

(c) Los segundos errados totales (ES) no deberían de exceder el valor de  $0,32 \cdot \frac{L}{2500} \%$  para cualquier mes del año.

El porcentaje de tiempo total que la señal cae por debajo de un umbral mínimo de recepción para los diferentes valores de BER esta dado por las siguientes ecuaciones:

$$P_{Total3} = P_o \cdot 10^{-CFM3/10} \quad (51)$$

La cual si la expresamos en segundos por mes nos indica el SES del enlace y si es expresada en segundos por años el outage total en el año.

$$P_{Total6} = P_o \cdot 10^{-CFM6/10} \quad (52)$$

La ecuación anterior expresada en minutos por mes indica los DM del enlace.

Los objetivos de la UIT-R no son los únicos que se deben de tomar en cuenta, sino muchas veces lo de las empresas. Una manera de visualizar cuánto falta para lograr el objetivo o que tal lejos estamos se realiza mediante la siguiente ecuación denominado margen de comportamiento:

$$MC = 10 \cdot \log \left( \frac{\%Objetivo}{\%Calculado} \right) \quad (52)$$

#### II.4.3 Disponibilidad del enlace.

La indisponibilidad viene dada en términos de interrupciones o de una degradación de la señal, que trae consigo una falla en el servicio.

Se define interrupción, como un intervalo de tiempo en el cual se produce un corte parcial o total de la señal, aparece un ruido o una tasa de error de un gran valor excesivo, y surge una fuerte discontinuidad en la señal.

Las interrupciones pueden clasificarse según su duración en:

- (a) Interrupciones largas de 10 seg a una o más horas.
- (b) Interrupciones breves y frecuentes: de fracciones de segundo hasta algunos segundos.

Las interrupciones pueden ser causadas por:

- (a) Fallas en los equipos: como lo son equipos de radio, dispositivos de conmutación, fuente de alimentación etc, las cuales suelen ser muy largas.
- (b) Condiciones anormales de propagación: desvanecimiento por lluvia las cuales suelen ser largas y el desvanecimiento por multitrayectoria que son breves.
- (c) Interferencias dentro del sistema como fuera de el.

La indisponibilidad total de un enlace viene dada por: la indisponibilidad en los equipos y la indisponibilidad por propagación que puede ser causada por la lluvia o debido a la propagación multitrayecto.

#### II.4.4 Fallas de los equipos

Pueden deberse a diversas causas:

- (a) Fallas que suelen ocurrir al iniciarse el período operativo y que pueden ser por defectos de producción o por errores en la instalación.
- (b) Fallas debido al desgaste de los equipos y que dependen del mantenimiento que se le dé al equipo.
- (c) Fallas aleatorias distribuidas al azar que no tienen que ver con que se le realice o no mantenimiento.

La confiabilidad está relacionada con el tiempo que transcurre entre averías sucesivas del equipo, por lo que se define como tiempo medio entre fallos a MTBF, el cual constituye una característica propia del equipo y una expresión de confiabilidad.

Para establecer la indisponibilidad es necesario definir el término MTTR que es el tiempo medio de reparación, y que es el valor medio del tiempo cuando se produce una avería y el restablecimiento de la operación del equipo. Depende del diseño del equipo y del mantenimiento.

Para un sistema con equipo sin protección la indisponibilidad viene dada por la siguiente ecuación:

$$U_{Equipos} = \left(1 - \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}\right) \cdot 100 \text{ (\%)} \quad (54)$$

MTBF: Tiempo promedio entre fallas, en horas.

MTTR: Tiempo promedio de restauración del servicio, en horas.

Por lo que la disponibilidad viene dada por:

$$A_{Equipos} = 100 - U_{Equipos} \quad (55)$$

Para sistemas con equipos con protección, es decir poseen protecciones N+1:

$$A_{Equipos} = (C + 1) \cdot A^C - A^{C+1} \cdot C \quad (56)$$

C: Número de canales con protección.

A: Disponibilidad del equipo sin protección, por unidad.

Si la configuración es redundante (MHSB) se calcula de la siguiente manera:

$$A_{Equipos} = \frac{(MTBF + MTTR)^2 - 2 \cdot MTTR^2}{(MTBF + MTTR)^2} \cdot 100 \quad (57)$$

#### II.4.5 Propagación por multitrayectoria

La probabilidad que la señal caiga por debajo del umbral mínimo de recepción para un BER de  $10^{-3}$  y  $10^{-6}$ , está dada por la ecuación 41.

Para cumplir con la condición de indisponibilidad deben durar 10 s consecutivos. Según la UIT- R en su Rep 338-6 [10], nos permite calcular la duración promedio del desvanecimiento:

$$T = C_2 \cdot 10^{[-\alpha_2 \cdot F / 10]} \cdot f^{\beta_2} \quad (57)$$

$f$ : Frecuencia [GHz]

$C_2, \alpha_2, \beta_2$ : Constantes dadas en la tabla N° 1, donde  $d$  es la longitud del enlace en km, en nuestro caso tomamos los valores de USA.

$F$ : Margen de desvanecimiento compuesto para un  $BER=10^{-3}$ , CFM3 [dB].

**Tabla N° 1** Parámetros para el cálculo de la duración del desvanecimiento

Ubicación	$\alpha_2$	$\beta_2$	$C_2$
Francia	0,5	-1	-
Alemania	0,33	-	-
USA	0,5	-0,50	$56,6\sqrt{d}$
Suiza	0,59	-1,38	-

Ahora calculamos la probabilidad de que el margen de desvanecimiento dure 10s o más  $P_{10}$ , la cual viene dada por la siguiente ecuación:

$$P_{10} = 0,5 \cdot \text{erfc}(z) \quad (59)$$

Donde

$$z = 0,548 \cdot \ln\left(\frac{10}{T}\right) \quad (60)$$

$$\text{erfc}(t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_t^{\infty} e^{-t^2} \quad (61)$$

La evaluación de la ecuación anterior en el programa se realizó mediante el método de los trapecios.

La probabilidad de que se exceda un BER= $10^{-3}$  por más de 10s, y que por tanto el enlace este indisponible por multitrayectoria viene dada por la siguiente ecuación:

$$U_{Multi} = P_o \cdot 10^{-CFM_3/10} \cdot P_{10} (\%) \quad (62)$$

Y la disponibilidad por:

$$A_{Multi} = 100 - U_{Multi} \quad (63)$$



#### II.4.6 Atenuación por lluvia

Para frecuencias mayores a 10GHz la atenuación por lluvia afecta la propagación de las señales de microondas.

Para el cálculo de dicha atenuación la UIT-R en su recomendación P.838-1 [11] recomienda que se utilice el siguiente procedimiento:

Primero se calcula la atenuación específica  $\gamma_R$  (dB/Km), la cual se obtiene mediante la intensidad de la lluvia R (mm/h) que en el caso de Venezuela tiene un valor igual a 95, mediante la siguiente ley exponencial:

$$\gamma_R = kR^\alpha \quad (64)$$

En la tabla N°2 se indican los valores de k y  $\alpha$  dependiendo de la frecuencia, para la polarización vertical y la horizontal, para frecuencias hasta 55 GHz.

Cuando utilizamos polarización vertical, horizontal y circular, los coeficientes de la ecuación pueden calcularse mediante los valores de la tabla N°2 utilizando las siguientes ecuaciones:

$$k = [k_H + k_V + (k_H - k_V)\cos^2 \theta \cos 2\tau] / 2 \quad (65)$$

$$\alpha = [k_H \alpha_H + k_V \alpha_V + (k_H \alpha_H - k_V \alpha_V) \cos^2 \theta \cos 2\tau] / 2k \quad (66)$$

$\theta$  : ángulo de elevación del trayecto, es igual al valor de  $\varepsilon_p$  expresado en grados calculado en la ecuación N°24.

$\tau$  : 0° para polarización horizontal y 90° para la polarización vertical.

Se procede a calcular la atenuación debido a la lluvia excedida el 0,01% del tiempo:

$$A = \varphi \cdot \gamma_R = \varphi \cdot k \cdot R^\alpha \quad (67)$$

$\varphi$ : Longitud efectiva del enlace que contiene las gotas de lluvia, y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\varphi = \frac{d}{1 + \left( \frac{d}{35 \cdot e^{-0,015 \cdot R}} \right)} \quad (68)$$

d: Distancia del enlace [km].

R: Intensidad de lluvia [mm/h]

Si no se tiene información sobre R, se puede hacer una aproximación a partir de los mapas contornados presenten en el Anexo N° 5 y N° 6 , donde una vez ubicada la región se elige el valor apropiado de la intensidad de lluvia para el porcentaje de tiempo especificado, a partir de la tabla ubicada en dicho anexo.

La indisponibilidad por lluvia esta dada por:

$$U_{Lluvia} = 10^{11,628 \cdot (-0,546 + \sqrt{0,29812 + 0,172 \cdot \log(0,12 \cdot A/F)})} \quad (69)$$

F: Margen de desvanecimiento plano [dB].

Para evitar valores imaginarios se usa  $A/F=0,155$  en los casos donde  $A/F < 0,154023$ .

Por lo tanto la disponibilidad por lluvia viene expresada por:

$$A_{Lluvia} = 100 - U_{Lluvia} \quad (70)$$

**Tabla N°2** Coeficientes para estimar el valor de la atenuación específica [11]

Frecuencia (GHZ)	$k_H$	$k_V$	$\alpha_H$	$\alpha_V$
1	0,0000387	0,0000352	0,912	0,88
2	0,000154	0,000138	0,963	0,923
4	0,00065	0,000591	1,121	1,075
6	0,00175	0,00155	1,308	1,265
7	0,00301	0,00265	1,332	1,312
8	0,00454	0,00395	1,327	1,31
10	0,0101	0,00887	1,276	1,264
12	0,0188	0,0168	1,217	1,2
15	0,0367	0,0335	1,154	1,128
20	0,0751	0,0691	1,099	1,065
25	0,124	0,113	1,061	1,03
30	0,187	0,167	1,021	1
35	0,263	0,233	0,979	0,963
40	0,35	0,31	0,939	0,929
45	0,442	0,393	0,903	0,897
50	0,536	0,479	0,873	0,868
60	0,707	0,642	0,826	0,824
70	0,851	0,784	0,793	0,793
80	0,975	0,906	0,769	0,769
90	1,06	0,999	0,753	0,754
100	1,12	1,06	0,743	0,744
120	1,18	1,13	0,731	0,732
150	1,31	1,27	0,71	0,711
200	1,45	1,42	0,689	0,69
300	1,36	1,35	0,688	0,689
400	1,32	1,31	0,683	0,684

#### II.4.7 Disponibilidad total

Se calcula de la siguiente manera:

$$A_{Total} = 100 - U_{Total} \quad (71)$$

El cálculo de la indisponibilidad total viene dado por la suma de cada una de las indisponibilidades individuales:

$$U_{Total} = U_{Lluvia} + U_{Equipos} + U_{Multitrayectoria} \quad (72)$$

## CAPÍTULO III

### DISEÑO DE LA HERRAMIENTA

En la resolución de problemas de programación es importante conseguir un instrumento que nos permita resolver variaciones del problema original, para lograrlo se aplican los siguientes pasos: Análisis del problema: donde se hace una evaluación de los requerimientos y los objetivos del programa, realizada en los capítulos anteriores.

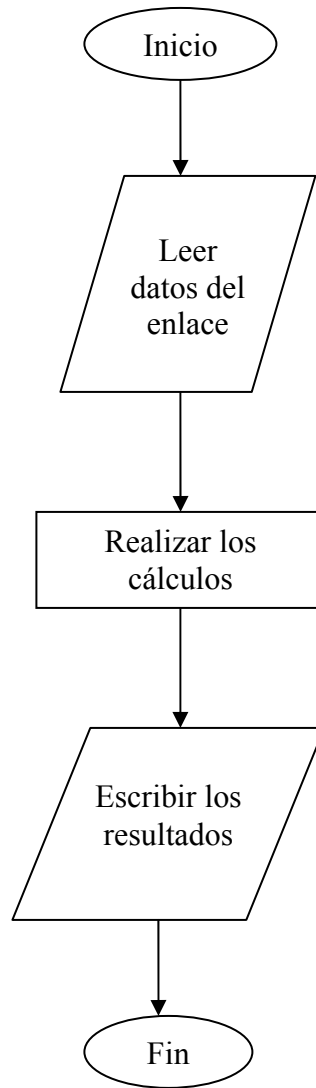
Seguidamente se diseña el algoritmo que se lleva a cabo en varias etapas, una primera etapa que se realiza a un nivel mental, ya que de la mente nacerá un bosquejo general del conjunto de pasos que se deben de seguir para la resolución del problema. Una segunda etapa que consiste en hacer esa idea lo suficientemente clara para formar un primer conjunto de pasos de manera que éstos puedan ser expresados mediante pseudocódigo o diagramas de flujo.

Por último se procede a la codificación, que consiste en escribir el algoritmo utilizando los elementos de un lenguaje de programación, con la finalidad de transformarlo en un programa.

A través del siguiente capítulo se muestra una secuencia de diagramas de flujo: el diagrama de flujo del programa, el diagrama de los cálculos que realiza el programa y el diagrama de flujo del cálculo de la altura, distancia y porcentaje de obstrucción.

La figura 3.1 muestra un diagrama de flujo que contiene el procedimiento general que realiza el programa.

### III.1 Diagrama de flujo del programa



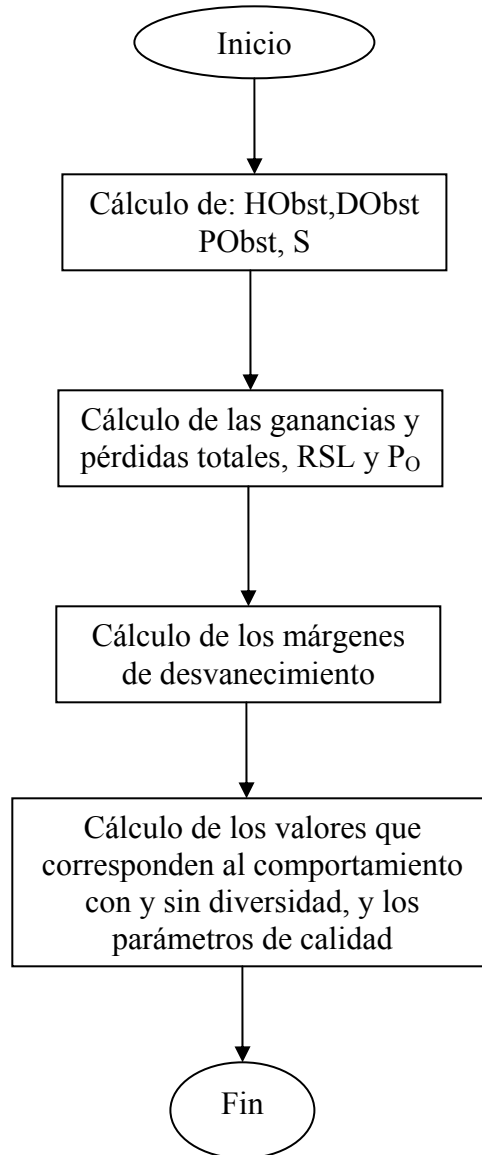
**Figura 3.1** Diagrama de flujo del programa

En primer lugar se realiza la lectura de los datos correspondientes al enlace, para poder realizar los cálculos.

Luego se hacen los cálculos necesarios que serán detallados más adelante en la figura 3.2, seguidamente escribe los resultados mediante el reporte que realiza el programa.

### III.2 Diagrama de flujo de los cálculos del enlace.

En el diagrama de flujo mostrado a continuación, se puede visualizar los pasos seguidos en los cálculos que se realizan en el programa.



**Figura3.2** Diagrama de flujo de cálculos de enlaces

HObst: Altura de obstrucción. [m]

DObst: Distancia de obstrucción [km].

PObst: Porcentaje de obstrucción.

S: Rugosidad [m].

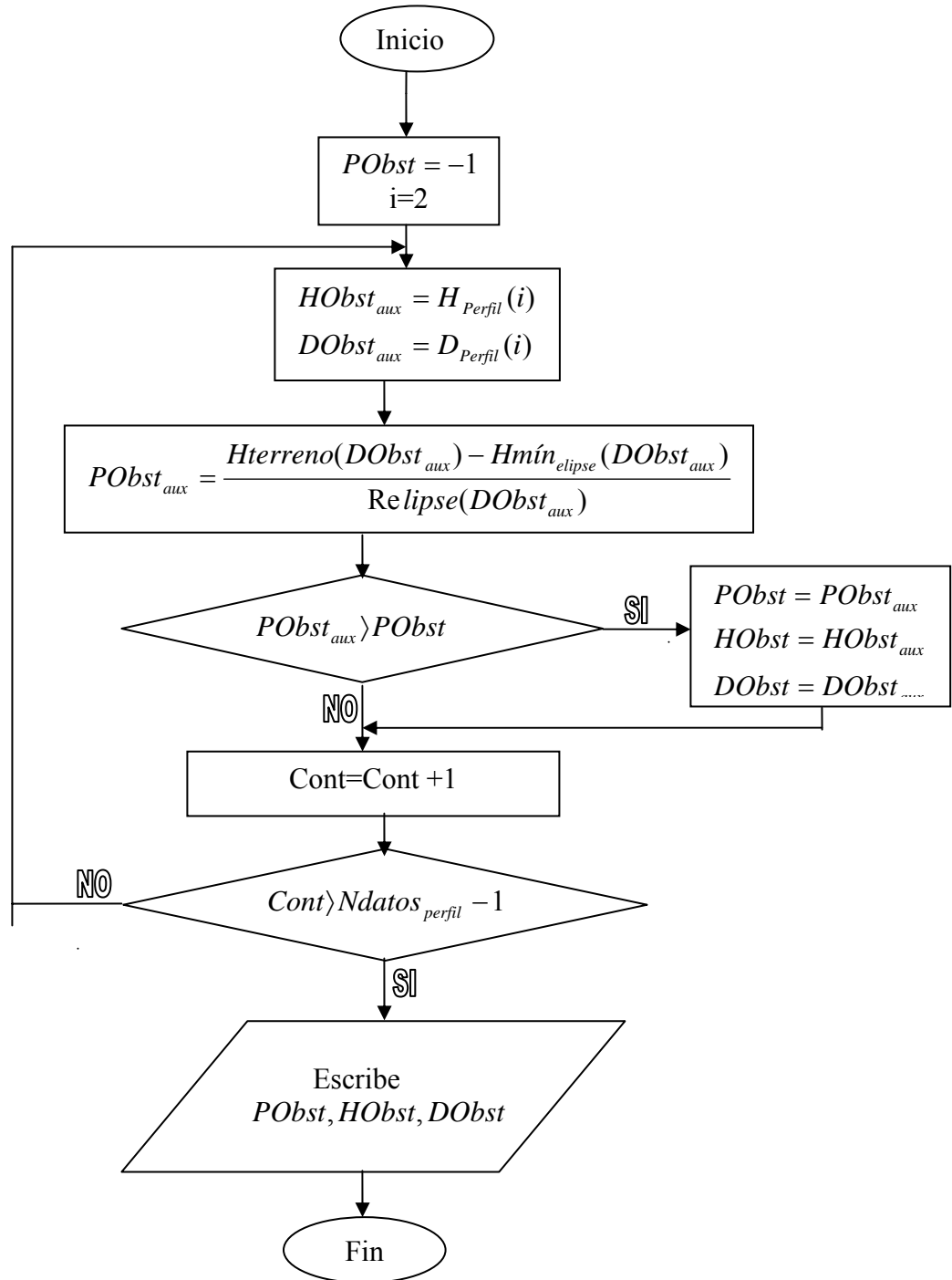
RSL: Nivel de señal recibido [dBm].

PO: Factor de ocurrencia [%]



### III.3 Cálculo de la altura, distancia y porcentaje de obstrucción.

Para la realización de estos cálculos se utilizó un método iterativo que se muestra a través del siguiente diagrama de flujo:



**Figura3.3** Diagrama de flujo de cálculos de obstrucción

$i$ : Variable de control del ciclo iterativo que se mueve desde 2 hasta los  $N_{datos_{perfil}} - 1$ .

$N_{datos_{perfil}}$ : Número de datos del perfil.

$H_{perfil}(i)$ : Altura del perfil en la posición  $i$ , ingresada por el usuario.

$D_{perfil}(i)$ : Distancia del perfil en la posición  $i$ , ingresada por el usuario.

$H_{Obst_{aux}}$ : Variable auxiliar para obtener el verdadero valor de  $H_{Obst}$ .

$D_{Obst_{aux}}$ : Variable auxiliar para obtener el verdadero valor de  $D_{Obst}$ .

$P_{Obst_{aux}}$ : Variable auxiliar para tener el verdadero valor de  $P_{Obst}$ .

$H_{terreno}(D_{Obst_{aux}})$ : Variable donde se guarda el valor de la altura del terreno evaluado en la  $D_{Obst_{aux}}$ .

$H_{mín_{elipse}}(D_{Obst_{aux}})$ : Variable donde se guarda el valor de la altura mínima de la elipse evaluada en la  $D_{Obst_{aux}}$ .

$P_{Obst}$ : Variable que guarda el porcentaje de obstrucción definitivo.

$H_{Obst}$ : Variable que guarda el valor de la altura de obstrucción definitiva.

$D_{Obst}$ : Variable que guarda el valor de la distancia de obstrucción definitiva.

### III.4 Problema

A continuación se presenta un problema ejemplo de un radioenlace de microondas calculado paso a paso, con la finalidad de comparar los resultados obtenidos al realizar el análisis de este, con los arrojados por el programa.

#### Estación 1:

HantTx [m]: 7

HTorreTx[m]: 0

Hedif[m]: 0

#### Estación 2:

HantRx[m]: 10

HTorreRx[m]: 0

HedificioRx[m]: 0

Tipo de terreno: Plano

Tasa de lluvia [mm/h]: 95.

Polarización: Vertical.

Índice troposférico k: 1,33.

Clima: Continental.

Vegetación[m]: 20

Perfil del enlace:

Distancia [km]	Altura[m]
0	100
1	105
2	107
3	104
4	102
5	98
6	100
7	110
8	115
9	117
10	114

Se seleccionaron los siguientes equipos:

Radio: NERA NL182-1

Frecuencia [GHz] 2

Capacidad [Mb/s]: 8

PotTx [dBm]: 28

Threshold BER= 1E-3: -89 [dBm]

Threshold BER= 1E-6: -85[dBm]

Sf BER=1E-3: 0,2

Sf BER= 1E-6: 0,33

Configuración: 1+1

Antena Tx: ANDREW UHP8-19

Diámetro[m]: 2,4

Ganancia [dBi]: 31,9

AntenaRx: ANDREW UHP8-19

Diámetro[m]: 2,4

Ganancia [dBi]: 31,9

AlimentadorTx: ANDREW EW17

AlimentadorRx: ANDREW EW17

Se calcularon las ganancias totales:

$$G_T = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} = 28 + 31,9 + 31,9 = 91,8 \text{ dBm}$$

Pérdidas en el espacio libre:

$$A_0 = 92,4 + 20 \log(d \text{ Km}) + 20 \log(f \text{ GHz}) = 92,4 + 20 \log(10) + 20 \log(2) = 118,4605 \text{ dB}$$

Pérdidas en los alimentadores:

$$A_{al} [\text{dB}/100\text{m}] = 1,1708$$

$$A_w = \frac{A_{al} \cdot l}{100} = 1,1708 \cdot 17 / 100 = 0,1963 \text{ dB para Tx}$$

$$A_w = \frac{A_{al} \cdot l}{100} = 1,1708 \cdot 20 / 100 = 0,23096 \text{ dB para Rx}$$

Valores preestablecidos:

Pérdidas por distribución [dB]: 1,5

Pérdidas adicionales [dB]: ,5

Pérdidas por obstrucción:

$$v = \frac{\Delta_r}{r} = -3 / 15,49 = -0,19367$$

$$r = 17,32 \cdot \sqrt{\frac{d1 \cdot (d - d1)}{f \cdot d}} = 17,32 \cdot (0,8) = 15,49 \text{ m}$$

$$A = 6.4 + 20 \log(\sqrt{1 + v^2} + v) = 4,50 \text{ dB}$$

Pérdidas por absorción:

Atenuación debido al oxígeno [dB/km]:

$$\gamma_o = \left[ \frac{6.6}{f^2 + 0.33} + \frac{9}{(f - 57)^2 + 1.96} \right] \cdot f^2 \cdot 10^{-3} = 0,0061088$$

Atenuación debido al vapor de agua [dB/km]:

$$\gamma_w = \left[ 0.067 + \frac{2.4}{(f - 22.3)^2 + 6.6} + \frac{7.3}{(f - 183.5)^2 + 5} + \frac{4.4}{(f - 323.8)^2 + 10} \right] \cdot f^2 \cdot \rho \cdot 10^{-4} =$$

$$0,00021898$$

$$\gamma_a = \gamma_o + \gamma_w = 0,00632778$$

$$A_{Abs} = \gamma_a \cdot d = 0,00632778 \cdot 10 = 0,0632778 \text{ dB}$$

Atenuación por vegetación [dB]=0, debido a que se toma encuentra para frecuencias entre 10 y 40GHz.

Pérdidas totales [dB]:

$$A_T = A_O + A_{WTx} + A_{WRx} + A_B + A_{Obs} + A_{Abs} + A_{Veg} + A_A = 126,45963784$$

Nivel de señal recibido RSL[dBm]:

$$RSL = G_T - A_T = 91,8 - 126,459637 = -34,659637$$

Factor de ocurrencia Po:

Primero calculamos Kc (factor geoclimático) para el terreno plano:

$$K_C = 10^{-(6,5 - C_{lat} - C_{lon})} = 10^{-6,8} \cdot P_L^{1,5} = 1,41757E-5$$

Luego la inclinación del trayecto:

$$|\varepsilon_p| = |h_R - h_T| / d = 124 - 107 / 10 = 1,7$$

$$hl[m] = 107$$

$$P_o = k_c d^3 \left(1 + |\varepsilon_p|\right)^{-1.2} * 10^{0.033f - 0.001h_L} = 0,00391658\%$$

Margen de desvanecimiento plano FFM [dB]:

$$FFM_3 = RSL - Threshold_3 = -34.6596 - (-89) = 54,3404$$

$$FFM_6 = RSL - Threshold_6 = -34.6596 - (-85) = 50,3404$$

Factor de actividad de multitrayecto  $\eta$

$$\eta = 1 - e^{-0.2 \left(\frac{P_o}{100}\right)^{0.75}} = 0,000099012$$

Retardo temporal medio  $\tau_m$  y retardo de referencia, para obtener la

signatura  $\tau_o$

$$\tau_m = 0,7 \cdot \left(\frac{d}{50}\right)^{1,3} = 8,63847E-2$$

$$\tau_o [\text{ns}] = 6,3$$

Margen de desvanecimiento selectivo SFM [dB]:

$$SFM_3 = -10 \cdot \log \left( 0,43 \cdot \frac{\eta}{P_o} \cdot sf_3 \cdot \frac{\tau_m^2}{\tau_o} \right) = 58,68186$$

$$SFM_6 = -10 \cdot \log \left( 0,43 \cdot \frac{\eta}{P_o} \cdot sf_6 \cdot \frac{\tau_m^2}{\tau_o} \right) = 56,51$$

Margen de desvanecimiento compuesto CFM [dB]:

$$CFM_3 = -10 \cdot \log \left( 10^{-FFM_3/10} + 10^{-SFM_3/10} + 10^{-IFM_3/10} \right) = 52,97953$$

$$CFM_6 = -10 \cdot \log \left( 10^{-FFM_6/10} + 10^{-SFM_6/10} + 10^{-IFM_6/10} \right) = 49,40069$$

Comportamiento

Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento plano:

$$P_{plano} = P_o \cdot 10^{-FFM/10}$$

Para un BER=10<sup>-3</sup>  $P_{Plano} = P_o \cdot 10^{-FFM3/10} = 1,44167E-8$

Disponibilidad sin desvanecimiento plano = 100-1,44167E-8=99,9999999856 %

Para un BER= 10<sup>-6</sup>  $P_{Plano} = P_o \cdot 10^{-FFM6/10} = 3.6213208E-8$

Disponibilidad sin desvanecimiento plano = 100-3.32132E-8=99,999999996 %

Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento selectivo:

$$P_{Select} = 0,43 \cdot \eta \cdot sf \cdot \frac{\tau_m^2}{\tau_o}$$

Para un BER=10<sup>-3</sup>  $P_{Select} = 0,43 \cdot \eta \cdot sf_3 \cdot \frac{\tau_m^2}{\tau_o} = 1,008600998E-8$

Disponibilidad sin desvanecimiento selectivo = 100-1,00860099 = 99,9999999899 %

Para un BER= 10<sup>-6</sup>  $P_{Select} = 0,43 \cdot \eta \cdot sf_6 \cdot \frac{\tau_m^2}{\tau_o} = 1,66419 E-8$

Disponibilidad sin desvanecimiento selectivo = 100-1,66419E-8 = 99,9999999834 %

Probabilidad total de ocurrencia de desvanecimiento por multitrayectoria

Para un BER=10<sup>-3</sup>  $P_{Total} = P_o \cdot 10^{-CFM3/10} = 1,9722138E-8$

Disponibilidad sin desvanecimiento multitrayectoria = 100-1,9722138E-8 = 99,9999999803 %

Para un BER= 10<sup>-6</sup>  $P_{Total} = P_o \cdot 10^{-CFM6/10} = 4,4961E-8$

Disponibilidad sin desvanecimiento multitrayectoria = 100-4,4961E-8 = 99,999999955 %

Factor de mejora por diversidad en espacio

$$I_s = \left[ 1 - \exp \left( -0,04 \cdot s^{0,87} \cdot f^{-0,12} \cdot d^{0,48} \cdot \left( \frac{P_o}{100} \right)^{-1,04} \right) \right] \cdot 10^{(CFM-V)/10}$$

CFM: Margen de desvanecimiento compuesto [dB]

S: Separación vertical entre los centros de las antenas [m]



$$S = \frac{\lambda \cdot d}{4 \cdot h1} = 3,50 \text{ m}$$

$$f [\text{GHz}] = 2$$

$$d[\text{km}] = 10$$

$$V = |G_1 - G_2|, \text{ G1 y G2 son las ganancias de las antenas terminales [dB]}$$

$$V = 0 \text{ dB}$$

$$\text{Para un BER} = 10^{-3}$$

$$I_s = 198587,999$$

$$\text{Disponibilidad con diversidad} = 100 - (\text{Indisponibilidad sin diversidad}) / I_s$$

Por ejemplo para desvanecimiento plano:

$$\text{Disponibilidad con diversidad} = 100 - (0,0000000144) / 198587,999 = 99,999999999 \%$$

#### Parámetros de calidad

$$\text{Para un BER} = 10^{-3} \text{ SES} = (100 - \text{Disponibilidad total}) * 24 * 3600 * 30 / 100 = (100 - 99,9999999803) * 24 * 3600 * 30 / 100 = 0,000510624$$

$$\text{Para un BER} = 10^{-6} \text{ DM} = (100 - \text{Disponibilidad total}) * 24 * 3600 * 30 / 100 = 0,00116$$

$$\text{Para un BER} = 10^{-3} \text{ Outage} = (100 - \text{Disponibilidad total}) * 24 * 3600 * 30 * 12 / 100 = 0,006127$$

#### Disponibilidad del enlace

##### Falla en los equipos

Como es un sistema 1+1

$$A_{\text{Equipos}} = (C + 1) \cdot A^C - A^{C+1} \cdot C = 99,999999999 \%$$

C: Número de canales con protección., en este caso C = 1

A: Disponibilidad del equipo sin protección, por unidad.

$$A = U_{Equipos} = \left( 1 - \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right) \cdot 100 = 0,0021052$$

Propagación por multitrayectoria:

$$T = C_2 \cdot 10^{[-\alpha_2 \cdot F / 10]} \cdot f^{\beta_2}$$

f: Frecuencia [GHz]

$C_2, \alpha_2, \beta_2$ : Constantes dadas en la tabla N° 1, donde d es la longitud del enlace en km, en nuestro caso tomamos los valores de USA.

F: Margen de desvanecimiento compuesto para un BER=10<sup>-3</sup>, CFM3 [dB].

$$T = 0,28400$$

$$z = 0,548 \cdot \ln\left(\frac{10}{T}\right) = 1,9516$$

Por el método de los trapecios calculamos el valor de:

$$erfc(t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_t^{\infty} e^{-t^2} = 3,8207$$

$$P_{10} = 0,5 \cdot erfc(z) = 1,91035$$

$$U_{Multi} = P_0 \cdot 10^{-CFM_3 / 10} \cdot P_{10} (\%) = 3.77E-8$$

$$A_{Multi} = 100 - U_{Multi} = 99,9999999623 \%$$

Disponibilidad debido a la lluvia

Es del 100% ya que influye para frecuencias mayores de 10GHz

A continuación se presenta el reporte que da el programa al elegir el botón de imprimir, que comparado con el teórico nos damos cuenta que los resultados obtenidos son bien confiables.

## CAPÍTULO IV

### MANUAL DEL USUARIO

#### IV.1 Introducción

El programa REMO v1, permite realizar el análisis del comportamiento y disponibilidad de un enlace, además proporciona soluciones de diversidad, muestra la altura, distancia y porcentaje de obstrucción del enlace, agregar datos de los equipos que se necesitan para realizar dicho enlace basados en las recomendaciones de la UIT.

El desarrollo de esta herramienta computarizada se basa en el lenguaje de programación Borland Delphi 7.0 ya que ofrece facilidad para realizar gráficos, un fácil manejo de sus librerías, y que proporciona las herramientas de diseño necesarias para crear un programa con las especificaciones requeridas, y hacerlo de una manera, que el producto resultante ofrezca al usuario una herramienta amistosa y de fácil uso.

Posee un entorno de ambiente Windows, por lo que el usuario tiene la posibilidad de interactuar directamente con los módulos, botones y demás iconos presentes en la pantalla, con solo hacer clic sobre lo que se desee.

#### IV.2 Requerimientos

Para poder hacer uso del programa REMO v1 es necesario tener la siguiente configuración mínima:

- (a) Procesador Pentium I o superior.
- (b) 1,5MB de espacio libre en el disco duro.
- (c) Unidad de disquetes de 3<sup>1/2</sup> o cd.
- (d) Monitor súper VGA (resolución de 800x600 píxeles).
- (e) Mouse.
- (f) Windows 95 o superior.

### IV.3 Uso general del programa

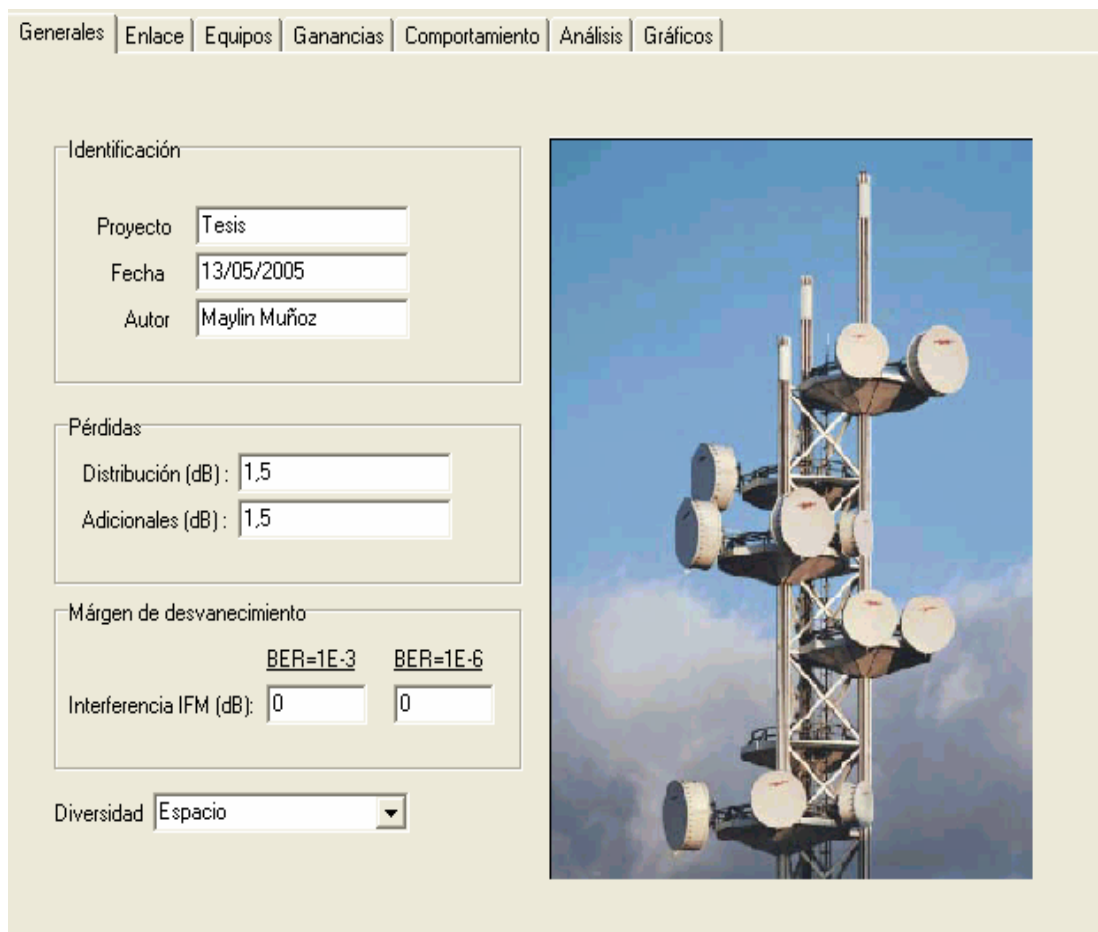
El programa consta de una ficha, con 7 pestañas, un menú principal y un botón.

En el menú principal encontramos cinco botones:

- (a) Crear un nuevo proyecto.
- (b) Abrir un proyecto ya existente.
- (c) Guardar el proyecto.
- (d) Imprimir el reporte del programa.
- (e) Salir del programa.

En la primera pestaña encontramos los datos generales:

- (a) Identificación del proyecto: Nombre del proyecto, fecha del proyecto, autor del proyecto.
- (b) Pérdidas: pérdidas por distribución y las pérdidas adicionales [dB], introducidas por el usuario.
- (c) Margen de desvanecimiento por interferencia para un BER de  $10^{-3}$  y  $10^{-6}$  [dB], los cuales son introducidos por el usuario, ya que el programa no los calcula, pero sí son tomados en cuenta para realizar los cálculos.
- (d) Desvanecimiento: el usuario selecciona si desea aplicar sus soluciones de diversidad respecto a la diversidad por espacio o por frecuencia.



**Figura 4.1** Pestaña “Datos Generales”

En la segunda pestaña, encontramos los datos del enlace:

- (a) Nombre de las estaciones.
- (b) Altura del edificio, en cada estación [m].
- (c) Altura de la torre, en cada estación [m].
- (d) Altura de las antenas de Tx y de Rx en [m].
- (e) Los datos del perfil, distancia en [km] y la altura en [m].
- (f) Tipo de terreno:

Montañoso: para enlaces donde la menor de las antenas este por encima de los 700m sobre el nivel del mar.

Plano: para enlaces donde la menor de las antenas este por debajo de los 700m sobre el nivel del mar.

Con mucha agua: para enlaces que se encuentren sobre terrenos con grandes porciones de agua.

Poca agua: para enlaces que se encuentren en terrenos con pequeñas porciones de agua., regiones con lagos, zonas costeras.

(g) Tasa de lluvia R [mm/h]: es la intensidad de la lluvia en mm/h para el 0.01% del tiempo, la cual si no se tiene información sobre su valor se puede obtener una estimación a través de los mapas contornados presentes en los anexos.

(h) Tipo de polarización: vertical u horizontal, se utiliza para el cálculo de la indisponibilidad por lluvia, demostrándose que la polarización vertical es la que menos afecta dicha indisponibilidad.

(i) Índice troposférico k: dependiendo de las condiciones climáticas de la región donde se realice el enlace, varía el valor del índice troposférico:

Zona tropical  $k=4/3$  a  $3/2$ .

Zona templada  $k=4/3$ .

Zona fría  $k=6/5$  a  $4/3$ .

En Venezuela se recomienda diseñar con un valor de  $k=4/3$ .

(j) Clima: continental, templado o húmedo

(k) Altura de la vegetación [m].

Generales | **Enlace** | Equipos | Ganancias | Comportamiento | Análisis | Gráficos

**Estación1**

Nombre:

Hedif(m):

HT(m):

HantTx(m):

**Estación2**

Nombre:

Hedif (m):

HT(m):

HantRx(m):

**Datos del perfil**

Dist (Km)	Cota (m)
0	100
1	105
2	107
3	104
4	102
5	98
6	100
7	110
8	115

11

**Factores Meteorologicos**

Tipo de Terreno:

Tasa de lluvia (mm/h):

Polarización:

K:

Clima:

Altura de Veg(m):

**Figura 4.2** “Pestaña Enlace”

En la tercera pestaña, encontramos todos los datos de los equipos:

(a)Radio:

- Equipo: marca y modelo.
- Frecuencia en [GHz]: frecuencia a la cual trabaja el enlace, usualmente es la frecuencia central de la canalización.
- Capacidad [Mb/s]: nos da una idea de la información que queremos transmitir, viene dada por la elección del equipo de radio.
- Potencia de Tx [dBm]: potencia de transmisión del equipo de radio
- MTBF: tiempo promedio entre fallas [hrs], usado para calcular la indisponibilidad de los equipos, valor dado por el fabricante, introducido por el usuario.
- MTTR: Tiempo promedio de restauración del servicio [hrs], es independiente para cada enlace, se utiliza para calcular la indisponibilidad de los equipos, viene dado por el fabricante, cuyo valor es introducido por el usuario.
- Modulación: viene dada al escoger el equipo de radio, es un dato dado por el fabricante.
- Threshold para un BER de  $10^{-3}$  y  $10^{-6}$ : umbral mínimo de recepción para los valores de BER mencionados, dato dado por el fabricante.
- Valor de signatura para un BER de  $10^{-3}$  y  $10^{-6}$ : factor de signatura, que es la mejor caracterización del receptor y corresponde a relacionar la tasa de error BER con la atenuación del notch
- Configuración del equipo.

(b)Antena:

- Equipo: marca y modelo.
- F<sub>inf</sub> [GHz].
- F<sub>sup</sub> [GHz].
- Diámetro de la antena [m].
- Ganancia [dBi]: ganancia de la antena respecto a la isotrópica.



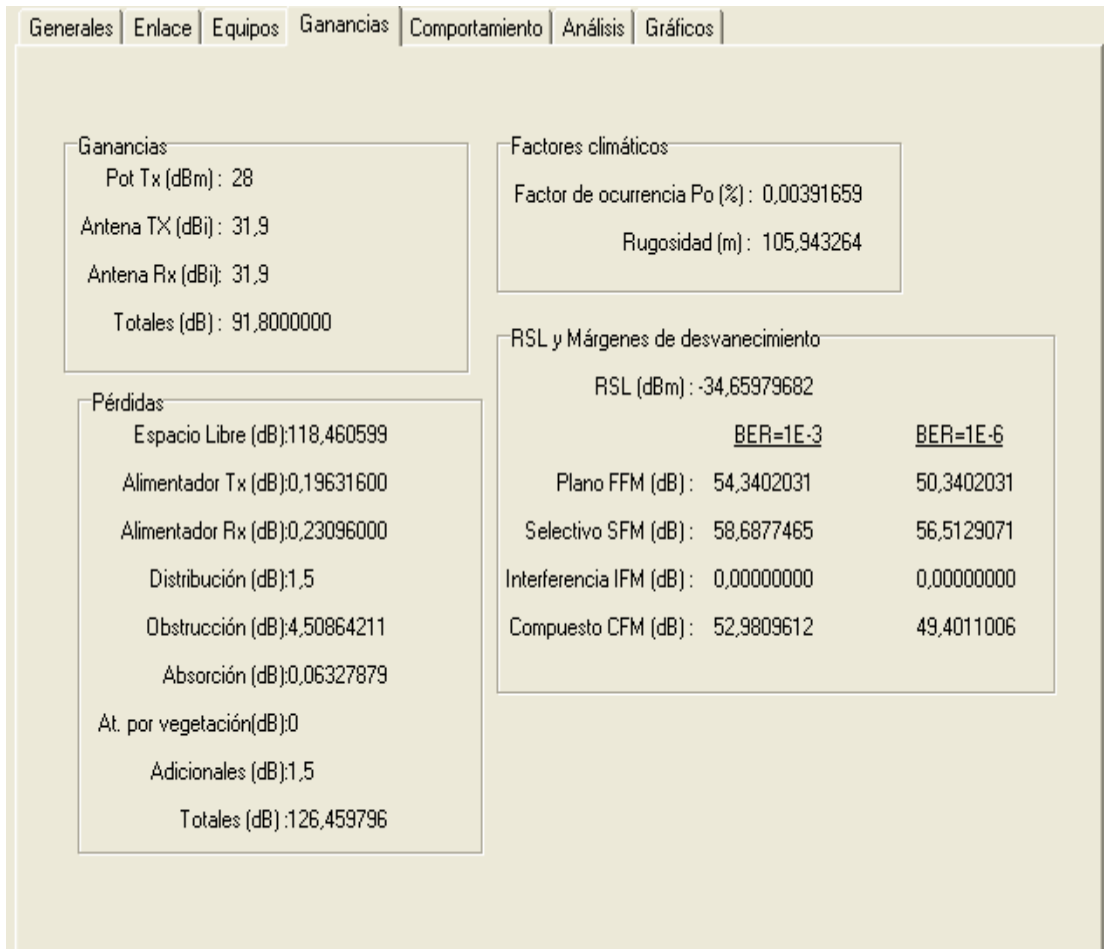
(c)Alimentador: Seleccionamos el tipo de alimentador o podemos escribir manualmente dicha atenuación., para luego poder calcular las perdidas en los alimentadores tanto de transmisión como de recepción.

The image shows a software interface with a tabbed menu at the top: "Generales", "Enlace", "Equipos", "Ganancias", "Comportamiento", "Análisis", and "Gráficos". The "Equipos" tab is selected. The interface is divided into several sections:

- Radio:** A central panel with two columns of input fields. The left column includes: "Equipo:" (dropdown menu showing "NERA / NL182 - 1"), "Frecuencia (Ghz):" (text box with "2"), "Capacidad(Mb/s):" (text box with "8"), "PotTx (dBm):" (text box with "28"), "MTBF (hrs):" (text box with "190000"), and "MTTR (hrs):" (text box with "4"). The right column includes: "Modulación:" (text box with "4PSK"), "Threshold (BER=1E-3):" (text box with "-89"), "Threshold(BER=1E-6):" (text box with "-85"), "Sf(BER=1E-3):" (text box with "0,2"), "Sf(BER=1E-6):" (text box with "0,33"), and "Configuración:" (text box with "1+1").
- Antena Tx:** A panel on the left with fields for: "Equipo:" (dropdown menu showing "ANDREW / UHP8 - 19"), "finf(GHz):" (text box with "1,9"), "fsup(GHz):" (text box with "2,3"), "Diámetro (m):" (text box with "2,4"), "Ganancia (dBi):" (text box with "31,9"), and "Tipo:" (text box with "Ultra High X Performance").
- Antena Rx:** A panel on the right with identical fields to the Antena Tx section.
- Alimentador Tx:** A panel at the bottom left with a dropdown menu showing "Andrew / Ew17 / [1,7 - 2,4] GHz" and a checkbox labeled "Manual" next to an empty "AtenuacionTx" text box.
- Alimentador Rx:** A panel at the bottom right with a dropdown menu showing "Andrew / Ew17 / [1,7 - 2,4] GHz" and a checkbox labeled "Manual" next to an empty "AtenuacionRx" text box.

**Figura 4.3** Pestaña “Equipos”

En la cuarta pestaña encontramos los cálculos de las ganancias, pérdidas, el valor de señal recibido, los márgenes de desvanecimiento: plano, selectivo, interferencia, compuesto. Además se calcula el factor de ocurrencia  $P_o$  y la rugosidad, cálculos necesarios para realizar el estudio del comportamiento del enlace con y sin diversidad, y de la disponibilidad del enlace.



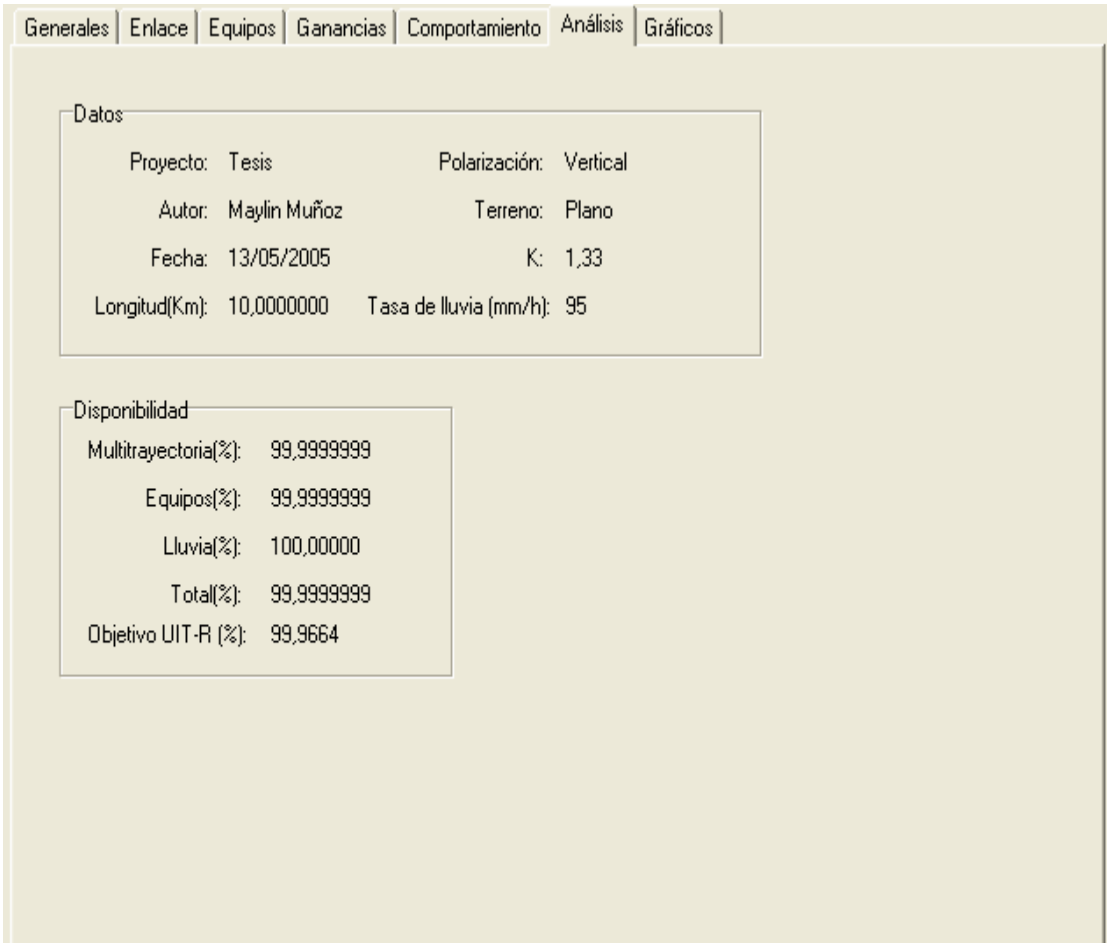
**Figura 4.4** Pestaña “Ganancias”

En la quinta pestaña encontramos el comportamiento del enlace sin diversidad y con mejora con diversidad según la seleccionada por el usuario por espacio o frecuencia, también encontramos los parámetros de calidad de error del enlace como lo son el SES y DM.

Generales	Enlace	Equipos	Ganancias	Comportamiento	Análisis	Gráficos
<b>Sin diversidad</b>						
				<u>BER=1E-3</u>		<u>BER=1E-6</u>
	Plano (%)	99,9999999				99,9999999
	Selectivo(%)	99,9999999	Outage (s/año)			99,9999999
	Total (%)	99,9999999	0,00613237	MC(dB)		99,9999999
	Objetivo UIT-R (%)	99,9997857	66,6514285	40,3618101		99,9983928
						499,885714
						45,5325619
<b>Con diversidad</b>						
				<u>BER=1E-3</u>		<u>BER=1E-6</u>
	Plano (%)	99,9999999				99,9999999
	Selectivo(%)	100,000000	Outage (s/año)			99,9999999
	Total (%)	99,9999999	0,00000003	MC (dB)		99,9999999
	Objetivo UIT-R (%)	99,9997857	66,6514285	93,3097871		99,9983928
						499,885714
						95,0708203
<b>Parámetros</b>						
				<u>SES(s/mes)</u>		<u>DM(min/mes)</u>
	Enlace(sin div):			0,00051103		0,00116528
	Enlace(con div):			0,00000000		0,00000001
	Objetivo UIT-R (%)			5,55428571		0,69428571

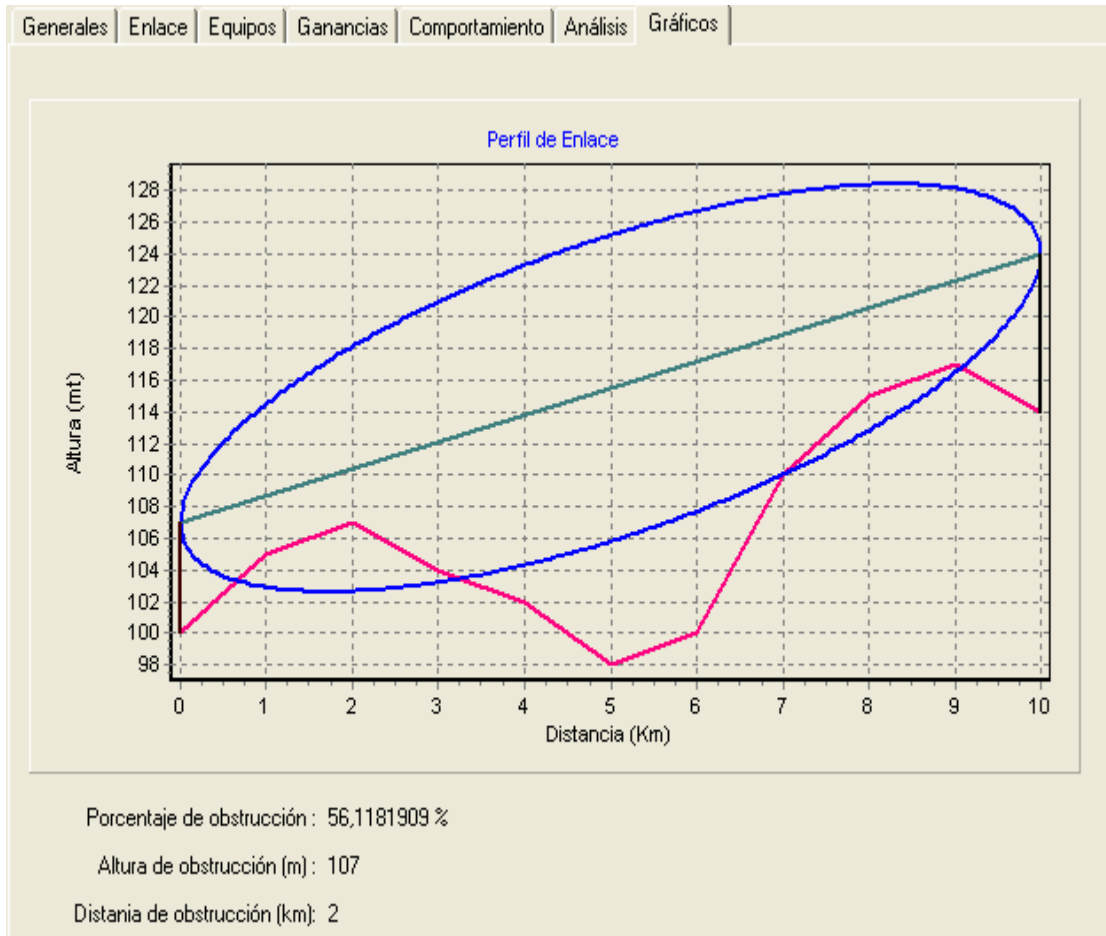
**Figura 4.5** Pestaña “Comportamiento”

En la sexta pestaña encontramos la disponibilidad del enlace: con relación a la lluvia, fallas en los equipos, multitrayectoria y la disponibilidad total comparada con el objetivo de la UIT.



**Figura 4.6** Pestaña Análisis

En la última pestaña tenemos el dibujo del perfil, donde se muestra el valor del porcentaje de obstrucción, altura de obstrucción y la distancia de obstrucción.



**Figura 4.7** Pestaña “Gráficos”

## CONCLUSIONES

Esta herramienta computarizada es una opción para el desarrollo de proyectos de enlaces de microondas ya que permite contar con la información actualizada de los equipos y métodos de cálculo necesarios para realizar el radioenlace, que garantiza la fidelidad de los resultados obtenidos, al igual que reduce el tiempo y los costos de diseño en la realización de proyectos, adaptándose a las necesidades de cada individuo.

Es importante que el usuario verifique que el equipo de computación en el cual va a ejecutar el software, cumpla con las especificaciones mínimas necesarias, con el propósito de que no se vean interrumpidas las operaciones normales y se aprovechen mejor los recursos.

Para validar las configuraciones de los equipos el software utiliza un mecanismo de selección basado en la frecuencia del equipo de radio que se seleccione, la cual se tomará como la frecuencia a utilizar por todos los equipos para que el funcionamiento del radioenlace sea el mejor, y que los objetivos de comportamiento y disponibilidad se satisfagan, en el caso de que no se cumplan los objetivos es posible reelegir antenas con mayor ganancia, alimentadores con menor atenuación, radios con mayor umbral de recepción y como última opción radios de mayor potencia de transmisión, si con estas alternativas no se ha alcanzado el objetivo, el uso de diversidad en espacio y frecuencia puede mejorar notablemente la calidad del enlace hasta alcanzar el objetivo propuesto.

## RECOMENDACIONES

A continuación se presentan algunas consideraciones o aspectos que podrían sacar mayor provecho a lo que respecta a este programa, tanto para el usuario, como para los futuros diseñadores:

- (a) Tomar en cuenta para otras versiones de este software el cálculo de interferencias tanto del sistema en estudio como fuera de él.
- (b) Realizar un estudio económico a la hora de diseñar un enlace de microondas el cual no es tomado en cuenta en esta herramienta computarizada, mediante la creación de una base de datos con todos estos datos dados por el fabricante de forma de facilitar el estudio.
- (c) Leer cuidadosamente el manual del usuario de manera realizada por el autor para aclarar dudas acerca del funcionamiento del software.
- (d) Los datos introducidos al software sean fidedignos de manera que el diseño del enlace se realice de forma confiable.
- (e) Tomar en cuenta para próximas versiones el método N°2 de la UIT para calcular el factor de ocurrencia  $P_o$ .
- (f) Buscar en las recomendaciones de la UIT-R una versión actualizada del reporte 338-6.

## GLOSARIO

Outage: corte, falla, interrupción, indisponibilidad.

Notch: pico de atenuación.

Fading: desvanecimiento.

Isotrópica: capaz de irradiar energía prácticamente en todas las direcciones.



## ABREVIATURAS

- BBE :(Background Block Error) :(Bloques con errores de fondo)
- BBER: (Background Block Error Ratio) :(Tasa de errores de bloque de fondo)
- BER: (Bit Error Ratio) :(Tasa de error en los bits)
- CFM: (Composite Fade Margin): (Margen de desvanecimiento compuesto)
- DM: (Degraded Minutes): (Minutos degradados)
- EB:(Errored Block) :( Bloque con error)
- ES: (Errored Second) :(Segundo con errores)
- ESR :(Errored Second Ratio) :( Tasa de segundos con error)
- FFM: (Flat Fade Margin): (Margen de desvanecimiento plano)
- HRDP :( Hypothetical Reference Digital Path): (Trayecto digital ficticio de referencia).
- HRX: (Hypothetical Reference Connection): (Conexión ficticia de referencia)
- IFM :( Interference Fade Margin): (Margen de desvanecimiento por interferencia)
- ITU-R: (International Telecommunication Union-Radiocommunications Section.): (Unión Internacional de telecomunicaciones sección radiocomunicaciones)
- ITU-T: (International Telecommunication Union-Standardization Section) :(Unión Internacional de telecomunicaciones sección estándar).
- MHSB: (Monitor Hot Stand By)
- MTBF: (Mean Time Between Failures): (Tiempo promedio entre fallas)
- MTTR: (Mean Time To Restore): (Tiempo promedio de restauración del servicio)
- RSL: (Received Signal Level): (Nivel de señal recibido)
- SES: (Severely Errored Second) :(Segundos con muchos errores)
- SESR :( Severely Errored Second Ratio) :(Tasa de segundos con muchos errores)
- SFM: (Selective Fade Margin): (Margen de desvanecimiento selectivo)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Wayne, Tomasi. Sistemas de comunicaciones electrónicas, (Libro).— México:Prentice Hall, 2003.p 761-790.
- [2] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R .Recomendación P.676-5.Atenúaación debida a los gases, (2001).
- [3] Al-Nuami, M.O. y R.B.L. Sthepehens. Measurements and prediction model optimization for signal attenuation in vegetation media at centimeter wave frequencies, (Libro).--IEE Proc.Microwave Antennas Propagation, p 201-206.
- [4] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R .Recomendación P.530-10. Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa, (2001).
- [5] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R .Recomendación P.453-8. Índice de refracción radioelétrica: su fórmula y datos sobre la refractividad, (2001).
- [6] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T .Recomendación G.821 Característica de error de una conexión digital internacional que funciona a una velocidad binaria inferior a la velocidad primaria y forma parte de una red digital de servicios integrados, (1996).
- [7] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T .Recomendación G.826. Parámetros y objetivos de las características de error para trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante que funcionan a la velocidad primaria o a velocidades superiores, (1999)
- [8] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R .Recomendación F.594-4.Objetivos de característica de error del trayecto digital ficticio de referencia para sistemas de radioenlaces que proporcionan conexiones a una velocidad binaria inferior a la velocidad primaria y que forma parte o constituye todo el tramo de grado alto de una red digital de servicios integrados, (1997).

- [9] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R .Recomendación F.634-4. Objetivos en materia de características de error para radioenlaces digitales reales que forman parte de la porción de grado alto de calidad de conexiones internacionales digitales a una velocidad binaria inferior a la velocidad primaria dentro de una red digital de servicios integrados, (1997).
- [10] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT- R Reporte 338-6. Propagation data and prediction methods required for terrestrial line-of-sight systems. Annex to volumen V, (1990).
- [11] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R. Recomendación P.838-1. Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción, (1999).
- [12] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R. Recomendación 557.Availability Objective for a Hypothetical Referente Digital Path.

## BIBLIOGRAFÍA

Hernando R, José M. Transmisión por radio, 4ta Ed.España: Editorial Centro de Estudios Ramón Areces S.A Madrid ,2003.

Gooding, Clemente y Fernández, Luis. Apuntes de Sistemas de Telecomunicaciones III. Universidad Central de Venezuela. Escuela de Ingeniería Eléctrica, 1995.

Freeman, Roger L. Reference Manual for Telecommunications Engineering. John Wiley & Sons. USA, 1994.

Sánchez R, Ernesto F. Análisis de sistemas basados en radioenlaces digitales de microondas para TELCEL CELULAR, C.A / Sánchez Rivas Ernesto Fernando (Tesis).—Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1996.

Charte, Francisco. Guía práctica para usuarios Delphi 5, Madrid: Ediciones Anaya Multimedia S.A, 1999.

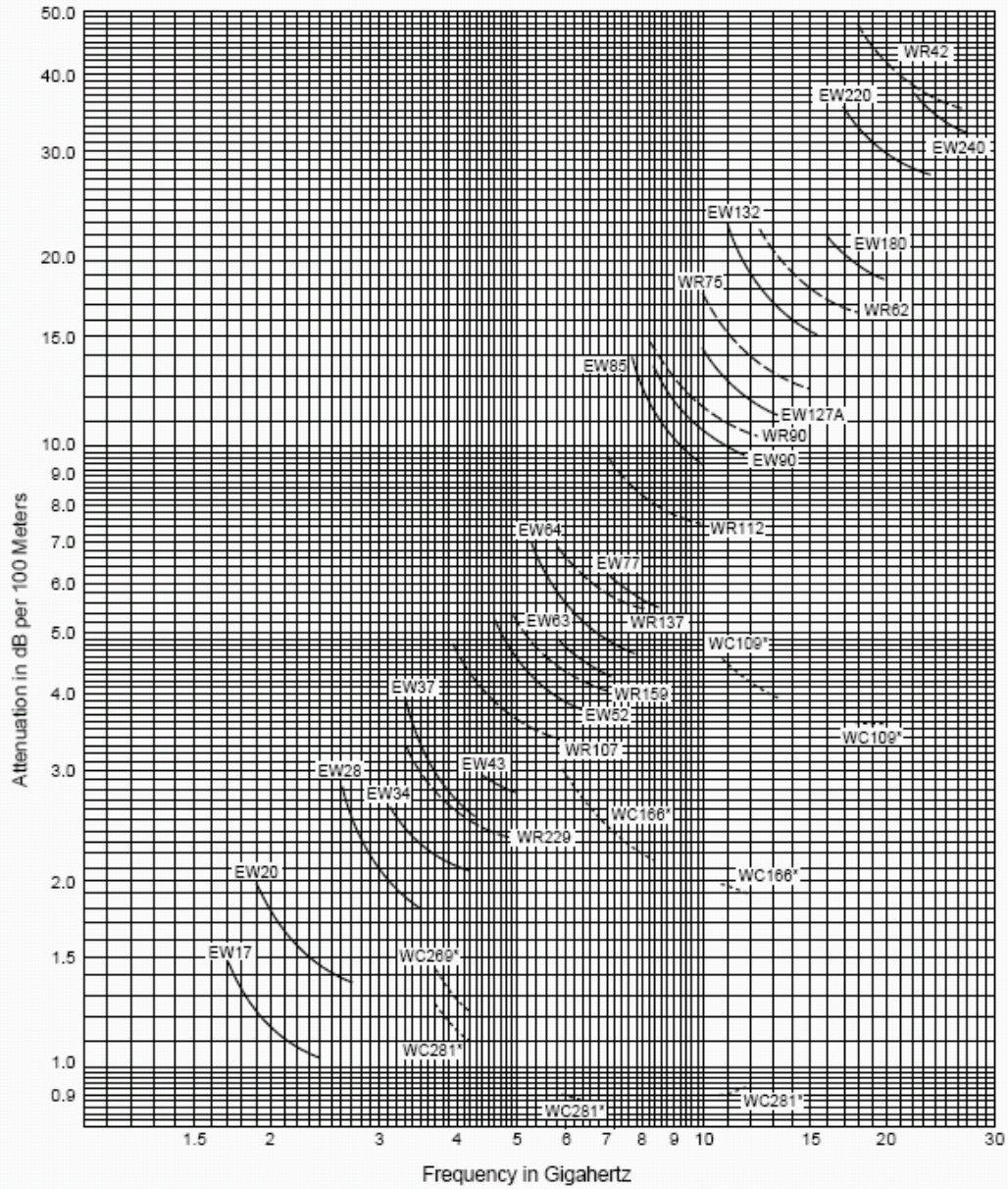
Cantú, Marco. Mastering Delphi 5, USA: Sybex Inc, 1999.

Herrera P, Enrique. Introducción a las telecomunicaciones modernas, México: Editorial Limusa S:A, 2001.

Andrew [en línea]. < [http:// www.andrew.com](http://www.andrew.com).> [Consulta: 2005].

[ANEXO N° 1]

[Atenuaciones para distintos alimentadores (dB/100m)]



Attenuation curves based on:  
 VSWR 1.0  
 Ambient Temperature 24° C (75° F)  
 High Conductivity Copper

The above attenuation curves are guaranteed within ±5%

\*Does not include transition or network losses. See page 219.

• U.K. 0800-250055 • Australia 1800-803 219 • New Zealand 0800-441-747

Visit us at [www.andrew.com](http://www.andrew.com)




## [ANEXO N° 2]

### [ Antenas para microondas marca Andrew ]

#### 1.9 - 2.3 GHz

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with 7/8" EIA connectors. Other optional inputs may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.





**Pressurization.** Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa), except HPX, FPX, and PXL Series 3 lb/in<sup>2</sup> (20 kPa).

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance					Gain, dBi			Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)
			U.S. FCC 101	74	78	ETSI Class	ETSI Gain	Low	Mid-Band	Top				
<b>UHP</b>		<b>Ultra High Performance Antennas – Single Polarized</b> Antenna Input: 7/8" EIA												
UHP8-19	8 (2.4)	1444	A	A	–	2	–	31.1	31.9	32.7	4.2	30	57	1.20 (20.8)
UHP10-19	10 (3.0)	1445	A	A	–	2	–	32.9	33.7	34.5	3.6	30	60	1.20 (20.8)
UHP12-19	12 (3.7)	1446	A	A	–	2	–	34.6	35.4	36.2	2.9	30	64	1.20 (20.8)
<b>Ultra High Performance Antennas – F-Series Unpressurized Single Polarized</b> Antenna Inputs: 7/8" EIA and "F" Flange Female														
UHP8F-19	8 (2.4)	1447	A	A	–	2	–	31.1	31.9	32.7	4.2	30	57	1.20 (20.8)
UHP10F-19	10 (3.0)	1448	A	A	–	2	–	32.9	33.7	34.5	3.6	30	60	1.20 (20.8)
UHP12F-19	12 (3.7)	1449	A	A	–	2	–	34.6	35.4	36.2	2.9	30	64	1.20 (20.8)
<b>High Performance Antennas – F-Series Unpressurized Single Polarized</b> Antenna Inputs: 7/8" EIA and "F" Flange Female														
HP6F-19	6 (1.8)	1450	B	B	–	2	–	28.5	29.4	30.3	5.5	25	46	1.10 (26.4)
HP8F-19	8 (2.4)	2262	A	A	–	2	–	31.0	31.9	32.8	4.1	30	50	1.10 (26.4)
HP10F-19	10 (3.0)	2264	A	A	–	2	–	32.9	33.8	34.7	3.3	30	53	1.10 (26.4)
HP12F-19	12 (3.7)	2267	A	A	–	2	–	34.5	35.4	36.3	2.8	30	57	1.10 (26.4)
HP15F-19	15 (4.6)	1409	A	A	–	2	–	36.5	37.4	38.3	2.2	30	59	1.10 (26.4)
<b>Standard Antennas – Unpressurized Single Polarized Standard and Low VSWR</b> Antenna Inputs: 7/8" EIA, "F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female														
P2F-19	2 (0.6)	4390	–	–	–	–	–	19.3	20.5	21.3	13.8	30	25	1.50 (14.0)
P4F-19	4 (1.2)	1863	–	–	–	2	–	24.8	25.7	26.6	8.2	30	33	1.20 (20.8)
PL6F-19	6 (1.8)	2202	B	B	–	2	–	28.5	29.4	30.3	5.5	30	37	1.10 (26.4)
PL8F-19	8 (2.4)	2204	A	A	–	2	–	31.0	31.9	32.8	4.1	30	40	1.10 (26.4)
PL10F-19	10 (3.0)	1403	A	A	–	2	–	32.9	33.8	34.7	3.3	30	44	1.10 (26.4)
PL12F-19	12 (3.7)	1404	A	A	–	2	–	34.5	35.4	36.3	2.8	30	46	1.10 (26.4)
PL15F-19	15 (4.6)	1405	A	A	–	2	–	36.5	37.4	38.3	2.2	30	50	1.10 (26.4)

References ETSI Document EN300631 for 1 to 3 GHz \* 3 lb/in<sup>2</sup> (20 kPa) maximum

### 2.3 - 2.5 GHz

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with 7/8" EIA connectors. Other optional inputs may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization.** Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (20 kPa), except FFX Series 3 lb/in<sup>2</sup> (20 kPa).


Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance					Gain, dBi	Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)	
			U.S. FCC 101	U.S. FCC 74	U.S. FCC 78	ETSI Class	ETSI Gain						
<b>PL, P</b>  <b>Standard Antennas – Unpressurized Single Polarized Standard and Low VSWR</b> Antenna Inputs: 7/8" EIA, *F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female													
P2F-23	2 (0.6)	3014	-	-	-	-	20.8	21.6	22.0	12.0**	21	24	1.50 (14.0)
P4F-23	4 (1.2)	2198	B	-	-	2	26.9	27.3	27.6	6.9	32	36	1.20 (20.8)
PL6F-23	6 (1.8)	2188	B	-	-	2	30.4	30.8	31.2	4.7	32	36	1.10 (26.4)
PL8F-23	8 (2.4)	2190	A	-	-	2	33.0	33.4	33.8	3.5	30	39	1.08 (28.3)
PL10F-23	10 (3.0)	2192	A	-	-	2	34.9	35.3	35.6	3.0	30	44	1.08 (28.3)
PL12F-23	12 (3.7)	2194	A	-	-	2	36.5	36.9	37.2	2.5	32	47	1.08 (28.3)
<b>KP</b>  <b>GRIDPAK® Antennas – F-Series Unpressurized Single Polarized</b> Antenna Inputs: 7/8" EIA, *F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female													
KP3F-23	3 (0.9)	3394	-	-	-	-	24.7	25.1	25.3	8.1	38	30	1.20 (20.8)
KP4F-23	4 (1.2)	3837	-	-	-	-	27.2	27.5	27.8	6.9	30	30	1.20 (20.8)
KP6F-23	6 (2.0)	4082	B	-	-	-	31.0	31.3	31.6	4.5	30	36	1.10 (26.4)
KP8F-23	8 (2.4)	4126	B	-	-	-	32.6	32.9	33.1	3.4	30	35	1.08 (28.3)
KP10F-23	10 (3.0)	2975	B	-	-	-	34.5	34.8	35.1	3.0	30	38	1.08 (28.3)
KP13F-23	13 (4.0)	2986	B	-	-	-	37.0	37.2	37.5	2.4	30	38	1.08 (28.3)
<b>KPR</b>  <b>GRIDPAK® Antennas – F-Series Unpressurized Single Polarized</b> Antenna Inputs: 7/8" EIA, *F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female													
KPR3F-23	2 (0.6)	2345	-	-	-	-	24.2	23.6	23.6	7.9***	25	24	1.35 (16.5)
KPR4F-23	4 (1.2)	2348	-	-	-	-	26.9	27.3	27.6	6.2****	28	30	1.35 (16.5)
KPR6F-23	6 (2.0)	2349	-	-	-	-	30.8	31.3	31.2	4.2	30	35	1.35 (16.5)
KPR8F-23	8 (2.4)	2350	-	-	-	-	32.3	32.4	32.7	3.1*****	30	36	1.30 (17.7)
KPR10F-23	10 (3.0)	2351	-	-	-	-	33.5	33.7	34.0	2.9	30	38	1.30 (17.7)
KPR13F-23	13 (4.0)	2352	A	-	-	-	36.5	36.8	37.0	2.3	30	40	1.30 (17.7)
<b>2.3 - 2.7 GHz</b>													
<b>KP</b>  <b>GRIDPAK®/Antennas/Wide Band – Unpressurized Single Polarized</b> Antenna Inputs: 7/8" EIA, *F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female													
KP4F-23W	4 (1.2)	6230	-	-	-	-	27.1	27.7	28.5	6.5	30	30	1.30 (17.7)
KP6F-23W	6 (2.0)	6231	-	-	-	-	30.9	31.5	32.3	4.2	30	35	1.25 (19.0)
KP8F-23W	8 (2.4)	6232	-	-	-	-	32.5	33.0	33.7	3.3	30	35	1.20 (20.8)
KP10F-23W	10 (3.0)	6233	-	-	-	-	34.4	35.0	35.8	2.8	30	38	1.20 (20.8)
KP13F-23W	13 (4.0)	6234	-	-	-	-	36.9	37.4	37.9	2.3	30	38	1.20 (20.8)

Reference ETSI Document EN300631 for 1 to 3 GHz

\* 3 lb/in<sup>2</sup> (20 kPa) maximum    \*\* Horizontal = 13.3 degrees    \*\*\* Horizontal = 8.7 degrees    \*\*\*\* Horizontal = 6.7 degrees    \*\*\*\*\* Horizontal = 3.4 degrees





### 2.45 - 2.5 GHz

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with 7/8" EIA connectors. Other optional inputs may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization.** Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa).

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance				Gain, dBi			Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)	
			U.S. FCC 101	74	78	Class	Gain	Low	Mid-Band					Top
<b>P</b>		Standard Antennas – Unpressurized Single Polarized Antenna Inputs: 7/8" EIA, "F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female												
PGF-24	6 (1.8)	2205	B	-	-	2	-	30.9	31.0	31.1	4.3	28	36	1.30 (17.7)
P8F-24	8 (2.4)	2207	A	-	-	2	-	33.4	33.5	33.6	3.2	28	39	1.30 (17.7)

### 2.48 - 2.7 GHz

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with 7/8" EIA connectors. Other optional inputs may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization.** Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa) except FPX Series 3 lb/in<sup>2</sup> (20 kPa).


Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance				Gain, dBi			Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)	
			U.S. FCC 101	74	78	Class	Gain	Low	Mid-Band					Top
<b>HP</b>		High Performance Antennas – Unpressurized Single Polarized Antenna Inputs: 7/8" EIA and "F" Flange Female												
HP4F-25	4 (1.2)	1038	-	-	-	2	-	27	27.3	27.6	6.7	30	43	1.20 (20.8)
HP6F-25	6 (1.8)	1322E	-	-	-	2	-	31.1	31.4	31.7	4.6	28	50	1.10 (26.4)
HP8F-25	8 (2.4)	1314	-	-	-	2	-	33.7	34	34.3	3.1	30	52	1.08 (28.3)
HP10F-25	10 (3.0)	3000	-	-	-	2	-	35.6	35.9	36.2	2.7	30	55	1.08 (28.3)
HP12F-25	12 (3.7)	1318	-	-	-	2	-	37.2	37.5	37.8	2.3	30	54	1.08 (28.3)
<b>PL,P</b>		Standard Antennas – Unpressurized Single Polarized Standard and Low VSWR Antenna Inputs: 7/8" EIA, "F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female												
P4F-25	4 (1.2)	1268	-	-	-	-	-	27.6	27.9	28.2	6.3	30	32	1.20 (20.8)
PL6F-25	6 (1.8)	1308	-	-	-	-	-	31.1	31.4	31.7	4.2	28	36	1.10 (26.4)
PL8F-25	8 (2.4)	1309	-	-	-	2	-	33.6	33.9	34.2	3.1	30	39	1.08 (28.3)
PL10F-25	10 (3.0)	1310	-	-	-	2	-	35.6	35.9	36.2	2.7	30	42	1.08 (28.3)
PL12F-25	12 (3.7)	1320	-	-	-	2	-	37.1	37.4	37.7	2.2	30	44	1.08 (28.3)
<b>FP</b>		Focal Plane Antennas – F-Series Unpressurized Single Polarized Antenna Inputs: 7/8" EIA, "F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female												
FP4F-25	4 (1.2)	6056	-	-	-	2	-	26.8	27.1	27.5	7.2	30	41	1.20 (20.8)
<b>KP</b>		GRIDPAK® Antennas – Unpressurized Single Polarized Antenna Inputs: 7/8" EIA, "F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female												
KP3F-25	3 (0.9)	3395	-	-	-	-	-	25.3	25.2	25.4	7.7 **	32	30	1.20 (20.8)
KP4F-25	4 (1.2)	3841	-	-	-	-	-	27.8	28.2	28.6	6.1	30	31	1.20 (20.8)
KP6F-25	6 (2.0)	4084	-	-	-	-	-	31.6	32.0	32.4	4.0	30	35	1.10 (26.4)
KP8F-25	8 (2.4)	4128	-	-	-	-	-	33.1	33.6	33.8	3.2	30	37	1.08 (28.3)
KP10F-25	10 (3.0)	2977	-	-	-	-	-	35.1	35.5	35.9	2.7	31	38	1.08 (28.3)
KP13F-25	13 (4.0)	2988	-	-	-	-	-	37.5	37.8	38.0	2.3	30	38	1.08 (28.3)

Reference ETSI Document EN300631 for 1 to 3 GHz  
 \* 3 lb/in<sup>2</sup> (20 kPa) maximum      \*\*Horizontal = 6.9 degrees





### 3.4 - 3.7 GHz

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with 7/8" EIA connectors. Other optional inputs may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization.** Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa).

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance					Gain, dBi			Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)
			U.S. FCC 101	74	78	ETSI Class	ETSI Gain	Low	Mid-Band	Top				
<b>KP</b>		<b>GRIDPAK® Antennas— Unpressurized Single Polarized</b> Antenna Inputs: 7/8" EIA, "F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female												
KP2F-34	2 (0.6)	4423	-	-	-	-	-	23.6	23.7	23.6	8.7	28	22	1.35 (16.5)
KP3F-34	3 (0.9)	4424	-	-	-	-	-	27.2	27.7	27.3	6.2	28	25	1.30 (17.7)
KP4F-34	4 (1.2)	4425	-	-	-	-	-	29.2	29.8	29.7	4.3	32	26.5	1.30 (17.7)
KP6F-34	6 (2.0)	4426	-	-	-	-	-	33.8	34.2	34.5	2.9	30	31	1.35 (16.5)
KP8F-34	8 (2.4)	786	-	-	-	-	-	35.1	35.5	35.8	2.6	30	35	1.30 (17.7)



### 3.4 - 3.7 GHz\* with Coaxial Feeds

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with 7/8" EIA connectors. Other optional inputs may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization.** Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa).

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance					Gain, dBi			Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)
			U.S. FCC 101	74	78	ETSI Class	ETSI Gain	Low	Mid-Band	Top				
<b>HP</b>		<b>High Performance Antennas – Unpressurized Single Polarized</b> Antenna Inputs: 7/8" EIA, "F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female												
HP2F-34	2 (0.6)	4416	-	-	-	-	-	22.7	23	23	10.7	30	34	1.35 (16.5)
HP4F-34	4 (1.2)	4418	-	-	-	1	1	29.1	29.5	29.8	4.7	30	41	1.30 (17.7)
HP6F-34	6 (1.8)	4420	-	-	-	1	2	32.9	33.3	33.6	3.5	30	44	1.20 (20.8)
HP8F-34	8 (2.4)	4422	-	-	-	1	2	35	35.4	35.7	2.5	30	48	1.20 (20.8)
<b>P</b>		<b>Standard Antennas – Unpressurized Single Polarized</b> Antenna Inputs: 7/8" EIA, "F" Flange Female, Type N Female, and 7-16 DIN Female												
P2F-34	2 (0.6)	4415	-	-	-	-	-	24.3	24.5	25	9	30	26.5	1.35 (16.5)
P4F-34	4 (1.2)	4417	-	-	-	1	1	29.6	30	30.3	4.5	30	33	1.30 (17.7)
P6F-34	6 (1.8)	4419	-	-	-	-	-	33.7	33.6	33.6	3.3	30	36	1.20 (20.8)
P8F-34	8 (2.4)	4421	-	-	-	1	2	35.2	35.6	35.9	2.6	30	40	1.20 (20.8)





### 3.4 - 3.9 GHz\* with Waveguide Feeds

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with CPR and PDR flanges. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization.** Feeds are pressurizable to 5 lb/in<sup>2</sup> (35 kPa), except FP Series 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa).

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance					Gain, dBi			Beamwidth degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)
			U.S. FCC 101	74	78	ETSI Class	ETSI Gain	Low	Mid-Band	Top				
<b>UHX</b>		<b>Ultra High Performance Antennas—Dual Polarized</b> Antenna Inputs: CPR229G and PDR40												
UHX8-34**	8 (2.4)	1469 1470	-	-	-	2	2	36.2	36.9	37.5	2.4	30	62	1.06 (30.7)
UHX10-34**	10 (3.0)	1472 1471	B	-	-	2	2	38.1	38.8	39.4	1.8	30	62	1.06 (30.7)
UHX12-34**	12 (3.7)	1473 1474	B	-	-	2	2	39.6	40.4	41.0	1.5	40	65	1.06 (30.7)
UHX15-34**	15 (4.6)	1485 1486	A	-	-	2	2	41.6	42.3	42.9	1.2	30	66	1.06 (30.7)
<b>HSX</b>		<b>High Performance Antennas – Super High Cross Polarization Discrimination – Dual Polarized</b> Antenna Inputs: CPR229G and PDR40												
HSX8-34**	8 (2.4)	1528 1530	B	-	-	3	2	36.1	36.6	37.1	2.4	40	67	1.06 (30.7)
HSX10-34**	10 (3.0)	1534 1532	B	-	-	3	2	37.7	38.2	38.7	1.8	40	69	1.06 (30.7)
HSX12-34**	12 (3.7)	1536 1538	B	-	-	3	2	39.6	40.1	40.6	1.5	40	70	1.06 (30.7)
HSX15-34**	15 (4.6)	1540 1542	A	-	-	3	2	41.6	42.1	42.6	1.2	40	72	1.06 (30.7)

#### 4.4 - 5.0 GHz\*

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with CPR and PDR flanges. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization.** Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa) except LBX 5 lb/in<sup>2</sup> (35 kPa).

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance						Gain, dBi	Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)	
			U.S. FCC			ETSI								
			101	74	78	Class	Gain	Low	Mid-Band	Top				
<b>HSX</b> 	<b>High Performance Antennas – Super High Cross Polarization Discrimination</b> Antenna Inputs: CPR187G and PDR48													
HSX6-44	6 (1.8)	2398 2400	-	-	-	3	2	35.7	36.3	36.8	2.6	40	68	1.06 (30.7)
HSX8-44	8 (2.4)	2406 2404	-	-	-	3	2	38.2	38.8	39.3	1.9	40	70	1.06 (30.7)
HSX10-44	10 (3.0)	2410 2412	-	-	-	3	2	40.0	40.6	41.1	1.5	40	71	1.06 (30.7)
HSX12-44	12 (3.7)	2414 2416	-	-	-	3	2	41.7	42.2	42.8	1.2	40	74	1.06 (30.7)
HSX15-44	15 (4.6)	2420 2418	-	-	-	3	2	43.7	44.3	44.8	1.0	40	75	1.06 (30.7)
<b>HPX HP</b> 	<b>High Performance Antennas – Dual Polarized</b> Antenna Inputs: CPR187G, PDR48, and UG-148C/U													
HPX6-44	6 (1.8)	2558	-	-	-	2	2	35.8	36.3	36.8	2.5	30	60	1.06 (30.7)
HPX8-44	8 (2.4)	2544	-	-	-	-	-	38.6	39.1	39.7	1.8	30	64	1.06 (30.7)
HPX10-44	10 (3.0)	2546	-	-	-	2	2	39.8	40.3	40.9	1.5	30	66	1.06 (30.7)
HPX12-44	12 (3.7)	2548	-	-	-	2	2	41.9	42.5	43.0	1.2	30	67	1.06 (30.7)
	<b>High Performance Antennas – Single Polarized</b> Antenna Inputs: CPR187G, PDR48, and UG-148C/U													
HP4-44	4 (1.2)	2523	-	-	-	2	2	30.0	32.6	33.1	3.8	30	56	1.10 (26.4)
HP6-44	6 (1.8)	2524	-	-	-	2	2	36.0	36.6	37.1	2.5	30	62	1.06 (30.7)
HP8-44	8 (2.4)	2527	-	-	-	2	2	38.7	39.3	39.8	1.8	30	65	1.06 (30.7)
HP10-44	10 (3.0)	2528	-	-	-	2	2	40.4	41.0	41.5	1.5	30	67	1.06 (30.7)
HP12-44	12 (3.7)	2540	-	-	-	2	2	42.1	42.7	43.2	1.2	30	67	1.06 (30.7)
HP15-44	15 (4.6)	2530	-	-	-	2	2	44.0	44.5	45.0	1.0	30	68	1.06 (30.7)
<b>PXL PL</b> 	<b>Standard Antennas – Dual Polarized</b> Antenna Inputs: CPR187G, PDR48, and UG-148C/U													
PXL4-44	4 (1.2)	2495	-	-	-	-	-	32.3	32.7	33.1	3.7	30	40	1.08 (28.3)
PXL6-44	6 (1.8)	2496	-	-	-	-	-	35.9	36.4	36.9	2.5	30	43	1.06 (30.7)
PXL8-44	8 (2.4)	2497	-	-	-	-	-	38.6	39.2	39.7	1.8	30	45	1.06 (30.7)
PXL10-44	10 (3.0)	2498	-	-	-	1	2	40.3	40.9	41.2	1.5	30	50	1.06 (30.7)
PXL12-44	12 (3.7)	2499	-	-	-	1	2	42.0	42.6	43.1	1.2	30	51	1.06 (30.7)
	<b>Standard Antennas – Single Polarized</b> Antenna Inputs: CPR187G, PDR48, and UG-148C/U													
PL4-44	4 (1.2)	2551	-	-	-	-	-	32.4	33.0	33.5	3.7	30	40	1.08 (28.3)
PL6-44	6 (1.8)	2552	-	-	-	1	2	36.0	36.6	37.1	2.5	30	44	1.06 (30.7)
PL8-44	8 (2.4)	2553	-	-	-	-	-	38.7	39.3	39.8	1.8	30	45	1.06 (30.7)
PL10-44	10 (3.0)	2554	-	-	-	1	2	40.4	41.0	41.5	1.5	30	49	1.06 (30.7)
PL12-44	12 (3.7)	2556	-	-	-	-	-	42.1	42.7	43.2	1.2	30	50	1.06 (30.7)
PL15-44	15 (4.6)	2557	-	-	-	-	-	44.0	44.5	45.0	1.0	29	51	1.06 (30.7)
<b>LBX</b> 	<b>Low Back Lobe Antennas – Dual Polarized</b> Antenna Input: CPR187G													
	<b>Regulatory Compliance***</b>													
LBX6-44**	6 (1.8)	4636				B		35.8	36.4	36.9	2.5	33	52	1.09 (27.3)
LBX8-44**	8 (2.4)	4637				B		38.6	39.2	39.7	1.8	33	56	1.08 (28.3)
LBX10-44**	10 (3.0)	4638				B		40.1	40.7	41.2	1.5	33	62	1.08 (28.3)
LBX12-44**	12 (3.7)	4639				B		42.0	42.6	43.1	1.2	33	64	1.08 (28.3)

Reference ETSI Document EN300833 for 3 to 60 GHz.

\*Multiband antennas are available in this frequency band. See pages 93-94.

\*\*5 lb/in<sup>2</sup> (35 kPa) maximum

\*\*\*ANATEL Brazilian Telecommunications Agency, Regulation 1286 Category

• U.K. 0800-250055 • Australia 1800-803 219 • New Zealand 0800-441-747


Visit us at: [www.andrew.com](http://www.andrew.com)



Revised 5/01



### 5.25 - 5.85 GHz

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with Type N Female connectors. Other optional inputs may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization.** Pressurization not required.

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance					Gain, dBi			Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)
			U.S. FCC 101	U.S. FCC 74	U.S. FCC 78	ETSI Class	ETSI Gain	Low	Mid-Band	Top				
<b>P, PX</b>  <b>Unlicensed Radios Including Spread Spectrum, NII, and ISM – Single and Dual Polarized</b> Antenna Input: Type N Female														
P2F-52	2 (0.6)	4528	-	-	-	-	-	29.0	29.2	29.9	5.4	30	43	1.50 (14.0)
PX2F-52	2 (0.6)	4740	-	-	-	-	-	29.0	29.2	29.9	5.4	30	43	1.50 (14.0)
P3F-52	3 (0.9)	4529	-	-	-	-	-	32.3	33.0	33.3	3.8	30	44	1.50 (14.0)
PX3F-52	3 (0.9)	4741	-	-	-	-	-	32.3	33.0	33.3	3.8	30	44	1.50 (14.0)



### 5.6 - 6.2 GHz\*

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with CPR and PDR flanges. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization.** Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa).

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance					Gain, dBi			Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)
			U.S. FCC 101	U.S. FCC 74	U.S. FCC 78	ETSI Class	ETSI Gain	Low	Mid-Band	Top				
<b>UHX</b>  <b>Ultra High Performance Antennas – Dual Polarization</b> Antenna Inputs: CPR137G and PDR70														
UHX10-56	10 (3.0)	1636, 1637	A	-	-	3	2	42.5	42.9	43.3	1.1	36	72	1.06 (30.7)
UHX12-56	12 (3.7)	1638, 1639	A	-	-	3	2	44.0	44.5	44.9	0.9	36	73	1.06 (30.7)
<b>HPX</b>  <b>High Performance Antennas – Dual Polarized</b> Antenna Inputs: CPR137G and PDR70														
HPX8-56	8 (2.4)	1025	B	-	-	3	2	40.5	41.0	41.4	1.6	30	68	1.06 (30.7)
HPX10-56	10 (3.0)	1027	B	-	-	2	2	42.0	42.5	42.9	1.4	30	69	1.06 (30.7)
HPX12-56	12 (3.7)	1030	A	-	-	3	2	43.8	44.2	44.7	1.0	30	71	1.06 (30.7)

### 5.725 - 6.425 GHz

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with CPR and PDR flanges. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization.** Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa).

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance					Gain, dBi			Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)
			U.S. FCC 101	U.S. FCC 74	U.S. FCC 78	ETSI Class	ETSI Gain	Low	Mid-Band	Top				
<b>HP</b>  <b>High Performance / Wide Band Antennas – Single Polarization</b> Antenna Inputs: CPR137G and PDR70														
HP4-57W	4 (1.2)	4269	-	-	-	1	2	34.6	35.0	35.4	2.9	30	52	1.10 (26.4)
HP6-57W	6 (1.8)	0817	-	-	-	-	-	38.0	38.5	39.0	2.0	30	60	1.06 (30.7)
HP8-57W	8 (2.4)	4273	B	-	-	2	2	40.7	41.2	41.7	1.6	30	64	1.06 (30.7)
HP10-57W	10 (3.0)	4275	A	-	-	2	2	42.5	42.9	43.4	1.3	30	65	1.06 (30.7)
HP12-57W	12 (3.7)	4277	A	-	-	2	2	44.2	44.6	45.0	1.0	30	70	1.06 (30.7)
HP15-57W	15 (4.6)	-	A	-	-	2	2	45.9	46.4	46.8	0.8	30	70	1.06 (30.7)
<b>PL</b>  <b>Standard/Wide Band Antennas – Single Polarized Standard and Low VSWR</b> Antenna Inputs: CPR137G, PDR70, and Type N Female														
P2-57W	2 (0.6)	2892	-	-	-	1	1	29.2	29.3	29.9	5.8	30	40	1.10 (26.4)
P4-57W	4 (1.2)	4268	-	-	-	-	-	34.6	35.0	35.4	2.9	30	40	1.10 (26.4)
PL6-57W	6 (1.8)	4270	B	-	-	1	2	38.0	38.5	39.0	2.0	30	45	1.06 (30.7)
PL8-57W	8 (2.4)	4272	B	-	-	1	2	40.7	41.2	41.7	1.6	30	47	1.06 (30.7)
PL10-57W	10 (3.0)	4274	B	-	-	1	2	42.5	42.9	43.4	1.3	30	50	1.06 (30.7)
PL12-57W	12 (3.7)	4276	B	-	-	1	2	44.2	44.6	45.0	1.0	30	51	1.06 (30.7)
PL15-57W	15 (4.6)	-	B	-	-	1	2	46.0	46.5	47.0	0.8	30	57	1.06 (30.7)

Reference ETSI Document EN300833 for 3 to 60 GHz.

\*Multiband antennas are available in this frequency band. See pages 93-94.





• U.K. 0800-250055 • Australia 1800-803 219 • New Zealand 0800-441-747

Visit us at: [www.andrew.com](http://www.andrew.com)




### 7.125 - 7.750 GHz

Antenna Inputs. All antenna VSWR values are specified with CPR and PDR flanges. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details. Pressurization. Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa). ValuLine® Antennas. See page 127.

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance					Gain, dBi Low	Gain, dBi Mid-Band	Gain, dBi Top	Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)
			U.S. FCC 101	U.S. FCC 74	U.S. FCC 78	ETSI Class	ETSI Gain							
<b>HPX HP</b>  High Performance Antennas – Dual Polarized Antenna Inputs: CPR137G, PDR70, and UG-343B/U														
HPX4-70	4 (1.2)	2862	-	-	-	2	2	36.0	36.4	36.7	2.3	26	61	1.08 (28.3)
HPX6-70	6 (1.8)	2816	-	-	-	2	2	40.0	40.4	40.7	1.5	25	65	1.07 (29.4)
HPX8-70	8 (2.4)	2826	-	-	-	2	2	42.4	42.9	43.2	1.1	30	67	1.06 (30.7)
HPX10-70	10 (3.0)	2754	-	-	-	2	2	44.5	44.8	45.0	0.9	30	70	1.06 (30.7)
HPX12-70	12 (3.7)	2758	-	-	-	1	2	45.7	46.1	46.4	0.8	28	71	1.06 (30.7)
HPX15-70	15 (4.6)	2782	-	-	-	2	2	47.3	47.7	48.0	0.7	32	72	1.06 (30.7)
<b>HP6-70</b>  High Performance Antennas – Single Polarized Antenna Inputs: CPR137G, PDR70, and UG-343B/U														
HP6-70	6 (1.8)	2796	-	-	-	2	2	40.1	40.5	40.9	1.5	28	65	1.06 (30.7)
HP8-70	8 (2.4)	2751	-	-	-	2	2	42.6	43.0	43.3	1.1	30	67	1.06 (30.7)
HP10-70	10 (3.0)	2753	-	-	-	2	2	44.3	44.7	45.0	0.9	30	70	1.06 (30.7)
HP12-70	12 (3.7)	2756	-	-	-	2	2	46.3	46.7	47.1	0.7	30	71	1.06 (30.7)
HP15-70	15 (4.6)	2757	-	-	-	2	2	47.4	48.1	48.4	0.6	30	71	1.06 (30.7)
<b>PXL PL</b>  Standard Antennas – Dual Polarized Antenna Inputs: CPR137G, PDR70, and UG-343B/U														
PXL6-70	6 (1.8)	2740	-	-	-	1	2	40.0	40.4	40.7	1.5	30	48	1.07 (29.4)
PXL8-70	8 (2.4)	2828	-	-	-	1	2	42.4	42.9	43.2	1.1	30	50	1.06 (30.7)
PXL10-70	10 (3.0)	2663	-	-	-	1	2	44.5	44.8	45.0	0.9	30	52	1.06 (30.7)
PXL12-70	12 (3.7)	2752	-	-	-	1	2	45.7	46.1	46.4	0.7	30	54	1.06 (30.7)
<b>PL4-70</b>  Standard Antennas – Single Polarized Antenna Inputs: CPR137G, PDR70, and UG-343B/U														
PL4-70	4 (1.2)	2736	-	-	-	1	2	36.7	37.0	37.3	2.2	30	46	1.06 (30.7)
PL6-70	6 (1.8)	2658	-	-	-	1	2	40.1	40.5	40.9	1.5	30	48	1.06 (30.7)
PL8-70	8 (2.4)	2659	-	-	-	1	2	42.6	43.0	43.3	1.1	30	50	1.06 (30.7)
PL10-70	10 (3.0)	2660	-	-	-	1	2	44.3	44.7	45.0	0.9	30	52	1.06 (30.7)
PL12-70	12 (3.7)	2662	-	-	-	1	2	46.3	46.7	47.1	0.7	30	54	1.06 (30.7)
PL15-70	15 (4.6)	2745	-	-	-	1	2	47.7	48.1	48.4	0.6	30	55	1.06 (30.7)

### 7.125 - 7.750 GHz

Antenna Inputs. All antenna VSWR values are specified with CPR and PDR flanges. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details. Pressurization. Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa). ValuLine® Antennas. See page 127.

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance					Gain, dBi Low	Gain, dBi Mid-Band	Gain, dBi Top	Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)
			U.S. FCC 101	U.S. FCC 74	U.S. FCC 78	ETSI Class	ETSI Gain							
<b>HSX</b>  High Performance Antennas - Super High Cross Polarization Discrimination – Dual Polarization Antenna Inputs: CPR112G, PDR84, and UG-52B/U														
HSX4-71	4 (1.2)	1548 1543	-	-	-	3	2	36.4	36.7	37.0	2.3	40	64	1.08 (28.3)
HSX6-71	6 (1.8)	1550 1554	-	-	-	3	2	40.0	40.3	40.6	1.5	40	72	1.08 (28.3)
HSX8-71	8 (2.4)	1556 1566	-	-	-	3	2	42.3	42.6	42.9	1.2	40	73	1.06 (30.7)
HSX10-71	10 (3.0)	1624 1622	-	-	-	3	2	43.9	44.2	44.4	1.0	40	75	1.06 (30.7)
HSX12-71	12 (3.7)	1626 1628	-	-	-	3	2	46.1	46.5	46.9	0.8	40	78	1.06 (30.7)
HSX15-71	15 (4.6)	1852 1858	-	-	-	3	2	47.7	48.1	48.5	0.6	40	78	1.06 (30.7)

Reference ETSI Document EN300833 for 3 to 60 GHz







Continued on next page



Customer Service Center - Call toll-free from: • U.S.A., Canada and Mexico 1-800-255-1479

## 8.2 - 8.5 GHz

**Antenna Inputs:** All antenna VSWR values are specified with CPR and PDR flanges. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization:** Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa) except LBX Series 8 lb/in<sup>2</sup> (56 kPa).  
**ValuLine® Antennas:** See page 127.

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance						Gain, dBi			Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)	
			U.S. FCC 101	74	78	ETSI Class	ETSI Gain	Low	Mid-Band	Top						
		<b>High Performance Antennas - Super High Cross Polarization Discrimination - Dual Polarized</b> Antenna Inputs: CPR112G and PDR84														
HSX4-82	4 (1.2)	1799, 1810	-	-	-	3	2	37.5	37.6	37.7	2.3	40	63	1.08 (28.3)		
HSX6-82	6 (1.8)	1222 1224	-	-	-	3	2	41.3	41.4	41.7	1.4	40	67	1.06 (30.7)		
HSX8-82	8 (2.4)	1226 1228	-	-	-	3	2	43.7	43.8	43.9	1.0	40	78	1.06 (30.7)		
HSX10-82	10 (3.0)	1230 1232	-	-	-	3	2	45.3	45.4	45.5	0.8	40	78	1.06 (30.7)		
HSX12-82	12 (3.7)	1236 1234	-	-	-	3	2	47.1	47.2	47.3	0.7	40	79	1.06 (30.7)		
HSX15-82	15 (4.6)	1238 1240	-	-	-	3	2	48.7	48.8	48.9	0.6	40	76	1.06 (30.7)		
		<b>High Performance Antennas - Dual Polarized</b> Antenna Inputs: CPR112G and PDR84														
HPX6-82	6 (1.8)	2883	-	-	-	1	2	41.0	41.1	41.2	1.3	30	58	1.08 (28.3)		
HPX8-82	8 (2.4)	2863	-	-	-	2	2	43.5	43.6	43.7	1.0	30	67	1.06 (30.7)		
HPX10-82	10 (3.0)	2865	-	-	-	2	2	45.5	45.6	45.7	0.8	30	70	1.06 (30.7)		
HPX12-82	12 (3.7)	2867	-	-	-	2	2	47.1	47.2	47.3	0.7	30	70	1.06 (30.7)		
HPX15-82	15 (4.6)	2869	-	-	-	2	2	48.7	48.8	48.9	0.6	30	70	1.06 (30.7)		
		<b>High Performance Antennas - Single Polarized</b> Antenna Inputs: CPR112G and PDR84														
HP6-82	6 (1.8)	2882	-	-	-	2	2	40.6	40.8	41.0	1.5	30	68	1.06 (30.7)		
HP8-82	8 (2.4)	2891	-	-	-	2	2	43.4	43.5	43.7	1.1	30	68	1.06 (30.7)		
HP10-82	10 (3.0)	2893	-	-	-	2	2	45.3	45.5	45.7	0.9	30	70	1.06 (30.7)		
HP12-82	12 (3.7)	2895	-	-	-	2	2	46.8	47.0	47.1	0.7	30	71	1.06 (30.7)		
HP15-82	15 (4.6)	2899	-	-	-	2	2	48.6	48.8	48.9	0.6	30	71	1.06 (30.7)		
		<b>Standard Antennas - Dual Polarized Low VSWR</b> Antenna Inputs: CPR112G and PDR84														
PXL6-82	6 (1.8)	2851	-	-	-	-	-	41.0	41.1	41.2	1.3	30	48	1.06 (30.7)		
PXL8-82	8 (2.4)	2853	-	-	-	1	2	43.7	43.8	43.9	1.0	30	55	1.06 (30.7)		
PXL10-82	10 (3.0)	2855	-	-	-	1	2	45.7	45.8	45.9	0.8	30	57	1.06 (30.7)		
PXL12-82	12 (3.7)	2857	-	-	-	1	2	47.3	47.4	47.5	0.7	30	63	1.06 (30.7)		
PXL15-82	15 (4.6)	2859	-	-	-	1	2	48.5	48.6	48.7	0.6	30	65	1.06 (30.7)		
		<b>Standard Antennas - Single Polarized Low VSWR</b> Antenna Inputs: CPR112G and PDR84														
PL6-82	6 (1.8)	2871	-	-	-	1	2	40.6	40.8	41.0	1.5	30	48	1.06 (30.7)		
PL8-82	8 (2.4)	2897	-	-	-	1	2	43.4	43.5	43.7	1.1	30	50	1.06 (30.7)		
PL10-82	10 (3.0)	2899	-	-	-	1	2	43.3	43.5	43.7	0.9	30	58	1.06 (30.7)		
PL12-82	12 (3.7)	2901	-	-	-	1	2	46.8	47.0	47.1	0.7	30	54	1.06 (30.7)		
PL15-82	15 (4.6)	2903	-	-	-	1	2	48.6	48.8	48.6	0.6	30	57	1.06 (30.7)		
		<b>Low Back Lobe Antennas - Dual Polarized</b> Antenna Inputs: CPR112G and PDR84														
<b>Regulatory Compliance**</b>																
LBX6-82*	6 (1.8)	786-1	-	-	B	-	-	40.9	41.1	41.2	1.5	33	58	1.07 (29.4)		
LBX8-82*	8 (2.4)	787-2	-	-	B	-	-	43.6	43.8	43.9	1.1	33	60	1.06 (30.7)		
LBX10-82*	10 (3.0)	788-2	-	-	B	-	-	45.6	45.8	45.9	0.9	33	63	1.06 (30.7)		
LBX12-82*	12 (3.7)	789-2	-	-	B	-	-	46.9	47.1	47.2	0.7	33	65	1.06 (30.7)		

Reference ETSI Document EN300833 for 3 to 60 GHz

\*8 lb/in<sup>2</sup> (56 kPa) maximum

\*\*ANATEL Brazilian Telecommunications Agency, Regulation 1286 Category

• U.K. 0800-250055 • Australia 1800-803 219 • New Zealand 0800-441-747









Visit us at [www.andrew.com](http://www.andrew.com)



Revised 5/04

### 10.5 - 11.7 GHz\*

Antenna Inputs. All antenna VSWR values are specified with CPR and PDR flanges. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details. Pressurization. Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa). ValuLine® Antennas. See page 127.

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance						Gain, dBi		Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)
			101	74	78	Class	ETSI Gain	ETSI Low	Mid-Band	Top				
<b>UHX</b>  Ultra High Performance Antennas – Dual Polarized Antenna Inputs: CPR90G and PDR100														
UHX4-107	4 (1.2)	2098 2097	A	–	–	3	2	40.0	40.4	40.8	1.6	33	70	1.08 (28.3)
UHX6-107	6 (1.8)	2141 2142	A	–	–	3	2	43.6	44.0	44.4	1.1	33	80	1.06 (30.7)
UHX8-107	8 (2.4)	2124 2125	A	–	–	3	2	46.0	46.5	46.8	0.8	33	80	1.06 (30.7)
UHX10-107	10 (3.0)	2127 2126	A	–	–	3	2	47.6	48.0	48.3	0.7	33	82	1.06 (30.7)
UHX12-107	12 (3.7)	2128 2129	A	–	–	3	2	49.4	49.8	50.2	0.5	33	80	1.06 (30.7)
<b>HSX</b>  High Performance Antennas - Super High Cross Polarization Discrimination – Dual Polarized Antenna Inputs: CPR90G and PDR100														
HSX4-107	4 (1.2)	2314 2312	A	–	–	2	2	39.8	40.2	40.6	1.6	40	64	1.10 (26.4)
HSX6-107	6 (1.8)	2316 2318	A	–	–	3	2	43.5	43.9	44.3	1.1	40	72	1.08 (28.3)
HSX8-107	8 (2.4)	2320 2322	A	–	–	2	2	46.0	46.5	46.8	0.8	40	75	1.06 (30.7)
HSX10-107	10 (3.0)	2340 2338	A	–	–	2	2	47.8	48.2	48.6	0.7	40	75	1.06 (30.7)
HSX12-107	12 (3.7)	2362 2364	A	–	–	3	2	49.2	49.6	50.3	0.5	40	80	1.06 (30.7)
<b>HPX HP</b>  High Performance Antennas – Dual Polarized Antenna Inputs: CPR90G and PDR100														
HPX4-107	4 (1.2)	2460	B	–	–	2	2	40.0	40.3	40.6	1.6	30	62	1.10 (26.4)
HPX6-107	6 (1.8)	3224	A	–	–	2	2	43.6	44.0	44.4	1.0	30	70	1.08 (28.3)
HPX8-107	8 (2.4)	3175	A	–	–	2	2	46.0	46.4	46.8	0.8	30	70	1.06 (30.7)
HPX10-107	10 (3.0)	3173	A	–	–	2	2	47.9	48.3	48.6	0.7	30	70	1.06 (30.7)
HPX12-107	12 (3.7)	3190	A	–	–	2	2	49.4	49.8	50.2	0.5	30	72	1.06 (30.7)
<b>HP4-107</b>  High Performance Antennas – Single Polarized Antenna Inputs: CPR90G and PDR100														
HP4-107	4 (1.2)	3429	A	–	–	2	2	40.0	40.4	40.8	1.6	30	61	1.08 (28.3)
HP6-107	6 (1.8)	3222	A	–	–	3	2	43.6	44.0	44.4	1.0	30	70	1.06 (30.7)
HP8-107	8 (2.4)	3174	A	–	–	3	2	46.0	46.4	46.8	0.8	30	71	1.06 (30.7)
HP10-107	10 (3.0)	3250	A	–	–	2	2	47.9	48.3	48.6	0.7	30	70	1.06 (30.7)
HP12-107	12 (3.7)	3188	A	–	–	2	2	49.4	49.8	50.2	0.5	30	70	1.06 (30.7)
<b>HDX</b>  High Performance, Dual Beam Antennas – Dual Polarized Angle Diversity Antenna Input: CPR90G														
HDX8-107	8 (2.4)	3791 3793 3787 3789	A	–	–	2	2	47.6	47.9	48.1	0.8	26	78	1.10 (26.4)
HDX10-107	10 (3.0)	4352 4353 4354 4355	A	–	–	2	2	47.6	47.9	48.1	0.8	22	78	1.10 (26.4)
<b>PAR</b>  Standard Antennas – Single Polarized Antenna Inputs: CPR90G and PDR100														
PAR6-107**	6 (1.8)	3743	A	–	–	1	2	43.2	43.6	44.0	1.1	30	60	1.06 (30.7)
PAR8-107**	8 (2.4)	3745	A	–	–	1	2	45.8	46.2	46.6	0.8	30	63	1.06 (30.7)
<b>PXL PL</b>  Standard Antennas – Dual Polarized Low VSWR Antenna Inputs: CPR90G and PDR100														
PXL6-107	6 (1.8)	3183	B	–	–	–	–	43.6	44.0	44.4	1.0	30	49	1.08 (28.3)
PXL8-107	8 (2.4)	3185	B	–	–	–	–	46.0	46.4	46.8	0.8	30	50	1.06 (30.7)
PXL10-107	10 (3.0)	3187	B	–	–	–	–	47.9	48.3	48.6	0.7	30	52	1.06 (30.7)
PXL12-107	12 (3.7)	3199	B	–	–	–	–	49.4	49.8	50.2	0.5	30	53	1.06 (30.7)
<b>PL4-107</b>  Standard Antennas – Single Polarized Low VSWR Antenna Inputs: CPR90G and PDR100														
PL4-107	4 (1.2)	3214	B	–	–	–	–	40.1	40.5	40.9	1.6	30	46	1.08 (28.3)
PL6-107	6 (1.8)	3101	B	–	–	1	2	43.6	44.0	44.4	1.0	30	51	1.06 (30.7)
PL8-107	8 (2.4)	3249	B	–	–	1	2	46.0	46.4	46.8	0.8	30	53	1.06 (30.7)
PL10-107	10 (3.0)	3200	B	–	–	–	–	47.8	48.2	48.5	0.7	30	54	1.06 (30.7)
PL12-107	12 (3.7)	3116	B	–	–	1	2	49.4	49.8	50.2	0.5	30	60	1.06 (30.7)

Reference ETSI Document EN300833 for 3 to 60 GHz

\* Multiband antennas are available for this frequency band. See pages 93-94.

\*\* Uses focal plane reflector and feed system



• U.K. 0800-250055 • Australia 1800-808 219 • New Zealand 0800-441-747

Visit us at: [www.andrew.com](http://www.andrew.com)





### 12.2 - 12.7 GHz

Antenna Inputs. All antenna VSWR values are specified with PDR flange. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
 Pressurization. Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa). **ValuLine® Antennas.** See page 127.

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance				Gain, dBi	Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)			
			U.S. FCC 101	U.S. FCC 74	U.S. FCC 78	ETSI Class						ETSI Gain		
 <b>High Performance Antennas – Dual Polarized</b> Antenna Inputs: WR75 cover/gasket and PDR120														
HPX6-122	6 (1.8)	3285	A	-	-	2	2	44.6	44.8	45.0	0.9	30	68	1.10 (26.4)
HPX8-122	8 (2.4)	3232	A	-	-	2	2	47.1	47.3	47.5	0.7	30	70	1.10 (26.4)
HPX10-122	10 (3.0)	3233	A	-	-	2	2	48.4	48.5	48.7	0.6	25	71	1.10 (26.4)
HPX12-122	12 (3.7)	3234	A	-	-	1	2	50.5	50.6	50.8	0.5	25	71	1.10 (26.4)
 <b>Standard Antennas – Dual Polarized</b> Antenna Inputs: WR75 cover/gasket and PDR120														
PX4-122	4 (1.2)	3211	B	-	-	1	2	40.5	40.7	40.9	1.4	25	52	1.10 (26.4)
PX6-122	6 (1.8)	3213	A	-	-	-	-	44.6	44.8	45.0	0.9	25	51	1.10 (26.4)
PX8-122	8 (2.4)	3215	A	-	-	-	-	47.1	47.3	47.5	0.7	30	54	1.10 (26.4)
PX10-122	10 (3.0)	3217	A	-	-	-	-	48.4	48.5	48.7	0.6	30	57	1.10 (26.4)
PX12-122	12 (3.7)	3219	A	-	-	-	-	50.5	50.6	50.8	0.5	25	58	1.10 (26.4)



### 12.2 - 13.25 GHz

Antenna Inputs. All antenna VSWR values are specified with PDR flange. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
 Pressurization. Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa). **ValuLine® Antennas.** See page 127.

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance				Gain, dBi	Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)			
			U.S. FCC 101	U.S. FCC 74	U.S. FCC 78	ETSI Class						ETSI Gain		
 <b>High Performance Antennas – Single Polarized</b> Antenna Inputs: WR75 cover/gasket and PDR120														
HP6-122	6 (1.8)	3284	A	A	A	2	2	44.7	45.1	45.4	0.9	30	70	1.08 (28.3)
HP8-122	8 (2.4)	3228	A	A	A	2	2	47.2	47.6	47.9	0.7	30	70	1.08 (28.3)
HP10-122	10 (3.0)	3270	A	A	A	2	2	48.4	48.8	49.1	0.6	28	71	1.08 (28.3)
HP12-122	12 (3.7)	3272	A	A	A	2	2	50.6	50.9	51.2	0.5	30	71	1.08 (28.3)
 <b>Standard Antennas – Single Polarized</b> Antenna Inputs: WR75 cover/gasket and PDR120														
P2-122	2 (0.6)	3216	-	-	-	-	-	35.1	35.5	35.8	2.8	25	42	1.10 (26.4)
P4-122	4 (1.2)	3204	B	B	B	1	2	41.2	41.5	41.9	1.4	30	49	1.10 (26.4)
P6-122	6 (1.8)	1277	A	A	A	1	2	44.7	45.1	45.4	0.9	30	55	1.08 (28.3)
P8-122	8 (2.4)	1286	A	A	A	1	2	47.2	47.6	47.9	0.7	30	59	1.08 (28.3)
P10-122	10 (3.0)	1288	A	A	A	1	2	48.4	48.8	49.1	0.6	26	60	1.08 (28.3)
P12-122	12 (3.7)	4271	A	A	A	1	2	50.6	50.9	51.2	0.5	30	58	1.08 (28.3)

### 12.7 - 13.25 GHz\*

Antenna Inputs. All antenna VSWR values are specified with PDR flange. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
 Pressurization. Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa).  
**ValuLine® Antennas.** See page 127.

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance				Gain, dBi	Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)			
			U.S. FCC 101	U.S. FCC 74	U.S. FCC 78	ETSI Class						ETSI Gain		
 <b>Ultra High Performance Antennas – Dual Polarized</b> Antenna Inputs: WR75 cover/gasket and PDR120														
UHX8-127	8 (2.4)	1255 1256	A	A	A	3	2	47.5	47.6	47.8	0.7	32	80	1.10 (26.4)
UHX10-127	10 (3.0)	1258 1259	A	A	A	3	2	48.7	48.8	49.0	0.6	30	82	1.10 (26.4)
 <b>High Performance Antennas – Dual Polarized</b> Antenna Inputs: WR75 cover/gasket and PDR120														
HPX6-127	6 (1.8)	3296	B	B	B	2	2	45.0	45.1	45.3	0.9	30	68	1.10 (26.4)
HPX8-127	8 (2.4)	3278	A	A	A	2	2	47.5	47.6	47.8	0.7	30	70	1.10 (26.4)
HPX10-127	10 (3.0)	3279	A	A	A	2	2	48.7	48.8	49.0	0.6	25	71	1.10 (26.4)
HPX12-127	12 (3.7)	3281	A	A	A	2	2	50.8	50.9	51.1	0.5	25	72	1.10 (26.4)



Reference ETSI Document EN300833 for 3 to 60 GHz

\*Multiband antennas are available in this frequency band. See page 94.

Continued on next page




### 14.4 - 15.35 GHz

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with PDR flange. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization.** Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa).  
**ValuLine® Antennas.** See page 127.

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance						Gain, dBi	Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)	
			U.S. FCC 101	U.S. FCC 74	U.S. FCC 78	ETSI Class	ETSI Gain	Low						Mid-Band
<b>HSX</b> 	<b>High Performance Antennas – Dual Polarized</b> Antenna Input: UG-541A/U													
HSX4-144	4 (1.2)	1206 1208	–	–	–	2	2	42.5	42.7	43.0	1.2	40	68	1.10 (26.4)
HSX6-144	6 (1.8)	1210 1212	–	–	–	2	2	46.0	46.3	46.5	0.8	40	75	1.10 (26.4)
HSX8-144	8 (2.4)	1214 1216	–	–	–	2	2	48.5	48.8	49.1	0.6	40	76	1.10 (26.4)
HSX10-144	10 (3.0)	1218 1220	–	–	–	2	2	50.2	50.5	50.8	0.5	40	76	1.10 (26.4)
<b>PX</b> <b>P</b> 	<b>Standard Antennas – Dual Polarized</b> Antenna Inputs: UG-541A/U and PDR140													
PX4-144	4 (1.2)	1565	–	–	–	–	–	42.3	42.5	42.8	1.2	30	48	1.10 (26.4)
PX6-144	6 (1.8)	1567	–	–	–	1	2	45.8	46.1	46.3	0.8	30	55	1.10 (26.4)
PX8-144	8 (2.4)	1569	–	–	–	–	–	48.3	48.6	48.9	0.6	30	57	1.10 (26.4)
PX10-144	10 (3.0)	1571	–	–	–	–	–	50.2	50.5	50.8	0.5	30	58	1.10 (26.4)
<b>Standard Antennas – Single Polarized</b> Antenna Inputs: UG-541A/U and PDR140														
P8-144	8 (2.4)	1505	–	–	–	1	2	48.3	48.6	48.9	0.6	30	57	1.10 (26.4)
P10-144	10 (3.0)	1507	–	–	–	–	–	50.2	50.5	50.8	0.5	30	58	1.10 (26.4)

### 17.7 - 19.7 GHz

**Antenna Inputs.** All antenna VSWR values are specified with PDR flange. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.  
**Pressurization.** Feeds are pressurizable to 10 lb/in<sup>2</sup> (70 kPa).  
**ValuLine® Antennas.** See page 127.

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance						Gain, dBi	Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)	
			U.S. FCC 101	U.S. FCC 74	U.S. FCC 78	ETSI Class	ETSI Gain	Low						Mid-Band
<b>HSX</b> 	<b>High Performance Antennas- Super High Cross Polarization Discrimination – Dual Polarized</b> Antenna Inputs: UG-595/U and PBR220													
HSX1-180	1 (0.3)	2050 2051	–	–	–	2	2	32.4	33.0	33.5	3.6	34	60	1.135 (24.0)
HSX2-180	2 (0.6)	2052 2053	A	A	A	2	2	38.0	38.4	38.8	1.9	36	64	1.135 (24.0)
HSX4-180	4 (1.2)	2055 2054	A	A	A	2	2	44.0	44.4	44.8	1.0	36	67	1.135 (24.0)
HSX6-180	6 (1.8)	2057 2056	A	A	A	2	2	47.5	48.0	48.4	0.7	36	72	1.135 (24.0)
<b>HP</b> 	<b>High Performance Antennas – Single Polarized</b> Antenna Inputs: UG-595/U and PBR220													
HP8-180	8 (2.4)	3983	A	A	A	2	2	50.2	50.7	51.2	0.5	30	72	1.15 (23.1)
<b>P</b> 	<b>Standard Antennas – Single Polarized</b> Antenna Inputs: UG-595/U and PBR220													
P8-180	8 (2.4)	4058	B	B	B	1	2	50.2	50.7	51.2	0.5	30	59	1.15 (23.1)

Reference ETSI Document EN300833 for 3 to 60 GHz



## [ANEXO N°3]

### [Alimentadores]

#### Circular Waveguide

##### *Lowest Attenuation*

Circular waveguide offers substantially lower attenuation than elliptical or rectangular waveguide. This can result in the use of smaller antennas, reducing tower loading and saving antenna cost.

##### *Dual Polarization Capability*

A single waveguide run can carry two polarizations with 30 dB minimum isolation, eliminating the need for a second waveguide run.

##### *Full Range of Transitions and Components*

Simplifies system planning. All elements are designed to work together, maximizing system performance.

#### **General**

Circular waveguide is used for long vertical feeder runs in systems where multiband capability is needed or where low attenuation is critical. The axial symmetry of circular waveguide allows the simultaneous propagation of two orthogonal  $TE_{11}$  modes. A single waveguide run can carry two polarizations with 30 dB minimum isolation.

#### **Electrical Characteristics**

**Closed and Open Systems.** Circular waveguide systems which have circular-to-rectangular transitions at both ends are considered "closed" systems. Horn-reflector antennas fed directly with circular waveguide have only one circular-to-rectangular transition (at the bottom) and are considered "open".

**Attenuation** curves are illustrated on pages 230 and 231. Add 0.3 dB to allow for the transitions in a "closed" system and 0.15 dB in an "open" system.

**VSWR (Return Loss, dB)** for a complete single-polarized system, of any length, including straight sections and transitions (except 17.7 - 19.7 GHz), is guaranteed 1.04 (34.2) maximum and is typically 1.03 (36.6) maximum. A similar dual-polarized system is guaranteed 1.06 (30.7) maximum and is typically 1.04 (34.2) maximum. A single or dual polarized 17.7 - 19.7 GHz system is guaranteed 1.15 (23.1) maximum.



**RML (reconverted mode level)** is the level of higher order mode energy reconverted to the dominant mode in a circular waveguide system. In a closed system, higher modes become trapped within the circular waveguide because they cannot propagate in the connecting rectangular waveguide. Ground delay distortion and noise result when a portion of this energy, delayed in time, is reconverted to the dominant mode. Andrew circular waveguide systems are designed for minimum RML. Each circular-to-rectangular transition includes a non-linear tapered circular-to-circular transition section to minimize the generation of unwanted modes and prevent their propagation into the circular-to-rectangular transition section. In addition, Andrew offers a circular-to-rectangular transition with a built-in mode filter (for  $TM_{01}$  and  $TE_{21}$ ) for use at the bottom of a closed system. These unwanted modes are not trapped in an "open" system and the bottom mode filter is, therefore, not needed. However, depending on the operating frequency, the  $TM_{11}$  mode can sometimes be generated in an "open" system and a  $TM_{11}$  mode filter (described on page 223) may be required.

## Circular Waveguide Straight Sections

Andrew circular waveguide is made of heavy-wall high conductivity copper tubing, specially coated to prevent corrosion and deterioration of attenuation characteristics. Stainless steel hardware and flange gaskets are included. Order straight sections from table below.

### Frequency Band Codes

Operating Band, GHz	Circular Waveguide Frequency Band Code	Antenna Frequency Band Code
5.925-6.425	-3	-59
6.425-7.125	-4	-65
7.125-7.7	-5	-71
7.725-8.500	-7	-77
10.7-11.7	-8	-107
12.2-12.7	-9	-122
12.7-13.25	-10	-127
17.7-19.7	-23	-180

### Straight Section Ordering Information

Length	Flanges	WC166	WC109
Recommended Operating Bands, GHz*** (Specify Operating Band)		5.925-6.425	10.7-11.7
		6.425-7.125	12.2-12.7
		7.125-7.750	12.7-13.25
		7.725-8.500	17.7-19.7
		10.7-11.7	
20 ft*	Fixed	57458-240-(†)	54346-240-(†)
Special Length	Fixed	57458-(**)-(†)	54346-(**)-(†)
	Swivel/Fixed	244923-(**)-(†)	54345-(**)-(†)
Weight, lb/ft (kg/m)		2.8 (4.2)	1.2 (1.8)

\* Standard straight sections shipped from Scotland are 6 meters.

\*\* Specify length in inches or millimeters.

\*\*\* For other bands, contact Andrew.

† Insert frequency band code from table.



Customer Service Center - Call toll-free from: • U.S.A., Canada and Mexico 1-800-255-1479

## Elliptical Waveguide Types EWP17 and EW17



### Characteristics


Type Numbers	
Premium Waveguide	EWP17
Standard Waveguide	EW17
Electrical	
Max. Frequency Range, GHz	1.7-2.4
eTEr Mode Cutoff Frequency, GHz	1.364
Group Delay at 2.0 GHz, ns/100 ft (ns/100 m)	139 (456)
Peak Power Rating at 2.0 GHz, kW	
with 117E or 117ET Connectors	1036
with 117RT Connectors	90
Mechanical	
Minimum Bending Radii, without rebending, inches (mm)	
E Plane	20 (510)
H Plane	57 (1450)
Minimum Bending Radii, with rebending, inches (mm)	
E Plane	28 (710)
H Plane	81 (2060)
Maximum Twist, degrees/foot (m)	0.25 (0.75)
Dimensions over Jacket, in (mm)	5.65 x 2.99 (143.5 x 75.9)
Weight, pounds per foot (kg/m)	2.73 (4.06)


### Attenuation, Average Power, Group Velocity

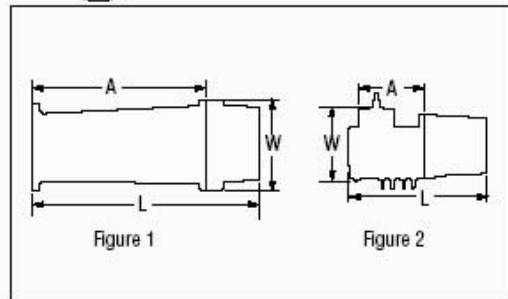
Frequency GHz	Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)	Average Power Rating, kW	Group Velocity of Propagation, %
1.70	0.46 (1.51)	35.35	59.7
1.80	0.41 (1.35)	39.48	65.3
1.90	0.38 (1.25)	42.58	69.6
2.00	0.36 (1.19)	44.99	73.1
2.10	0.35 (1.14)	46.91	76.0
2.20	0.34 (1.10)	48.47	78.5
2.30	0.33 (1.07)	49.76	80.5
2.40	0.32 (1.05)	50.82	82.3

Attenuation values based on VSWR 1.0, ambient temperature 24°C (75°F) and are guaranteed within ±5%. Average power ratings based on VSWR 1.0 and 42°C (76°F) temperature rise over 40°C (104°F) ambient.

### Connectors – Flange dimensions on pages 216-217

	L in (mm)	W in (mm)	A in (mm)	Weight lb (kg)
Type No. 117E, 117ET – Figure 1				
	15.9 (404)	6.9 (175)	12.0 (305)	7.0 (3.2)

Type No. 117RT – Figure 2				
	8.9 (225)	4.6 (116)	5.0 (127)	5.0 (2.3)



Connector Material: Nickel-Plated Aluminum



Customer Service Center - Call toll-free from: • U.S.A., Canada and Mexico 1-800-255-1479

## Elliptical Waveguide Type EW20



### Characteristics

Type Numbers	
Standard Waveguide	EW20
Electrical	
Max. Frequency Range, GHz*	1.9-2.7
$_{TE_{11}}$ Mode Cutoff Frequency, GHz	1.57
Group Delay at 2.6 GHz, ns/100 ft (ns/100m)	127 (418)
Peak Power Rating at 2.6 GHz, kW	
with 120E Connectors	663
with E20MB-014 and E20MP-014 Connectors	90
Mechanical	
Minimum Bending Radii, without rebending, in (mm)	
E Plane	18 (460)
H Plane	50 (1270)
Minimum Bending Radii, with rebending, in (mm)	
E Plane	26 (660)
H Plane	71 (1800)
Maximum Twist, degrees/foot (m)	0.25 (0.75)
Dimension over Jacket, in (mm)	5.02 x 2.83 (127.5 x 71.9)
Weight, pounds per foot (kg/m)	1.85 (2.76)



\* Actual usable range is limited by the connecting rectangular waveguide

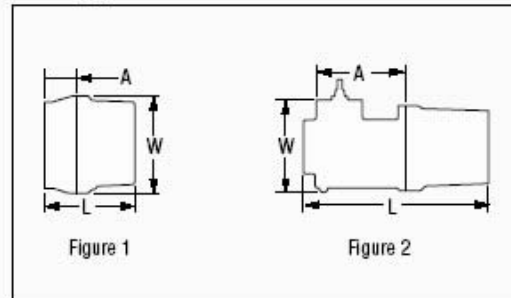
### Attenuation, Average Power, Group Velocity

Frequency GHz	Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)	Average Power Rating, kW	Group Velocity of Propagation, %
1.9	0.61 (2.01)	24.06	56.3
2.0	0.55 (1.81)	26.65	61.9
2.1	0.51 (1.69)	28.64	66.4
2.2	0.49 (1.60)	30.22	70.0
2.3	0.47 (1.53)	31.50	73.0
2.4	0.45 (1.48)	32.56	75.6
2.5	0.44 (1.45)	33.44	77.8
2.6	0.43 (1.41)	34.19	79.7
2.7	0.42 (1.39)	34.82	81.4

Attenuation values based on VSWR 1.0, ambient temperature 24°C (75°F) and are guaranteed within ±5%. Average power ratings based on VSWR 1.0 and 42°C (76°F) temperature rise over 40°C (104°F) ambient.

### Connectors – Flange dimensions on pages 216-217

	L in (mm)	W in (mm)	A in (mm)	Weight lb (kg)
Type No. 120E – Figure 1				
	5.8 (147)	6.2 (157)	1.8 (46)	3.5 (1.6)
Type No. E20MB-014, E20MP-014 – Figure 2				
	9.0 (229)	4.4 (111)	4.4 (111)	4.8 (2.2)



Connector Material: Nickel-Plated Aluminum



Customer Service Center - Call toll-free from: • U.S.A., Canada and Mexico 1-800-255-1479

## Elliptical Waveguide

Types EWP37S, EWP37 and EW37



### Characteristics

Type Numbers	
SuperPremium Waveguide	EWP37S
Premium Waveguide	EWP37
Standard Waveguide	EW37
Electrical	
Max. Frequency Range, GHz	3.3-4.3
eTE <sub>n</sub> Mode Cutoff Frequency, GHz	2.79
Group Delay at 4.0 GHz, ns/100 ft (ns/100 m)	140 (459)
Peak Power Rating at 4.0 GHz, kW	309
Mechanical	
Minimum Bending Radii, without rebending, inches (mm)	
E Plane	12 (300)
H Plane	30 (760)
Minimum Bending Radii, with rebending, inches (mm)	
E Plane	17 (430)
H Plane	41 (1040)
Maximum Twist, degrees/foot (m)	0.5 (1.5)
Dimensions over Jacket, in (mm)	2.85 x 1.82 (72.4 x 46.2)
Weight, pounds per foot (kg/m)	0.84 (1.25)

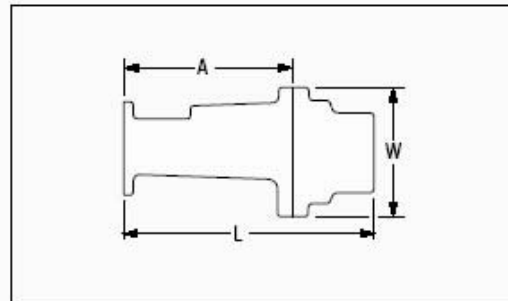
### Attenuation, Average Power, Group Velocity

Frequency GHz	Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)	Average Power Rating, kW	Group Velocity of Propagation, %
3.30	1.22 (4.00)	7.39	53.4
3.40	1.11 (3.63)	8.14	57.1
3.50	1.03 (3.37)	8.77	60.4
3.60	0.97 (3.18)	9.31	63.2
3.70	0.92 (3.03)	9.77	65.7
3.80	0.89 (2.91)	10.17	67.9
3.90	0.86 (2.81)	10.52	69.9
4.00	0.83 (2.73)	10.83	71.7
4.10	0.81 (2.66)	11.11	73.3
4.20	0.79 (2.60)	11.36	74.7
4.30	0.78 (2.55)	11.59	76.1

Attenuation values based on VSWR 1.0, ambient temperature 24°C (75°F) and are guaranteed within ±5%. Average power ratings based on VSWR 1.0 and 42°C (76°F) temperature rise over 40°C (104°F) ambient.

### Connectors – Flange dimensions on pages 216-217

Type No.	L in (mm)	W in (mm)	A in (mm)	Weight lb (kg)
137DE, 137DET, 137DEP, 137DEM, 137DEMP, 137DEMT	6.5 (165)	4.6 (117)	4.3 (109)	6.0 (2.7)



Connector Material: Brass



Customer Service Center - Call toll-free from: • U.S.A., Canada and Mexico 1-800-255-1479

## Elliptical Waveguide

Types EWP52S, EWP52 and EW52



### Characteristics

Type Numbers	
Super Premium Waveguide, Standard Jacket	EWP52S
Premium Waveguide, Standard Jacket	EWP52
Standard Waveguide, Standard Jacket	EW52
Premium Waveguide, Fire Retardant – Non-Halogenated Jacket Type CATVP	35409-20** 222040-3
Electrical	
Max. Frequency Range, GHz	4.6-6.425*
eTE <sub>11</sub> Mode Cutoff Frequency, GHz	3.65
Group Delay at 6.2 GHz, ns/100 ft (ns/100 m)	124 (408)
Peak Power Rating at 6 GHz, kW with 152 Series Connectors	153
with 153 Series Connectors	92
Mechanical	
Minimum Bending Radii, without rebending, inches (mm)	
E Plane	8 (200)
H Plane	22 (560)
Minimum Bending Radii, with rebending, inches (mm)	
E Plane	12 (305)
H Plane	32 (810)
Maximum Twist, degrees/foot (m)	1 (3)
Dimensions over Jacket, in (mm)	2.21 x 1.26 (56.1 x 32.0)
Weight, pounds per foot (kg/m)	0.59 (0.88)

\* Actual usable range is limited by the connecting rectangular waveguide.

\*\* UL® listed Type CATVP.

### Attenuation, Average Power, Group Velocity

Frequency GHz	Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)	Average Power Rating, kW	Group Velocity of Propagation, %
4.6	1.63 (5.34)	4.40	60.9
4.8	1.50 (4.92)	4.75	64.9
5.0	1.41 (4.63)	5.06	68.3
5.2	1.35 (4.42)	5.31	71.2
5.4	1.30 (4.26)	5.51	73.7
5.6	1.26 (4.13)	5.69	75.8
5.8	1.23 (4.02)	5.84	77.7
5.85	1.22 (4.00)	5.87	78.1
5.925	1.21 (3.96)	5.92	78.8
6.0	1.20 (3.93)	5.96	79.4
6.2	1.18 (3.86)	6.07	80.8
6.4	1.16 (3.80)	6.17	82.1
6.425	1.16 (3.80)	6.18	83.2

Attenuation values based on VSWR 1.0, ambient temperature 24°C (75°F) and are guaranteed within ±5%. Average power ratings based on VSWR 1.0 and 42°C (76°F) temperature rise over 40°C (104°F) ambient.

### Connectors – Flange dimensions on pages 216-217

	L in (mm)	W in (mm)	A in (mm)	Weight lb (kg)
--	--------------	--------------	--------------	-------------------

#### Type No. 152DE, 152DET, 152SE, 152SEM



5.3 (134.6)	3.8 (97)	3.7 (94)	4.2 (1.9)
----------------	-------------	-------------	--------------

#### Type No. 252DC, 252DCT



5.8 (148)	3.8 (97)	3.9 (100)	4.1 (1.9)
--------------	-------------	--------------	--------------

#### Type No. 252DE, 252DET, 252DEP-1, 252DEMP, 252DEMT

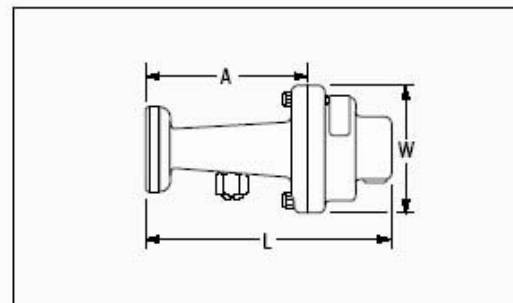


5.8 (148)	3.8 (97)	3.9 (100)	4.0 (1.8)
--------------	-------------	--------------	--------------

#### Type No. 252SE, 252SEM



5.0 (127)	3.75 (95.3)	3.0 (76.2)	4.2 (1.9)
--------------	----------------	---------------	--------------



Connector Material: Brass

## Elliptical Waveguide

Types EWPI27A and EW127A



### Characteristics

Type Numbers	
Premium Waveguide, Standard Jacket	EWPI27A
Standard Waveguide, Standard Jacket	EW127A
Premium Waveguide Type CATVP	222040-4
Standard Waveguide, Fire Retardant, Non-Halogenated Jacket	35409-15*
Electrical	
Max. Frequency Range, GHz	10.0-13.25
eTE <sub>11</sub> Mode Cutoff Frequency, GHz	7.67
Group Delay at 12.7 GHz, ns/100 ft (ns/100 m)	126 (414)
Peak Power Rating at 12.7 GHz, kW	34
Mechanical	
Minimum Bending Radii, without rebending, inches (mm)	
E Plane	5 (130)
H Plane	11 (280)
Minimum Bending Radii, with rebending, inches (mm)	
E Plane	6 (150)
H Plane	15 (380)
Maximum Twist, degrees/foot (m)	2 (6)
Dimensions over Jacket, in (mm)	1.11 x 0.67 (28.2 x 17.1)
Weight, pounds per foot (kg/m)	0.29 (0.43)

\* UL® listed Type CATVR.

### Attenuation, Average Power, Group Velocity

Frequency GHz	Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)	Average Power Rating, kW	Group Velocity of Propagation, %
10.0	4.46 (14.60)	1.00	64.2
10.5	4.16 (13.60)	1.07	68.3
11.0	4.06 (13.00)	1.13	71.7
11.5	3.79 (12.40)	1.18	64.5
11.7	3.74 (12.28)	1.20	75.5
11.9	3.69 (12.12)	1.21	76.5
12.1	3.65 (11.98)	1.23	77.3
12.3	3.61 (11.86)	1.24	78.2
12.5	3.58 (11.74)	1.25	79.0
12.7	3.55 (11.64)	1.26	79.7
12.9	3.52 (11.54)	1.27	80.4
13.1	3.49 (11.45)	1.28	81.1
13.25	3.47 (11.38)	1.29	81.5

Attenuation values based on VSWR 1.0, ambient temperature 24°C (75°F) and are guaranteed within ±5%. Average power ratings based on VSWR 1.0 and 42°C (76°F) temperature rise over 40°C (104°F) ambient.

### Connectors – Flange dimensions on pages 216-217

	L in (mm)	W in (mm)	A in (mm)	Weight lb (kg)
--	--------------	--------------	--------------	-------------------

Type No. 1127DC, 1127DCT, 1127DCP, 1127DCM, 1127DCMT, 1127SC, 1127SCM

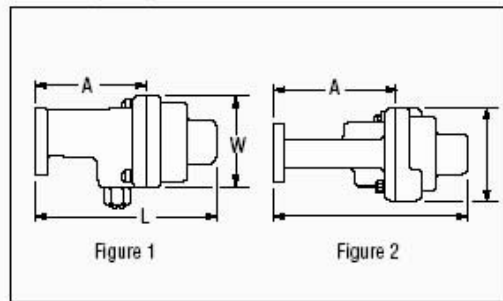
Figure 1	3.8 (97)	2.3 (58)	1.9 (48)	1.8 (0.8)
----------	-------------	-------------	-------------	--------------

Type No. 1127DEM, 1127DEMT, 1127SEM

Figure 1	3.8 (97)	2.3 (58)	1.9 (48)	1.8 (0.8)
----------	-------------	-------------	-------------	--------------

Type No. 1127DK, 1127DKT

Figure 2	5.0 (127)	2.3 (58)	3.1 (79)	1.8 (0.8)
----------	--------------	-------------	-------------	--------------



Connector Material: Brass

## Elliptical Waveguide

Types EWP132 and EW132



### Characteristics

Type Numbers	
Premium Waveguide, Standard Jacket	EWP132
Standard Waveguide, Standard Jacket	EW132
Premium Waveguide Type CATVP	222040-7
Standard Waveguide, Fire Retardant, Non-Halogenated Jacket	35409-14*
Electrical	
Max. Frequency Range, GHz	11.0-15.35
eTE <sub>11</sub> Mode Cutoff Frequency, GHz	9.22
Group Delay at 14.7 GHz, ns/100 ft (ns/100 m)	130 (425)
Peak Power Rating at 14.7 GHz, kW	
with 1132 series connectors	22.8
with 2132 series connectors	36.6
Mechanical	
Minimum Bending Radii, without rebending, inches (mm)	
E Plane	5 (130)
H Plane	14 (360)
Minimum Bending Radii, with rebending, inches (mm)	
E Plane	5 (130)
H Plane	14 (360)
Maximum Twist, degrees/foot (m)	2 (6)
Dimensions over Jacket, in (mm)	0.95 x 0.59 (24.1 x 15.0)
Weight, pounds per foot (kg/m)	0.22 (0.33)

\* UL® listed Type CATVR.

### Attenuation, Average Power, Group Velocity

Frequency GHz	Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)	Average Power Rating, kW	Group Velocity of Propagation, %
11.0	7.06 (23.20)	0.58	54.4
11.5	6.35 (20.80)	0.65	59.8
12.0	5.89 (19.30)	0.70	64.0
12.5	5.56 (18.30)	0.74	70.5
13.0	5.32 (17.40)	0.73	70.5
13.5	5.13 (16.80)	0.80	73.0
14.0	4.98 (16.34)	0.83	75.9
14.2	4.93 (16.17)	0.83	76.6
14.4	4.88 (16.02)	0.84	77.4
14.6	4.84 (15.87)	0.85	78.1
14.8	4.80 (15.74)	0.86	78.8
15.0	4.76 (15.62)	0.87	79.4
15.2	4.72 (15.50)	0.87	80.0
15.35	4.70 (15.42)	0.88	80.4

Attenuation values based on VSWR 1.0, ambient temperature 24°C (75°F) and are guaranteed within ±5%. Average power ratings based on VSWR 1.0 and 42°C (76°F) temperature rise over 40°C (104°F) ambient.

### Connectors – Flange dimensions on pages 216-217

	L	W	A	Weight
	in (mm)	in (mm)	in (mm)	lb (kg)

#### Type No. 1132DC, 1132DCT, 1132DCMT

Figure 1		4.5 (114)	2.1 (53)	2.5 (64)	2.0 (0.9)
----------	--	--------------	-------------	-------------	--------------

#### Type No. 1132DEM, 1132DEMT

Figure 1		4.4 (112)	2.1 (53)	2.5 (64)	1.5 (0.7)
----------	--	--------------	-------------	-------------	--------------

#### Type No. 1132SC, 1132SCM

Figure 1		3.67 (93.2)	1.89 (48)	1.89 (48)	1.5 (0.67)
----------	--	----------------	--------------	--------------	---------------

#### Type No. 2132DC, 2132DCT, 2132DCMT

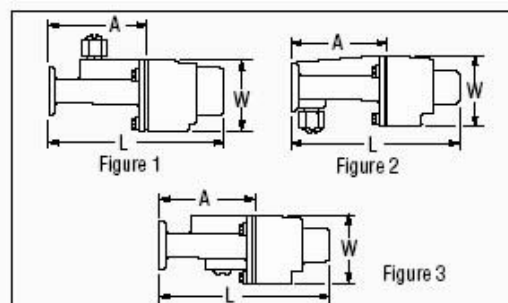
Figure 2		4.1 (104)	2.0 (51)	2.2 (56)	1.5 (0.7)
----------	--	--------------	-------------	-------------	--------------

#### Type No. 2132DEMT

Figure 3		4.1 (104)	2.1 (53)	2.2 (56)	1.5 (0.7)
----------	--	--------------	-------------	-------------	--------------

#### Type No. 2132DK, 2132DKT

Figure 1		4.6 (117)	2.1 (53)	2.7 (69)	1.6 (0.7)
----------	--	--------------	-------------	-------------	--------------



Connector Material: Brass



Customer Service Center - Call toll-free from: • U.S.A., Canada and Mexico 1-800-255-1479



## Elliptical Waveguide

Types EWP180 and EW180



### Characteristics

Type Numbers	
Premium Waveguide, Standard Jacket	EWP180
Standard Waveguide, Standard Jacket	EW180
Standard Waveguide, Fire Retardant, Non-Halogenated Jacket	35409-21
Premium Waveguide Type CATVP	222040-5
Electrical	
Max. Frequency Range, GHz*	14.0-19.7
eTE <sub>n</sub> Mode Cutoff Frequency, GHz	11.15
Group Delay at 18.7 GHz, ns/100 ft (ns/100 m)	127 (416)
Peak Power Rating at 18.7 GHz, kW	7.3
Mechanical	
Minimum Bending Radii, without rebending, inches (mm)	
E Plane	6 (150)
H Plane	15 (380)
Minimum Bending Radii, with rebending, inches (mm)	
E Plane	6 (150)
H Plane	11 (280)
Maximum Twist, degrees/foot (m)	2 (6)
Dimensions over Jacket, in (mm)	0.78 x 0.48 (19.8 x 12.2)
Weight, pounds per foot (kg/m)	0.15 (0.22)

\* Actual usable range is limited by the connecting rectangular waveguide.

### Attenuation, Average Power, Group Velocity

Frequency GHz	Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)	Average Power Rating, kW	Group Velocity of Propagation, %
14	8.42 (27.63)	0.39	60.5
14.5	7.79 (25.57)	0.42	63.9
15	7.34 (24.07)	0.45	66.9
15.5	6.99 (22.95)	0.47	69.5
16	6.72 (22.06)	0.49	71.7
16.5	6.51 (21.35)	0.51	73.7
17	6.33 (20.77)	0.52	75.5
17.5	6.18 (20.29)	0.53	77.1
17.7	6.13 (20.11)	0.54	77.7
17.9	6.08 (19.95)	0.54	78.2
18.1	6.03 (19.80)	0.55	78.8
18.3	5.99 (19.66)	0.55	79.3
18.5	5.95 (19.52)	0.55	79.8
18.7	5.91 (19.40)	0.56	80.3
18.9	5.88 (19.28)	0.56	80.7
19.1	5.84 (19.17)	0.56	81.2
19.3	5.81 (19.06)	0.57	81.6
19.5	5.78 (18.96)	0.57	82.0
19.7	5.75 (18.86)	0.57	82.4

Attenuation values based on VSWR 1.0, ambient temperature 24°C (75°F) and are guaranteed within ±5%. Average power ratings based on VSWR 1.0 and 42°C (76°F) temperature rise over 40°C (104°F) ambient.

### Connectors – Flange dimensions on pages 216-217

Type No.	L in (mm)	W in (mm)	A in (mm)	Weight lb (kg)
1180DCT, 1180DCP, 1180DCMT, 1180DCMP, 1180SC, 1180SCM				

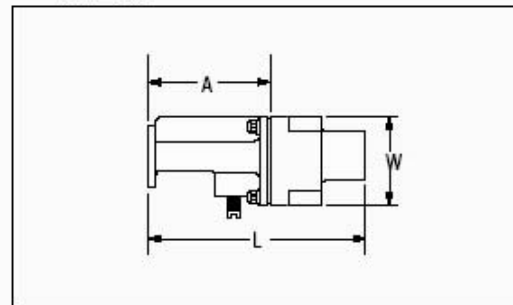


3.4 (86) 1.5 (38) 1.9 (48) 0.9 (0.4)

### Type No. 2180SEM



4.0 (102) 1.5 (38) 1.9 (48) 0.9 (0.4)



Connector Material: Brass



Customer Service Center - Call toll-free from: • U.S.A., Canada and Mexico 1-800-255-1479

**5/8" Foam Dielectric,  
LDF Series – 50-ohm**



**LDF4.5-50**

Description	Type No.
<b>Cable Ordering Information</b>	
Standard Cable	
5/8" Standard Cable, Standard Jacket	LDF4.5-50
<b>Fire Retardant Cables</b>	
5/8" Fire Retardant Jacket (CATVX)	LDF4.5RN-50
5/8" Fire Retardant Jacket (CATVR)	LDF4.5RN-50
<b>Low VSWR and Specialized Cables</b>	
5/8" Low VSWR, specify operating band	LDF4.5P-50(**)

\*\* Insert suffix number from "Low VSWR Specifications" table, page 501.

**Characteristics**

Electrical	
Impedance, ohms	50 ± 1
Maximum Frequency, GHz	6.1
Velocity, percent	89
Peak Power Rating, kW	62
dc resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	0.15 (0.49)
Outer	0.42 (1.37)
dc Breakdown, volts	5000
Jacket Spark, volts RMS	8000
Capacitance, pF/ft (m)	23.2 (76.1)
Inductance, µH/ft (m)	0.057 (0.187)
Mechanical	
Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper-Clad Aluminum
Diameter over Jacket, in (mm)	0.865 (21.97)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	0.777 (19.74)
Diameter Inner Conductor, in (mm)	0.277 (7.04)
Minimum Bending Radius, in (mm)	8 (200)
Number of Bends, minimum (typical)	15 (40)
Bending Moment, lb-ft (N•m)	2.8 (3.8)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	0.27 (0.402)
Tensile Strength, lb (kg)	800 (363)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	70 (1.3)

**Attenuation and Average Power**

Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100 m	Average Power, kW
0.5	0.032	0.105	62.0
1	0.045	0.149	53.5
1.5	0.056	0.183	43.6
2	0.064	0.211	37.7
10	0.145	0.476	16.7
20	0.207	0.678	11.8
30	0.254	0.834	9.57
50	0.330	1.08	7.36
88	0.443	1.45	5.49
100	0.473	1.55	5.14
108	0.493	1.62	4.93
150	0.586	1.92	4.15
174	0.633	2.08	3.84
200	0.682	2.24	3.57
300	0.847	2.78	2.87
400	0.989	3.24	2.46
450	1.05	3.46	2.31
500	1.12	3.66	2.18
512	1.13	3.71	2.15
600	1.23	4.05	1.97
700	1.34	4.41	1.81
800	1.45	4.75	1.68
824	1.47	4.83	1.65
894	1.54	5.05	1.58
960	1.60	5.26	1.52
1000	1.64	5.38	1.48
1250	1.86	6.11	1.31
1500	2.07	6.78	1.18
1700	2.22	7.29	1.10
1800	2.30	7.54	1.06
2000	2.44	8.02	0.996
2100	2.51	8.25	0.968
2200	2.58	8.48	0.942
2300	2.65	8.70	0.918
3000	3.11	10.2	0.783
3400	3.35	11.0	0.726
4000	3.70	12.1	0.658
5000	4.25	13.9	0.573
6000	4.76	15.6	0.511
6100	4.81	15.8	0.506

**Standard Conditions:**

For Attenuation: VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power: VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F); no solar loading.



N Male  
L4.5PNM-RC



N Female  
L4.5PNF-RC



7-16 DIN Male  
L4.5PDM-RC



7-16 DIN Female  
L4.5PDF-RC

### Connectors

Interface	Description	Type Number	Inner Contact Attachment	Outer Contact Attachment	Plating Code	Max. Length in (mm)	Max. Dia. in (mm)
N Male	Ring Flare	L4.5PNM-RC	Captivated	Self Flare	SG	3.2 (81.5)	1.42 (36)
N Female	Ring Flare	L4.5PNF-RC	Captivated	Self Flare	SG	3.0 (76)	1.32 (33.5)
7-16 DIN Male	Ring Flare	L4.5PDM-RC	Captivated	Self Flare	SS	3.1 (78)	1.17 (29.8)
7-16 DIN Female	Ring Flare	L4.5PDF-RC	Captivated	Self Flare	SS	3.25 (82)	1.17 (29.8)

Plating Codes: SG - Silver Plated Body and Gold Plated Pin, SS - Silver Plated Body and Pin

Connector Accessories – See page 624.

Factory Attached Connectors – For factory made cable assemblies and jumper cables, see pages 584-587.

### Standard VSWR Specifications

Frequency Band, GHz	Type Number	Assembly VSWR, Maximum (R.L., dB)				
		1-25 ft (0.3-8 m)	25-100 ft (8-30 m)	100-200 ft (30-60 m)	200-500 ft (60-150 m)	Above 500 ft (150 m)
0.806-0.960 and 1.7-2.0	LDF4.5-50	1.12 (24.9)*	1.13 (24.3)*	1.13 (24.3)*	1.13 (24.3)*	1.13 (24.3)**
	LDF4.5RN-50	1.12 (24.9)*	1.13 (24.3)*	1.13 (24.3)*	1.13 (24.3)*	1.13 (24.3)**

\* Expected typical values based on guaranteed 1.13 VSWR for bulk cable and Type N or DIN straight connectors. If guaranteed values are required, contact Andrew.

\*\* 1.13 VSWR guaranteed for bulk standard cable lengths 500 ft and above.

### Low VSWR Specifications, Type LDF4.5P-50-( )

Frequency Band, GHz	Type Number	Using Connector Type*	Assembly VSWR, Maximum (R.L., dB)				
			1-25 ft (0.3-8 m)	25-100 ft (8-30 m)	100-200 ft (30-60 m)	200-500 ft (60-150 m)	Above 500 ft (150 m)
0.806-0.960	LDF4.5P-50-40	N	1.08 (28.3)	1.08 (28.3)	1.09 (27.3)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
		7-16 DIN	1.08 (28.3)	1.08 (28.3)	1.09 (27.3)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
1.7-2.2	LDF4.5P-50-41	7-16 DIN	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
0.806-0.960 and 1.7-2.2	LDF4.5P-50-42	7-16 DIN	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)

\* Connectors ordered separately

VSWR values apply to straight connectors only, are guaranteed for factory fit assemblies, and are typical for field cut lengths. If two different connector interfaces are selected, the higher VSWR value is guaranteed.

## 7/8" Foam Dielectric, LDF Series – 50-ohm



### LDF5-50A

Description	Type No.
<b>Cable Ordering Information</b>	
Standard Cable	
7/8" Standard Cable, Standard Jacket	LDF5-50A
Fire Retardant Cable	
7/8" Fire Retardant Jacket (CATVR)	LDF5RN-50A
<b>Low VSWR and Specialized Cables</b>	
7/8" Low VSWR, specify operating band	LDF5P-50A-(**)

\*\* Insert suffix number from "Low VSWR Specifications" table, page 508.

#### Characteristics

Electrical	
Impedance, ohms	50 ± 1
Maximum Frequency, GHz	5.0
Velocity, percent	89
Peak Power Rating, kW	91
dc Resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	0.32 (1.05)
Outer	0.36 (1.18)
dc Breakdown, volts	6000
Jacket Spark, volts RMS	8000
Capacitance, pF/ft (m)	22.8 (75.0)
Inductance, µH/ft (m)	0.057 (0.187)
Mechanical	
Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper
Diameter over Jacket, in (mm)	1.09 (28)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	0.98 (24.9)
Diameter Inner Conductor, in (mm)	0.355 (9.0)
Nominal Inside Transverse Dimensions, cm	2.11
Minimum Bending Radius, in (mm)	10 (250)
Number of Bends, minimum (typical)	15 (50)
Bending Moment, lb-ft (N·m)	12 (16.3)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	0.33 (0.49)
Tensile Strength, lb (kg)	325 (147)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	80 (1.4)

\* A 75-ohm 7/8" diameter cable is available. Contact Andrew for further information.

#### Attenuation and Average Power

Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100 m	Average Power, kW
0.5	0.025	0.081	91.0
1	0.035	0.115	78.6
1.5	0.043	0.141	64.1
2	0.050	0.163	55.5
10	0.112	0.366	24.6
20	0.159	0.521	17.3
30	0.195	0.641	14.1
50	0.254	0.833	10.8
88	0.340	1.12	8.08
100	0.364	1.19	7.56
108	0.378	1.24	7.26
150	0.449	1.47	6.12
174	0.486	1.59	5.66
200	0.523	1.72	5.26
300	0.649	2.13	4.24
400	0.758	2.49	3.63
450	0.808	2.65	3.41
500	0.855	2.81	3.22
512	0.866	2.84	3.17
600	0.945	3.10	2.91
700	1.03	3.37	2.67
800	1.11	3.63	2.48
824	1.13	3.69	2.44
894	1.18	3.87	2.34
960	1.23	4.02	2.24
1000	1.25	4.12	2.19
1250	1.42	4.67	1.93
1500	1.58	5.18	1.74
1700	1.70	5.56	1.62
1800	1.75	5.75	1.57
2000	1.86	6.11	1.48
2100	1.92	6.29	1.44
2200	1.97	6.46	1.40
2300	2.02	6.63	1.36
3000	2.37	7.76	1.16
3400	2.55	8.37	1.08
4000	2.81	9.23	0.978
5000	3.23	10.6	0.853

#### Standard Conditions:

For Attenuation: VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power: VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F); no solar loading.

## Standard VSWR Specifications

Frequency Band, GHz	Type Number	Assembly VSWR, Maximum (R.L., dB)				
		1-25 ft (0.3-8 m)	25-100 ft (8-30 m)	100-200 ft (30-60 m)	200-500 ft (60-150 m)	Above 500 ft (150 m)
0.806-0.960 and 1.7-2.0	LDF5-50A	1.09 (27.3)*	1.10 (26.4)*	1.11 (25.7)*	1.13 (24.3)*	1.13 (24.3)**
	LDF5RN-50A	1.09 (27.3)*	1.10 (26.4)*	1.11 (25.7)*	1.13 (24.3)*	1.13 (24.3)**

\* Expected typical values based on guaranteed 1.13 VSWR for bulk cable and Type N or DIN straight connectors. If guaranteed values are required, contact Andrew.

\*\* 1.13 VSWR guaranteed for bulk standard cable lengths 500 ft and above.

## Low VSWR Specifications, Type LDF5P-50A(-)

Frequency Band, GHz	Type Number	Using Connector Type*	Assembly VSWR, Maximum (R.L., dB)				
			1-25 ft (0.3-8 m)	25-100 ft (8-30 m)	100-200 ft (30-60 m)	200-500 ft (60-150 m)	Above 500 ft (150 m)
0.780-0.960	LDF5P-50A-10A	N	1.07 (29.4)	1.07 (29.4)	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
		7-16 DIN	1.07 (29.4)	1.07 (29.4)	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
0.824-0.960	LDF5P-50A-40	N	1.06 (30.7)	1.07 (29.4)	1.08 (28.3)	1.09 (27.3)	1.10 (26.4)
		7-16 DIN	1.06 (30.7)	1.07 (29.4)	1.08 (28.3)	1.09 (27.3)	1.10 (26.4)
0.806-0.960 and 1.7-2.2	LDF5P-50A-42	N	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
		7-16 DIN	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
0.01-1.0*	LDF5P-50A-5A	N	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.30 (17.7)
		7/8" EIA	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.30 (17.7)
		7-16 DIN	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.30 (17.7)
		LC	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.30 (17.7)
1.38-1.540	LDF5P-50A-11A	N	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)
		7/8" EIA	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)
		7-16 DIN	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)
		F Flange	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)
1.7-2.2	LDF5P-50A-41	N	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
		7-16 DIN	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
1.60-2.3	LDF5P-50A-12A	N Male	1.08 (28.3)	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
		N Female	1.12 (24.9)	1.12 (24.9)	1.12 (24.9)	1.12 (24.9)	1.12 (24.9)
		7/8" EIA	1.08 (28.3)	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
		7-16 DIN	1.08 (28.3)	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
		F Flange	1.08 (28.3)	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
2.3-2.7	LDF5P-50A-13A	N Male	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)
		N Female	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)	1.18 (21.6)	1.18 (21.6)
		7/8" EIA	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)
		7-16 DIN	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)
		F Flange	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)
1.7-4.2	LDF5P-50A-7A	N Male	1.10 (26.4)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.20 (20.8)	1.20 (20.8)
		N Female	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)	1.25 (19.1)
		7/8" EIA	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)	1.25 (19.1)
		7-16 DIN Male	1.10 (26.4)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.20 (20.8)	1.20 (20.8)
		7-16 DIN Female	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)	1.25 (19.1)
0.01-4.2*	LDF5P-50A-14A	N Male	1.10 (26.4)	1.20 (20.8)	1.30 (17.7)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)
		N Female	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.30 (17.7)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)
		7/8" EIA	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.30 (17.7)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)
		7-16 DIN Male	1.10 (26.4)	1.20 (20.8)	1.30 (17.7)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)
		7-16 DIN Female	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.30 (17.7)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)
		LC	1.25 (19.1)	1.30 (17.7)	1.30 (17.7)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)
0.01-5.0*	LDF5P-50A-15A	N	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)
		7/8" EIA	1.30 (17.7)	1.30 (17.7)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)
		7-16 DIN Male	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)
		7-16 DIN Female	1.30 (17.7)	1.30 (17.7)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)	1.35 (16.5)

\* Connectors ordered separately

VSWR values apply to straight connectors only, are guaranteed for factory fit assemblies, and are typical for field cut lengths. If two different connector interfaces are selected, the higher VSWR value is guaranteed.



**1-1/4" Foam Dielectric,  
LDF Series – 50-ohm**

## LDF6-50

Description	Type No.
<b>Cable Ordering Information</b>	
<b>Standard Cable</b>	
1-1/4" Standard Cable, Standard Jacket	LDF6-50
<b>Fire Retardant Cable</b>	
1-1/4" Fire Retardant Jacket (CATVR)	LDF6RN-50
<b>Low VSWR and Specialized Cables</b>	
1-1/4" Low VSWR, specify operating band	LDF6P-50-(**)
** Insert suffix number from "Low VSWR Specifications" table, page 515	
<b>Characteristics</b>	
<b>Electrical</b>	
Impedance, ohms	50 ± 1
Maximum Frequency, GHz	3.3
Velocity, percent	89
Peak Power Rating, kW	205
dc Resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	0.22 (0.72)
Outer	0.19 (0.62)
dc Breakdown, volts	9000
Jacket Spark, volts RMS	10000
Capacitance, pF/ft (m)	22.9 (75.1)
Inductance, µH/ft (m)	0.056 (0.184)
<b>Mechanical</b>	
Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper
Diameter over Jacket, in (mm)	1.55 (39.4)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	1.41 (35.8)
Diameter Inner Conductor, in (mm)	0.516 (13.1)
Nominal Inside Transverse Dimensions, cm	3.11
Minimum Bending Radius, in (mm)	15 (380)
Number of Bends, minimum (typical)	15 (40)
Bending Moment, lb-ft (N·m)	36 (49)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	0.63 (0.94)
Tensile Strength, lb (kg)	1300 (590)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	125 (2.2)

### Attenuation and Average Power

Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100 m	Average Power, kW
0.5	0.017	0.056	175.0
1	0.024	0.079	123.0
1.5	0.030	0.097	101.0
2	0.034	0.112	87.1
10	0.077	0.253	38.6
20	0.110	0.361	27.1
30	0.135	0.444	22.0
50	0.176	0.579	16.9
88	0.237	0.778	12.6
100	0.254	0.832	11.7
108	0.264	0.867	11.3
150	0.314	1.03	9.47
174	0.340	1.12	8.75
200	0.367	1.20	8.12
300	0.457	1.50	6.52
400	0.535	1.76	5.57
450	0.571	1.87	5.22
500	0.606	1.99	4.92
512	0.614	2.01	4.86
600	0.671	2.20	4.44
700	0.732	2.40	4.07
800	0.789	2.59	3.78
824	0.803	2.63	3.71
894	0.841	2.76	3.54
960	0.876	2.87	3.40
1000	0.897	2.94	3.32
1250	1.02	3.35	2.92
1500	1.14	3.73	2.62
1700	1.22	4.02	2.43
1800	1.27	4.16	2.35
2000	1.35	4.43	2.21
2100	1.39	4.56	2.14
2200	1.43	4.69	2.08
2300	1.47	4.82	2.03
3000	1.73	5.68	1.72
3300	1.84	6.02	1.62

#### Standard Conditions:

For Attenuation. VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power. VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F); no solar loading.

**Low VSWR Specifications, Type LDF6P-50-( )**

Frequency Band, GHz	Type Number	Using Connector Type*	Assembly VSWR, Maximum (R.L., dB)						
			1-25 ft (0.3-8 m)	25-100 ft (8-30 m)	100-200 ft (30-60 m)	200-500 ft (60-150 m)	Above 500 ft (150 m)		
0.806-0.960	LDF6P-50-40	N	1.07 (29.4)	1.08 (28.3)	1.08 (28.3)	1.09 (27.3)	1.10 (26.4)		
		7-16 DIN	1.07 (29.4)	1.08 (28.3)	1.08 (28.3)	1.09 (27.3)	1.10 (26.4)		
0.806-0.960 and 1.7-2.2	LDF6P-50-42	N	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)		
		7-16 DIN	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)		
1.427-1.535	LDF6P-50-4A	7/8" EIA	1.06 (30.7)	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.17 (22.1)	1.20 (20.8)		
		N Male	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)		
		*F" Flange	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)		
		7-16 DIN Male	1.10 (26.4)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)		
		7-16 DIN Female	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)		
		N Female	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)		
		LC Male	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)	1.28 (18.2)	1.30 (17.7)	1.30 (17.7)		
		LC Female	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)	1.30 (17.7)	1.30 (17.7)	1.30 (17.7)		
		1-5/8" EIA	1.10 (26.4)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)		
		1.7-2.2	LDF6P-50-41	N	1.09 (27.3)	1.09 (27.3)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)
		7-16 DIN	1.09 (27.3)	1.09 (27.3)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)	1.10 (26.4)		
1.7-2.11	LDF6P-50-6A	7/8" EIA	1.06 (30.7)	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)		
		N Male	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)		
		*F" Flange	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.18 (21.6)	1.20 (20.8)		
		7-16 DIN Male	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.18 (21.6)	1.20 (20.8)		
		7-16 DIN Female	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)		
		N Female	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.18 (21.6)	1.20 (20.8)		
		LC	1.20 (20.8)	1.22 (20.1)	1.24 (19.3)	1.25 (19.1)	1.25 (19.1)		
		1-5/8" EIA	1.10 (26.4)	1.15 (23.1)	1.18 (21.6)	1.20 (20.8)	1.20 (20.8)		
		1.85-2.2	LDF6P-50-7A	7/8" EIA	1.06 (30.7)	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)
				N Male	1.06 (30.7)	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)
		*F" Flange	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)		
		7-16 DIN Male	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)		
		7-16 DIN Female	1.06 (30.7)	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)		
		N Female: L6PNF	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)		
		LC	1.20 (20.8)	1.22 (20.1)	1.24 (19.3)	1.25 (19.1)	1.25 (19.1)		
		1-5/8" EIA	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.14 (23.7)	1.18 (21.6)	1.20 (20.8)*		
1.9-2.3	LDF6P-50-8A	7/8" EIA	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)		
		N Male	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.15 (23.1)		
		*F" Flange	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.18 (21.6)	1.20 (20.8)		
		7-16 DIN Male	1.12 (24.9)	1.22 (20.1)	1.24 (19.3)	1.25 (19.1)	1.25 (19.1)		
		7-16 DIN Female	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)		
		N Female	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.18 (21.6)	1.25 (19.1)	1.25 (19.1)		
		LC Male	1.20 (20.8)	1.22 (20.1)	1.25 (19.1)	1.28 (18.2)	1.30 (17.7)		
		LC Female	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)	1.28 (18.2)	1.30 (17.7)	1.35 (16.6)		
		1-5/8" EIA	1.20 (20.8)	1.22 (20.1)	1.24 (19.4)	1.25 (19.1)	1.25 (19.1)		
		2.3-2.7	LDF6P-50-9A	7/8" EIA	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)
		N Male	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.15 (23.1)	1.18 (21.6)	1.20 (20.8)		
		*F" Flange	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)		
		7-16 DIN Male	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)		
		7-16 DIN Female	1.08 (28.3)	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)		
		N Female	1.10 (26.4)	1.12 (24.9)	1.15 (23.1)	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)		
		LC Female	1.30 (17.7)	1.30 (17.7)	1.32 (17.2)	1.35 (16.6)	1.35 (16.6)		
		LC Male	1.20 (20.8)	1.22 (20.1)	1.25 (19.1)	1.28 (18.2)	1.30 (17.7)		
		1-5/8" EIA	1.20 (20.8)	1.20 (20.8)	1.22 (20.1)	1.25 (19.1)	1.25 (19.1)		
0.010-2.7*	LDF6P-50-10A	7/8" EIA	1.10 (26.4)	1.20 (20.8)	1.35 (16.6)	2.10 (9.0)	2.10 (9.0)		
		N	1.10 (26.4)	1.20 (20.8)	1.35 (16.6)	2.10 (9.0)	2.10 (9.0)		
		*F" Flange	1.10 (26.4)	1.20 (20.8)	1.35 (16.6)	2.10 (9.0)	2.10 (9.0)		
		7-16 DIN	1.10 (26.4)	1.20 (20.8)	1.35 (16.6)	1.80 (10.9)	2.10 (9.0)		
		LC Female	1.30 (17.7)	1.35 (16.6)	1.40 (15.6)	1.80 (10.9)	2.10 (9.0)		
		LC Male	1.20 (20.8)	1.25 (19.1)	1.35 (16.6)	1.80 (10.9)	2.10 (9.0)		
		1-5/8" EIA	1.20 (20.8)	1.30 (17.7)	1.35 (16.6)	1.80 (10.9)	2.10 (9.0)		
0.010-3.3*	LDF6P-50-11A	7/8" EIA	1.10 (26.4)	1.20 (20.8)	1.35 (16.6)	1.80 (10.9)	2.10 (9.0)		
		N Male	1.10 (26.4)	1.20 (20.8)	1.35 (16.6)	2.10 (9.0)	2.10 (9.0)		
		*F" Flange	1.10 (26.4)	1.20 (20.8)	1.35 (16.6)	1.80 (10.9)	2.10 (9.0)		
		7-16 DIN	1.10 (26.4)	1.20 (20.8)	1.35 (16.6)	1.80 (10.9)	2.10 (9.0)		
		N Female	1.10 (26.4)	1.20 (20.8)	1.35 (16.6)	2.10 (9.0)	2.10 (9.0)		
		LC	1.30 (17.7)	1.40 (15.6)	1.50 (14.0)	1.80 (10.9)	2.10 (9.0)		

\* Connectors ordered separately  
VSWR values apply to straight connectors only, are guaranteed for factory fit assemblies, and are typical for field cut lengths. If two different connector interfaces are selected, the higher VSWR value is guaranteed.

[ANEXO N°4]

[Equipos de radio]

## Nera FlexLink

A smarter approach to wireless access solutions.

Flexibility and reliability are important features in our search for wireless solutions excellence. Flexibility comes along with innovation. Reliability is enabling rapidly built networks which meet the need for coverage, capacity and functionality from day one. That's Nera's definition of a smarter approach to wireless access solutions. The FlexLink is a low and medium capacity microwave access solution covering from 2x2 to 16x2 Mbit/s capacity, in the 7, 8, 13, 15, 18, 23, 26, 28, 32 and 38 GHz frequency bands.

50 years of experience in R&D, manufacturing, network planning and design, project implementation, support, maintenance and training has taken Nera into the 21st century as a leading player in Wireless Transmission Solutions. Flexibility, reliability, innovation and service has provided functional networks for Nera partners and clients. It is all about trust and confidence. With some 30 offices around the world, Nera provides a global reach with a local presence. Offering a full range of project implementation services such as network planning, network design, support, maintenance and training. Nera has a dedicated focus on the needs in the market. As a financially strong partner, Nera runs extensive research and development programs in co-operation with partners and clients, that will take Wireless Transmission further to meet the needs and create possibilities in a market where flexibility, reliability and functionality is in the front seat.

### Applications

The FlexLink is ideally suited for several types of access networks. Several innovative features designed into the product make it an excellent choice for cellular base station transmission. In cellular networks which are typically star structured, the embedded cross connect makes routing of 2 Mbit/s circuits easy and convenient. Upgrade of capacity is easily performed by software configuration of the radio units and new circuits are easily created in the network without the need to visit the installation. The new Ethernet interface unit makes the FlexLink an ideal access solution in enterprise networks as well as mixed data and voice access networks. The aggregate link capacity can be allocated to a mixture of data traffic or 2 Mbit/s circuits.





### Indoor Unit

The indoor unit is 2/3 U high and can be mounted in 19" racks. The indoor unit (IDU) has as standard two Flexbus interfaces for connection to two radio units in protected configurations, or two radios in two directions. The IDU has space for three plug-in units. These can be 2 Mbit/s interface units, Ethernet data interfaces, Auxiliary data interfaces or one Flexbus interface unit containing two Flexbus interfaces. For 16x2 Mbit/s termination an expansion unit is connected to the standard indoor unit.

radio units to one antenna. The RF hybrid is mounted on the integrated antenna except for the 7 & 8 GHz frequency bands where a short flexible waveguide is used between the RF hybrid and the antenna port.

### Configurations

The FlexLink can be configured for 1+0 configuration, 1+1 Hot Standby configuration and 1+1 Hot Standby configuration with Space Diversity. In unprotected configuration, a single indoor unit is

### Interfaces

The 2 Mbit/s interfaces are available as 120 ohm balanced or 75 ohm unbalanced interfaces. The Flexbus interface is a 75 ohm interface used between indoor unit and radio unit, and between indoor units.



### Outdoor Unit

The FlexLink radio unit is a compact size unit containing all radio circuits and modem. The connection between the indoor unit and the outdoor unit is made by a single coaxial cable carrying the Flexbus data and power to the outdoor units. Maximum length between the indoor unit and the outdoor unit is 300 meters. The outdoor unit is normally mounted directly on the antenna using an integrated antenna support. In protected systems, an RF hybrid is used to combine the two

connected to the outdoor unit. A single indoor unit can support two ODUs and cross connect the 2 Mbit/s circuits in 3 directions. In protected configurations, a single indoor unit can be connected to two radio units with a built-in protection switch. In addition, the indoor units can also be protected by using two indoor units connected via the 1+1 back plane. The IDU in protected systems requires 2 U rack space.

This interface simplifies the site installation work and significantly reduces the problems related to cabling work. The AUX unit is a plug-in module which gives access to auxiliary data channels for up to 64 kbit/s capacity. The Ethernet interface enables new user applications for the FlexLink. The plug-in module gives access to two fast Ethernet ports which can be routed to any radio unit connected to the indoor unit, and the link capacity for IP-Traffic can be scaled in 2 Mbit/s steps.

## CityLink<sup>MC</sup> multifunctional medium capacity networks

The CityLink<sup>MC</sup> indoor unit (IDU) contains baseband circuits with a multiplex for 21x2 Mbit/s customer interface. The medium capacity system offers in addition an optional embedded Add/Drop multiplexer function. With this feature, networks topologies such as stars, chains or rings are easily created without the need for 2 Mbit/s cabling between the IDUs. The advance network functionality is simply implemented by adding a STM-1/OC-3 interface module, or replacing the 21x2Mbits/ interface modules by a X-connect unit. The fully digital modem is a multi-rate, multi modulation with software selection. The user simply selects the frequency channel plan and the software selects the appropriate modulation scheme and the modem settings. This way the same indoor unit can be used in all configurations and all applications, minimising the need for spare parts and simplifying the logistics for the user. The advanced all digital modem in the CityLink combined with an advanced adaptive equaliser ensures an error performance suitable for transmission of critical services requiring virtual error free transmission. A single coaxial cable per channel connects the indoor part to the outdoor unit (ODU).

The CityLink<sup>MC</sup> outdoor unit contains the Transceiver module and a RF branching circuit. The transceiver module contains the microwave circuits for transmission and reception of the RF signals. An Automatic Transmit Power Control (ATPC) is implemented to ensure reduced interference in dense networks. During normal condition the output level is reduced down to a user defined level and continuously regulated from the receive side as a result of the various transmission conditions. The RF transmit level can also be manually set to a fixed level within the regulation range. The branching circuit handles combiner/switching and splitting of RF signals in protected and multi-channel configurations. The ODU is mounted integrated on the antenna or on a pole mount separate from the antenna.



Frequency Band	7.1-7.9	7.7-8.5	12.7-13.3	14.4-15.35		
Modulation (TCM)	32/64	32/64	32/64	32/64		
RF Channel Spacing [MHz]	28/14	28/14	28/14	28/14		
Transmitted Power [dBm] (C)	28	28	20	20		
Receiver Threshold 10-6 [dBm] (C)	-79/-77	-79/-77	-79/-77	-79/-77		
ATPC Range [dB]	15	15	15	15		

Frequency Band	17.7-19.7	21.2-23.6	24.25-26.5	31.8-33.4	37.4-39.5	
Modulation (TCM)	32/64	32/64	32/64	32	32	
RF Channel Spacing [MHz]	27.5/13.75	28/14	28/14	28	28	
Transmitted Power [dBm] (C)	17/16	17/16	18	16	16	
Receiver Threshold 10-6 [dBm] (C)	-78/-75	-77/-75	-76	-73	-75	
ATPC Range [dB]	10	10	10	10	10	

Mechanical (WxDxH)	IDU	ODU (6 to 11 GHz)	ODU (13 to 23 GHz)	ODU (26 to 38 GHz)
1+0	483 x 250 x 44 (mm)	468 x 338 x 423 (mm)	140 x 296 x 426 (mm)	275 x 175 x 295 (mm)
1+1	483 x 250 x 132 (mm)	346 x 338 x 432 (mm)	208 x 302 x 429 (mm)	392 x 275 x 295 (mm)
Weights	4 kg	21 kg	11.5 kg	8 kg

<b>Auxiliary traffic</b>	2 Mb/s wayside / 120 Ohm G.703 / RJ-45 64 kb/s / G.703 / RJ-45 64 kb/s / V.11 / RJ-45 EOW, collective call	<b>ADM Option Interface</b>	STM-1 electrical / 75 Ohm G.703 / DIN47297 1.0/2.3 STM-1 optical / S-1.1 G957 / LC connector STM-1 optical / L-1.1 G957 / LC connector STM-1 optical / L-1.2 G957 / LC connector OC-3 optical / SR-0 multimode / MTRJ connector STM-1 electrical / CAT5 UTP / RJ45 connector
<b>Management</b>	LCT port / RS-232 (DTE) / 9 pin D-sub male NMS port / 10BASE-T / IEEE802.3 / RJ-45 Embedded IP routing (RIP/OSPF) SNMP agent or Nera Q1 agent 2 x Network Interface / RS-485 / 9 pin D-sub female		* ADM option, 3 x 34 or 3 x 35 / 45 Ohm G.703 / DIN47297 1.0/2.3 mm * X-connect option, with STM-1 electrical / 75 Ohm G.703 / DIN47297 1.0/2.3 mm
<b>Rack type</b>	19" or ETSI 600 mm		*: replaces the 21 x 2 Mb/s interface
<b>Temperature range</b>	IDU: -5°C to +50°C      ODU: -33°C to +50°C		
<b>Power Supply (VDC)</b>	-48 (-36 to -57) VDC		
<b>Power Consumption (1+0)</b>	6-11 GHz: average 103 W    13-38 GHz: average 70 W		
<b>Line Interface</b>	21 x 2 Mb/s / 120 Ohm G.703 / Multiconnector		



For further information please visit [www.nera.no](http://www.nera.no)

## EtherLink wireless IP transmission

The EtherLink indoor unit (IDU) contains baseband circuits with a 100BASE-TX Ethernet interface. The system offers a transparent 100Mbit/s throughput of the Ethernet traffic. The system is ideal for private data networks and for other applications requiring fast and reliable high capacity Ethernet connectivity. The fully digital modem is a multi-rate, multi modulation with software selection. The user simply selects the frequency channel plan and the software selects the appropriate modulation scheme and the modem settings. This way the same indoor unit can be used in all configurations and all applications, minimising the need for spare parts and simplifying the logistics for the user. The dual Forward Error Correction in the CityLink combined with an advanced adaptive equaliser ensures an error performance suitable for transmission of data services requiring error free transmission. A single coaxial cable per channel connects the indoor part to the outdoor unit (ODU).

The EtherLink outdoor unit contains the Transceiver module and a RF branching circuit. The transceiver module contains the microwave circuits for transmission and reception of the RF signals. An Automatic Transmit Power Control (ATPC) is implemented to ensure reduced interference in dense networks. During normal condition the output level is reduced down to a user defined level and continuously regulated from the receive side as a result of the various transmission conditions. The RF transmit level can also be manually set to a fixed level within the regulation range. The branching circuit handles combiner/switching and splitting of RF signals in protected and multi-channel configurations. The ODU is mounted integrated on the antenna or on a pole mount separate from the antenna.



Frequency Band	5.9-6.4	6.4-7.1	7.1-7.9	7.7-8.5	10.7-11.7	12.7-13.3
Modulation (TCM)	128	128/64	128	128	128/64	128
RF Channel Spacing (MHz)	29.65	30/40	28/30	28/29.65	30/40	28
Transmitted Power [dBm] (C)	29	29	28	28	27	20
Receiver Threshold 10-6 [dBm] (C)	-71	-70/-72	-72	-71	-69/-71	-70
ATPC Range [dB]	15	15	15	15	15	15

Frequency Band	14.4-15.35	17.7-19.7	21.2-23.6	24.25-26.5	31.8-33.4	37.0-39.5
Modulation (TCM)	128	32/64/128	32/128	32/128	32/128	32/128
RF Channel Spacing (MHz)	28	55/40/27.5	56/28	56/28	56/28	56/28
Transmitted Power [dBm] (C)	20	17.5/15.5	17.0/15	18/17	16/15	16/15
Receiver Threshold 10-6 [dBm] (C)	-70	-73/-70/-68.5	-73/-68	-72/-67	-69/-65	-71/-67
ATPC Range [dB]	15	10	10	10	10	10

Mechanical (WxDxH)	IDU	ODU (6 to 11 GHz)	ODU (13 to 23 GHz)	ODU (26 to 38 GHz)
1+0	483 x 250 x 44 (mm)	468 x 338 x 423 (mm)	140 x 296 x 426 (mm)	275 x 175 x 295 (mm)
1+1	483 x 250 x 132 (mm)	346 x 338 x 432 (mm)	208 x 302 x 429 (mm)	392 x 275 x 295 (mm)
Weights	4 kg	21 kg	11.5 kg	8 kg

<b>Auxiliary traffic</b>	2 Mb/s wayside / 120 Ohm G.703 / RJ-45 64 kb/s / G.703 / RJ-45 64 kb/s / V.11 / RJ-45 EOW, collective call
<b>Management</b>	LCT port / RS-232 (DTE) / 9 pin D-sub male or 10BASE-TX / IEEE802.3 / RJ-45 SNMP agent
<b>Rack type</b>	19" or ETSI 600 mm
<b>Temperature range</b>	IDU: -5°C to +50°C      ODU: -33°C to +50°C
<b>Power Supply (VDC)</b>	-48 (-36 to -57) VDC
<b>Power Consumption (1+0)</b>	6-11 GHz: average 103 W    13-38 GHz: average 70 W
<b>Line Interface</b>	10/100 BASE-TX / RJ-45 connector and 4 x 2 Mb/s / 120 Ohm / RJ-45



For further information please visit [www.nera.no](http://www.nera.no)

Versatile SDH radio  
trunk network solutions



with Nera InterLink

# Technical specification

## System Characteristics

Frequency Band [GHz]	4	5	L6	U6	7	8	11
Modulation [TCM]	128/64	128/64	128	64	128	128	64
RF Channel Spacing [MHz]	29/40	28/30/40	29.65	40	28	29.65/28	40
Transmitted Power [dBm] (B')	+29	+29	+29	+29	+28	+28	+27
Receiver Threshold BER 10 <sup>-4</sup> [dBm] (B)	-69/-72	-69/-72	-69	-72	-69	-69	-71
System Gain BER 10 <sup>-4</sup> (B'-B)	101/104	101/104	101	104	100	100	101
Dynamic Range [dB]	>60						
ATPC Range [dB]	>15						

## Interface Characteristics

System Configuration	1+0 to 7+0 Protected HSB and 1+1 to 7+1 Frequency Diversity Single or Double terminal Space Diversity options, Co Channel Dual Polarisation options
Line Interface	STM-1 electrical / 75 ohm G.703 / DIN47297 1.0/2.3mm STM-1 optical / S-1.1 G957 / LC connector OC-3 optical / SR-0 multimode / MT-RJ connector
Auxiliary Traffic	2 Mb/s wayside / 120 ohm G.703 / RJ-45 (per STM-1 carrier) 4 x 64 kb/s / G.703-V.11 / Multiconnector IP traffic (10BaseT <-> ECC <-> 10BaseT) OSPF Routing
Management	LCT port / RS-232 (DTE) / 9 pin D-sub male 10BaseT / IEEE802.3 / RJ-45 2 x Network Interface / RS-485 / 9 pin D-sub female Qecc - DCCr or DCCm

## Mechanical Parameters

1+0/1+1/2+0 system	One sub-rack
Dimensions (W x D x H)	530mm x 280mm x 498mm
2+1/3+1/4+0 system	Two sub-racks
Dimensions (W x D x H)	total 530mm x 280mm x 1500mm
Temperature Range	Indoor mounted -5°C to +50°C
Power Supply	-40 V to -60 V, -48 VDC nominal 203 W power consumption for a 1+1 terminal
Weights (1+1)	25kg
Rack type	19" or ETSI 600mm

# Nera CompactLink - Microwave Radio

The rapid, compact, and cost-effective solution to low and medium capacity transmission networking.

## Configurations

The Nera CompactLink - Microwave Radio is delivered in:

- Non-protected (NP) (1+0) or
- Monitored Hot Standby (MHSB) (1+1) with errorless receiver switching.

## Coax Cable

For NP configurations, the IDU and ODU are connected with a single coaxial cable (maximum 300 m). In the MHSB configuration, the IDU and ODUs are connected by means of two separate coaxial cables.



## Outdoor Unit (ODU)

The Nera CompactLink ODU integrates transceiver, branching and antenna into one unit.

For the MHSB configuration, an outdoor RF hybrid is included to combine the two ODUs.

The Nera CompactLink ODU is capacity independent, frequency synthesized and has adjustable T/R spacing. All frequency bands from 7 to 23 GHz are covered.

## Indoor Unit (IDU)

The IDU fits into a standard 19" rack. Alternatively, it can be used as a stand-alone unit.

Transmission capacities supported include:

- 4DS1/8DS1, 16DS1 and 4E1/8E1, 16E1



# Product Range

Frequency Band (GHz)

7

8

13

15

18

23

ETSI and ANSI:  
4E1/DS1 - 16E1/DS1

## Technical Data

### General

#### System Configuration

- 1+0 and 1+1 MHSB

#### Modulation Method

- 4 Level FSK

#### User Interface

- DS1: B8ZS or AMI/100 ohms
- E1: HDB3 or AMI/120 ohms or 75 ohms

#### Supply Voltage

- 40.5 V to 60 V DC

#### IF Cable Length

- Up to 300m

#### Power Consumption

- Std: 45 W (1+0), 90 W (1+1)

### Environment

#### Temperature Range

- IDU -5°C to +55°C
- ODU -33°C to +55°C

### Humidity

- IDU up to 95% (non-condensing)
- ODU up to 100% (all weather)

### Altitude

- IDU up to 5000m AMSL
- ODU up to 5000m AMSL

### Weight

- IDU 3.0 kg (1+0) / 6.6 kg (1+1)
- ODU 5.0 kg

### Functions

#### East/West Bridge

- asynchronous up to 9.6kb/s

#### Service Channels

- 1 x 64 kbit/s (V.11, V.24/V.28)

### Options

#### Management

- SNMP agent
- NEW-NMS

#### Orderwire

- Internal to IDU



[ANEXO N° 5]

[Tabla de intensidad de lluvia]

**Tabla N° 3** Intensidad de lluvia [mm/hr]vs-zonas hidrometeorológicas

Porcentaje de tiempo (%)	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
1.0	-	0.5	-	3	1	2	-	-	-	2	-	4	5	12
0.3	1	2	3	5	3	4	7	4	13	6	7	11	15	34
0.1	2	3	5	8	6	8	12	10	20	12	15	22	35	65
0.03	5	6	9	13	12	15	20	18	28	23	33	40	65	105
0.01	8	12	15	19	22	28	30	32	35	42	60	63	95	145
0.003	14	21	26	29	41	54	45	55	45	70	105	95	140	200
0.001	22	32	42	42	70	78	65	83	55	100	150	120	180	250



[ANEXO N°6]

[Zonas hidrometeorológicas]

