



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE TMA<sub>s</sub> EN ANTENAS BASE  
DE TELEFONÍA CELULAR GSM Y CDMA EN LA CIUDAD  
CAPITAL**

**Luis Iván Velásquez Vásquez**

Asesorado por el Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo

Guatemala, enero de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE TMA<sub>s</sub> EN ANTENAS BASE  
DE TELEFONÍA CELULAR GSM Y CDMA EN LA CIUDAD  
CAPITAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**LUIS IVÁN VELÁSQUEZ VÁSQUEZ**

ASESORADO POR EL ING. ENRIQUE EDMUNDO RUIZ CARBALLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

GUATEMALA, ENERO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
<b>VOCAL I</b>	Inga. Glenda Patricia García Soria
<b>VOCAL II</b>	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
<b>VOCAL III</b>	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
<b>VOCAL IV</b>	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
<b>SECRETARIA</b>	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

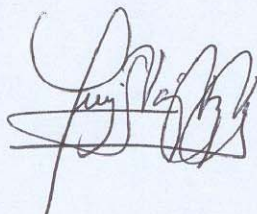
<b>DECANO/A</b>	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
<b>EXAMINADOR/A</b>	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
<b>EXAMINADOR/A</b>	Ing. Byron Odilio Arrivillaga Mendez
<b>EXAMINADOR/A</b>	Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
<b>SECRETARIA</b>	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE TMA<sub>s</sub> EN ANTENAS BASE DE TELEFONÍA CELULAR GSM Y CDMA EN LA CIUDAD CAPITAL,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 17 de abril de 2006.



**LUIS IVÁN VELÁSQUEZ VÁSQUEZ**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 7 de septiembre 2007.

Ingeniero  
Coordinador Area de Electrotècnia  
Escuela de Ingenieria Mecànica Elèctrica

Estimado Ingeniero:

Por este medio le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado:  
**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE TMA<sub>s</sub> EN ANTENAS BASE DE  
TELEFONÍA CELULAR GSM Y CDMA EN LA CIUDAD CAPITAL**, elaborado  
por el estudiante Luis Ivàn Velásquez Vàsquez.

El mencionado trabajo llena los requisitos para dar mi aprobación, e indicarle  
que el autor y mi persona somos responsables por el contenido y conclusiones de la  
misma.

Atentamente,



Ing Enrique Edmundo Ruiz Carballo  
ASESOR



Guatemala, 11 de SEPTIEMBRE 2007.

FACULTAD DE INGENIERÍA

Señor Director  
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE TMA<sub>s</sub> EN ANTENAS BASE DE TELEFONÍA CELULAR GSM Y CDMA EN LA CIUDAD CAPITAL**, desarrollado por el estudiante; Luis Iván Velásquez Vásquez, por considerar que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

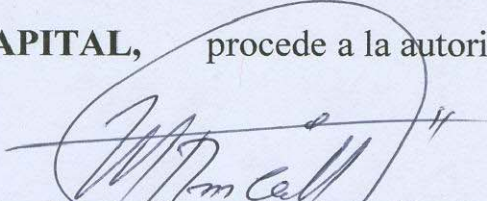
  
**Ing. Julio César Solares Peñate**  
Coordinador Area de Electrónica

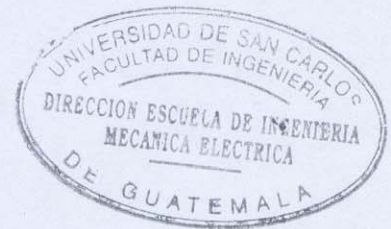


JCSP/sro



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Luis Iván Velásquez Vásquez, titulado: **ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE TMA S EN ANTENAS BASE DE TELEFONÍA CELULAR GSM Y CDMA EN LA CIUDAD CAPITAL**, procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez  
DIRECTOR



GUATEMALA, 5 DE OCTUBRE 2,007.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE TMA<sub>s</sub> EN ANTENAS BASE DE TELEFONÍA CELULAR GSM Y CDMA EN LA CIUDAD CAPITAL**, presentado por el estudiante universitario **Luis Iván Velásquez Vásquez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, enero de 2008





## **ACTO QUE DEDICO A:**

DIOS, quien me dio el valor, la serenidad y la sabiduría para alcanzar este triunfo.

MIS PADRES, Otto y Vicky, quienes me dieron la vida y siempre me apoyaron. Gracias por la educación que me brindaron, ahora soy el fruto de su esfuerzo, mi triunfo es el de ustedes. ¡Los amo!

MI HERMANO, Otto, amigo y fiel compañero, y a mi cuñada Pao, gracias a los dos por brindarme su apoyo incondicional. ¡Los quiero!

MI NOVIA, Alba, quien me brindó su estímulo y apoyo constante para alcanzar este triunfo. Su cariño y comprensión son evidencia de su gran amor. ¡Mil gracias!

MI FAMILIA, mis abuelos, tíos, primos y sobrinos, lo quiero a todos, a los que están cerca, a los que están lejos y a los que están muy pero muy lejos... en el cielo, los extraño.

LA FAMILIA PAREDES DE LA ROCA, por abrirme las puertas de su hogar y su corazón. ¡Gracias!

MIS AMIGOS, por confiar en mí, por estar conmigo en las buenas y en las malas, todos son parte importante en mi vida.

LA SELECCIÓN NACIONAL DE BALONMANO, con la cual he alcanzado mis metas deportivas, y en especial a aquellos jugadores con quienes hemos compartido el honor de representar a nuestro país, más que compañeros de equipo son mis amigos.

MIS ENTRENADORES, Hugo Sotoj, Otto Velásquez, Brayan Leony, Pluvio Santos, a los cubanos Manuel Kiala, Felix Crossier, Pedro Olivares y Pedro Pablo, quienes me han brindado sus conocimientos deportivos y me han enseñado que el triunfo se alcanza con actitud, esfuerzo y sacrificio.

MIS COMPAÑEROS, amigos y jugadores de balonmano en los equipos Estudiantes, Tuborg y Udemaya, ¡gracias por la amistad!

## **AGRADECIMIENTOS A:**

Mi asesor de trabajo de graduación, Ing. Enrique Ruiz.

Gracias por su apoyo y valiosa asesoría.

Los centros de estudios:

Colegio la Ilustración, Instituto Emiliani P.S. y a la Universidad de San Carlos de Guatemala, los cuales me brindaron la oportunidad de realizar mis estudios y mi formación profesional.

STG de Guatemala.

Institución que me ha dado la oportunidad de superarme profesionalmente y que contribuyó para alcanzar los objetivos trazados en este trabajo de graduación.

Todas aquellas personas, colegas y amigos que me brindaron su apoyo, tiempo e información para el logro de mis objetivos.

Y finalmente, todas las personas que nunca dudaron que lograría este triunfo,  
¡Mil gracias!

*“Hay hombres que luchan un día y son muy buenos. Hay otros que luchan un año y son mejores. Hay quienes luchan muchos años y son muy buenos. Pero hay los que luchan toda la vida: esos son los imprescindibles.”*

**Bertolt Brecht**

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	XIII
<b>GLOSARIO</b>	XV
<b>RESUMEN</b>	XXV
<b>OBJETIVOS</b>	XXVII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XXIX
<b>1. ANTENAS BASE DE TELEFONÍA CELULAR</b>	<b>1</b>
1.1 Principios básicos	1
1.1.1 Antena isotrópica	2
1.1.2 Radiación	2
1.1.3 El decibel	4
1.2 Parámetros y fundamentos de antenas	6
1.2.1 Patrón de radiación	6
1.2.2 Ganancia	14
1.2.3 Ancho del Az de potencia media	16
1.2.4 Nivel <i>front-to-back</i>	17
1.2.5 Lóbulos laterales y lóbulos nulos	18
1.2.6 Nivel de polarización cruzada, CPR	19
1.2.7 Az torcido	19
1.2.8 Seguimiento del Az horizontal	20
1.2.9 Grado del sector de potencia, SPR	21
1.2.10 Polarización	22
1.2.11 Inclinación del Az	24
1.2.12 VSWR y pérdidas de retorno	27

1.2.13	Intermodulación	28
1.2.14	Nivel de potencia	30
1.3	Tipos de antenas base	30
1.3.1	Antena omnidireccional	30
1.3.2	Antena de sector	31
1.4	Aplicaciones	31
1.4.1	Referencia de la banda de frecuencias	31
1.4.2	Tipos de antenas usadas en sistemas celulares	32
1.4.3	Combinación de aire/diversidad	33
1.4.4	Configuración de alta densidad de la celda usando diversidad de polarización para la diversidad de ganancia	33
1.4.5	Celda reutilizada	33
1.4.6	Instalaciones típicas de antenas	34
<b>2.</b>	<b>AMPLIFICADORES MONTADOS EN TORRE</b>	<b>37</b>
2.1	Descripción del TMA	37
2.1.1	Fundamentos de la cobertura de la BTS	38
2.1.2	Cobertura de la BTS en la práctica	39
2.1.3	Sensibilidad de recepción de la BTS	41
2.1.4	Influencia de la instalación en el sitio sobre la sensibilidad de la BTS	42
2.1.5	Ventaja de instalar un TMA	42
2.1.6	Influencia del TMA sobre los parámetros del sistema de la BTS	46
2.1.7	Beneficios en redes CDMA	47
2.2	Sistema básico TMA	47
2.2.1	Amplificador montado en torre TMA	49
2.2.2	Unidad de distribución de potencia PDU	50

2.2.3	Unidad de bloque DC <i>Bias-Tee</i>	52
2.2.4	Otros componentes	53
2.2.4.1	Acoplador <i>crossband, diplexer</i>	53
2.3	Aplicaciones de TMAs	54
2.3.1	TMA simple, TMA-S	54
2.3.2	TMA duplex, TMA-D	55
2.3.3	TMA dual duplex, TMA-DD	55
<b>3.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN Y SOLUCIONES</b>	<b>57</b>
3.1	Procedimiento de instalación de TMAs	57
3.1.1	Directrices para la instalación de TMAs, <i>Bias-Tee</i> y PDUs	57
3.1.2	Procedimiento para deshabilitar TMAs y alarmas	65
3.1.3	Diagrama de flujo para la instalación de TMAs, <i>Bias-Tee</i> y PDUs	66
3.2	Soluciones	68
3.2.1	Recubrimiento de banda simple	68
3.2.2	Recubrimiento de doble banda	69
<b>4.</b>	<b>MEDICIONES DE TMAs EN SISTEMAS DE ANTENAS</b>	<b>75</b>
4.1	Medidas de adaptación	75
4.1.1	Medidas de adaptación en sistemas de antenas	77
4.1.2	Medidas de adaptación en sistemas de antenas con TMA	78
4.1.3	Errores en la medida de adaptación	80
4.2	Medidas de discontinuidad	80
4.2.1	Introducción a las medidas DTF y discontinuidad	80
4.2.2	Medidas de discontinuidad en sistemas de antenas	84

4.2.3	Medidas de discontinuidad en sistemas de antenas con TMA	86
4.2.4	Medida de discontinuidad tras el TMA	86
4.2.4.1	Medida de discontinuidad en un amplio rango de frecuencias	87
4.2.4.2	Medida DTF en el rango de frecuencias de transmisión y recepción	88
4.2.4.3	Medida DTF solo en el rango de frecuencias de transmisión	89
4.3	Medidas de desacoplo	91
4.3.1	Medidas de desacoplo en sistemas de antenas	91
4.3.2	Medidas de desacoplo en sistemas de antenas con TMA	93
4.3.3	Medida de la ganancia del TMA	93
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>95</b>
5.1	Pruebas de desempeño	95
5.1.1	Datos estadísticos	95
5.1.2	Gráficas de desempeño	96
5.1.3	Mediciones	105
5.2	Análisis de funcionamiento	110
5.3	Discusión de resultados	110
5.4	Posibles errores de desempeño	111
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	<b>113</b>
6.1	Caso de negocios	113
6.1.1	Estudio de sitio	113
6.1.2	Instalación	114
6.1.3	Gastos de capital	114



6.1.4	Gastos operativos	115
6.1.4.1	Sueldos, contrataciones	116
6.1.4.2	Vehículos	116
6.1.5	Rentabilidad	117
<b>CONCLUSIONES</b>		119
<b>RECOMENDACIONES</b>		121
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		123
<b>APÉNDICES</b>		125
<b>ANEXOS</b>		155



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Línea de transmisión terminada en circuito abierto	1
2	Un tramo de una línea se convierte en una antena	4
3	Medición del patrón de radiación	6
4	Disposición típica del rango para campos lejanos	7
5	Sistema de coordenadas esféricas	8
6	Sistema de coordenadas de <i>altazimuth</i>	8
7	Diagrama rectangular y polar del nivel de voltaje lineal absoluto	10
8	Diagrama rectangular y polar del nivel de potencia lineal absoluto	11
9	Diagrama rectangular y polar del nivel de potencia absoluta en dBi	12
10	Diagrama rectangular y polar del nivel de potencia relativa en Db	13
11	Comparación de la ganancia del radiador isotrópico y un dipolo de media onda	15
12	Diagrama del patrón horizontal polar	17
13	Patrón de elevación de un diagrama polar	18
14	Nivel de polarización cruzada	19
15	Az torcido	20
16	Seguimiento del Az horizontal	20
17	Grado del sector de potencia	21
18	Polarización general de una elipse	22

19	Tipos básicos de polarización	23
20	Inclinación mecánica	25
21	Patrones de radiación usando la inclinación mecánica	25
22	Inclinación eléctrica	26
23	Patrones de radiación usando la inclinación eléctrica	26
24	Representación de distorsión de intermodulación de tercer orden	29
25	Referencia de la banda de frecuencias	32
26	Conjunto de celdas	34
27	Instalación de antenas omnidireccional y por sector	35
28	Componentes primarios de una celda	38
29	Nivel de sensibilidad de la BTS	40
30	Señal <i>downlink</i> y <i>uplink</i>	40
31	Nivel de sensibilidad de la BTS con TMA instalado	44
32	Aumento de la cobertura <i>uplink</i>	45
33	Beneficios en redes CDMA	47
34	Sistema básico TMA	48
35	Diagrama de conexión de la PDU y el TMA	51
36	Diagrama de bloques de un <i>bias-tee</i>	52
37	Acopladores <i>crossband</i>	53
38	TMA simple de dos puertos	54
39	TMA duplex de tres puertos	55
40	TMA dual duplex de dos puertos	56
41	Diagrama de instalación en BTS 12000	59
42	Diagrama de instalación en BTS 18000	60
43	Configuración de <i>Bias-Tee</i> en PDU en caso exista BTS 12000 + 12000	61
44	Configuración de <i>Bias-Tee</i> en PDU en caso exista una única BTS 12000	62

45	Configuración de <i>Bias-Tee</i> en PDU en caso exista una única BTS 18000	62
46	Configuración de <i>Bias-Tee</i> en PDU en caso existan BTS 18000 + 18000	63
47	<i>Switches</i> para activar y desactivar las alarmas y salidas de los TMAs	65
48	Sector TDMA no duplexado	68
49	Recubrimiento de banda simple	69
50	Sector TDMA no duplexado y Sector GSM de diversidad polar	70
51	Instalación del <i>duplexer</i> en el sector TDMA	70
52	Recubrimiento de doble banda	71
53	Sector TDMA 850 y GSM 1900	72
54	Instalación de <i>duplexer</i> y <i>crossband</i>	73
55	Instalación del TMA/diplexer	73
56	Instalación de TMA <i>dual-band</i>	74
57	Efecto de los filtros del TMA en una medida de adaptación	79
58	Medidas de reflexión y DTF para un cable corto	82
59	Medida de reflexión y DTF para un cable largo	83
60	Medida de reflexión y DTF para una antena defectuosa	83
61	Medidas de reflexión y DTF para un cable largo con múltiples discontinuidades	84
62	Dos discontinuidades resultantes de un cable coaxial comprimido	85
63	Medida DTF en un amplio rango de frecuencias	87
64	Medida DTF en el rango de frecuencias de transmisión y recepción	89

65	Medida DTF solo en el rango de frecuencias de transmisión	90
66	Conexión de cable sin soldar de una antena defectuosa	91
67	Ejemplo de desacoplo de una antena típico	92
68	Configuración para medida de desacoplo de la antena y ganancia del TMA	94
69	Tráfico cursado de los 3 sectores del edificio Novatex	96
70	<i>Drops</i> de los 3 sectores del edificio Novatex	97
71	Intentos en los 3 sectores del edificio Novatex	98
72	<i>Drop rate</i> de los 3 sectores del edificio Novatex	99
73	Promedio de 7 días, edificio Novatex	100
74	Promedio de 14 días, edificio Novatex	100
75	Tráfico cursado de los 3 sectores del edificio Edima	101
76	Drops de los 3 sectores del edificio Edima	102
77	Intentos en los 3 sectores del edificio Edima	102
78	Drop rate de los 3 sectores del edificio Edima	103
79	Promedio de 7 días, edificio Edima	104
80	Promedio de 14 días, edificio Edima	104
81	Sistema de medición inalámbrico	105
82	Tx del móvil sin TMA, edificio Edima	106
83	Tx del móvil con TMA, edificio Edima	107
84	Rx del móvil sin TMA, edificio Edima	108
85	Rx del móvil con TMA, edificio Edima	109

## TABLAS

I	Tipos básicos de polarización	23
II	VSWR y pérdidas de retorno	28
III	Mejoras con la instalación de TMAs	44
IV	Cotización de equipo TMA	115
V	Propuesta económica de solución TMAs	115
VI	Vehículos	117
VII	Rentabilidad de la implementación	117





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\lambda$	Longitud de onda
$\theta$	Ángulo theta
$\phi$	Ángulo phi
$c$	Velocidad de la luz
$f$	Frecuencia
$\delta$	Ángulo de fase
$\Gamma$	Coefficiente de reflexión
$Z$	Impedancia
%	Porcentaje
\$	Dólar estadounidense
$A_o$	Área de apertura efectiva
$W/m^2$	Densidad de potencia
W	Watt
Hz	Hertz
dB	Decibel
dBm	Decibel referido a 1 miliwatt
dB <sub>i</sub>	Decibel referido a un radiador isotrópico
G	Ganancia
P	Potencia
D	Directividad
HPBW	Ancho del Az de potencia media
HBW	Ancho del Az horizontal
VBW	Ancho del Az vertical
CPR	Nivel de polarización cruzada

SPR	Grado del sector de potencia
E	Campo eléctrico
IMD	Intermodulación
RF	Radiofrecuencia
Tx	Transmisión
Rx	Recepción
BER	Tasa de error de bit
NP	Potencia de ruido ambiente
C/N	Nivel de portador a ruido
NF	Figura de ruido
LNA	Amplificador de bajo ruido
TMA	Amplificador montado en torre
BTS	Estación base de transmisión
DC	Corriente directa
RL	Pérdidas de retorno
TDR	Reflexión en el dominio del tiempo
FDR	Reflexión en el dominio de la frecuencia
DTF	Distancia a fallo
m	Metro
UL	Uplink
DL	<i>Downlink</i>

## GLOSARIO

<b>Antena</b>	Dispositivo para transmisión, recepción o transmisión y recepción de señales. Las antenas tienen varias formas y tamaños, las cuales dependen de la frecuencia de la señal que reciben o transmiten y el uso para el cual se emplean sus comunicaciones.
<b>Ancho del Az</b>	Es la medida del ancho angular en grados entre los puntos de potencia media (3 dB abajo del máximo) del lóbulo principal en la elevación o en el modelo de radiación de acimut.
<b>Atenuación</b>	Disminución de potencia de una señal como una fracción de un valor de referencia.
<b>Banda dual</b>	Dos frecuencias diferentes de las mismas tecnologías. Por ejemplo un teléfono TDMA o uno de CDMA puede usar la banda de 800 o la banda de 1900 MHz. Los teléfonos de bandas duales permiten tener acceso a frecuencias diferentes en varias regiones geográficas, esencialmente dando a su teléfono una más amplia cobertura de área.
<b>Bias-Tee</b>	Conector que funciona como interface DC entre la BTS y el <i>feeder</i> , para alimentar con corriente directa al TMA.

<b>Cable Coaxial</b>	Es un cable de conducción central aislado en otro cable de conducción cilíndrico, por lo general esta aislado por una capa externa protectora. Un cable coaxial tiene la gran capacidad para llevar grandes cantidades de información.
<b>CDMA</b>	Acceso a multiplexación por división de código, emplea técnicas de <i>spread spectrum</i> para transmitir voz o datos en el aire. Esta tecnología separa a usuarios por códigos digitales asignándolos dentro de la misma banda de espectro.
<b>Celda</b>	Es la unidad básica geográfica de un sistema celular y la base del término industrial genérico celular. Una ciudad puede dividirse en pequeñas células, cada una de las cuales se están equipadas con una estación base. Las células pueden variar en el tamaño dependiendo de las demandas de capacidad y el terreno.
<b>Coefficiente de atenuación</b>	Nivel en la cual la potencia media disminuye con la distancia.
<b>Decibel (dB)</b>	Unidad conveniente para expresar el cociente del aumento o de la pérdida de energía en una antena o en una línea de transmisión, o de la intensidad relativa en el patrón de radiación. Los decibelios son convenientes para calcular la ganancia del sistema porque pueden ser sumados y ser restados para obtener la ganancia neta.

<b>Diplexor</b>	Dispositivo que permite la alimentación paralela de dos transmisores en la misma antena para diferentes frecuencias sin que interfieran los transmisores el uno con el otro.
<b>Dipolo</b>	Antena alimentada en el centro, Nombre que a menudo se aplica a la antena.
<b>Dipolo de media onda</b>	Antena de longitud de media onda, centrado para tener la misma distribución de corriente en ambas mitades. Montada verticalmente, tiene un patrón circular en el plano horizontal.
<b>Directividad</b>	Grado en el cual una antena fija su poder en una dirección específica si la antena fuera el 100 % eficiente.
<b>Distorsión</b>	Diferencia de valores entre dos medidas de una señal, por ejemplo entre la señal transmitida y recibida. Típicamente se refiere a señales analógicas.
<b>Diversidad</b>	Es una solución de propagación simultanea de dos señales diferentes, por ejemplo $+45^{\circ}/-45^{\circ}$ . Ya que polarizaciones diferentes responden de manera distinta a problemas de propagación.
<b><i>Drops calls</i></b>	Llamadas caídas.
<b><i>Droop rate</i></b>	Relación entre las llamadas caídas y el tráfico cursado

<b>Duplexor</b>	Dispositivo de guía de onda diseñado para permitir que una antena pueda ser usada simultáneamente para transmisión y recepción.
<b>Espacio libre</b>	Es el espacio libre de la tierra u otros cuerpos de modo que la radiación se propaga solo sobre un camino directo. El modelo de la antena generalmente se muestra como el modelo espacial libre.
<b>Estación base</b>	Es una estación de recepción y transmisión para manejar tráfico celular. Por lo general consiste en una o varias antenas transmisoras/receptoras, antenas de microondas tipo plato, y equipo electrónico. También es llamado un sitio de célula, ya que sostiene una o varias células TX/RX.
<b>Fase</b>	La relación entre una señal y su eje horizontal, también llamado punto de cruce por cero.
<b>Figura de ruido</b>	Es la proporción, en dB, entre la relación señal a ruido aplicada en la entrada del componente de microondas y la relación de señal a ruido moderada en su salida.
<b>Filtro</b>	Dispositivo que transmite una gama seleccionada de energía, usado para suprimir frecuencias no deseadas o separar canales de comunicaciones.
<b>Frecuencia</b>	Tarifa en la cual una corriente eléctrica se alterna, medida generalmente en Hertz por segundo.

<b>Frecuencia reusada</b>	Es la capacidad de usar las mismas frecuencias repetidamente a través de un sistema celular, esto hace posible el acercamiento al diseño básico para celular. Cada célula está diseñada para usar frecuencias de radio sólo dentro de sus fronteras, las mismas frecuencias pueden ser reutilizadas en otras células lejanas con poco potencial para la interferencia. La reutilización de frecuencias es la que permite a un sistema celular manejar un enorme número de llamadas con un número limitado de canales.
<b>Ganancia</b>	Proporción expresada en decibelios, de la potencia requerida en la entrada de una antena de referencia sin pérdidas a la potencia suministrada de la antena para producir, en una dirección dada, la misma fuerza del campo, o la misma radiación a la misma distancia.
<b>Gigahertz</b>	Una medida de la frecuencia de un equivalente de señal con mil millones de ciclos por segundo.
<b>GSM</b>	El sistema global para las comunicaciones móviles, está basado en la tecnología TDMA de banda estrecha, donde las bandas de frecuencia disponibles están divididas en intervalos de tiempo, y cada usuario tiene el acceso a un intervalo de tiempo a intervalos regulares. GSM también es la única tecnología que proporciona servicios de datos, como el correo electrónico, fax, y la navegación de Internet. GSM emplea una tarjeta de SIM que permite la transportabilidad de memoria entre teléfonos de GSM.

<b>Hertz</b>	Medida de frecuencia en ciclos por segundo. Un hertz es un ciclo por segundo.
<b>Inclinación del Az</b>	Generalmente se refiere a la inclinación angular del lóbulo principal en el modelo de elevación encima o debajo de 0 grados. Esto se refiere al modelo en el espacio libre, a no ser que en modelos verticales reales se vean afectados por los efectos de reflexión de tierra.
<b>Isotrópico</b>	Generalmente se refiere a una antena teórica que tiene un modelo esférico de radiación con igual ganancia en todas las direcciones. Usado como un estándar o como nivel de referencia para la ganancia, sobre todo en frecuencias de microondas.
<b><i>Jumper</i></b>	Una unión de cable coaxial usado para conectar los componentes del sistema de RF, por ejemplo de la antena al TMA.
<b>Lóbulo</b>	Imagen que muestra el modelo de radiación de una antena. Un modelo tridimensional de radiación de una antena direccional saltada por uno o varios conos de inutilidad.
<b>Longitud de onda</b>	Es un parámetro físico que indica el tamaño de una onda y que por lo general se denota con la letra griega lambda ( $\lambda$ ), se define como la distancia, medida en la dirección de propagación de la onda, entre dos puntos cuyo estado de movimiento es idéntico.



<b>Multiplexor</b>	Equipo electrónico que permite a dos o más señales pasar a través de un circuito de comunicaciones.
<b>Nivel de potencia</b>	Es la potencia de entrada que la antena puede manejar y entregar en su funcionamiento nominal. Generalmente, esta limitada con la capacidad de potencia que maneja línea.
<b>Patrón de radiación</b>	Es una representación gráfica de radiación de la antena que por lo general muestra dos patrones principales, acimut y elevación. El modelo de radiación de una antena por lo general es medido en un campo lejano que generalmente, está más allá de la distancia de 2 veces la longitud de la antena dividido por la longitud de onda.
<b>PCS</b>	Servicio de Comunicación Personal: tecnología de alta frecuencia y baja potencia. PCS opera entre los 1.5 a 1.8 GHz.
<b>PDU</b>	Unidad de distribución de potencia que supervisa las fallas del TMA y la trayectoria de la CD a través del <i>feeder</i> .
<b>Polarización</b>	La orientación del vector de campo eléctrico (E) para la radiación máxima. Si la dimensión del radiador es vertical, generalmente la polarización es vertical; de ser horizontal, de la misma manera la polarización es horizontal. La mayoría de las antenas verticales están polarizadas con doble dirección, es decir tienen diversidad.

<b>Radiofrecuencia</b>	Grupo de la energía electromagnética cuyas longitudes de onda están entre el rango del audio y la luz. Las ondas electromagnéticas transmitidas generalmente están entre 500 KHz y 300 GHz.
<b>Rango <i>Downlink</i></b>	Área utilizable por la cobertura emitida de la antena base debido a la señal transmitida de la antena hacia el teléfono móvil.
<b>Rango <i>Uplink</i></b>	Área utilizable por la cobertura emitida de la antena base debido a la señal transmitida del teléfono móvil hacia la antena base.
<b>Receptor</b>	Cualquier dispositivo que recibe una señal de transmisión o cualquier parte de un dispositivo de telecomunicaciones que descifra una señal codificada en su forma deseada.
<b>Reflexiones</b>	Las ondas de RF pueden reflexionar en montañas, edificios, automóviles en movimiento, en la atmósfera y básicamente en el ambiente de transmisión de RF. Las reflexiones pueden variar la fase, la polarización y la fuerza de la onda original. Las transmisiones de RF se doblan alrededor de objetos como consecuencia de reflexiones.
<b>Sensibilidad</b>	Es la mínima magnitud en la señal de entrada requerida para producir una determinada magnitud en la señal de salida, dada una determinada relación señal/ruido, u otro criterio especificado.

<b>TDMA</b>	Acceso múltiple por división de tiempo. TDMA divide la frecuencia disponible de la red en intervalos de tiempo, con cada usuario que tiene el acceso a un intervalo de tiempo a intervalos regulares. De esta manera hace el empleo más eficiente de la amplitud de banda disponible. Disponible en 800 o frecuencias de 1900 MHz.
<b>Tele-comunicaciones</b>	El arte y la ciencia de comunicación sobre una distancia por teléfono, telégrafo y radio.
<b>Teléfono celular</b>	La unidad de microteléfono celular usado para voz y comunicación de datos.
<b>Teléfono móvil</b>	Término para un teléfono celular.
<b>TMA</b>	Amplificador montado en torre que mejora la sensibilidad de recepción por la reducción de la figura de ruido, aumentando el rango de cobertura <i>Uplink</i> sin hacer cambios en la BTS
<b>Transreceptor</b>	Dispositivo que transmite y recibe señales de telecomunicaciones.
<b>UMTS</b>	Sistema de Telecomunicaciones Universal Móvil. Es la tecnología prevista para la siguiente generación del sistema global para comunicaciones móviles. UMTS está requerido para apoyar las tarifas de transferencia de datos de 144 Kbps a 2 Mbps en apoyo de acceso móvil a aplicaciones multimedia de Internet.

**VSWR**

Razón de Voltaje de Onda Estacionaria (VSWR), es la razón de la magnitud del voltaje máximo en la línea a la magnitud del mínimo voltaje en la línea.

## RESUMEN

Las antenas base de telefonía celular es uno de los elementos que juegan un papel crítico en los sistemas de comunicaciones inalámbricas; sin embargo, representan solamente una pequeña parte del costo total del sitio de comunicaciones. El impacto de la antena en el sistema de radio se determina, principalmente, por el patrón de radiación o rango de cobertura, que es uno de los parámetros más importantes de la antena y un requisito primordial de acuerdo a la ubicación de la estación base.

El área utilizable por la cobertura emitida por las antenas base de telefonía celular, está limitada por el rango *uplink*, el cual no sólo depende de la sensibilidad de la estación base, sino qué, en gran parte, de la potencia de los teléfonos móviles. Aumentando la potencia de la BTS no se incrementará este rango, lo cual no resolverá el problema; sin embargo, los amplificadores montados en la torre resuelven este problema de cobertura, ya que mejoran la sensibilidad en el receptor de la BTS reduciendo la figura de ruido del sistema; además, mejora la inmunidad a la interferencia por proveer filtración adicional y reducen la potencia de transmisión de los teléfonos móviles.

En el análisis del funcionamiento de los TMAs es necesario el muestreo de datos en el sistema de gestión antes y después de la instalación de los TMAs, para observar la disminución de llamadas caídas y el aumento de tráfico. Por otro lado las soluciones de mediciones inalámbricas proporcionan medidas críticas de la calidad de servicio, incluyendo; orígenes fallidos, llamadas caídas y calidad de la llamada. Los resultados analizados muestran la mejora del funcionamiento después de la instalación de los TMAs.



## OBJETIVOS

### General

Determinar la eficiencia que proporcionan los TMAs en el rango de cobertura *uplink* de las antenas base de telefonía celular, con base en la baja potencia de los teléfonos móviles actuales.

### Específicos

1. Proveer soluciones para las diferentes configuraciones de las estaciones base GSM y CDMA para diferentes sitios de la ciudad capital, tomando en cuenta que, actualmente la red GSM opera con la gran mayoría de teléfonos móviles, pensando a futuro en la migración a la tecnología UMTS.
2. Proveer un procedimiento de instalación de TMAs para implementar las soluciones en diferentes sitios de la ciudad capital.
3. Analizar el funcionamiento y desempeño del TMA en base a mediciones de solución inalámbrica y monitorización de datos del sistema de gestión durante un período de tiempo antes y después de la instalación del TMA.





## INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una gran demanda de teléfonos móviles en el mercado de las telecomunicaciones, por lo que está aumentando el número de usuarios en las redes de telefonía celular, creando así una gran demanda de servicio. Este aumento de usuarios implica que exista un mayor tráfico en la red, creando la necesidad de ampliar la capacidad de las celdas. Por otro lado, los teléfonos móviles que actualmente están saliendo al mercado son más pequeños y muy complejos, los mismos tienen poca potencia de transmisión y ésto evita que se enganchen a la red, provocando un aumento en la tasa de llamadas caídas.

Las antenas base transmiten una señal mucho más fuerte comparada con la señal que reciben de los teléfonos móviles. Ésto afecta la sensibilidad de recepción de estaciones base de telefonía celular. Los amplificadores de bajo ruido LNAs, instalados tan cerca como sea posible de las antenas, mejoran la sensibilidad del sistema receptor, en particular donde las pérdidas de cable son significativas. Los LNAs instalados de esta manera son llamados amplificadores montados en torre, los cuales han resuelto el problema de desequilibrio entre la transmisión y recepción de señal en las antenas base.

Como las redes de telefonía celular siguen ampliándose, los operadores siguen encontrando modos rentables de mejorar el funcionamiento de la red. A mediados de la década de los 90 se instalaron los primeros TMAs en Brasil y en Estados Unidos, mejorando el rango *uplink* con resultados más fuertes, aumentando la calidad de llamada y disminuyendo la cantidad de llamadas caídas. Actualmente se han instalado más de 200,000 unidades alrededor del mundo.

Las redes en Guatemala han comenzado a desplegarse, creando una necesidad creciente de TMAs debido a la cantidad de usuarios y la demanda que éstos representan. En el año 2005, Guatemala fue el principal cliente en la compra de TMAs en el área de América Latina para la empresa *Andrew Corporation*. Por otro lado, en la redes 3G alrededor del mundo han implementado los TMAs debido a las velocidades de servicio de datos, así como la necesidad del margen de acoplamiento a la red.

Este trabajo de graduación presenta el estudio y la implementación de TMAs en las antenas base de telefonía celular para las redes GSM y CDMA de la ciudad capital, proporcionando un procedimiento de instalación y mediciones de mantenimiento, así como el procesamiento de datos del sistema de gestión y las mediciones inalámbricas para analizar el desempeño de las estación base con los TMAs instalados. Para el análisis de datos se empleo el proceso de muestreo antes y después de la instalación de los TMAs durante un período de 6 meses.

# **1. ANTENAS BASE DE TELEFONIA CELULAR**

Uno de los elementos más críticos de un sistema de comunicaciones inalámbricas es la antena. Una antena base representa solamente una pequeña parte del costo total de un sitio de comunicaciones, pero su impacto de funcionamiento es enorme. Su función es transformar las corrientes de conducción; provenientes de los cables coaxial o guías de onda; en corrientes de desplazamiento, que es un fenómeno invisible que hace posible las comunicaciones por radio. El impacto de la antena en el sistema de radio se determina por la selección de la antena con las características apropiadas definidas por sus especificaciones.

## **1.1 Principios básicos**

Una antena es un conductor eléctrico que recibe o irradia energía en forma de radiofrecuencia al circular por él una corriente variable. Si a la antena se le aplica una tensión alterna de radiofrecuencia proveniente del transmisor, y de acuerdo con las variaciones del valor y signo de esta tensión, el campo eléctrico se desarrollará y desaparecerá instantánea y periódicamente. Otro tanto ocurrirá con el campo magnético, que seguirá las variaciones de la corriente que circula por la antena. Esto significa que la antena tomará y devolverá energía del transmisor periódicamente, sin embargo no toda la energía es devuelta, si no que parte de ella es radiada en forma de campo electromagnético a través del espacio libre. La variación del campo en el espacio libre decae con la primera potencia de la distancia, aunque realmente se puede modificar en forma apreciable por la naturaleza del terreno sobre el cual se radia, y la frecuencia de la señal.

### 1.1.1 Antena Isotrópica

Es una antena puntual que irradia energía uniformemente en todas las direcciones, aunque físicamente esta antena no existe. El flujo de energía en la unidad de tiempo y por unidad de área es conocido como Vector de *Poynting*, o Densidad de Potencia ( $W/m^2$ ). Este vector solo tiene componente radial para una fuente puntual. De acuerdo con lo expresado, la potencia aplicada a dicha antena se repartirá por igual en el área de una esfera. La densidad de potencia para un radiador isotrópico a una distancia “d” es:

$$p = \frac{P_t}{4\pi d^2}$$

Donde,  $p$  = densidad de potencia ( $W/m^2$ )

$P_t$  = potencia en las terminales de la antena (W)

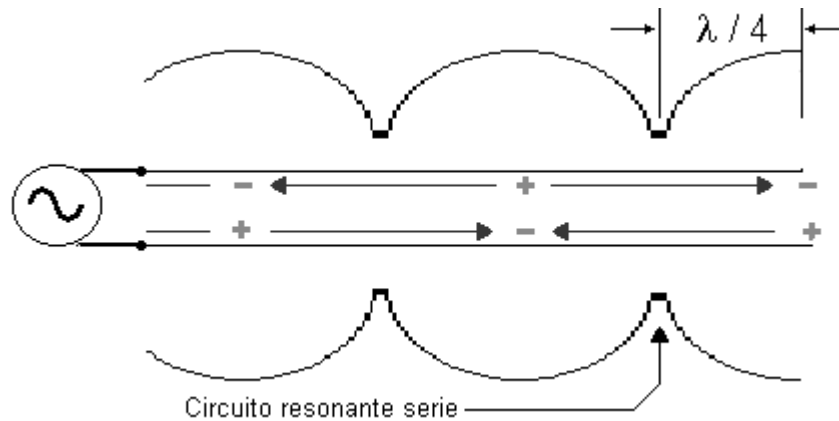
$d$  = distancia (m)

### 1.1.2 Radiación

En una línea de transmisión terminada en circuito abierto, se forma una onda estacionaria con un máximo de tensión y un mínimo de corriente en la carga. Esto representa una impedancia máxima, un circuito resonante paralelo. A una distancia de  $\lambda/4$  hacia el generador, se tendrá la respuesta de un circuito resonante serie, máxima corriente e impedancia mínima. El campo eléctrico está confinado entre los conductores. El oscilador entrega una tensión senoidal que se representa medida respecto a un plano de referencia situado a la mitad entre los conductores. A una distancia dada, las corrientes en un plano transversal a la línea, son iguales en magnitud y opuestas en dirección; sus campos magnéticos respectivos tienden a cancelarse entre sí.

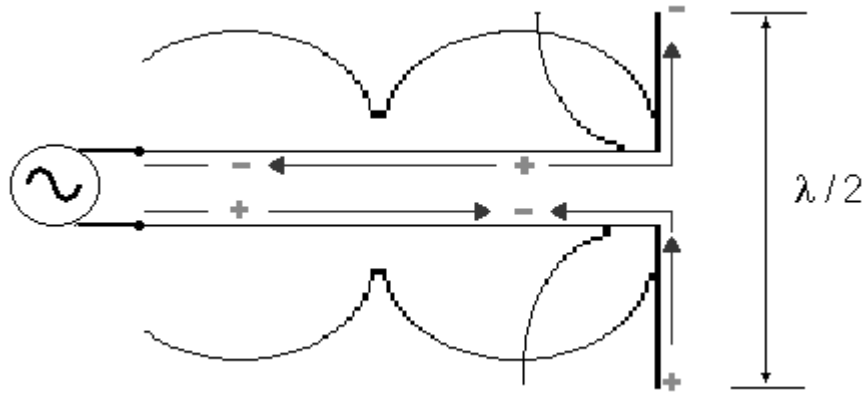
Ya que la radiación solo toma lugar cuando existe variación simultanea tanto de campo eléctrico como de campo magnético, esta línea no irradia energía al espacio. Si se tratara de una línea sin pérdidas, toda la energía regresaría a la fuente. En la figura siguiente solo se muestra la onda estacionaria de tensión, la corriente se ilustra por las flechas, existiendo máximos en los puntos de mínima tensión.

**Figura 1. Línea de transmisión terminada en circuito abierto**



Si la línea se dobla en el punto situado a  $\lambda/4$  desde la terminal, la tensión entre los conductores y el plano de referencia sería la misma, solo que ahora el campo eléctrico se extiende al espacio. Los campos magnéticos de estos tramos, ahora asociados con corrientes en la misma dirección, no se cancelan. Cada campo ahora se expande libremente y se satisface la condición para la existencia de un campo electromagnético en el espacio. El tramo separado se ha convertido en una antena transmisora. Una antena receptora recibirá una porción de esta energía radiada, transmitirá parte de ella al receptor e irradiará de nuevo algo de ella al espacio. Esta antena se denomina dipolo simple, dipolo  $\lambda/2$ , o Antena de Hertz, como se muestra en la figura 2.

**Figura 2. Un tramo de una línea se convierte en una antena**



### 1.1.3 El decibel

Equivale a la décima parte de un bel. Es una unidad de referencia para medir la potencia de una señal o la intensidad de un sonido. El nombre bel viene del físico norteamericano Alexander Graham Bell (1847-1922). El decibel es una unidad relativa de una señal, tal como la potencia, voltaje, etc. Los logaritmos son muy usados debido a que la señal en decibeles (dB) puede ser fácilmente sumada o restada y también por la razón de que el oído humano responde naturalmente a niveles de señal en una forma aproximadamente logarítmica.

La ganancia de la potencia  $G$  en un amplificador es la relación de la potencia de salida a la potencia de entrada  $G = P_o/P_i$ . Si la potencia de salida ( $P_o$ ) es de 15 W y la de entrada ( $P_i$ ) de 0.5 W, la ganancia  $G = 15W/0.5W = 30$ . Lo que significa que la potencia de salida es 30 veces mayor que la de entrada, por lo tanto la ganancia de potencia en decibeles se define como:

$$G(\text{dB}) = 10\text{Log}_{10}(G)$$

Donde,  $G(\text{dB}) = \text{ganancia de potencia en decibeles}$

$G = \text{ganancia de potencia, sin unidades}$

La ganancia  $G(\text{dB})$  es adimensional, pero para estar seguro de no confundirla con la ganancia normal de potencia  $G$ , se añade la palabra decibel (dB). Cada vez que una respuesta se expresa en decibeles automáticamente se sabrá que se trata de la ganancia en decibeles de potencia y no de la ganancia normal de potencia.

Si la ganancia de potencia es menor que la unidad, existe una pérdida de potencia ó atenuación, la ganancia de potencia en decibeles es negativa. Por ejemplo, si la potencia de salida es 2 W para una potencia de entrada de 4 W, se tiene:  $G = 2\text{W}/4\text{W} = 0.5$ , y la ganancia de potencia en decibeles será:

$$G(\text{dB}) = 10\log(0.5) = -3.01\text{dB}$$

Cuando la ganancia de potencia se emplea para indicar el nivel de potencia respecto a 1mW, se usa el símbolo dBm, donde la "m" significa que la referencia es a un miliwatt. El término dBm se emplea comúnmente cuando nos estamos refiriendo a potencias entre 0 y 1 Watt

$$P(\text{dBm}) = 10\log\left(\frac{P}{1\text{mW}}\right)$$

Donde,  $P(\text{dBm}) = \text{potencia en dBm}$

$P = \text{potencia en watts}$

Por ejemplo, si la potencia es de 0.5 W, entonces

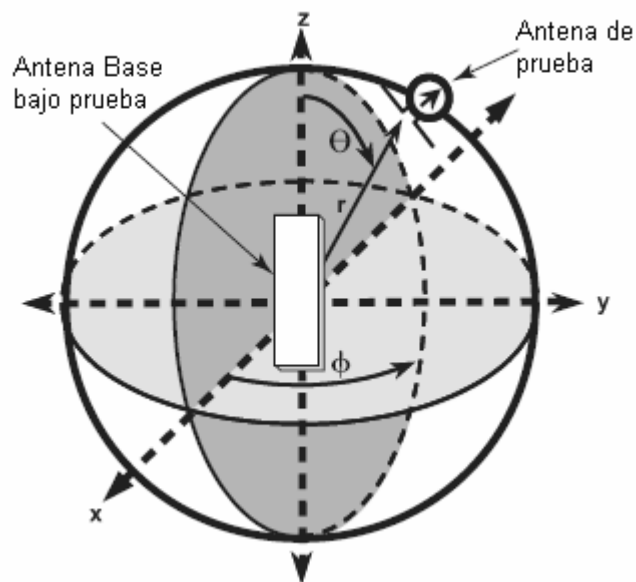
$$P(\text{dBm}) = 10\log(0.5\text{W}/1\text{mW}) = 10\log(500) = 27\text{dBm}$$

## 1.2 Parámetros y fundamentos de antenas

### 1.2.1 Patrón de radiación

El requisito más importante de la antena es describir donde irradia energía. El patrón de radiación es una gráfica representativa de donde y cuanta energía se irradia por parte de la antena. Cada antena base tiene un patrón de radiación específico, de acuerdo a las características físicas de la antena. Las características de radiación de una antena se determinan moviendo una antena simple de prueba alrededor de la antena base a una distancia constante, la cual esta conectada a un receptor de radio y así observando el nivel recibido de la señal en función de coordenadas angulares. Para una caracterización completa de 3 dimensiones, la antena de prueba sería movida sobre una superficie esférica como se muestra en la figura 3.

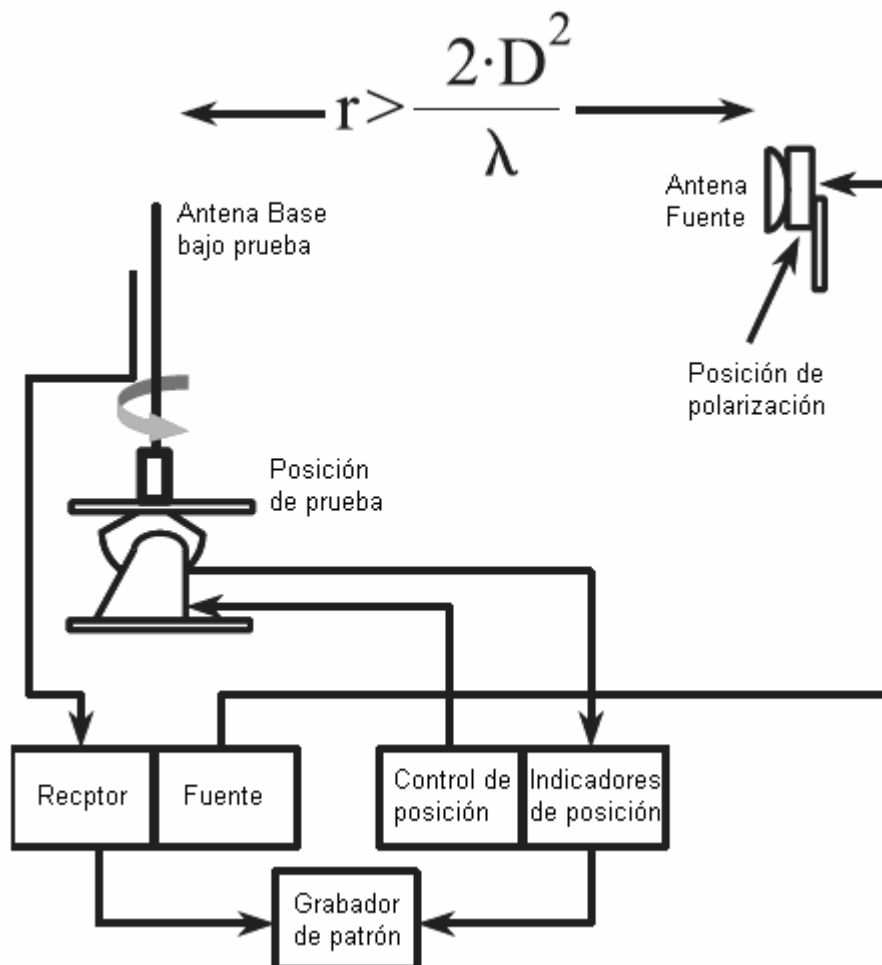
**Figura 3. Medición del patrón de radiación**





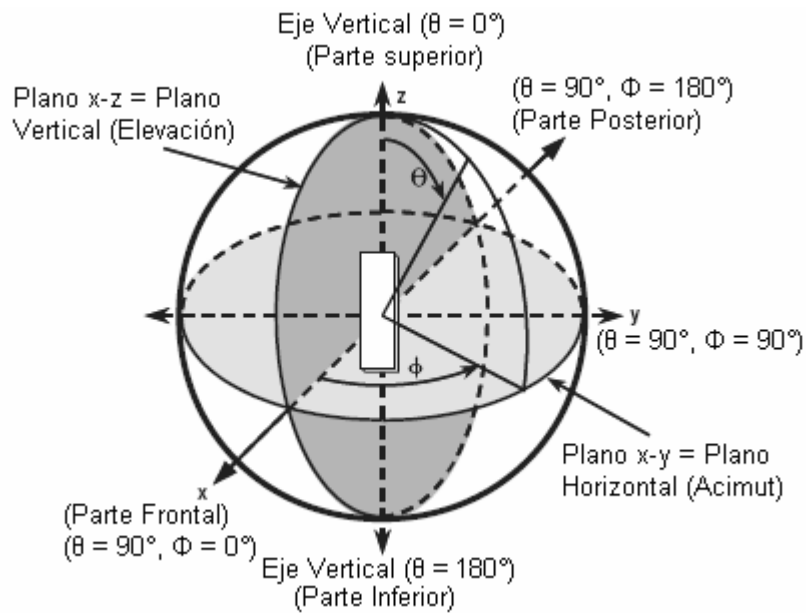
Una disposición típica del rango para campos lejanos se muestra en la figura 4, donde D es la dimensión máxima de la antena base bajo prueba.

**Figura 4. Disposición típica del rango para campos lejanos**

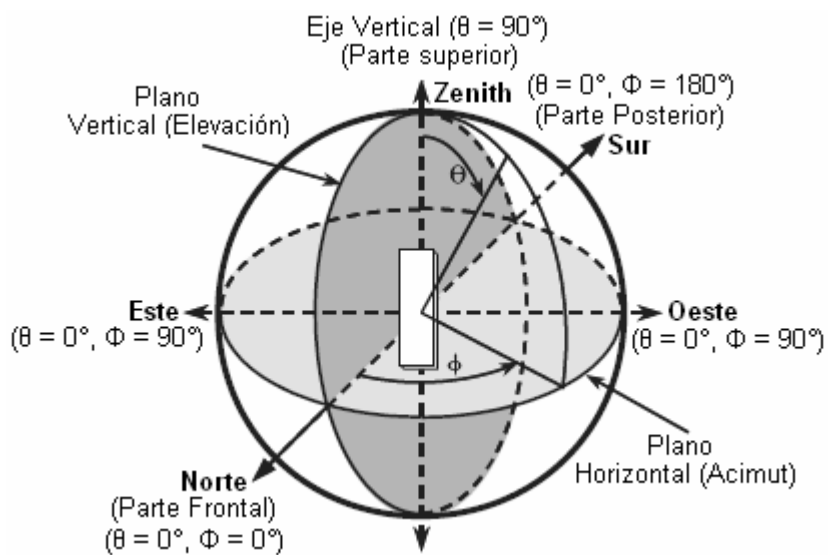


El sistema de coordenadas usado para definir patrones de radiación de la antena es el sistema de coordenadas esféricas, como el que se muestra en la figura 5, sin embargo el sistema usado por los topógrafos y los ingenieros de RF es el sistema de coordenadas de *altazimuth* mostrado en la figura 6.

**Figura 5. Sistema de coordenadas esféricas**



**Figura 6. Sistema de coordenadas de altazimuth**



La mayoría de las antenas son físicamente simétricas sobre los planos x-y y x-z, por lo cual las características de radiación de la antena se describen conveniente por solo dos patrones de radiación. Estos patrones sobre los planos son el patrón de radiación horizontal, acimut, y el patrón de radiación vertical, elevación. Para medir el patrón horizontal, los movimientos de la antena de prueba en el plano x-y son fijos en  $\theta = 90^\circ$  mientras que  $\Phi$  varía, y para medir el patrón vertical, los movimientos de la antena de prueba en el plano del x-z son fijos en  $\Phi = 0^\circ$  mientras que  $\theta$  varía.

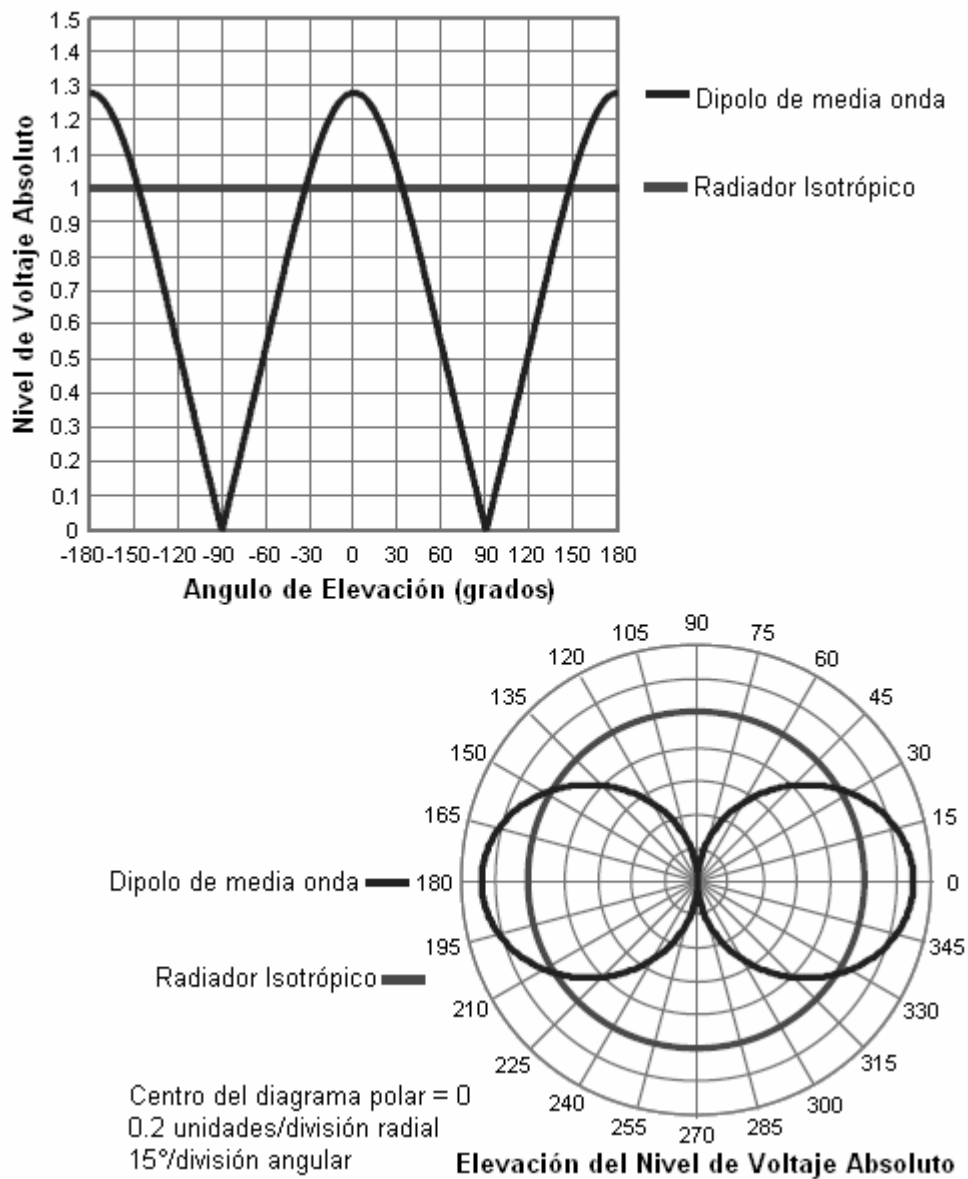
El patrón de radiación se puede representar gráficamente de dos maneras. Uno en un diagrama rectangular, donde la posición angular es definida por el nivel del eje X y de la señal por el eje Y. El segundo es un diagrama polar, donde la posición angular es equivalente a la posición angular respecto a un círculo; concerniente a una parte radial de la referencia; y el nivel de la señal se traza concerniente al centro del círculo en una distancia proporcional al nivel de la señal.

El nivel de la señal se puede trazar en función de voltaje lineal o de energía lineal. En este caso, el centro del diagrama polar es cero. Si los niveles son valores absolutos, el valor exterior del diagrama polar es mayor que uno; para los diagramas relativos, el valor exterior es uno. El patrón también se puede trazar en función de nivel logarítmico absoluto de la energía. En este caso, el valor exterior del diagrama polar es cero, y el centro no es cero.

Los ejemplos de los diagramas rectangulares y polares para un radiador isotrópico y un dipolo de media onda que usan el sistema de coordenadas de altazimuth, se muestran en las figuras de la 7 a la 10.

La figura 7 muestra los patrones de elevación del voltaje absoluto donde el valor máximo para el radiador isotrópico es 1.00 y para el dipolo 1.28.

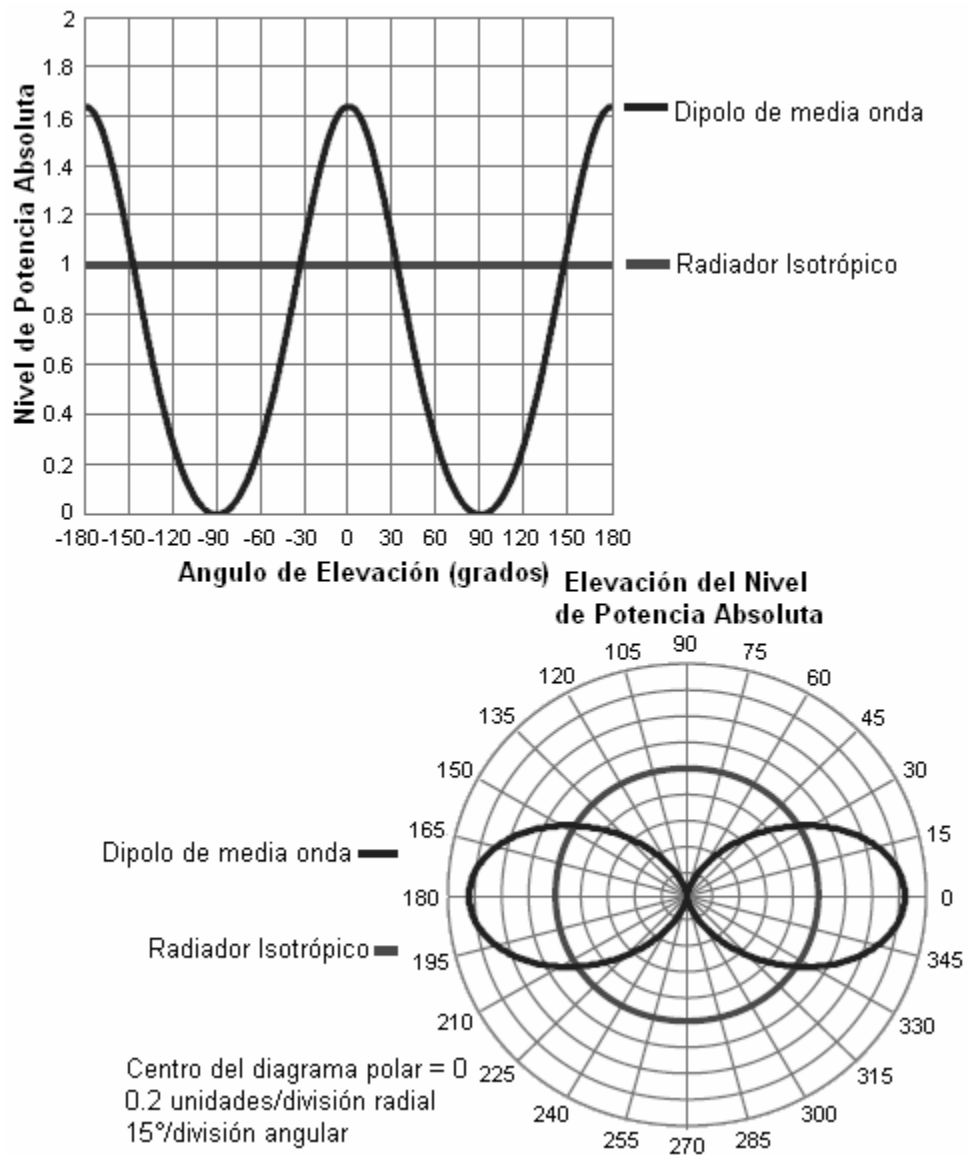
**Figura 7. Diagrama rectangular y polar del nivel de voltaje lineal absoluto**



Fuente: Andrew Corporation. Applications/Engineering Notes. Pág. 458

La figura 8 muestra los patrones de elevación de la potencia absoluta donde el valor máximo para el radiador isotrópico es 1.00 y para el dipolo es  $1.28^2 = 1.64$ .

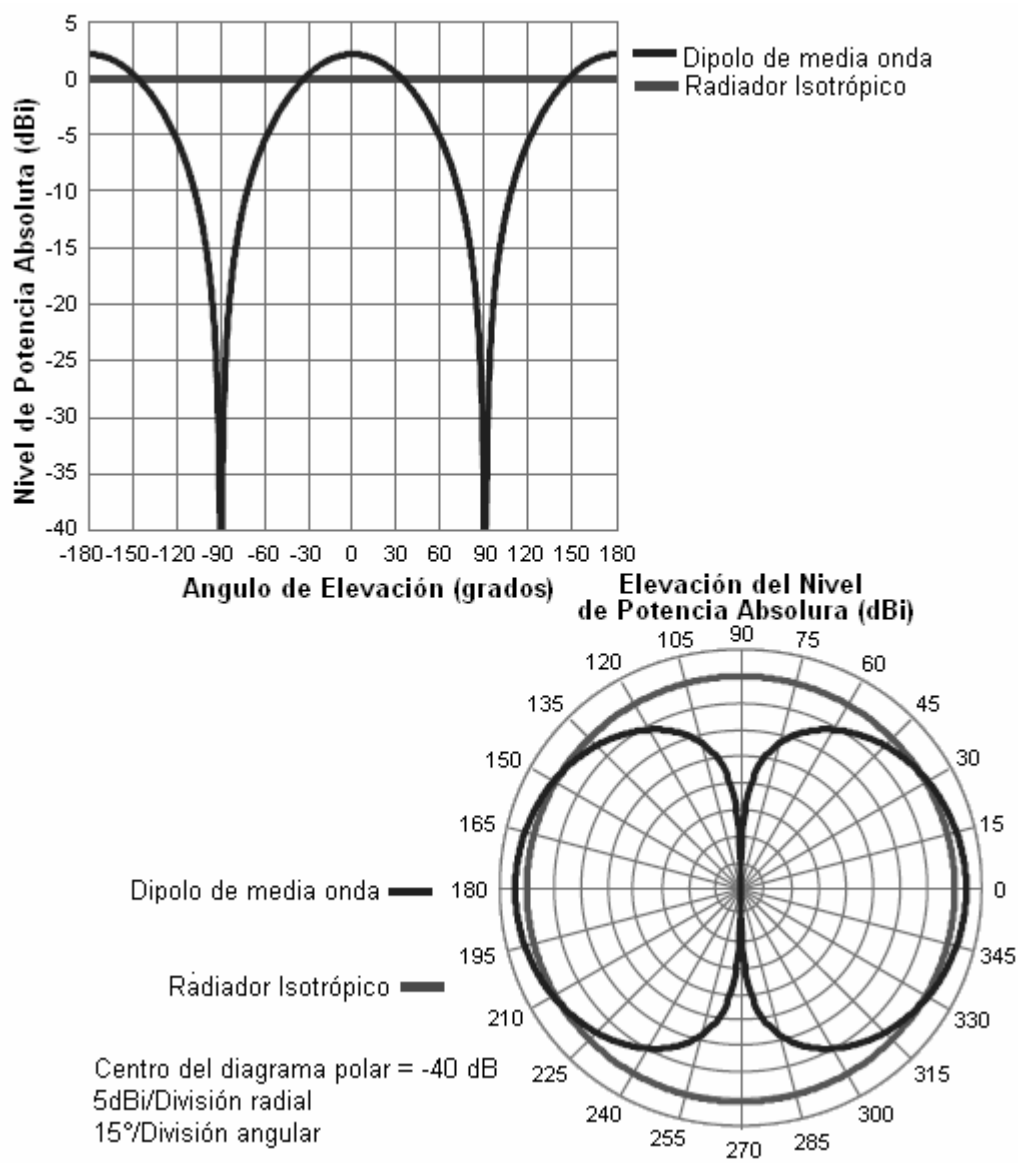
**Figura 8. Diagrama rectangular y polar del nivel de potencia lineal absoluto**



Fuente: Andrew Corporation. Applications/Engineering Notes. Pág. 458

La figura 9 muestra los patrones de elevación de la potencia en dBi donde el valor máximo para el radiador isotrópico es 0.00 dBi =  $10 \log_{10}(1,00)$  y para el dipolo es 2,15 dBi =  $10 \log_{10}(1,64)$ .

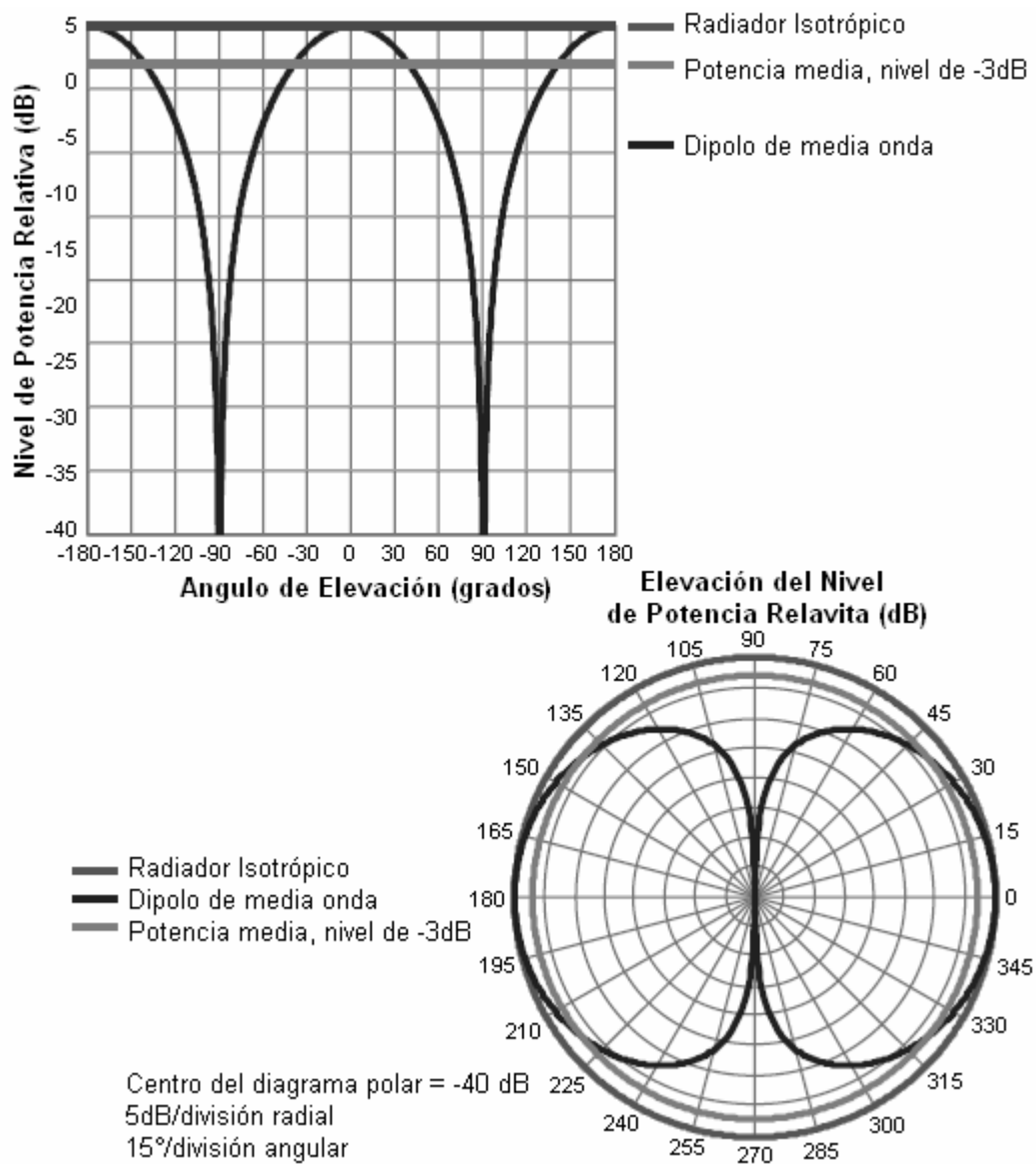
**Figura 9. Diagrama rectangular y polar del nivel de potencia absoluta en dBi**



Fuente: Andrew Corporation. Applications/Engineering Notes. Pág. 458

La figura 10 muestra los patrones de elevación de la potencia relativa en dB donde el valor máximo para ambos es 0.00 dB.

**Figura 10. Diagrama rectangular y polar del nivel de potencia relativa en dB**



Fuente: Andrew Corporation. Applications/Engineering Notes. Pág. 458

## 1.2.2 Ganancia

El segundo parámetro importante de la antena es la ganancia. La ganancia es proporcional al producto de la directividad y de la eficiencia de la antena. La directividad es una medida de cómo una antena enfoca la energía, mientras que la eficiencia de la antena considera las pérdidas asociadas a la antena.

$$G = eD$$
$$G(\text{dBi}) = 10 \log_{10}(eD)$$

Donde,  $G$  = ganancia de la antena concerniente a un radiador isotrópico.

$e$  = eficiencia de la antena.

$D$  = directividad de la antena concerniente a un radiador isotrópico.

$$G(\text{dBi}) = D(\text{dBi}) - L(\text{dB})$$

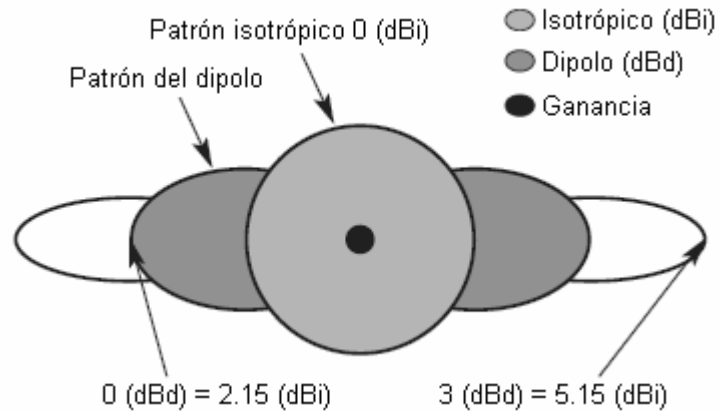
Donde,  $L$  = pérdida debido a la resistencia del conductor, a dieléctricos, polarización e impedancia de unión.

La ganancia siempre está referida a un radiador isotrópico, es decir, un dispositivo que irradie energía en todas las direcciones. En este caso la unidad de medida es dBi. La ganancia también se puede referir a un dipolo de media onda, donde la unidad de medida es dBd. La ganancia de un dipolo es 2.15 dBi ó 0.00 dBd.

La figura 11 muestra la comparación de la ganancia obtenida de una antena en dBi con ella misma en dB, dB de un dipolo de media onda.



**Figura 11. Comparación de la ganancia del radiador isotrópico y un dipolo de media onda**



La ganancia es una función de la frecuencia, como lo muestra la siguiente ecuación:

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_o$$

Donde,  $\lambda$  = longitud de onda, (m)  
 $A_o$  = Área de apertura efectiva, (m<sup>2</sup>)

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Donde,  $c$  = velocidad de la luz, (m/s)  
 $f$  = Frecuencia, (Hz)

Cuando el tamaño de la apertura de la antena aumenta, también aumenta la ganancia. Para los sectores inalámbricos y antenas omnidireccionales, el tamaño de la apertura esta determinado principalmente por la longitud de la antena. Prácticamente, con el aumento de la longitud también se incrementarán las pérdidas, y con algún incremento del tamaño de la antena no se obtendrá un incremento substancial de la ganancia, debido a que incrementan las pérdidas por las impedancias de unión.

### 1.2.3 Ancho del Az de potencia media

El ancho del Az de potencia media, *Half Power Beamwidth* HPBW, es un parámetro que mide la forma del patrón de radiación. Es el ancho angular del lóbulo principal del patrón de radiación. Se mide entre los puntos donde el patrón está a la mitad, 3 dB abajo, del valor máximo del lóbulo principal. El ancho del Az se especifica generalmente para los patrones de radiación horizontales y verticales. La excepción a esto es el patrón horizontal de una antena omnidireccional que sea circular.

La directividad puede estimarse de los dos planos principales del ancho de al Az, usando las ecuaciones:

Para antenas por sector:

$$D(\text{dBi}) = 10 * \log_{10} \frac{41250}{(0.53 * \text{HBW}_{3\text{dB}} + 0.25 * \text{HBW}_{10\text{dB}} + 18) * \text{VBW}_{3\text{dB}}}$$

Para antenas omnidireccionales:

$$D \approx 191.0 \sqrt{0.818 + \frac{1}{\Theta_v}} - 172.4$$

Donde  $\theta_H$  = Patrón horizontal del ancho del Az en grados.

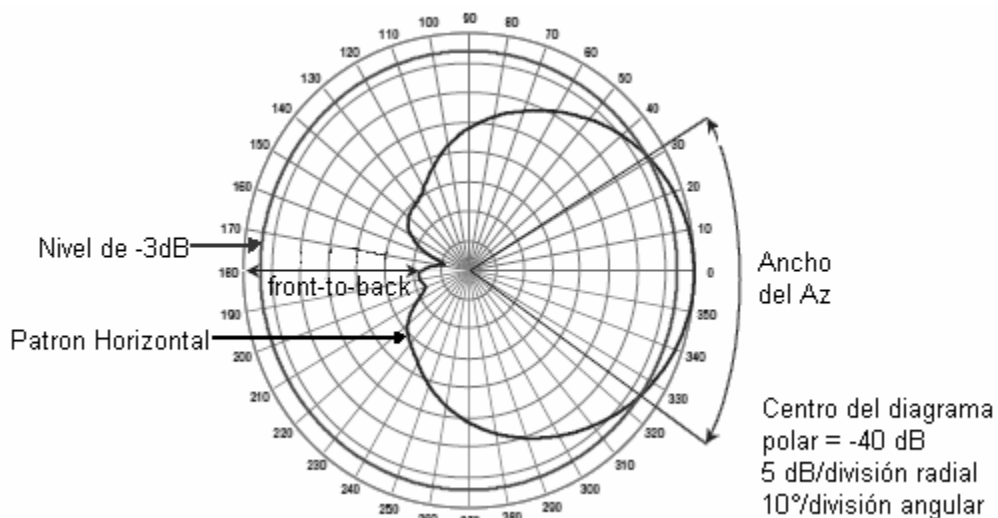
$\theta_V$  = Patrón vertical del ancho del Az en grados.

Estas fórmulas demuestran que la directividad aumenta mientras que el ancho del Az disminuye, las cuales se pueden utilizar para asegurar una apropiada ganancia que puede cambiarse por las especificaciones de los patrones verticales y horizontales del ancho del Az.

#### 1.2.4 Nivel *front-to-back*

El nivel de *front-to-back* es la relación de la directividad máxima de una antena; generalmente  $\theta = 0^\circ$ ,  $\phi = 0^\circ$  en el sistema de coordenada de *altazimuth*; a su directividad en la dirección hacia atrás, generalmente en el  $\theta = 0^\circ$ , el  $\phi = 180^\circ$  en el sistema de coordenada de *altazimuth*. La figura 12 muestra el HPBW y el nivel *front-to-back* para un patrón horizontal típico.

**Figura 12. Diagrama del patrón horizontal polar**

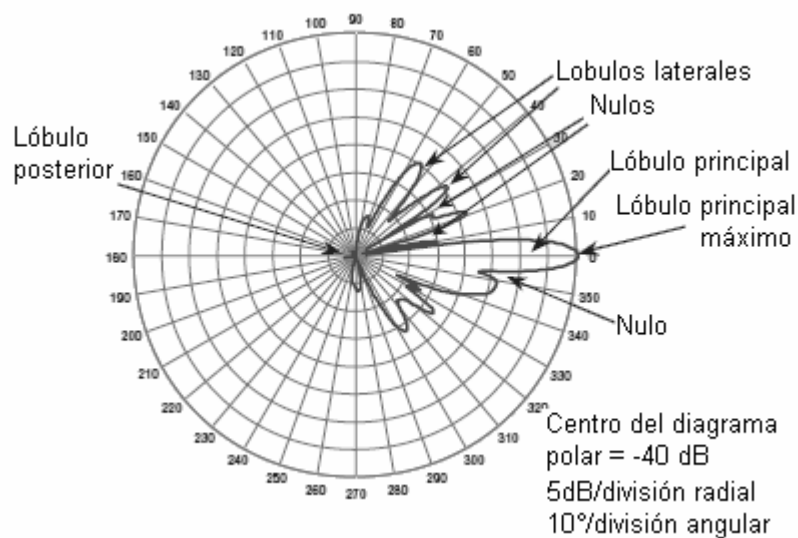


Fuente: Andrew Corporation. Applications/Engineering Notes. Pág. 461

### 1.2.5 Lóbulos laterales y lóbulos nulos

Un patrón vertical típico se muestra en la figura 13. El lóbulo principal, el Az principal o el lóbulo importante, es el lóbulo en el cual ocurre la dirección de la máxima radiación. Un número de lóbulos de menor importancia se encuentran sobre y debajo del lóbulo principal. Éstos se llaman los lóbulos laterales. Entre estos lóbulos laterales están las direcciones en las cuales hay poco o nada de radiación, lo cuales se llama lóbulos nulos. Los lóbulos nulos pueden representar 30 o más reducciones de dB, menos que un milésimo de la energía del Az principal, del nivel de la señal recibida en esa dirección.

**Figura 13. Patrón de elevación de un diagrama polar**



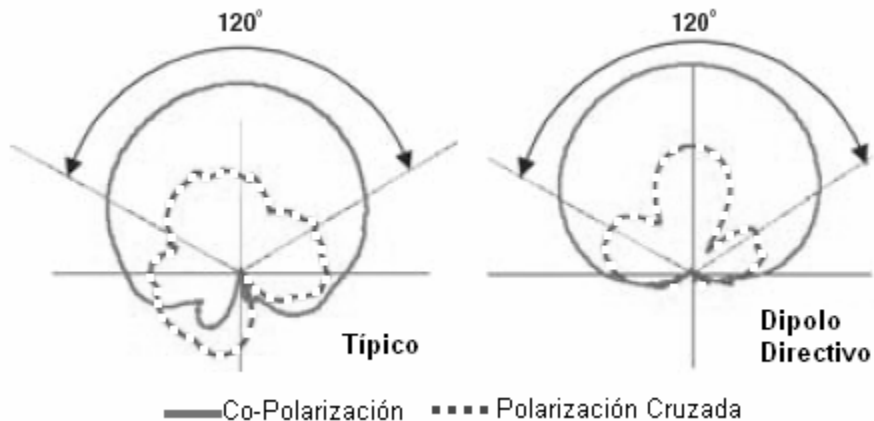
**Fuente: Andrew Corporation. Applications/Engineering Notes. Pág. 461**

Existen técnicas para bajar los lóbulos laterales superiores y volver a dirigir algo de la energía de radiación al lóbulo principal. La consecuencia de hacer esto es ensanchar el lóbulo principal, pero se obtiene una menor directividad y se reduce la ganancia de la antena.

### 1.2.6 Nivel de polarización cruzada, CPR

CPR es una comparación entre el funcionamiento de los patrones de co-polarización vrs. polarización cruzada de una antena con polarización dual generalmente sobre el sector de interés, alternativamente sobre 3 dB de la amplitud del Az. Esta es una medida de un arreglo de polarización cruzada para distinguir entre ondas ortogonales. Cuanto mejor es el CPR, mejor es el funcionamiento de la diversidad de la polarización. El nivel de polarización cruzada y co-polarización se muestra en la siguiente figura.

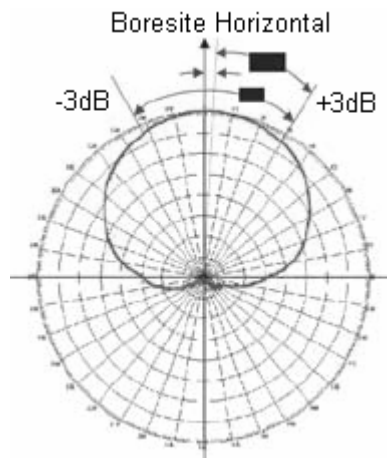
**Figura 14. Nivel de polarización cruzada**



### 1.2.7 Az torcido

Es la cantidad de error que señala el Az referido al *boresite* mecánico. El Az torcido puede afectar el sector de cobertura si no está en el boresite mecánico. También puede afectar el funcionamiento de las antenas de diversidad de polarización si los dos arreglos no tienen patrones similares. La forma de la cantidad de error se muestra en la figura 15.

**Figura 15. Az torcido**

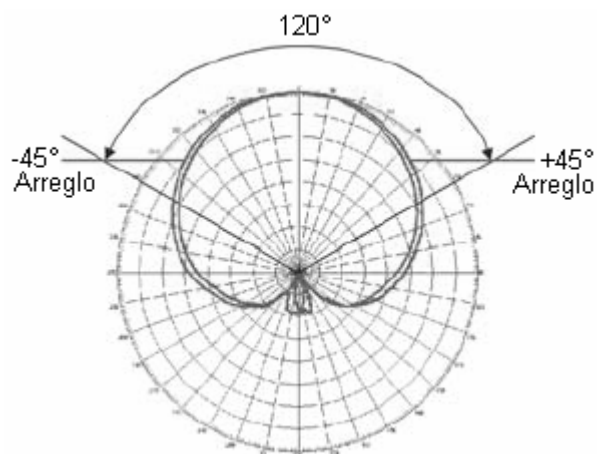


Fuente: Andrew Corportion. Applications/Engineering Notes. Pág. 462

### 1.2.8 Seguimiento del Az horizontal

El seguimiento del Az horizontal consiste en el seguimiento entre 2 Azes de una antena con diversidad de polarización de  $\pm 45^\circ$  sobre un rango angular especificado. Para un óptimo funcionamiento, los Azes deben de seguir tan cerca como sea posible, como en la siguiente figura.

**Figura 16. Seguimiento del Az horizontal**



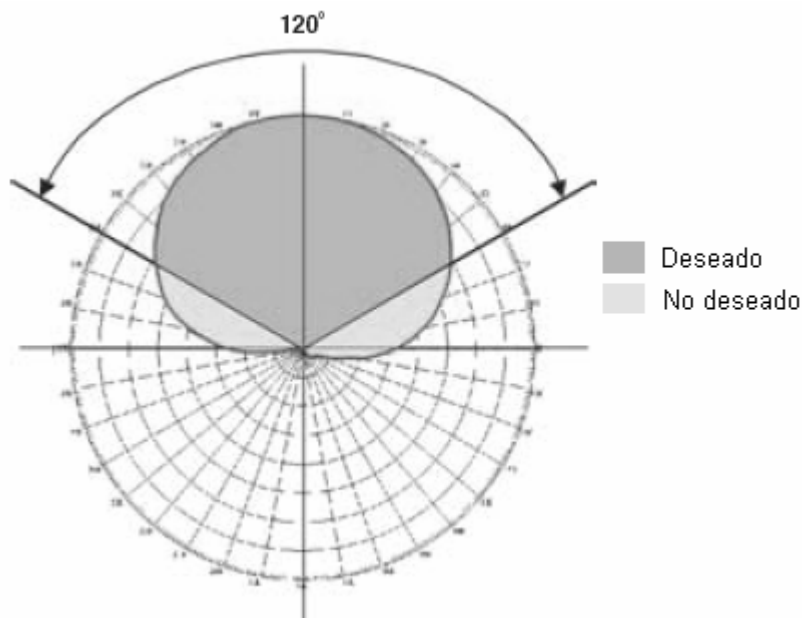
Fuente: Andrew Corportion. Applications/Engineering Notes. Pág. 462

### 1.2.9 Grado del sector de potencia, SPR

El SPR es un nivel expresado en porcentaje de la potencia de salida del sector deseado a la potencia de entrada del sector deseado creado por el patrón de la antena, como se muestra en la figura 17. Este porcentaje permite la comparación entre varias antenas, cuanto mejor sea el SPR, mejor es el funcionamiento de interferencia del sistema.

$$\text{SPR}(\%) = \frac{\sum_{300} P_{\text{No deseada}}}{\frac{60}{\sum_{300} P_{\text{Deseada}}}}$$

Figura 17. Grado del sector de potencia

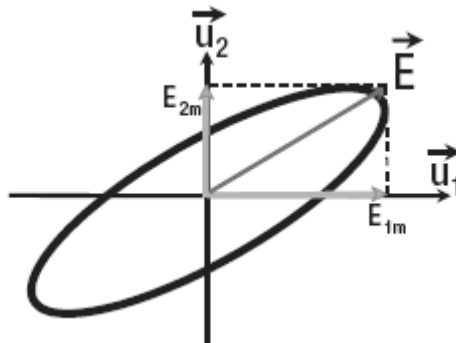


Fuente: Andrew Corportion. Applications/Engineering Notes. Pág. 462

### 1.2.10 Polarización

La polarización de una antena es una propiedad de la onda de radio que es producida por la antena. La polarización describe cómo la onda de radio; corriente de desplazamiento, vector del campo actual; que varía en el espacio con el tiempo. Esto es un concepto importante porque para una onda de radio transmitida con una polarización dada que se recibirá por otra antena, la antena de recepción debe poder orientar y recibir esta polarización. En un punto dado en espacio, la forma general remontada por el vector del campo eléctrico es una elipse, mostrada en la siguiente figura.

**Figura 18. Polarización general de una elipse**



El valor instantáneo de la onda, flechas, se puede escribir como:

$$\vec{E}(t) = E_{1m} \cos(\omega t) \vec{u}_1 + E_{2m} \cos(\omega t + \delta) \vec{u}_2$$

Donde  $\delta$  es la fase por la cual el componente  $u_2$  conduce a la componente  $u_1$ .

Un resumen de tipos básicos de polarización y de los valores de componentes necesarios se muestra en la tabla I.

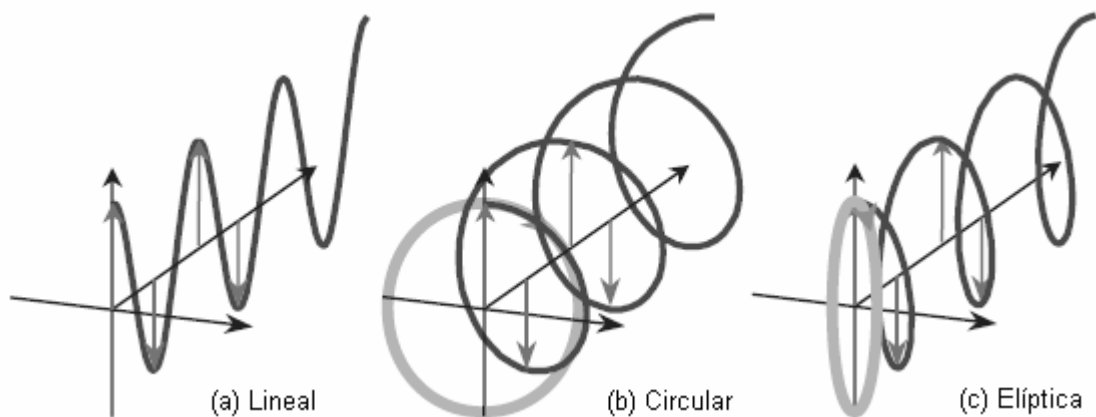


**Tabla I. Tipos básicos de polarización**

Polarización	E1M	E2M	I
Vertical	0	1	0°
Horizontal	1	0	0°
Inclinada derecha 45°	1/√2	1/√2	0°
Inclinada izquierda 45°	1/√2	1/√2	180°
Circular derecha	1/√2	1/√2	-90°
Circular izquierda	1/√2	1/√2	90°

La figura 19 ilustra los tipos básicos de polarización. Las polarizaciones serían ortogonales, si alguna polarización arbitraria se puede expresar como combinación de dos polarizaciones ortogonales. Las dos polarizaciones ortogonales más comunes son verticales y horizontales. Todas las antenas prácticas se componen de dos componentes ortogonales. La respuesta polarización cruzada es la potencia recibida por la polarización ortogonal a la polarización deseada, co-polarización, en un plano especificado.

**Figura 19. Tipos básicos de polarización**

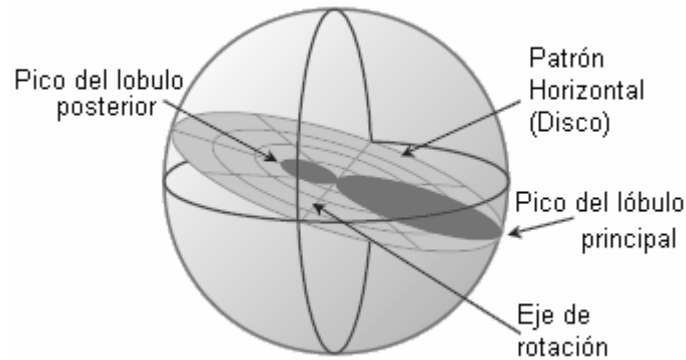


### 1.2.11 Inclinación del Az

Para reducir la cobertura de una antena específica, no sólo se puede reducir la potencia de entrada, sino que el lóbulo principal se puede inclinar debajo del horizonte, es decir, la radiación máxima no ocurre en la dirección del horizonte. La manera más simple de alcanzar esto es inclinar mecánicamente la antena. La antena también puede ser diseñada de modo que el lóbulo principal no señale hacia el horizonte. Esto es alcanzado por las técnicas eléctricas asociadas a la red de la alimentación de la antena y es llamada *downtilt* eléctrico.

Cuando una antena se inclina mecánicamente, sus características de radiación no cambian. Sin embargo, la cobertura en tierra si se afecta. Esto puede explicarse lo mejor posible usando la figura 20. Imagínese que el patrón horizontal es un disco que se rota sobre un eje que miente perpendicular a la dirección de la radiación principal, lóbulo principal. Cuando se rota el disco de modo que sucedan las inclinaciones por debajo del Az principal, en los grados  $\pm 90$  del pico, eje de la rotación, nada pasa; mientras que en los grados  $\pm 180$  lóbulo trasero, el patrón señala hacia arriba. Así, una antena mecánicamente inclinada da una huella reducida de la cobertura en el pico del Az, pero como el ángulo aumenta de este punto, el efecto de la inclinación del Az disminuye.

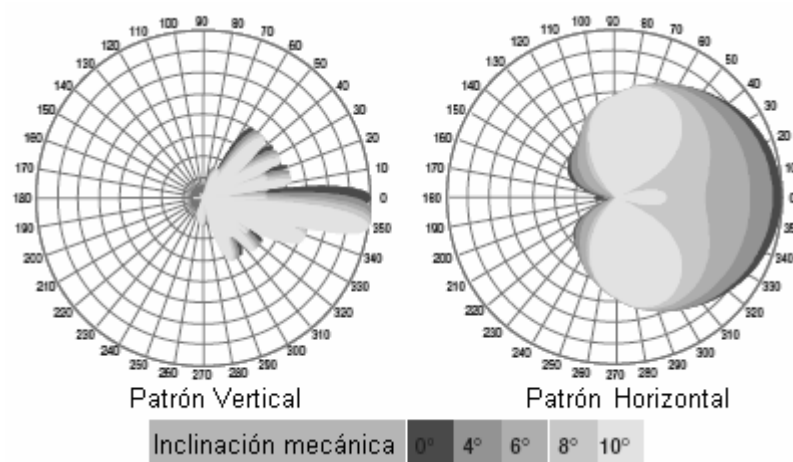
**Figura 20. Inclinación mecánica**



Fuente: Andrew Corportion. Applications/Engineering Notes. Pág. 465

La figura 21 muestra cómo el patrón de radiación horizontal se tuerce mientras que la inclinación mecánica aumenta. Esto es porque en una distancia constante, como las inclinaciones del patrón, el nivel recibido de la señal no es una función del pico del Az principal sino que es una función de la cuesta del lóbulo principal o aún de un lóbulo lateral superior. Mientras que en los grados  $\pm 90$ , ningún cambio ocurre en el patrón horizontal.

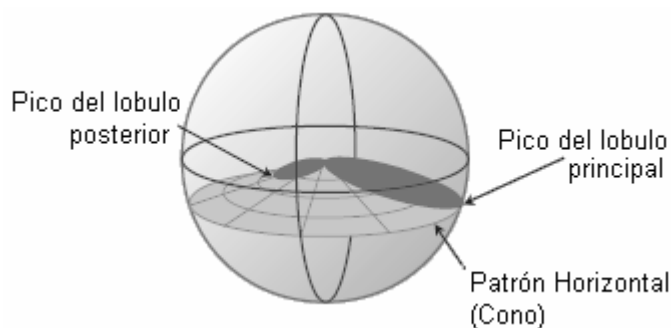
**Figura 21. Patrones de radiación usando la inclinación mecánica**



Fuente: Andrew Corportion. Applications/Engineering Notes. Pág. 465

Con el *downtilt* eléctrico, las características de radiación de la antena cambian. Esto se puede visualizar tomando el patrón del disco horizontal, mencionado arriba, y cortando en su centro para poder formar un cono. Ahora, el patrón entero se inclina, según lo mostrado en la siguiente figura.

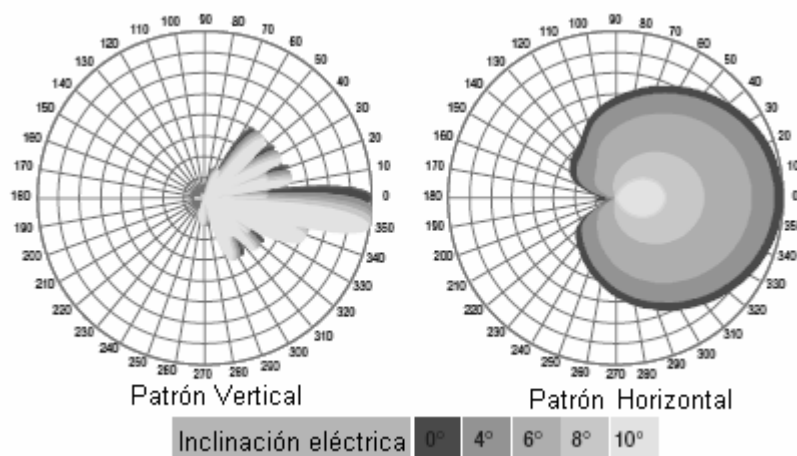
**Figura 22. Inclinación eléctrica**



Fuente: Andrew Corportion. Applications/Engineering Notes. Pág. 465

La figura 23 muestra cómo el patrón de radiación horizontal sigue siendo de la misma forma cuando aumenta la inclinación eléctrica.

**Figura 23. Patrones de radiación usando la inclinación eléctrica**



Fuente: Andrew Corportion. Applications/Engineering Notes. Pág. 465

Para ajustar una antena con la inclinación eléctrica manualmente, una persona debe ajustar físicamente el mecanismo de la inclinación de la antena. El mecanismo de la inclinación permite la reconfiguración de la antena mientras que está instalado y montada en la torre. Esto implica a menudo subir a dicha torre mientras que se apaga el equipo de RF en el sitio. Como alternativa, una antena de inclinación eléctrica remota tiene una impulsión o un motor unido a la antena para permitir que la inclinación sea ajustada remotamente desde la base de la torre usando un regulador local. Múltiples antenas en los sitios se pueden controlar independientemente o en grupos usando este concepto.

### 1.2.12 VSWR y pérdidas de retorno

VSWR y la pérdida de retorno (RL) son medidas de cuánta energía se refleja en la entrada de la antena. La cantidad de energía reflejada por la antena depende de la impedancia de entrada de la antena. La impedancia de entrada de una antena consiste en dos partes, la impedancia misma de la antena y la impedancia mutua. La impedancia misma de la antena esta determinada por las propiedades físicas de la antena. La impedancia mutua es determinada por los alrededores de la antena, es decir, la energía irradiada por la antena que se refleja nuevamente dentro de la antena por los objetos circundantes. Las relaciones entre la impedancia de entrada de la antena,  $Z$ , su VSWR y RL,  $\Gamma$ , son:

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \quad \text{VSWR} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$\text{R.L.} = 20 \log_{10}(\Gamma) = 20 \log_{10} \frac{\text{VSWR} - 1}{\text{VSWR} + 1}$$

Donde,  $\Gamma$  = coeficiente de reflexión  
 $Z$  = Impedancia de entrada de la antena  
 $Z_0$  = Impedancia característica del sistema

VSWR y la pérdida de retorno son solamente componentes de la antena. La tabla II muestra cómo VSWR puede aumentar, RL disminuirá, sin incrementar significativamente la pérdida total de la antena, es decir, disminuyendo la ganancia de la antena.

**Tabla II. VSWR y pérdidas de retorno**

VSWR	Pérdida de Retorno (dB)	Pérdida de Trans. (dB)	Potencia Reflejada (%)	Potencia Trans. (%)
1.00	$\infty$	0.00	0.0	100.0
1.10	26.40	0.01	0.2	99.8
1.20	20.80	0.04	0.8	99.2
1.30	17.70	0.08	1.7	98.3
1.40	15.60	0.12	2.8	97.2
1.50	14.00	0.18	4.0	96.0
2.00	9.50	0.51	11.1	88.9

### 1.2.13 Intermodulación

Una característica de los dispositivos pasivos usados en los sistemas de radio que está llegando a ser cada vez más importante es la distorsión de la intermodulación (IMD). Las no linealidades dentro de estos dispositivos pasivos causan frecuencias indeseadas iguales a los múltiplos, sumas y diferencias integrales de múltiplos integrales de las frecuencias indeseadas. El panorama más simple es cuando dos portadores en la frecuencia  $F_1$  y  $F_2$  se alimentan en una antena. Si la no linealidad está presente, entonces las frecuencias se generan como:

$$F_{\text{IMD}} = nF_1 \pm mF_2$$

Donde,  $F_{\text{IMD}}$  = frecuencia generada por la no linealidad

$n = 0, 1, 2, \dots$

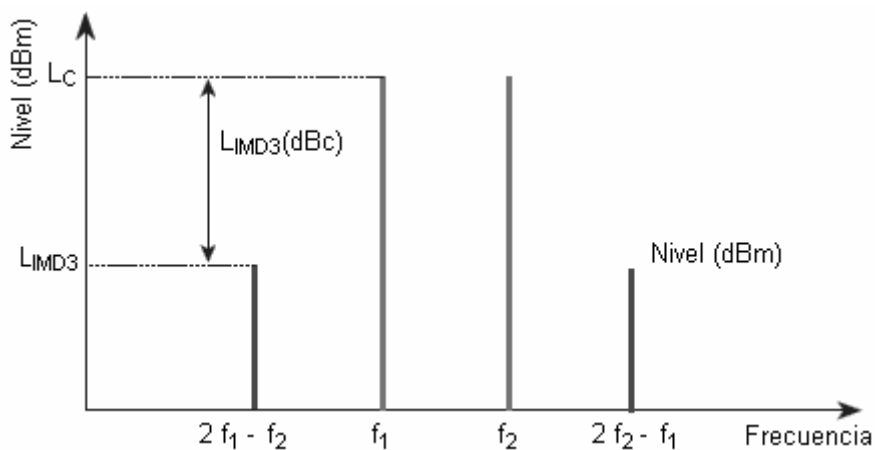
$m = 0, 1, 2, \dots$

Cuándo,  $n$  o  $m = 0$ , entonces  $F_{\text{IMD}}$  es un armónico

$n$  y  $m \neq 0$ ,  $n + m$  esta en el orden de  $F_{\text{IMD}}$

Para los dispositivos pasivos, la  $F_{\text{IMD}}$  que contienen la mayor cantidad de energía son los terceros productos del orden,  $2F_1 - F_2$  y  $2F_2 + F_1$ . Aunque estos productos a menudo no causan problemas, son los más fáciles de medir y generalmente están especificados. La siguiente figura muestra una representación gráfica de la situación de 2 portadoras de IMD.

**Figura 24. Representación de distorsión de intermodulación de tercer orden**



En dispositivos pasivos, la intermodulación significativa es causada generalmente por los componentes ferromagnéticos en la trayectoria del RF y las conexiones pobres entre las piezas del metal. La presencia de la intermodulación significativa se puede atenuar por una combinación de buen diseño y de buenas prácticas de la construcción.

#### **1.2.14 Nivel de potencia**

La potencia de entrada en los terminales de la antena verifica que la antena pueda manejar y entregar con seguridad su funcionamiento clasificado. Generalmente, se limita a la potencia que maneja la capacidad de la línea de alimentación. Muchos sistemas digitales incluyen requisitos de potencia media y de potencia máxima.

### **1.3 Tipos de antenas base**

#### **1.3.1 Antena omnidireccional**

Las antenas omnidireccionales irradian el mismo patrón alrededor de la antena en un área completa de 360°. Para aumentar su ganancia, la señal se aplanan en dirección hacia afuera, quitando directamente el foco sobre y por debajo del patrón vertical, proporcionando más foco en el horizonte. La amplitud de rayo vertical representa el grado de apertura en el foco. Una antena omnidireccional de 12 dBi representa un caso extremo de este foco, rindiendo un patrón vertical completamente plano.



Esto es útil si todas las antenas del cliente están también en la misma altura, tal como un desarrollo residencial en el cual la antena omnidireccional se coloque en la misma altura en el tejado de todos los hogares, o los clientes se encuentran a una gran distancia de la antena omnidireccional y aún relativamente cerca de la misma elevación. De lo contrario, una antena omnidireccional de baja ganancia proporcionará una señal mucho mejor.

### **1.3.2 Antena de sector**

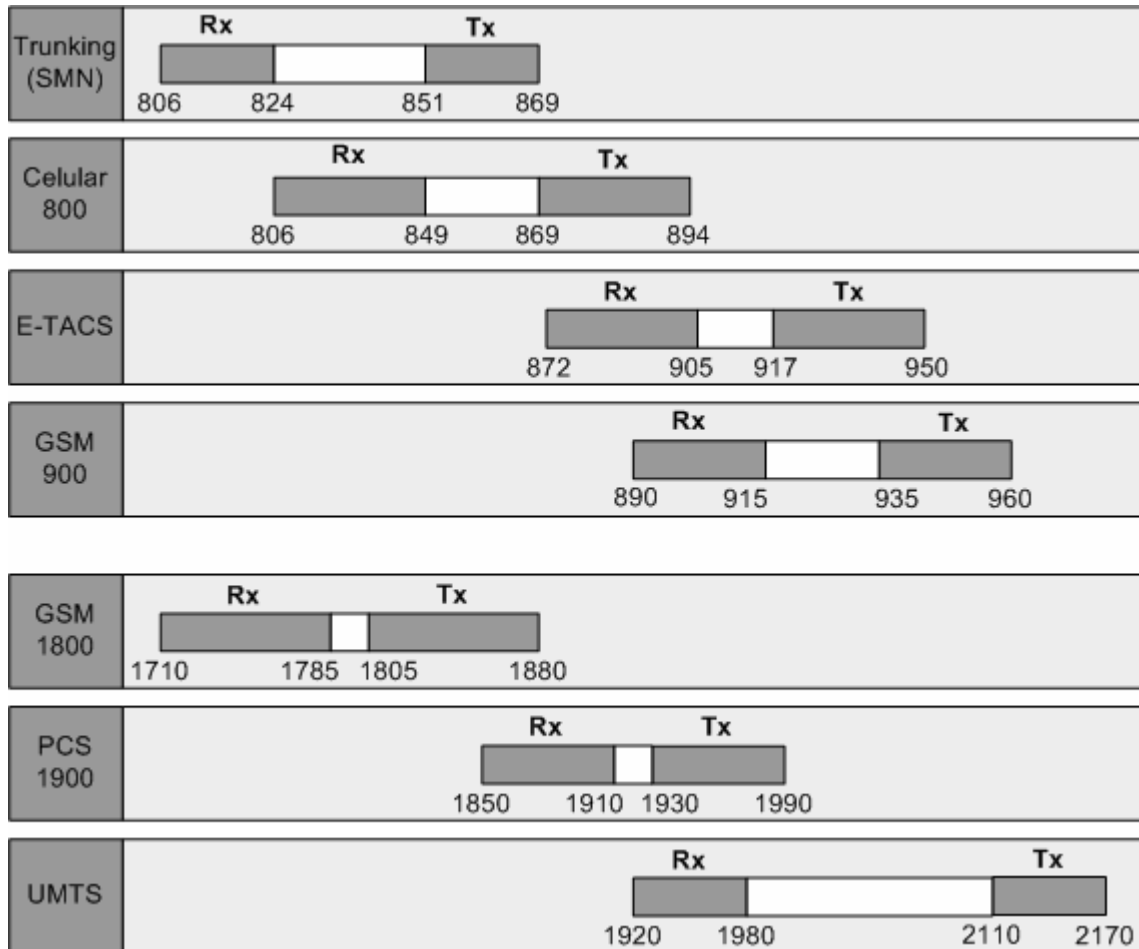
Las antenas de sector irradian la señal en un área específica. Para aumentar su ganancia, las señales se aplanan en dirección hacia afuera, quitando directamente el foco sobre y por debajo del patrón vertical en la dirección específica. Como con una antena omnidireccional, cuanto más alta es su ganancia para una cobertura horizontal dada, más estrecha debe de ser el patrón de la señal vertical. Una característica dominante de usar las antenas múltiples de sector sobre una antena omnidireccional consiste en que la antena se puede montar con una inclinación hacia abajo para empujar el foco hacia la tierra donde se localizan a los clientes. Esto también reduce el área en la cual la antena tomará ruido indeseado de otras radios, incluyendo otras áreas de coberturas adyacentes.

## **1.4 Aplicaciones**

### **1.4.1 Referencia de la banda de frecuencias**

La figura 25 muestra las bandas de transmisión y recepción en MHz para diferentes tecnologías.

**Figura 25. Referencia de la banda de frecuencias**



### 1.4.2 Tipos de antenas usadas en sistemas celulares

Hay dos tipos básicos de antenas base usada en sistemas celulares. Antenas omnidireccionales, Omni, y antenas direccionales o de sector. Las antenas Omni se utilizan generalmente para los sitios de baja capacidad donde no se requiere sectorización.

Los ejemplos típicos son sitios localizados en el área rural. La mayoría de los sitios urbanos y suburbanos usan antenas direccionales o de sector para alcanzar una capacidad más alta. Hasta la fecha, la opción más popular es una solución 3 antenas por sector ( $120^\circ$ ), pero se utilizan las soluciones 6 por sector donde se requiere ediciones de mayor capacidad.

#### **1.4.3 Combinación de aire/diversidad**

Para muchos sitios rurales y suburbanos, se logra la diversidad usando diversidad espacial. Para alcanzar diversidad espacial se colocan dos antenas *uplink* por sector bastante lejos a modo de que las señales que reciban sean sin correlación.

#### **1.4.4 Configuración de alta densidad de la celda usando diversidad de polarización para la diversidad de ganancia**

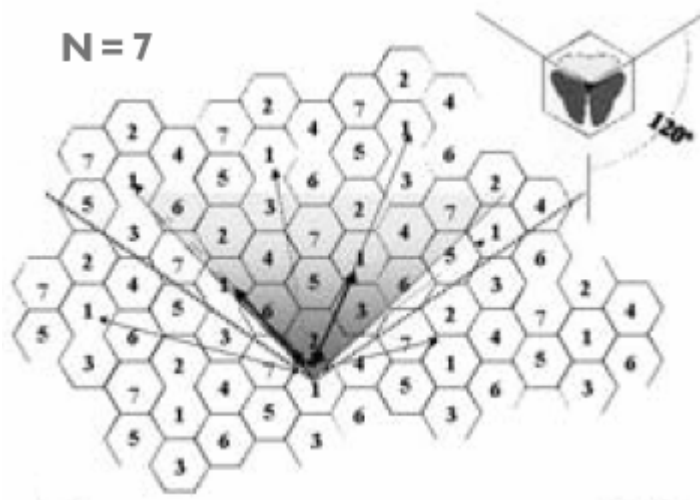
El uso de una sola antena que contiene dos arreglos de polarización ortogonal, Horizontal/Vertical o  $\pm 45^\circ$ , es útil en áreas urbanas densas con alto multidireccional. Los estudios en áreas urbanas con alto multidireccional indican que la ganancia de la diversidad de polarización puede realizar diversidad espacial. El uso de una antena  $\pm 45^\circ$  puede proveer combinación de aire-diversidad, que es útil para evitar pérdidas adicionales en la transmisión de combinación cuando se sobrepone frecuencia adicional.

#### **1.4.5 Celda reutilizada**

Los principios del concepto celular emplean la reutilización de frecuencias repetidamente a través de la red para ganar capacidad.

Las celdas se representan típicamente como hexágonos, figura 26, que muestra un patrón de la reutilización de  $N=7$ . Dependiendo del requisito de la capacidad, estas celdas pueden tener diámetros medidos en kilómetros o en centenas de pies. Puesto que las frecuencias dadas se reutilizan a través del sistema, la sensibilidad del canal se convierte en interferencia limitada más bien que ruido limitado. Por lo tanto puede verse que el patrón que forma, acimut y elevación, puede ir de una manera larga hacia la cobertura óptima dentro del sector deseado y reducir la interferencia al mínimo en de sectores indeseados.

**Figura 26. Conjunto de celdas**

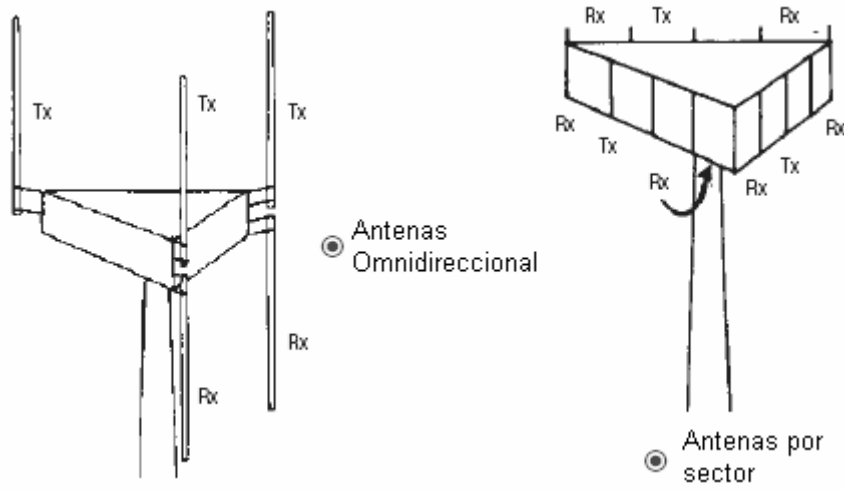


Fuente: Andrew Corportion. Applications/Engineering Notes. Pag. 454

#### 1.4.6 Instalaciones típicas de antenas

La figura 27 muestra la instalación de antenas omnidireccionales y antenas de sector montados en torre.

**Figura 27. Instalación de antenas omnidireccional y por sector**



**Fuente: Andrew Corportion. Applications/Engineering Notes. Pág. 455**



## 2. AMPLIFICADORES MONTADOS EN TORRE

A medida que las redes de telefonía celular continúan ampliándose, los operadores buscan la manera de encontrar formas rentables de mejorar el funcionamiento de la red. Hasta el momento las redes han mejorado en capacidad y en cobertura. Para llegar a una cobertura máxima es indispensable aumentar el rango *uplink* del teléfono móvil en la BTS, sin embargo no debe confundirse con la cobertura máxima posible del rango *downlink*. Al instalar amplificadores de bajo ruido, LNA, en el sistema de recepción de la BTS *uplink*, mejorará perceptiblemente la sensibilidad del receptor cuando estos se encuentren instalados tan cerca como sea posible de la antena; particularmente donde están las pérdidas significativas del cable. Los LNAs situados de esta manera se refieren como amplificadores montados en torre, TMA.

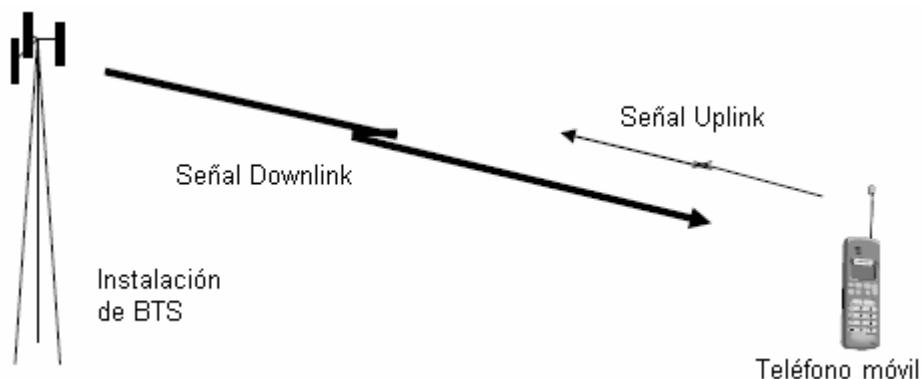
### 2.1 Descripción general del TMA

Los amplificadores montados torre TMAs, se instalan cerca de la antena de transmisión/recepción en la parte superior de la torre. Una antena base transmite una señal mucho más fuerte que la señal que recibe del teléfono móvil, pero el TMA corrige este desequilibrio. El bajo ruido del amplificador proporciona una mejor cobertura a los usuarios reduciendo la posibilidad de desconectarse del sistema de comunicación. Esto aumenta el rango de cobertura *uplink*, recude las llamadas caídas y aumenta el tiempo de vida de la batería del teléfono móvil debido a que la potencia transmitida requerida disminuye porque la estación base llega a ser más sensible a señales más débiles.

### 2.1.1 Fundamentos de cobertura de la BTS

Los dos componentes primarios de cualquier celda son el teléfono móvil y la BTS, los cuales deben poder comunicarse uno con otro como lo muestra la figura 28. Instalado en un lugar fijo, la BTS es el componente principal de la celda. Mientras que hay muchas ediciones geográficas y ambientales que se considerarán, es necesario realizar todas las mejoras posibles para obtener una buena cobertura de la red.

**Figura 28. Componentes primarios de una celda**



El teléfono móvil del usuario funciona con una pequeña batería, tiene una pequeña potencia de transmisión Tx y una antena pequeña, por lo tanto, hace un acoplamiento débil en la red de comunicaciones. La cantidad de tiempo de la charla disponible es una función del nivel de consumo de potencia de la batería del móvil. Cuando el teléfono necesite menos potencia en el tiempo de charla, el tiempo de vida de la batería durará más. La potencia de Tx del teléfono móvil es controlada por un comando de la BTS y la calidad de la señal recibida Rx del teléfono se supervisa continuamente. El resultado es un valor de la tasa de error de bit BER, que la BTS procura reducir al mínimo mandando al teléfono para aumentar su potencia de Tx.

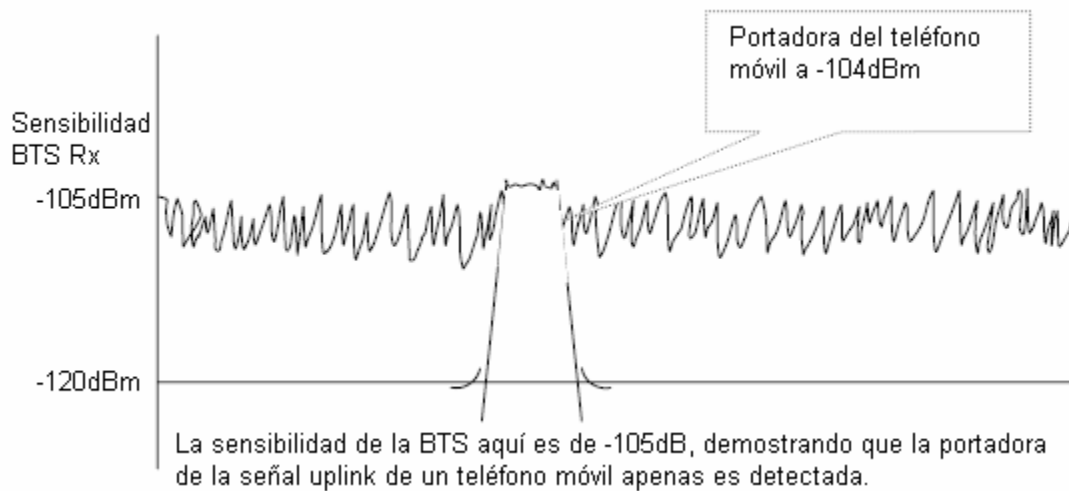


Generalmente, la instalación de la BTS apoyará a un número de antenas por sector en una torre común. Cada uno de estos sectores tiene un patrón de radiación teórico dentro del cual pueden operar los teléfonos móviles. El equipo de la BTS se diseña para proveer suficiente potencia de Tx para que sus señales alcancen los límites externos de una celda y de una sensibilidad de Rx que pueda detectar señales de los teléfonos que transmitan en este límite externo. Ambos se miden en dB y se refieren generalmente al acoplamiento. La relación de la fuerza de la señal entre el *downlink* de la BTS (Tx) y el *uplink*, Rx de la BTS o Tx del teléfono, se refiere al equilibrio del acoplamiento. En teoría, al mejorar la sensibilidad del *uplink* se debe emparejar de la misma forma la potencia de Tx para mantener el balance del acoplamiento.

### **2.1.2 Cobertura de la BTS en la práctica**

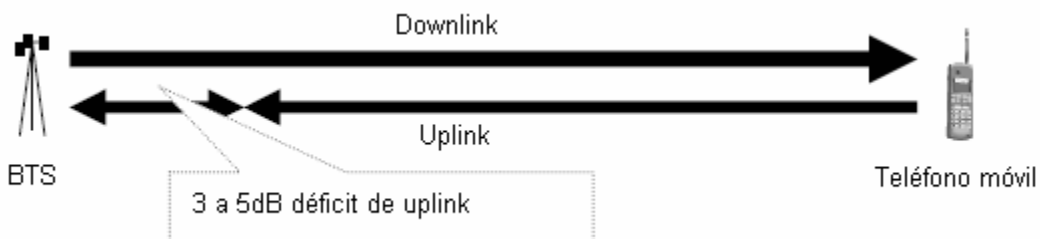
La cobertura de la celda es también una función de la ganancia y de la colocación de la antena. En la práctica, los operadores de red han encontrado a través de pruebas en el terreno, que el *uplink* de la BTS es la causa de la cobertura teórica menos prevista. La fuerza de la señal del *downlink* de la BTS en el límite externo de una celda está generalmente en conformidad con la especificación de cobertura, pero la señal recibida del teléfono de la celda es marginal o no es posible detectarlo por el receptor de la BTS. Esto ha determinado la causa del déficit del *uplink* como un desequilibrio, típicamente de 3 a 5 dB.

**Figura 29. Nivel de sensibilidad de la BTS**



La figura anterior muestra la situación donde la sensibilidad *uplink* de la BTS se encuentra en -105dBm y por lo tanto no puede detectar la señal del teléfono móvil en -104dBm. Con esta sensibilidad *uplink* de la BTS, la señal del teléfono necesitaría estar en -98dBm, la cual se detectará con un BER de 1%, 7dB C/N. La figura siguiente muestra el mismo problema de una diversa manera. La potencia *downlink* se muestra por la flecha superior y es suficiente para alcanzar al teléfono celular, mientras que la flecha inferior muestra la caída de la señal *uplink* con un déficit de 3 a 5 dB para balancear el acoplamiento.

**Figura 30. Señal *downlink* y *uplink***



### 2.1.3 Sensibilidad de recepción de la BTS

La sensibilidad del receptor es una función de la suma de tres factores fundamentales:

- La potencia de ruido del ambiente NP. Es una medida del ruido en la naturaleza. El ruido es una señal electromagnética aleatoria resultado del movimiento de partículas atómicas de toda la materia. Para el ancho de banda de una portadora GSM, el NP es aproximadamente -120dBm.
- Nivel de portador a ruido C/N. Es una medida de la fuerza relativa de la señal recibida que debe estar sobre el piso del ruido para asegurar una detección satisfactoria. En una BTS para un sistema GSM, se alcanza un BER del 1% cuando la señal de la portadora recibida del teléfono es 7dB sobre el piso de ruido del receptor.
- La figura de ruido NF. Es una medida de ruido adicional causada por el trazado del circuito receptor. Para un receptor del GSM es típicamente 3.5dB.

La máxima sensibilidad de un canal receptor GSM es:

$$\begin{aligned} \text{Sensibilidad} &= \text{Potencia de ruido} + \text{Figura de ruido} + \text{Nivel de portador a} \\ &\quad \text{ruido} \\ \text{Sensibilidad} &= -120\text{dB} + 3.5\text{dB} + 7\text{dB} \\ &= -109.5\text{dBm} \end{aligned}$$

Esta es una función que depende del ancho de banda de la portadora GSM y del diseño del circuito, donde la potencia de ruido y el nivel de portador a ruido son fijos. El único componente de sensibilidad que se puede mejorar por parte de los operadores de red es la figura del ruido del sistema NF.

#### 2.1.4 Influencia de la instalación en el sitio sobre la sensibilidad de la BTS

En cualquier instalación dada, el equipo de la BTS se debe conectar con las antenas, que generalmente se instalan en la parte superior de la torre a cierta distancia del equipo de la BTS, y se conectan vía cable coaxial. Dependiendo de la configuración del sitio, los filtros y el adaptador se pueden utilizar en el recorrido de la señal. Estos componentes introducen una pérdida que se agrega directamente al receptor de la BTS. Típicamente estas pérdidas adicionales pueden ser 4.5dB.

El ejemplo de la sensibilidad de Rx del sistema GSM, dado en la sección anterior, sensibilidad del receptor de la BTS, cambia de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{BTS NF} &= 3.5\text{dB} + 4.5\text{dB}, 3.5\text{dB de NF de la BTS}, 4.5\text{dB pérdidas del} \\ &\quad \text{feeder} \\ &= 8\text{dB} \\ \text{Sensibilidad} &= \text{Potencia de ruido} + \text{Figura de ruido} + \text{Nivel de ruido de la} \\ &\quad \text{portadora} \\ \text{Sensibilidad} &= -120\text{dB} + 8\text{dB} + 7\text{dB} \\ &= -105\text{dBm} \end{aligned}$$

Refiérase de nuevo a la figura 29.

#### 2.1.5 Ventaja de instalar un TMA

Un TMA se utiliza para reducir la NF del sistema y por lo tanto para aumentar sensibilidad. Se mencionó previamente que un TMA es un LNA montado cerca de la antena de recepción del sector. De esta manera, las pérdidas del cable son insignificantes y no afectan perceptiblemente la figura del ruido del sistema.

La figura de ruido del sistema se calcula de la siguiente manera:

$$NFs = 10 \log(Fs)$$
$$Fs = F1 + [(F2 - 1)/G1]$$

Donde NFs = Figura de ruido del sistema

Fs = Factor de ruido del sistema, no se multiplica por dB

F1 = Factor de ruido del ruido bajo del TMA

F2 = Factor de ruido de Rx de la BTS, incluyendo pérdidas del sistema

G1 = Ganancia del TMA

Nota: El factor de ruido no se multiplica por dB.

En teoría la conexión en cascada de LNAs reducirá la NF a cero. Una NF entre de 1,5 y de 2dB es el límite práctico del sistema de BTS. La opción del aumento de la ganancia en un LNA es tan crucial como su NF. Típicamente el rango es de 8dB a 16dB. Una ganancia menor que 8dB reduce perceptiblemente la mejora de la NF y con una ganancia mayor a 16dB amplificará solamente el piso de ruido y se hará una compresión excesiva del rango dinámico de la BTS.

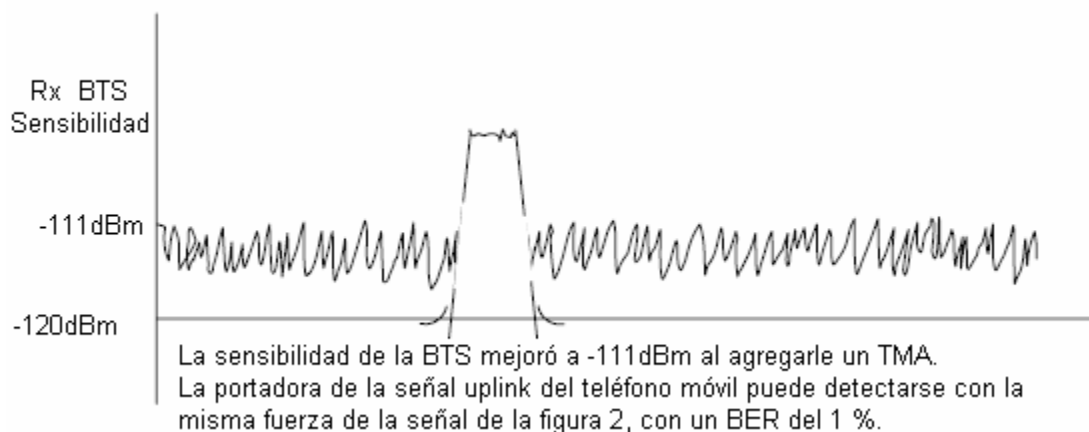
La tabla III muestra un ejemplo de las mejoras típicas con la instalación de TMAs en una Picocelda y en una Macrocela.

**Tabla III. Mejoras con la instalación de TMAs**

<b>Configuración de la estación base</b>	<b>Con 12 dB de ganancia NF del TMA = 1.6dB</b>	<b>Con 16 dB de ganancia NF del TMA = 1.6</b>
<b>Picocelda</b> 6dB de NF de la estación base, 2dB de pérdidas del feeder. <b>8dB total de NF del sistema</b>	El funcionamiento del sistema se mejora a 2.5dB de NF. Se mejora en 5.5 dB.	El funcionamiento del sistema se mejora a 2.0dB de NF. Se mejora en 6dB.
<b>Macrocelda</b> 3dB de NF de la estación base, 2dB de pérdidas <b>5dB total de NF del sistema</b>	El funcionamiento del sistema se mejora a 2.0dB de NF. Se mejora en 3.0 dB.	El funcionamiento del sistema se mejora a 1.76dB de NF. Se mejora en 3.2 dB.

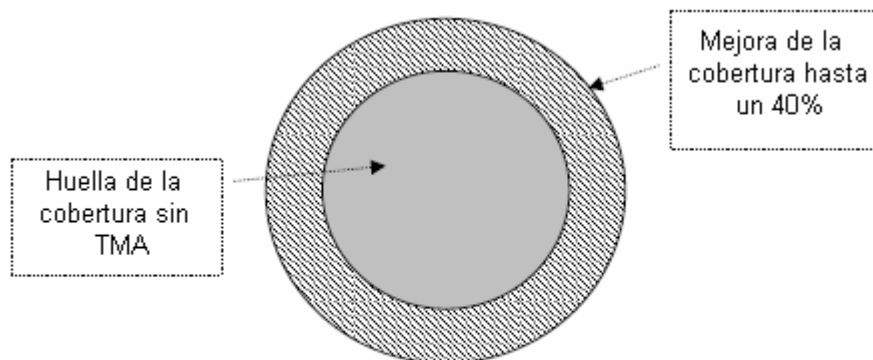
El sistema Picocelda tiene su NF mejorada en 2.0db y la Macrocelda en 1.76db, la mejora de la sensibilidad del sistema es 6 y 3,2 dB respectivamente. Refiriéndose de nuevo al ejemplo de la figura 29 donde la sensibilidad *uplink* de la BTS es -105dB, la figura siguiente proporciona una vista conceptual de la ventaja de usar un TMA.

**Figura 31. Nivel de sensibilidad de la BTS con TMA instalado**



Típicamente, un ruido bajo en el TMA con una ganancia de 12 dB puede utilizarse para alcanzar los resultados antedichos. Estas mejoras en la sensibilidad *uplink* permiten que la BTS que trabaje mejor, y por lo tanto, pueda alcanzar una mejora del 40% en la cobertura de la celda como muestra la siguiente figura.

**Figura 32. Aumento de la cobertura uplink**



Aumento esperado de cobertura uplink para los teléfono móviles debido a instalación de los TMAs.

Este incremento de cobertura es el resultado directo de mejorar la sensibilidad *uplink* de la BTS, creando así ciertas ventajas considerables como las siguientes:

- Más usuarios contentos por la red, BER mas bajo y menos llamadas caídas.
- Menor potencia de transmisión por parte del teléfono móvil y una vida mas larga de la batería del móvil.
- Mejor funcionamiento de la red para mejores inversiones.
- Clientes felices, buena cobertura sin llamadas caídas.

### 2.1.6 Influencia del TMA sobre los parámetros del sistema de la BTS

Los fabricantes de la BTS diseñan su equipo de modo que el rango dinámico de recepción sea suficiente para asegurar una detección de la transmisión del teléfono no distorsionada en un perímetro externo de la celda. Mientras que el TMA mejora la sensibilidad *uplink* de la BTS, también introduce ganancia adicional al sistema de recepción. Esto tiene el efecto de reducir el rango dinámico del receptor que hace las señales sean más fuertes y uniformes. Para los TMAs con ganancias en el orden de 12 dB, el efecto perjudicial sobre la detección de la señal es insignificante. Generalmente, no hay cambios de parámetros en al BTS al instalar un TMA.

Dentro de los límites, la fuerza de la señal en la banda de recepción determinará la potencia de salida del teléfono móvil relevante de la celda, por lo tanto al introducir un TMA no debe requerir ningún cambio significativo de parámetros en el sistema.

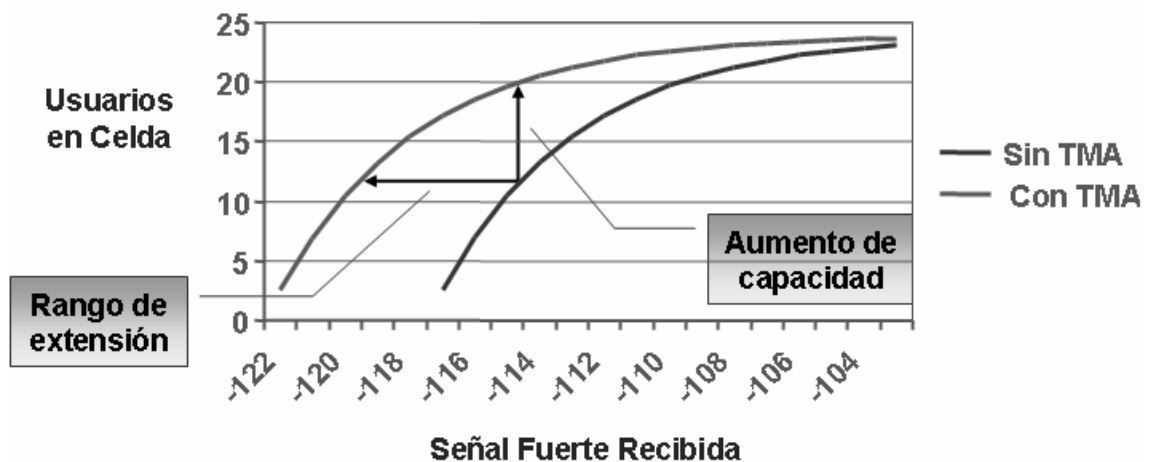
La posibilidad de adicionar justo fuera de banda señales que interfieren se convierte en un problema relevante. La probabilidad de que una señal débil en la banda Rx sea bloqueada por estas señales debe ser considerada para seleccionar un TMA. Un buen diseño de TMA incluirá una alta selectividad en el filtro basa-banda antes de la etapa de LNA. En la instalación de los buenos diseños de la BTS, la característica de rechazo de los filtros fuera de la banda neutralizará el potencial de Rx, bloqueando problemas e incluso mejorando el funcionamiento del sector.



### 2.1.7 Beneficios en redes CDMA

Los beneficios en las redes CDMA consisten en el aumento del rango de cobertura y el incremento de la capacidad de operación de la celda. La figura siguiente muestra una curva característica del número de usuarios *vrs* la señal recibida de un sistema sin TMA, y otra curva con TMA, para mostrar que al incrementar el rango de cobertura existe un aumento de usuarios en la celda, y al incrementar la capacidad de operación se mejora la sensibilidad de la señal recibida.

Figura 33. Beneficios en redes CDMA



### 2.2 Sistema básico TMA

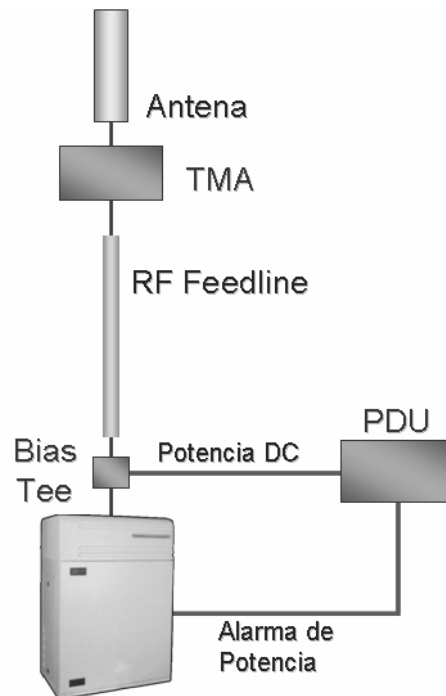
El sistema básico TMA consta de 3 componentes:

- TMA: amplificador montado en torre que mejora la sensibilidad de recepción por la reducción de la figura de ruido, aumentando el rango de cobertura *uplink* sin hacer cambios en la BTS

- *Bias-Tee*: conector que funciona como interfaz DC entre la BTS y el *feeder*, para alimentar con corriente directa al TMA.
- PDU: unidad de distribución de potencia que supervisa las fallas del TMA y la trayectoria de CD a través del *feeder*.

La figura siguiente muestra el sistema básico TMA montado en un sistema de estación base, mostrando los tres componentes básicos y la forma de conexión.

**Figura 34. Sistema básico TMA**



### 2.2.1 Amplificador montado en torre TMA

La trayectoria del *uplink* limita el rango real de la cobertura de una red inalámbrica. Mientras que el transmisor de la estación base con una potencia más alta puede establecer un *downlink* adecuado. Los teléfonos móviles de baja potencia no podrán alcanzar a la estación base en los límites de cobertura y en las localizaciones de interiores.

Esta situación conduce a la aparición de fallas en la conexión, llamadas caídas, calidad reducida de la voz y niveles de datos más lentos. Los usuarios de telefonía celular exigen una buena cobertura, que es uno de los factores principales por el cual los usuarios contratan el servicio. Los sitios celulares adicionales son costosos y asegurar una nueva localización puede resultar difícil, además de desperdiciar tiempo y dinero. Los arreglos complejos de las antenas y el hardware que procesa la señal pueden ofrecer un buen sistema, pero la compatibilidad, el entrenamiento, y las ediciones del mantenimiento pueden dificultar su implementación. El costo final puede ser alto.

Los amplificadores montados en torre TMA, presentan una solución robusta y probada en el campo para la mejora de cobertura, además que es compatible con todos los estándares de interfaz aéreas. Los TMAs tienen un costo efectivo además que son fáciles de instalar, presentando las siguientes características:

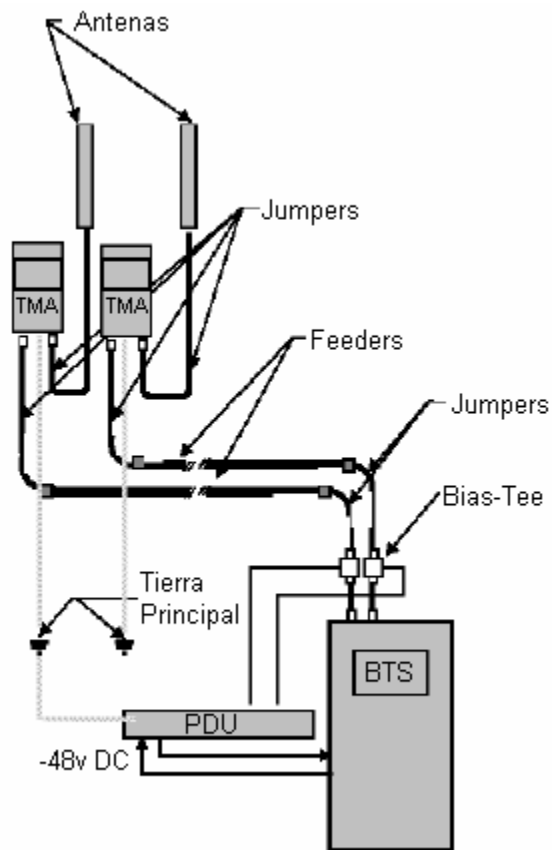
- Mejor sensibilidad. Amplificando la señal recibida antes de que sea degradado por pérdida del *feeder*, el TMA proporciona una mejora en la sensibilidad incomparable por cualquier preamplificador montado en el *rack*.

- Interferencia reducida. Una potencia media mas baja en el teléfono móvil disminuye la probabilidad de interferencia co-canal. En los sistemas CDMA, la capacidad del tráfico aumenta para un tamaño de celda dada.
- Una calidad más alta de la señal. Al tener pocos errores en la transmisión se mejoran tarifas de la calidad de voz y la calidad de datos.
- Una vida más larga de la batería. La salida reducida del teléfono móvil prolonga el tiempo de charla, además promueve un creciente uso.
- Integración de la antena. El TMA se puede montar a la parte posterior de las antenas para configuraciones de fabrica o instaladas en las torres.

### **2.2.2 Unidad de distribución de potencia PDU**

La unidad de distribución de potencia PDU, proporciona la potencia de la fuente para los TMAs vía el alimentador de RF que se conecta por medio del *Bias-Tee* en la estación base para accionar los TMAs. La PDU también detecta fallas en el TMA o en la trayectoria de la DC y reporta las alarmas al interfaz externo EAI, de la estación base, usando salidas aisladas por medio de *relays*. Una conexión típica de la PDU al sistema de la BTS y de la antena se muestra en la figura 35.

**Figura 35. Diagrama de conexión de la PDU y el TMA**



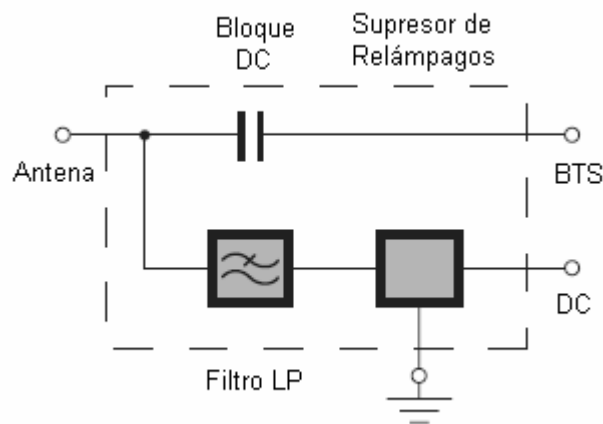
La PDU recibe energía de DC de la BTS y envía señales de alarmas a la BTS cuando existe alguna falla en el sistema. El *Bias-Tee* reciben potencia de la PDU para proporcionar +12v DC al TMA vía los cables de alimentación, y se conectan en serie con los *Jumpers* internos a la salida de la BTS.

### 2.2.3 Unidad de bloque DC *Bias-Tee*

Los *Bias-Tee* permiten la inyección de la corriente DC a los cables de alimentación, permitiendo que la corriente viaje a través de los cables para accionar los TMAs, además incluye un circuito supresor conectado al puerto de DC que protege al equipo de relámpagos. También incluye un circuito para mejorar el aislamiento de la RF y de la DC. Los *bias-tee* presentan las siguientes características:

- Pérdida baja. Todos los *bias-tee* puede utilizarse para transmitir potencia en *feeders* duplexados.
- Excelente IMD y pérdida de retorno.

**Figura 36. Diagrama de bloques de un *bias-tee***



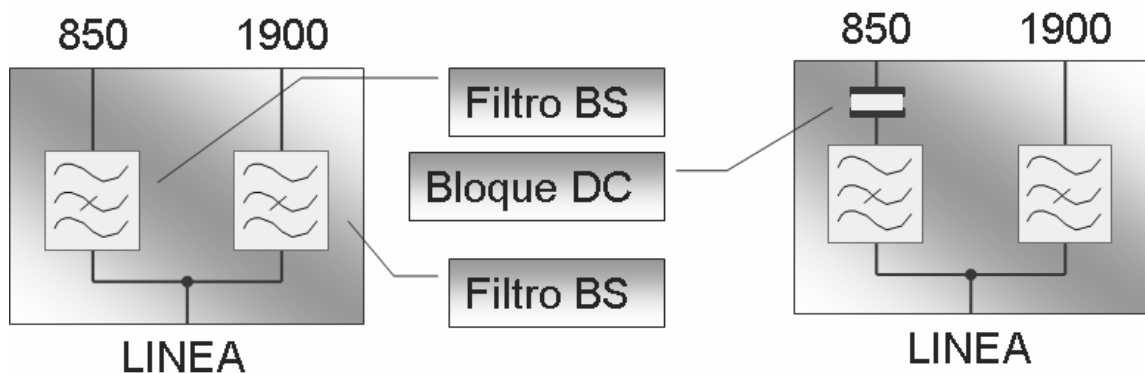
La figura anterior muestra los componentes internos de un *bias-tee* y sus puntos de conexión externos.

## 2.2.4 Otros componentes

### 2.2.4.1 Acoplador *crossband*, *diplexer*

El acoplador de *crossband* combina señales de dos sistemas inalámbricos que operan en diferentes bandas de frecuencias a través de un cable de alimentación común. Estos acopladores desplazaron el uso de la tecnología *stripline* de circuitos impresos, ya que proporcionan una pérdida de inserción baja y una capacidad de alta potencia. Existen dos tipos de acopladores *crossband*, bloque de DC y puente de DC. La versión de puente DC permite la compatibilidad con los sistemas que requieren TMAs, ya que utiliza un diseño distribuido que proporciona una pérdida mas baja de inserción y una confiabilidad mejor que las versiones de bloque DC. La siguiente figura muestra dos tipos de acopladores, un sencillo y uno con puente DC, para acoplar las bandas de 850 y 1900 MHz.

Figura 37. Acopladores *crossband*



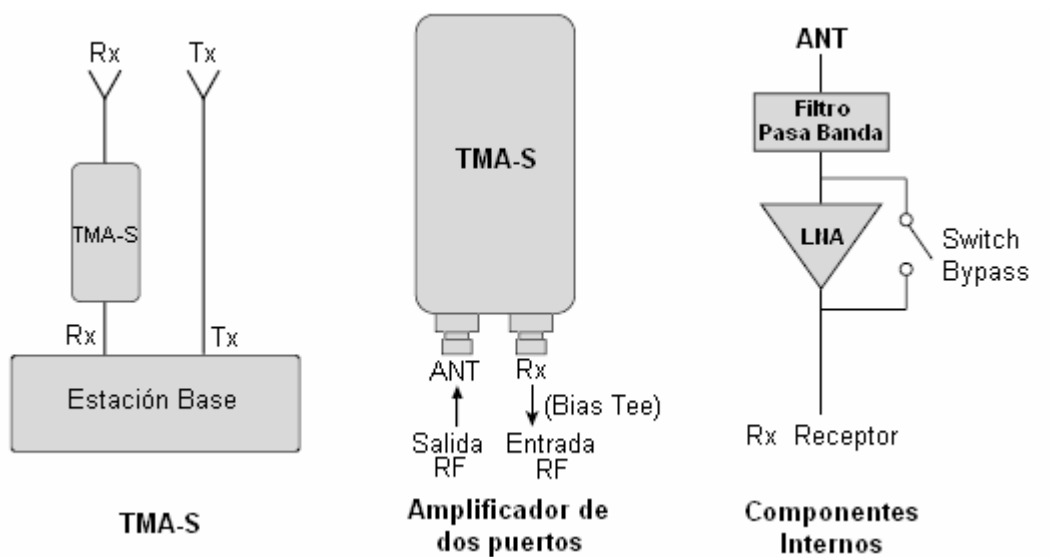
## 2.3 Aplicaciones de TMAs

Existen diferentes tipos y configuraciones de estaciones base por lo que se han creado diversos tipos de TMAs para resolver los requisitos del sistema. Tres tipos de uso general se describen a continuación.

### 2.3.1 TMA simple, TMA-S

El TMA simple es un amplificador que opera solamente en la banda de recepción Rx, el cual se monta en la torre cerca de la antena de recepción y el radio. Su propósito es alzar señales débiles de los clientes. Esta configuración es específica para los sistemas en los cuales se utilizan antenas separadas de transmisión y recepción. La figura siguiente muestra una configuración con un TMA simple, un TMA-S de dos puertos y los componentes internos del TMA-S.

**Figura 38. TMA simple de dos puertos**

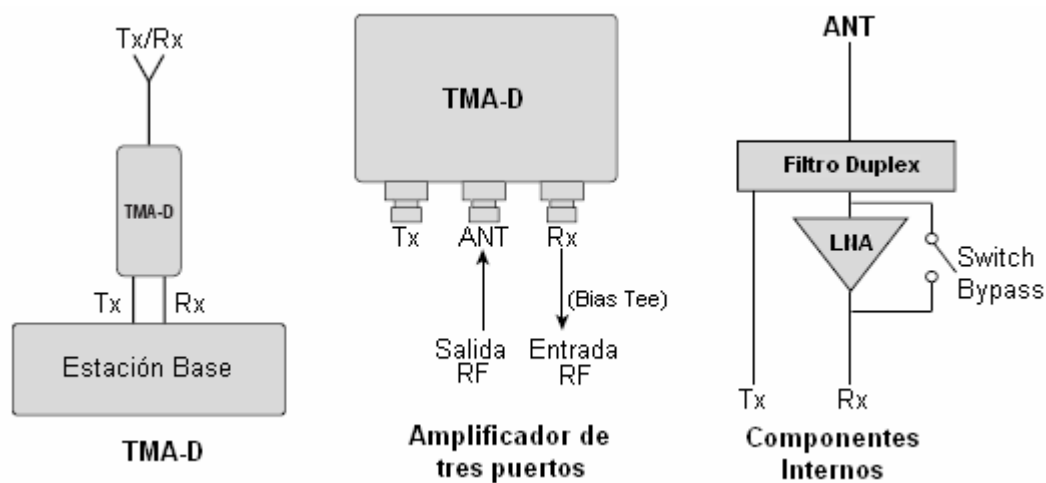




### 2.3.2 TMA dúplex, TMA-D

El TMA-D es un amplificador dúplex que se utiliza en estaciones base donde existe un solo puerto de conexión en la antena para la transmisión Tx y recepción Rx. Estos sistemas comúnmente se llaman *transceivers*. La siguiente figura muestra una configuración dúplex, un TMA-D de tres puertos y los componentes internos del TMA-D.

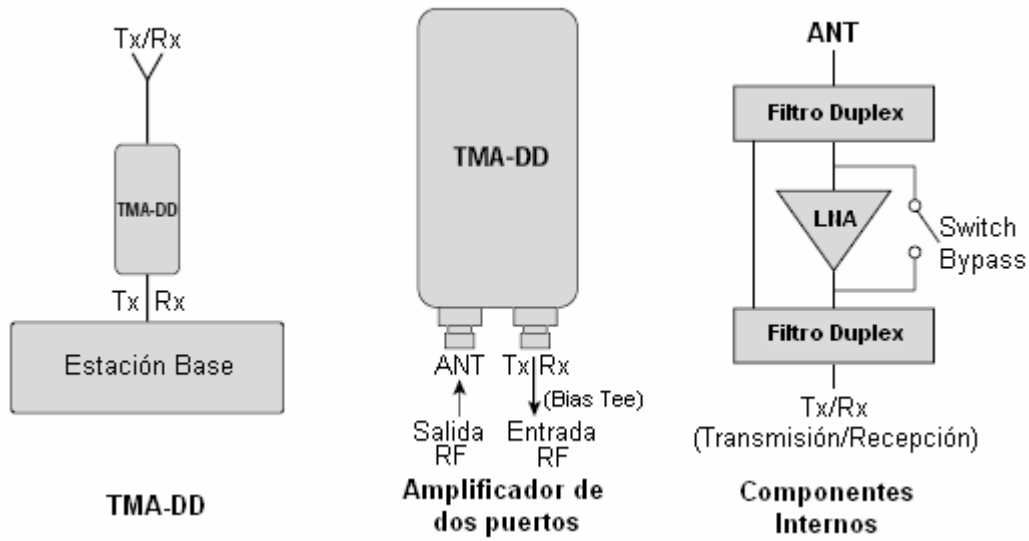
**Figura 39. TMA dúplex de tres puertos**



### 2.3.3 TMA dual duplex, TMA-DD

El TMA-DD es un amplificador dual dúplex que combina los puertos de transmisión Tx y recepción Rx de la estación base con una sola línea de alimentación. Esta configuración es específica para los sistemas que pueden utilizar una antena de Tx y Rx. La figura 40 muestra una configuración dual dúplex, un TMA-DD de dos puertos y los componentes internos del TMA-DD.

**Figura 40. TMA dual duplex de dos puertos**



### 3. IMPLEMENTACIÓN Y SOLUCIONES

Para la implementación de TMAs es necesario seguir el procedimiento de instalación, además de contar como mínimo con 2 técnicos y 1 ingeniero para coordinación y supervisión en el sitio en caso de que fuera un solo TMA, o mas técnicos dependiendo del número de TMAs que se vayan a instalar. Como es necesario deshabilitar la BTS para la instalación de los TMAs, cada proveedor de servicio solicita realizar la instalación en horas de menor tráfico, generalmente a media noche, y así poder suspender el servicio. Antes de la implementación se debe de preparar todo el equipo necesario para poder realizar la implementación en el menor tiempo posible.

#### 3.1 Procedimiento de instalación de TMA

Este procedimiento se aplica a todos los sitios en los cuales existe una BTS 12000 ó 18000, para las instalaciones de equipos TMAs, *Bias-Tee* y PDUs.

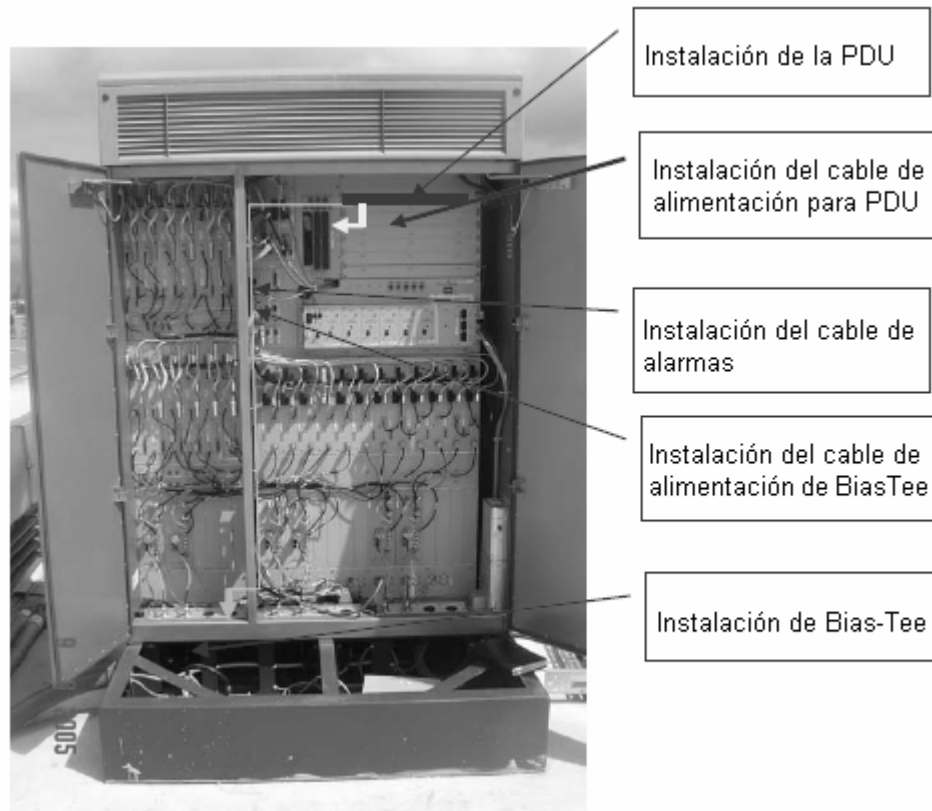
##### 3.1.1 Directrices para la instalación de TMAs, *Bias-Tee* y PDUs

A continuación se muestra los pasos a seguir para la instalación de TMAs, *Bias-Tee* y PDUs.

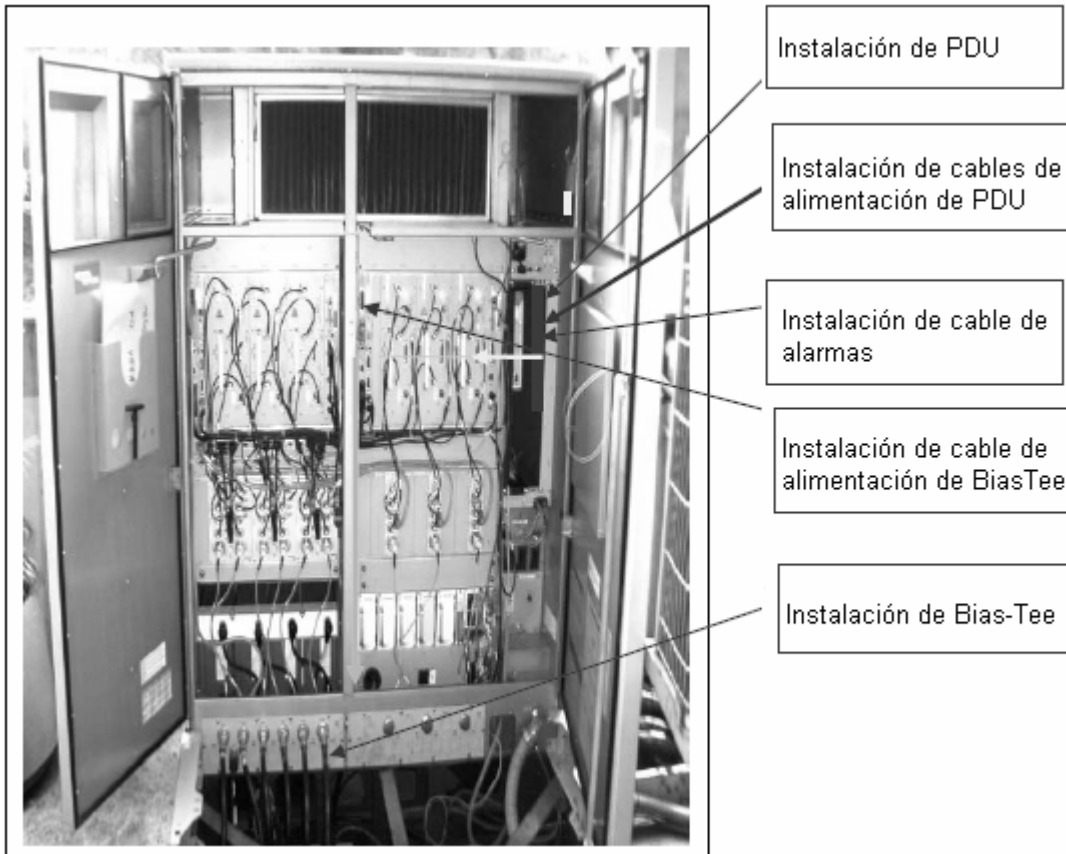
1. Se inspecciona la ubicación de la instalación del TMA para determinar la altura y posición adecuada tomando como criterios la curvatura del cable y estética de instalación.

2. Colocación del *top jumper* al TMA en el conector marcado como BTS y ajustar con herramienta.
3. Proteger con vulco el conector, utilizando cinta de aislar, vulco, cinta de aislar.
4. Fijación de TMA a lugar determinado en la evaluación mediante cinta *Band It*.
5. Colocación de cable de tierra del TMA a barras de tierras.
6. Solicitar autorización a los operadores de gestión de red para trabajar en la instalación mecánica en la BTS.
7. Instalar PDU en la primera posición de la BTS disponible horizontalmente si es BTS 12000 o verticalmente si es BTS 18000 de acuerdo a la figura 41 y 42 respectivamente.

**Figura 41. Diagrama de instalación en BTS 12000**



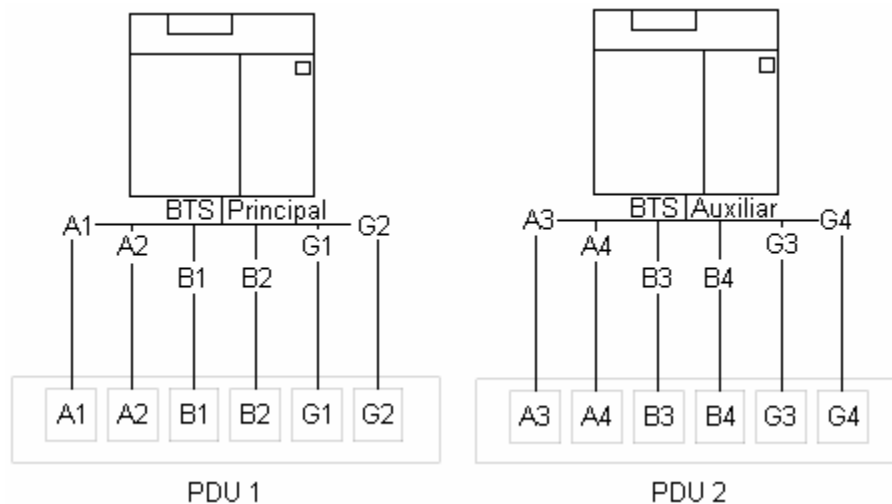
**Figura 42. Diagrama de instalación en BTS 18000**



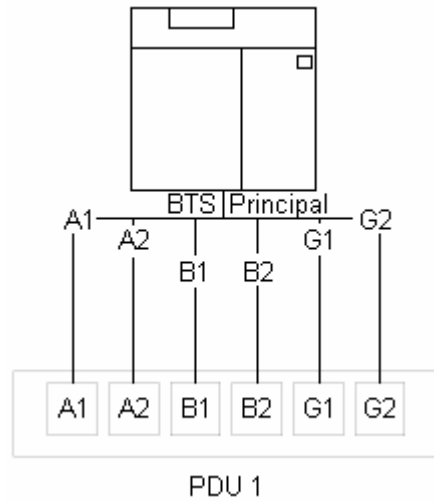
8. Colocación de cables al PDU de acuerdo al diagrama de conexión del TMA que se muestra en el anexo I.

9. Ajustar los cables a la BTS con cinchos de manera estética e independiente de cables existentes de acuerdo a la figuras 41 y 42.
10. Quitar el vulco existente de los *jumpers* que van conectados en la parte posterior de las antenas, y si existen 2 BTS, instalar la extensión del cable de alimentación del BTS principal hacia la BTS auxiliar. Identificar con etiquetas los cables de alimentación para cada PDU.
11. Instalar y conectar los cables del PDU a los *Bias-Tee*. Identificar en PDU los *Bias-Tee* instalados de acuerdo a las figura 43 y 44 para las BTS 12000, y a las figuras 45 y 46 para las BTS 18000.

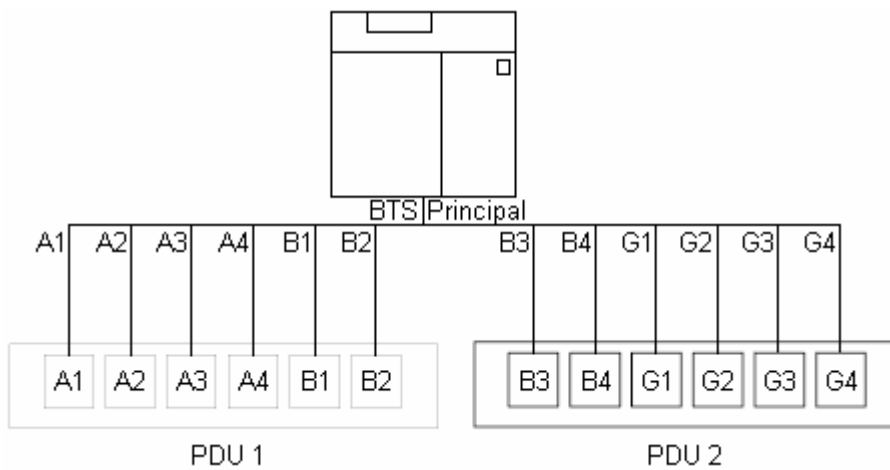
**Figura 43. Configuración de *Bias-Tee* en PDU en caso exista BTS 12000 + 12000**



**Figura 44. Configuración de *Bias-Tee* en PDU en caso exista una única BTS 12000**

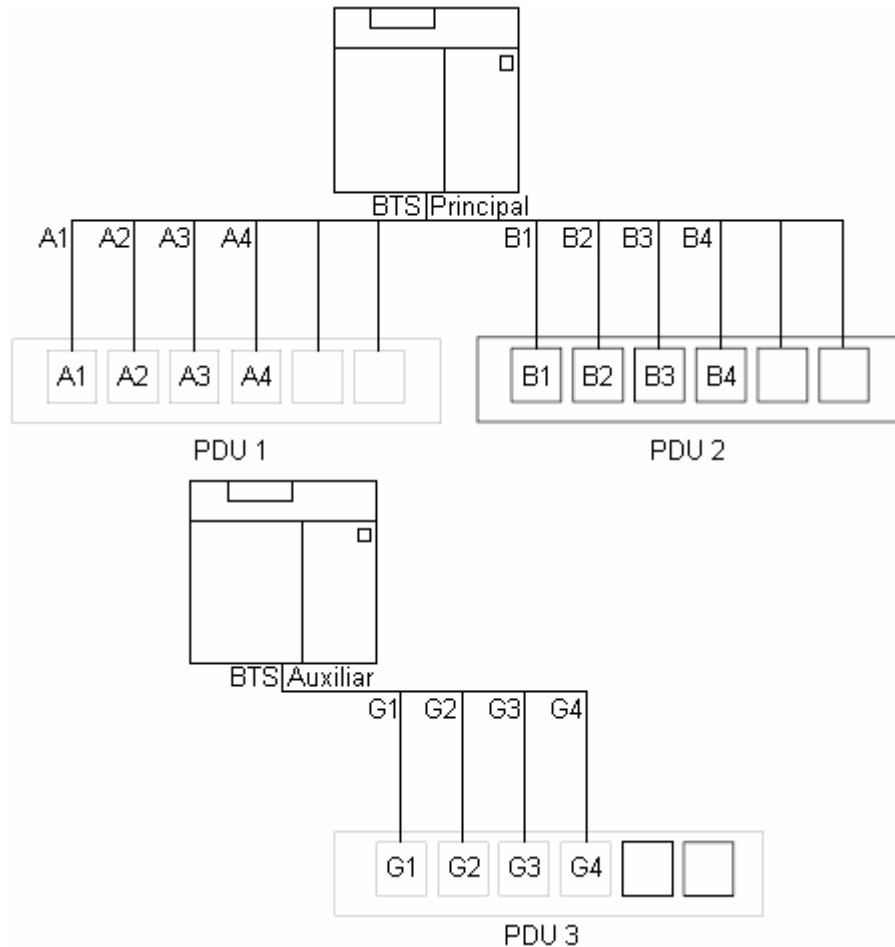


**Figura 45. Configuración de *Bias-Tee* en PDU en caso exista una única BTS 18000**





**Figura 46. Configuración de *Bias-Tee* en PDU en caso existan BTS 18000 + 18000**



12. Instalación de tierra física de *Bias-Tee* a barra de tierras del *Plinth*.

13. Solicita a los operadores de gestión de red apagar la BTS.

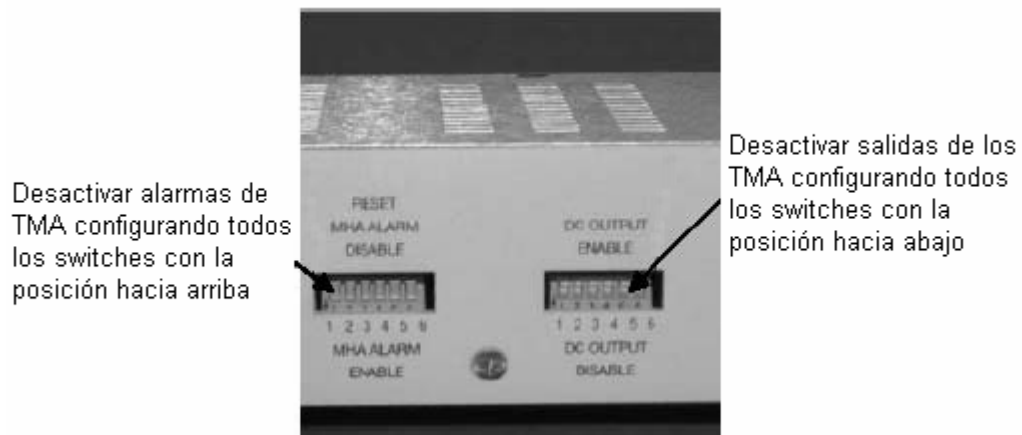
14. Posterior al apagar la BTS, desconectar los *jumpers* existentes posteriores a la antena, a la vez realizar la instalación de alarmas en la BTS identificando los cables de alarmas de la PDU y de la BTS.

15. Conectar el *jumper* posterior de la antena hacia la entrada del TMA, en caso existan 2 antenas identificarlos con 1 y 2 muescas respectivamente, a la vez energizar los PDUs en la toma de energía de la BTS asignados.
16. Conectar los *top jumpers* nuevos del TMA a la parte posterior de la antena, y a la vez desconectar los *feeders* provenientes de las antenas dentro de la BTS e instalar los *Bias-Tee* correspondientes.
17. Proteger con cinta de aislar, vulco y cinta de aislar las nuevas conexiones.
18. Previo a encender equipos verificar la instalación, y posterior encender equipos y verificar alarmas con los operadores de gestión de red.

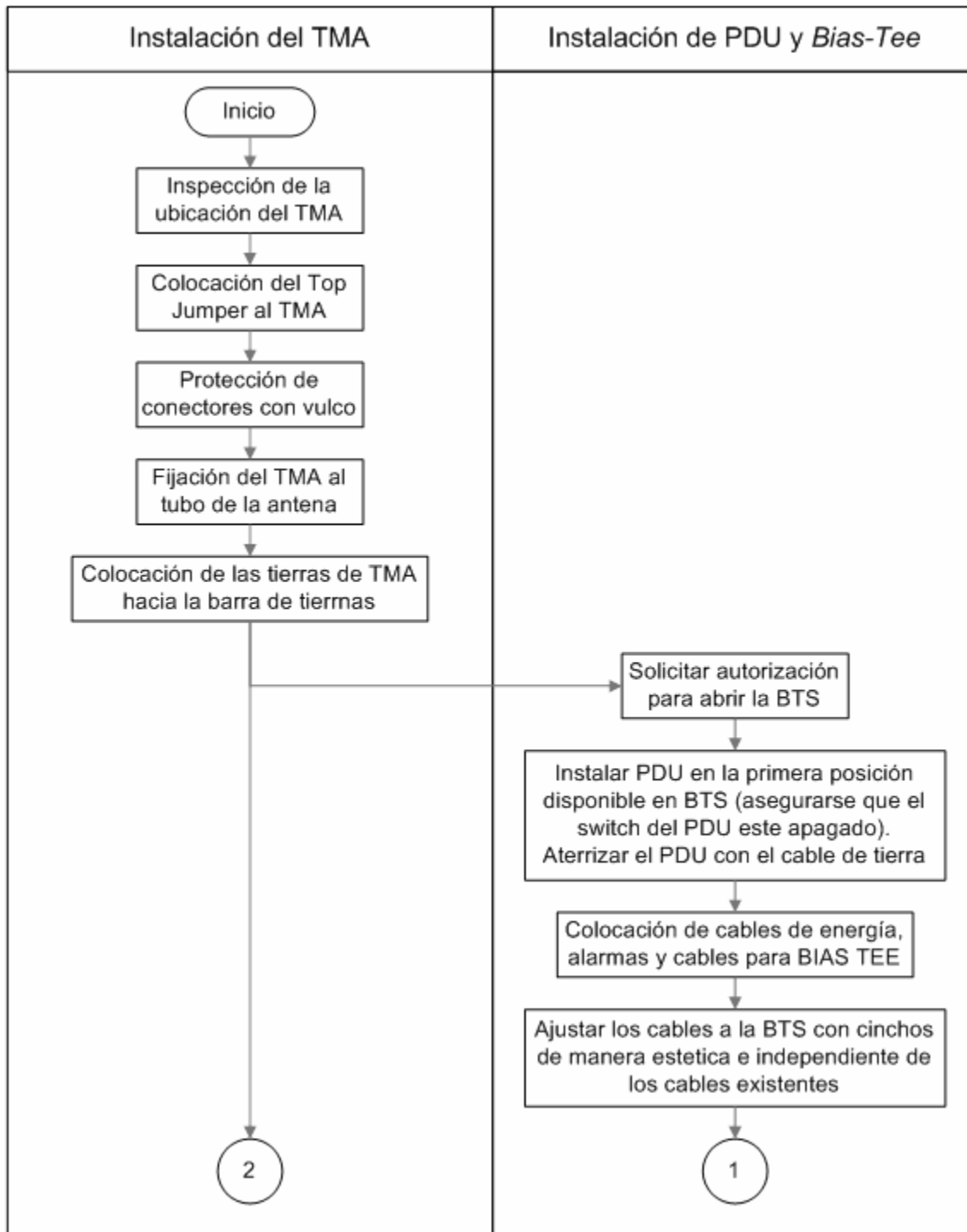
### 3.1.2 Procedimiento para deshabilitar TMAs y alarmas

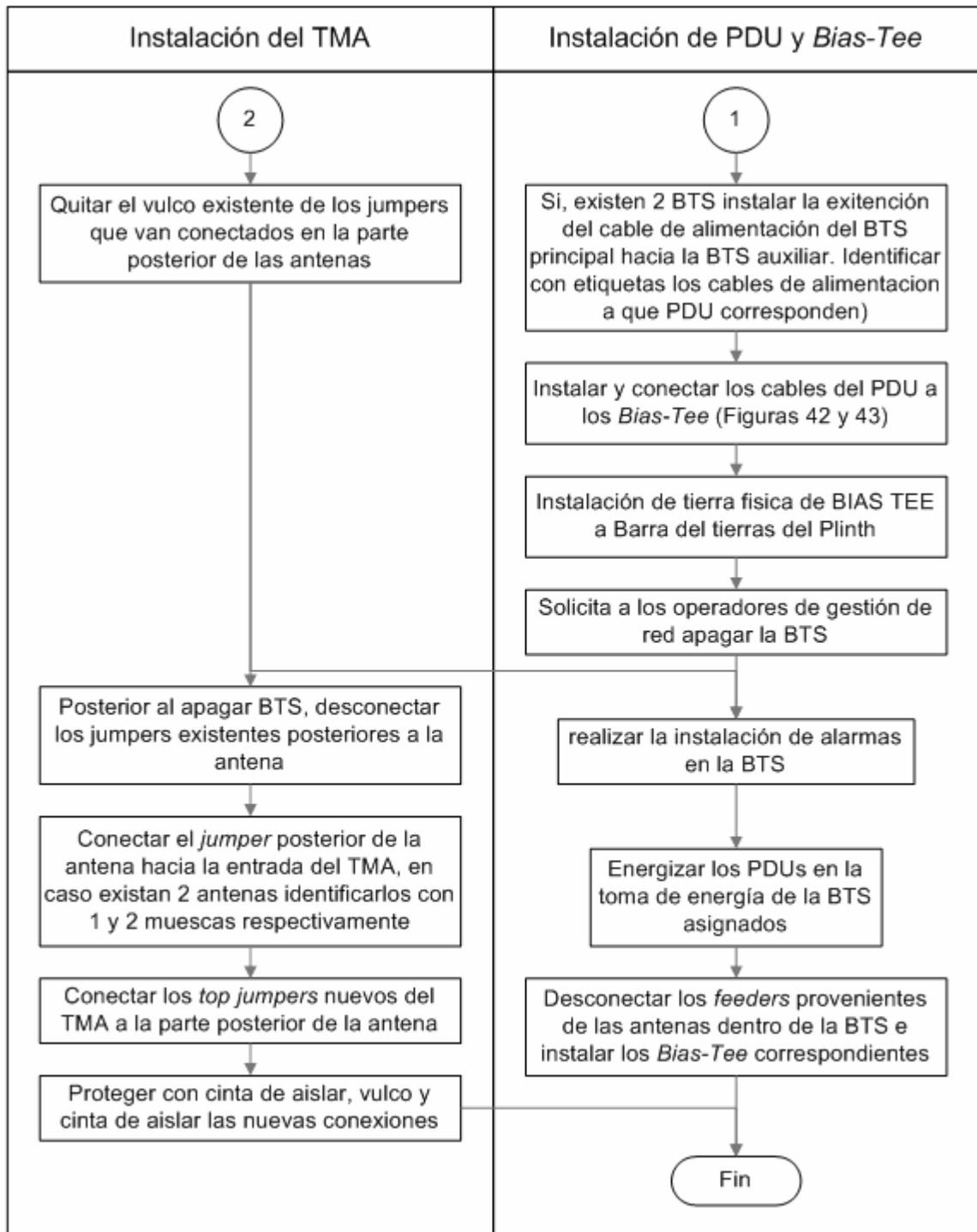
En el momento que no se instale la capacidad completa de los TMAs que maneja el PDU pueden desactivarse las salidas y alarmas usando los *switches* mostrados en la siguiente figura.

**Figura 47. Switches para activar y desactivar las alarmas y salidas de los TMAs**



### 3.1.3 Diagrama de flujo de para la instalación de TMAs, *Bias-Tee* y PDUs





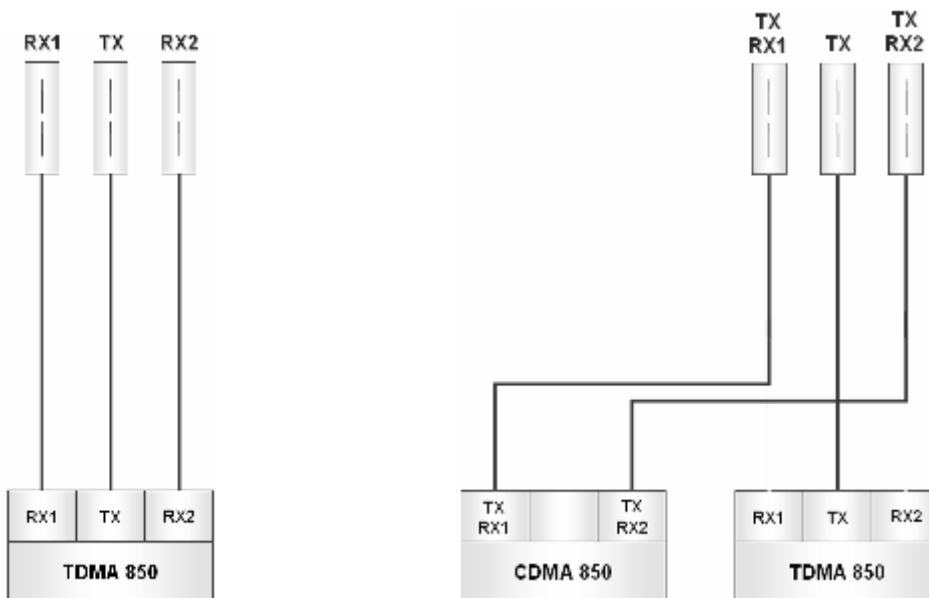
### 3.2 Soluciones

En la implementación de TMAs es necesario contar con soluciones para resolver problemas de funcionamiento. Existen muchas configuraciones de estaciones base en las cuales se pueden implementar TMAs, básicamente existen dos soluciones, recubrimiento de banda simple y recubrimiento de doble banda de las cuales se derivan algunas aplicaciones según la BTS y el tipo de antena.

#### 3.2.1 Recubrimiento de banda simple

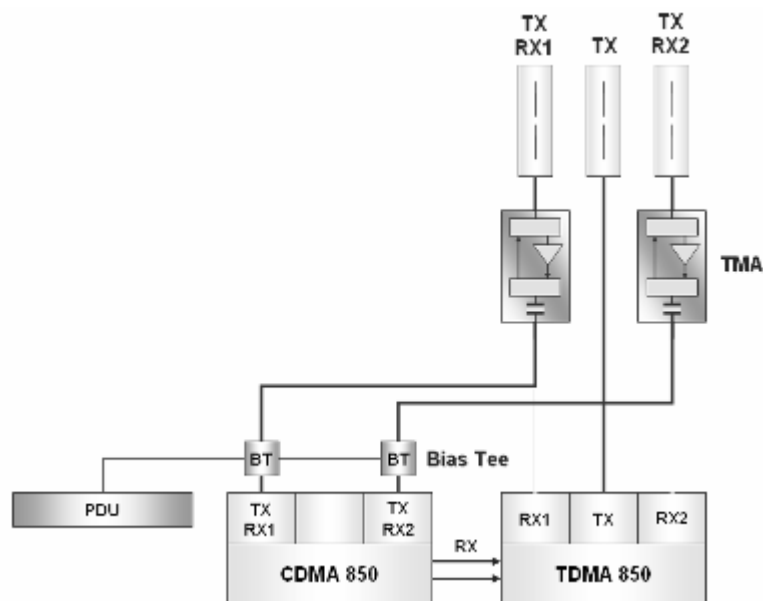
Esta es la solución más sencilla, consta de la instalación de una BTS CDMA con antenas de polarización dual en la misma banda de operación de la BTS TDMA ya instalada de la misma banda de frecuencias.

**Figura 48. Sector TDMA no duplexado**



La figura anterior muestra un sector TDMA no duplexado y la forma como se le agrega un sector CDMA duplexado con las mismas antenas. Realizando un co-sitio de recepción TDMA en la BTS CDMA e instalando los TMAs para ambos servicios en la misma banda de operación se obtiene un recubrimiento de banda simple, como el que se muestra en la siguiente figura.

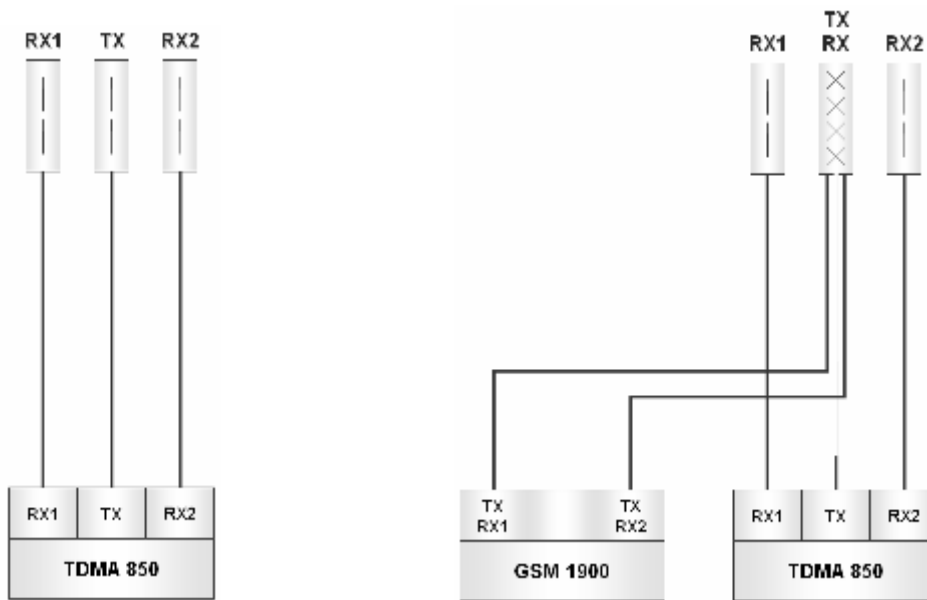
**Figura 49. Recubrimiento de banda simple**



### 3.2.2 Recubrimiento de doble banda

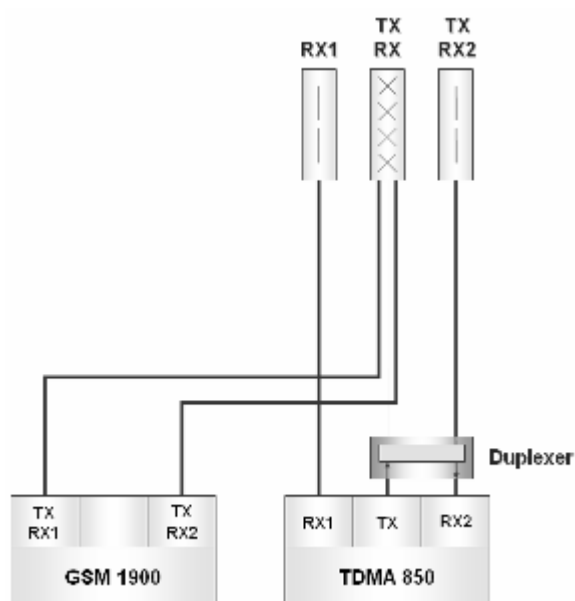
Esta solución consiste en la instalación de una BTS GSM que opera en otra banda de frecuencias que la BTS TDMA ya instalada. En este ejemplo se muestra un sector TDMA en la banda de 850 MHz y un sector GSM en la banda de 1900 MHz. En la figura 50 se muestra inicialmente el sector TDMA 850, posteriormente se muestra el cambio de la antena de polarización dual por una antena GSM 1900 dual-duplex de diversidad polar y la instalación del otro sector GSM 1900.

Figura 50. Sector TDMA no duplexado y Sector GSM de diversidad polar



Posteriormente se instala un *duplexer* en el sector TDMA para Tx/Rx.

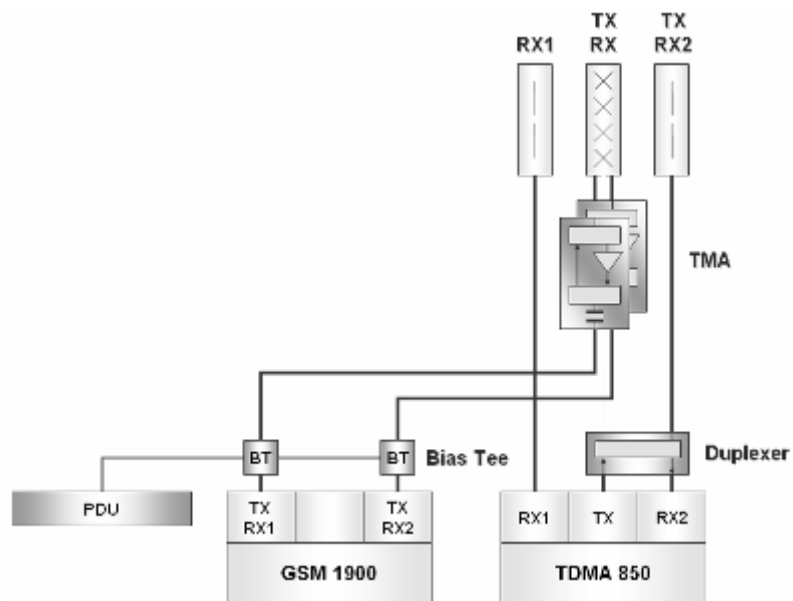
Figura 51. Instalación del *duplexer* en el sector TDMA





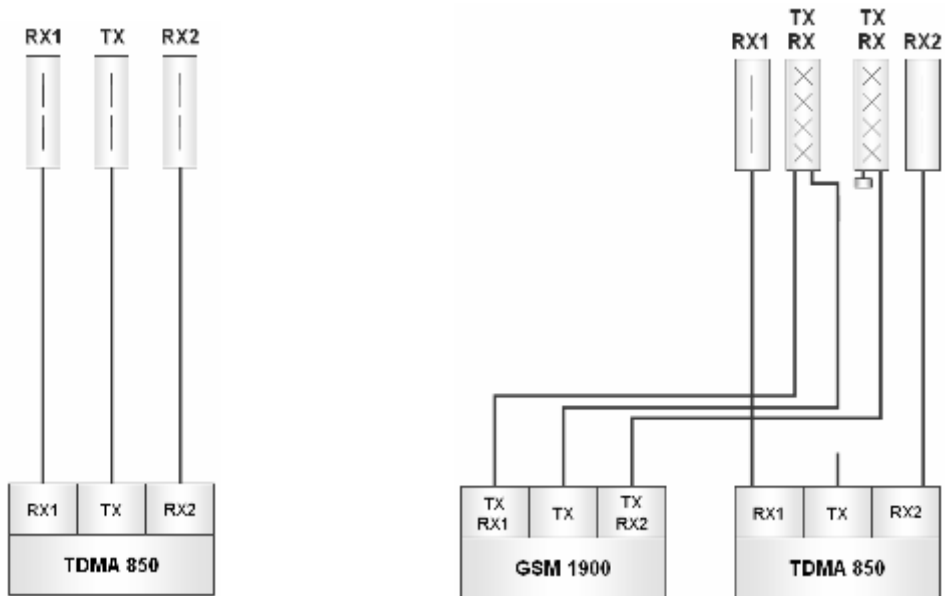
Por último se instala un TMA gemelo en el sector GSM para las antenas 1900 dual duplex, además de instalar el PDU y los respectivos *Bias-Tee*. En la siguiente figura se muestra una solución para el recubrimiento de doble banda.

**Figura 52. Recubrimiento de doble banda**



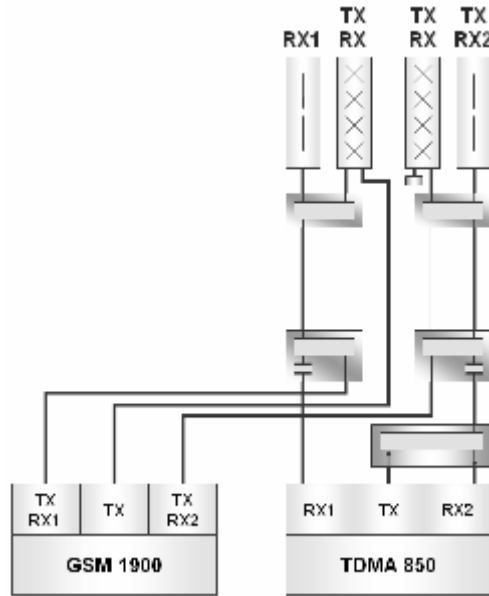
Existe otra solución similar a la anterior pero con una variante en los TMAs. Inicialmente se cuenta con una BTS TDMA 850 y se instala una BTS GSM 1900. Posteriormente se agregan dos antenas de polarización dual GSM 1900 como se muestra en la figura 53.

Figura 53. Sector TDMA 850 y GSM 1900



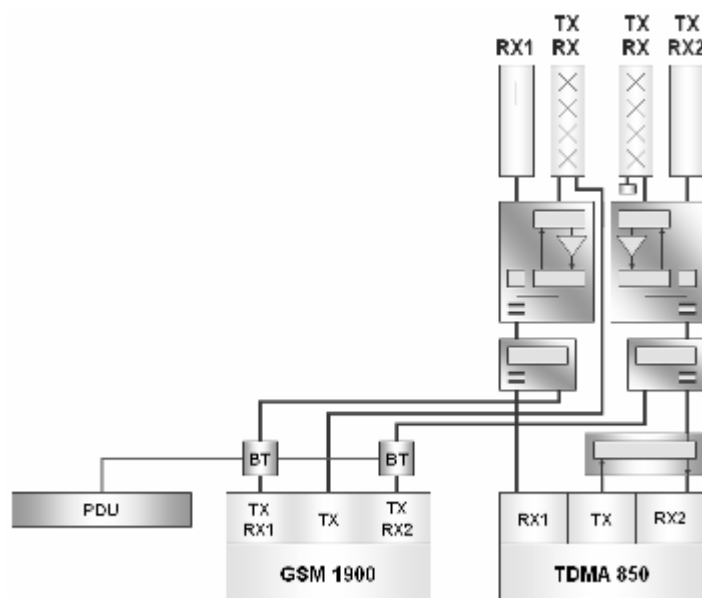
Posteriormente se agrega un *duplexer* en el sector TDMA y acopladores *crossband* para reducir los *feeders* como se muestra en la figura 54.

**Figura 54. Instalación de *duplexer* y *crossband***



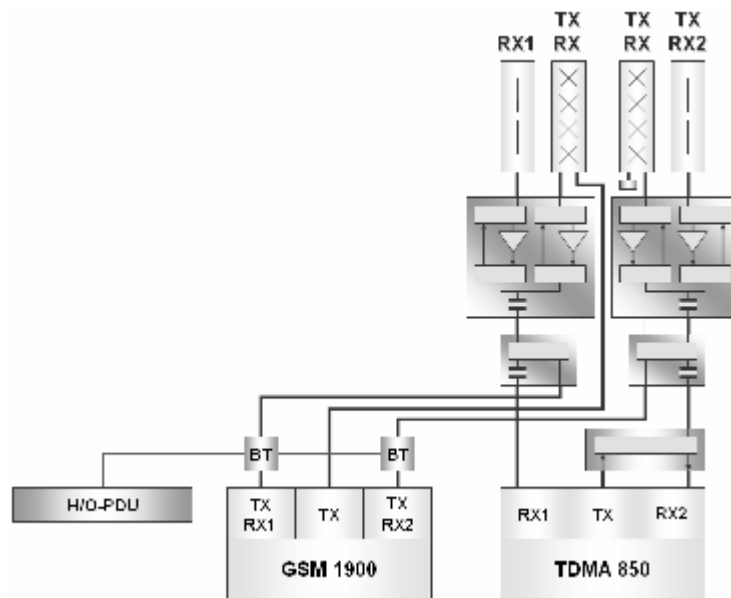
Como opcional se puede agregar un TMA/duplexer GSM 1900 como su muestra en la siguiente figura.

**Figura 55. Instalación del TMA/duplexer**



También se puede agregar un TMA *dual-band* de alta salida de potencia para la PDU como se muestra en la figura siguiente.

**Figura 56. Instalación de TMA *dual-band***



## 4. MEDICIONES DE TMA<sub>s</sub> EN SISTEMAS DE ANTENAS

En los sistemas de antenas base se pueden realizar métodos de medidas para verificar el funcionamiento del sistema y así realizar mantenimientos de los sitios, además de elaborar un estudio preventivo para que los operadores puedan brindar un mejor servicio a los usuarios de la red. En un sistema de antenas se pueden realizar los siguientes métodos de medidas:

Medida de pérdidas de retorno. Esta medida de adaptación de un sistema de antenas base proporciona información de la condición básica del sistema. Si durante esta prueba se detectan problemas, se puede asumir con un alto grado de certeza que el sistema contiene fallos que afectarán al cliente.

Medida de discontinuidad. La medida de discontinuidades en un sistema de antenas base muestra cambios anormales en la impedancia característica así como la localización de esas discontinuidades en cables de alimentación y conexión y en los conectores del cable. Esta medida hace posible determinar el efecto de estas discontinuidades en el rango de frecuencias de funcionamiento de la antena y determinar las características de radiación de la propia antena.

Medida de desacoplo. La medida de desacoplo determina el desacoplo eléctrico de dos sistemas de antenas en el área de cobertura. Este tipo de medida es necesario y útil para antenas con polarización cruzada.

Para detectar todas las posibles fuentes de error y almacenar los datos para un sistema específico de antenas, dicha medida se puede llevar a cabo como se describe a continuación:

- Medir las pérdidas de retorno RL y las discontinuidades; reflexión en el dominio del tiempo TDR, o reflexión en el dominio de la frecuencia FDR; con una antena conectada, medida del sistema completo. La medida TDR muestra discontinuidades en el cable y, si se lleva a cabo dentro del rango de frecuencias de funcionamiento de la antena, también muestra la formación del campo de antena.
- Medir las pérdidas de retorno RL y las discontinuidades TDR y FDR, usando al final del cable un circuito abierto en lugar de una antena. Las pérdidas de retorno se pueden usar para determinar las pérdidas del cable, y la medida de discontinuidad muestra el final del cable.
- Medir las pérdidas de retorno RL y las discontinuidades TDR y FDR, con un cable cerrado al final. Esta medida muestra discontinuidades, incluyendo aquellas que están cerca de la antena.
- Medir el desacoplo de ambos sistemas en una configuración con polarización cruzada. Esta medida muestra las características eléctricas de estas antenas mejor que una simple medida de pérdidas de retorno.

Las medidas del cable de alimentación con la antena desconectada son deseables en la teoría, pero raramente realizadas en la práctica. Una vez que las instalaciones se han entregado después de la finalización del trabajo de construcción, desconectar las líneas exteriores puede conllevar a una pérdida de garantía, dependiendo de los términos del contrato.

## **4.1 Medidas de adaptación**

### **4.1.1 Medidas de adaptación en sistemas de antenas**

La medida de adaptación o pérdidas de retorno es el método tradicional de evaluar un sistema de antenas. El valor de las pérdidas de retorno es indicativo de la efectividad con la que la antena radia la energía suministrada. Cuanto menores sean las pérdidas de retorno, mayor es la energía reflejada y de vuelta a la etapa de salida del transmisor. Si se refleja demasiada energía de RF, ocurre lo siguiente:

- La energía reflejada no es radiada por la antena y por lo tanto, no está disponible para la transmisión.
- La energía reflejada vuelve a la etapa de salida del transmisor, lo que conlleva a un calentamiento adicional de dicha etapa. Un calentamiento excesivo puede incluso dañar el transmisor.
- La energía reflejada puede conducir a una intermodulación en la etapa de salida del transmisor.
- En el caso de pérdida de adaptación, la energía devuelta interactúa con la potencia directa hasta causar ondas estacionarias en el sistema. Los lazos de corriente o tensión causados por la onda estacionaria pueden causar daños en los filtros.

Cuanto mejor esté adaptado el sistema, mayor será la energía radiada. Sin embargo, actualmente en los sistemas de antenas sumamente complejos; por ejemplo, antenas multibanda con polarización cruzada; hay más cosas a tener en cuenta aparte de la adaptación. La energía debe salir de la antena de forma direccional, o debe recibirse por la antena como se define en las especificaciones técnicas. Para evaluar estas características son necesarias medidas adicionales, medidas de desacoplo, que se muestran en el apartado 4.3 de este capítulo.

#### **4.1.2 Medidas de adaptación en sistemas de antenas con TMA**

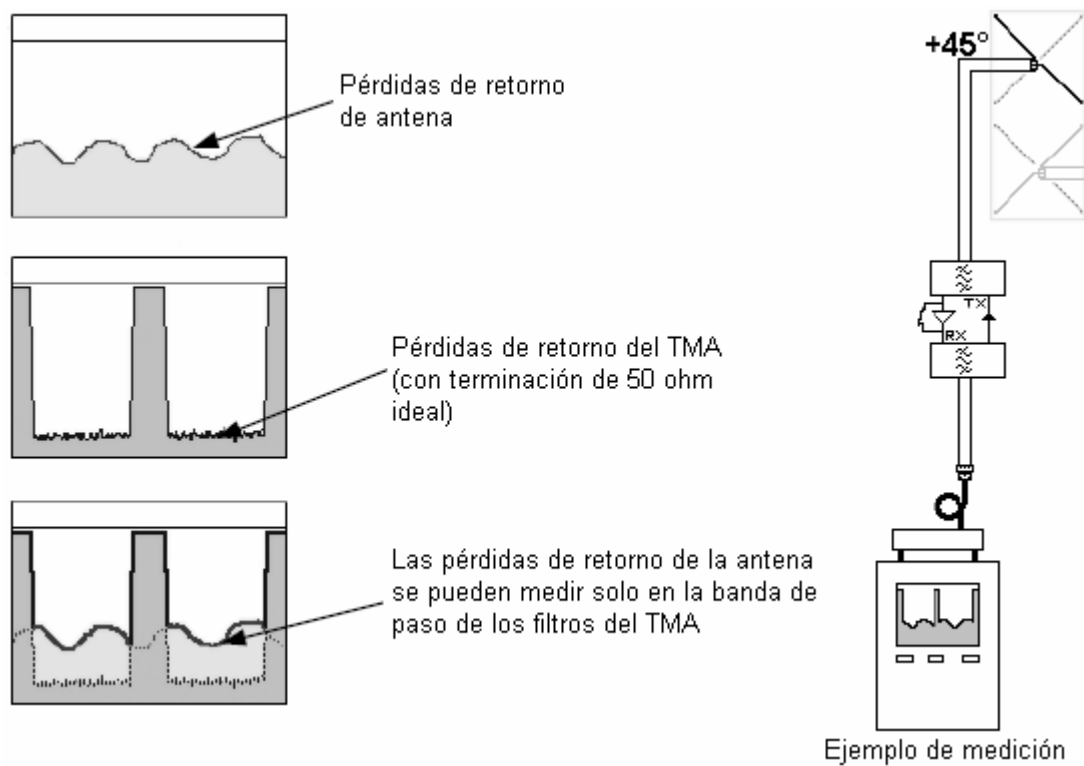
La medida de adaptación de un sistema de antenas con un amplificador montado en la torre TMA, se realiza fundamentalmente de la misma forma que sin TMA. Como el TMA debe permanecer sin corriente durante la medida es necesario activar un *bypass* en el TMA. Por otra parte, el *uplink* no se interrumpe completamente cuando falla el suministro de tensión, y además, el *bypass* permite al menos, llevar a cabo las medidas más importantes en los sistemas de antenas con TMA. Cuando se interpretan los resultados de medida, es indispensable observar que la adaptación actual de la antena sólo está visible en las bandas de paso de los filtros del TMA. Estos filtros están también enlazados en el camino de señalización cuando el TMA se usa en modo *bypass*.

En el caso de un TMA sin *bypass*, las medidas de antena y TMA se pueden realizar sólo de forma limitada. Las medidas de adaptación, desacoplo, y discontinuidad sólo se pueden realizar en la banda de transmisión, *downlink*.



La precisión de la medida de ganancia en el TMA no es la adecuada ya que los valores de desacoplo en el camino receptor se deben comparar con los valores amplificados del camino de transmisión, mientras que no se conoce el grado de desacoplo por la frecuencia de la antena. La figura siguiente muestra los efectos de los filtros del TMA en la banda de transmisión y recepción en una medida de adaptación.

**Figura 57. Efecto de los filtros del TMA en una medida de adaptación**



### **4.1.3 Errores en la medida de adaptación**

La medida de adaptación determina las pérdidas de retorno para el sistema de antenas completo, incluyendo el cable de alimentación de RF y el *jumper*. Debido a que las pérdidas de retorno de la antena raramente pueden ser determinadas directamente, se mide en la base del sistema de antenas.

Como la atenuación de la línea incrementa, la relación entre la potencia alimentada a la antena y la potencia de vuelta reflejada se ve adulterada porque la potencia que fluye hacia delante y hacia detrás debe vencer las pérdidas del cable. Una atenuación de línea mayor conlleva a unas pérdidas de retorno más elevadas. Sin embargo, esta relación de las pérdidas de retorno con la atenuación de línea no es una relación lineal.

Por otra parte, valores menores de pérdidas de retorno con su correspondiente incremento de la desadaptación de la antena conllevan en la medida a unos valores mejores de adaptación en la base de antena. Esto se explica por las ondas estacionarias que se forman en el cable de alimentación como consecuencia del incremento de la desadaptación de la antena. Estas ondas interrumpen incluso la distribución de corriente y tensión en el cable por la formación de lazos de corriente y tensión.

## **4.2 Medidas de discontinuidad**

### **4.2.1 Introducción a las medidas DTF y discontinuidad**

La medida tradicional de discontinuidades en una línea se lleva a cabo usando un reflectómetro de pulso. En la medida, se envía un pulso muy corto a la línea bajo prueba.

Las discontinuidades en el cable reflejan una porción de la potencia del pulso y se van almacenando en el tiempo por el reflectómetro. Las discontinuidades que están más lejanas requieren un tiempo mayor para devolver la reflexión que las fallas que estén más cercanas. Hoy en día el desarrollo de analizadores de redes vectoriales rentables y el refinamiento del modelo matemático han dejado al reflectómetro fuera del mercado para medidas en sistemas de RF coaxiales.

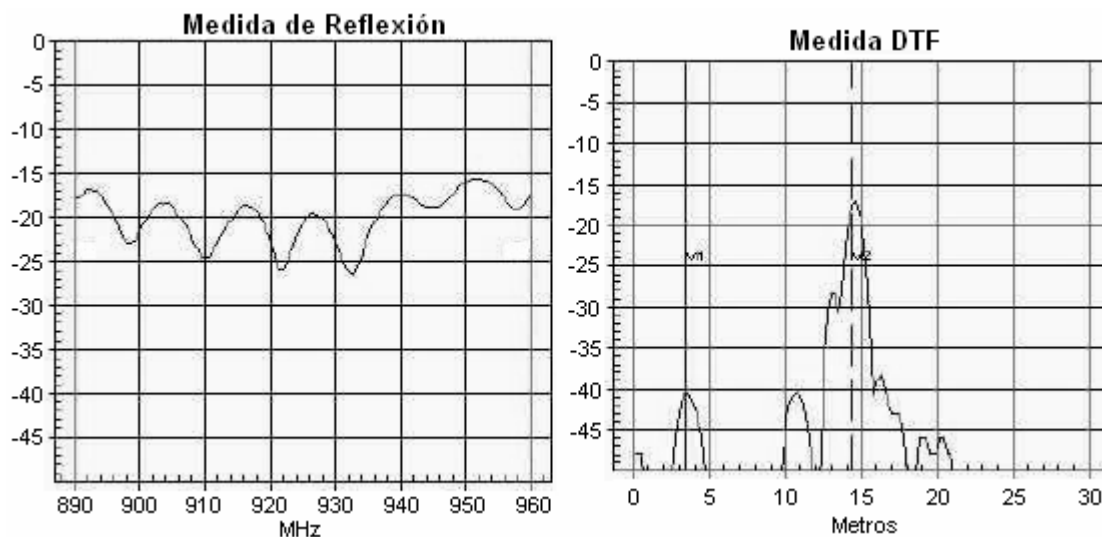
Actualmente, una medida de discontinuidad se basa en el resultado de una medida de adaptación en el rango de frecuencias, reflectómetro en el dominio de la frecuencia FDR. Usando una conversión matemática del rango de frecuencias en el dominio del tiempo usando Fourier, Chirp-Z, u otra transformación matemática, el tiempo para alcanzar los fallos y su amplitud están calculados basados en la fuente de señal.

Para visualizar la distancia a fallo DTF, el tiempo de tránsito de una onda a través del cable se convierte a una distancia absoluta usando el factor de velocidad del cable y la velocidad de la luz. La amplitud se corrige mediante el cálculo que usa las pérdidas del cable bajo prueba, en la frecuencia apropiada para la medida de adaptación.

Cuando se convierte al dominio del tiempo, hacer una medida de adaptación en un rango de frecuencias lo más pequeño posible tiene como consecuencia una mayor resolución. Los modelos matemáticos limitan el tiempo, y como consecuencia la distancia, que se puede medir. Por tanto, se debe encontrar un compromiso entre la resolución de pantalla y la distancia a medir. Para hacer esto, se debe insertar la longitud del cable al instrumento antes de iniciar la medida.

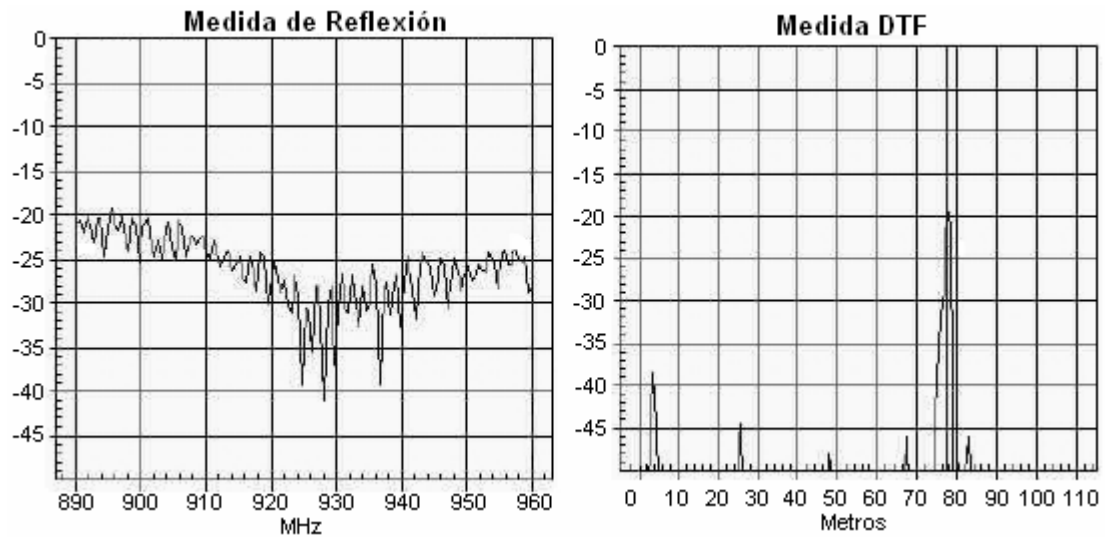
Es necesario calibrar el instrumento de medida con un rango de frecuencias apropiado *span* para la medida de adaptación. Hay que tener en cuenta que el rango de frecuencias de operación se debe seleccionar como la frecuencia central. Las siguientes figuras muestran cómo las medidas de adaptación pueden proporcionar información de las discontinuidades presentes. Las figura 58 muestra una medida de reflexión y otra de DTF para un cable corto de alimentación con una antena conectada. En la medida de reflexión se observan ondulaciones fuertes, que indican un cable corto de 15m en este caso, o una discontinuidad cerca de aproximadamente 15 m de distancia.

**Figura 58. Medidas de reflexión y DTF para un cable corto**



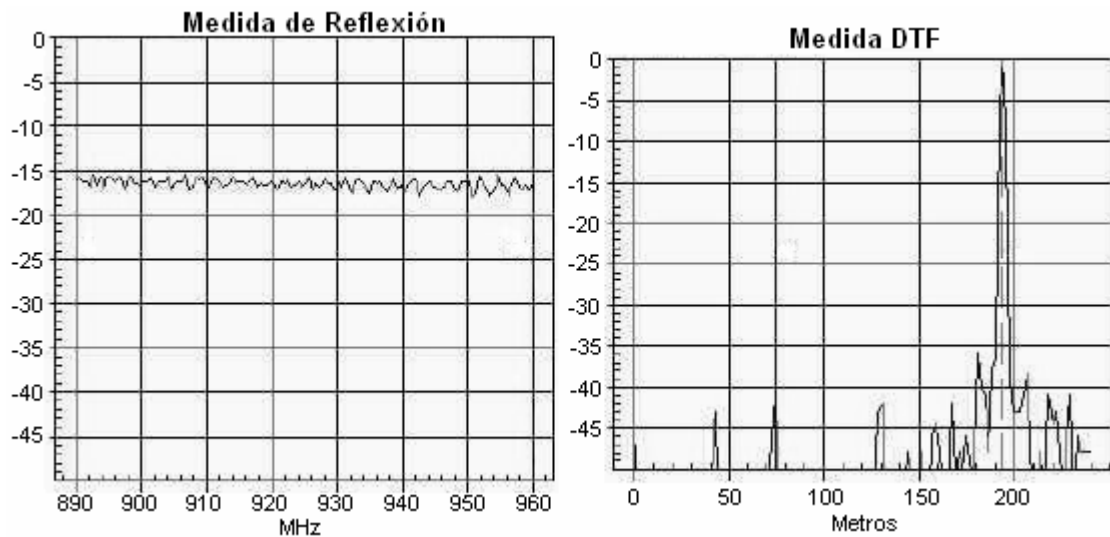
La figura 59 muestra las medidas de reflexión y DTF para un cable largo de alimentación con una antena conectada. En la medida de reflexión se observan ondulaciones finas en el mismo rango de frecuencias que en el caso anterior. En la media DTF se observa que es un cable largo o tiene una discontinuidad lejana. En este caso es un cable de 80 metros.

**Figura 59. Medida de reflexión y DTF para un cable largo**



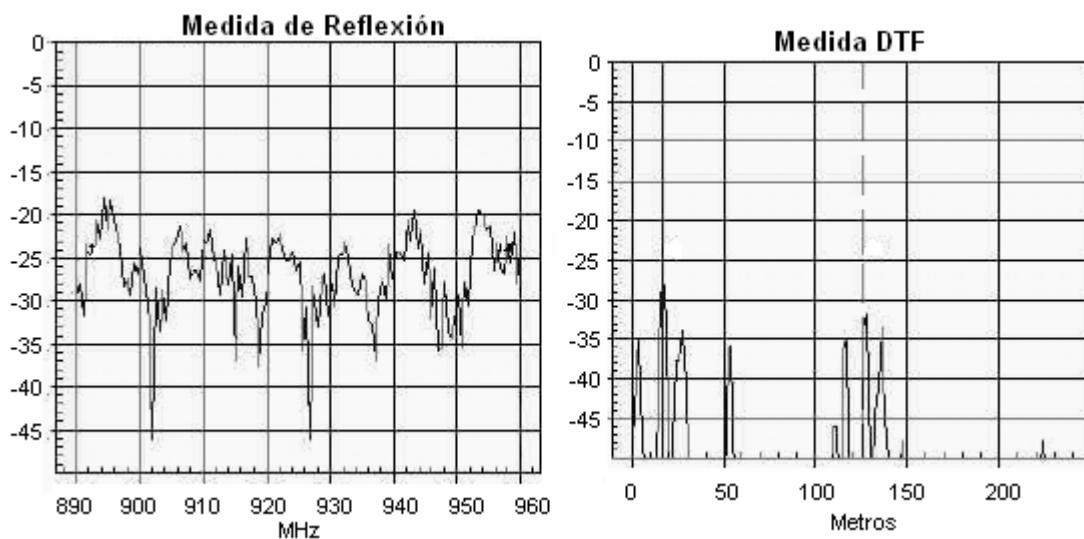
La figura siguiente muestra la medida de reflexión y DTF para una antena defectuosa o inexistente, circuito abierto al final. Esto indica un cable largo o una discontinuidad lejana, 80m en este caso.

**Figura 60. Medida de reflexión y DTF para una antena defectuosa**



La siguiente figura muestra las medidas de reflexión y DTF para un cable largo con múltiples discontinuidades. Se observa como las ondulaciones finas o gruesas son cubiertas en la pantalla de pérdidas de retorno.

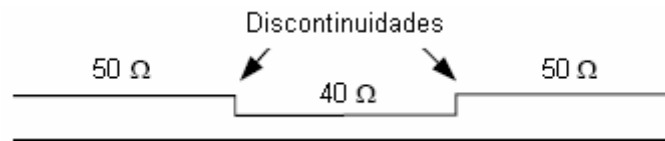
**Figura 61. Medidas de reflexión y DTF para un cable largo con múltiples discontinuidades**



#### 4.2.2 Medidas de discontinuidad en sistemas de antenas

Cada cambio de impedancia característica en un sistema de antenas conduce a una reflexión de la energía de RF directa y forma una discontinuidad. Cualquier conector o tornillo y cualquier doblez en el cable puede conducir a discontinuidades. Comprimir el cable conlleva exactamente a dos discontinuidades, una a cada lado donde hay un cambio de impedancia característica, como lo muestra la figura 62.

**Figura 62. Dos discontinuidades resultantes de un cable coaxial comprimido**



Dependiendo de la longitud de onda, estas dos discontinuidades se pueden determinar de diferentes formas. Si la frecuencia de funcionamiento del sistema de antenas afectado es relativamente alta, las dos discontinuidades son determinadas como fallos separados. Si la potencia reflejada de cada discontinuidad se encuentra por debajo de un valor límite, entonces no hay fallo en el sistema.

Sin embargo, si la frecuencia de operación es relativamente baja, la longitud de onda de la señal de RF es alta en relación a la distancia entre las discontinuidades, entonces las dos discontinuidades se combinarán en una. En este caso, la discontinuidad se detecta como una. La potencia reflejada, como la suma de los dos fallos por separado, excederá entonces el valor límite y será detectado como un fallo en el sistema.

Es por tanto importante usar un equipo de medida con una resolución espacial alta, y que el sistema de antenas se mida dentro de su rango de frecuencias de funcionamiento. Para localizar y evaluar la intensidad de las discontinuidades medidas, se deben introducir en el instrumento de medición las pérdidas del cable y su factor de velocidad, la velocidad a la que la onda se propaga en el cable, en m/s.

Los modelos de cable cuyos valores dependen de la frecuencia se pueden generar usando el software específico del instrumento de medición a utilizar. Los parámetros del cable para una única frecuencia definida se pueden introducir directamente. Las pérdidas del cable se usan para corregir las pérdidas de retorno de la discontinuidad y el factor de velocidad del cable para calcular la distancia al fallo. Si los parámetros del cable se introducen manualmente, hay que asegurar que el valor de las pérdidas del cable corresponde a la frecuencia central de la medida DTF.

#### **4.2.3 Medidas de discontinuidad en sistemas de antenas con TMA**

La medida de discontinuidad es esencialmente idéntica a la medida de sistemas sin TMA. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el TMA forma una discontinuidad en un amplio rango de frecuencias debido a los filtros incorporados en transmisión y recepción. Fuera de sus bandas de paso, estos filtros indican una reflexión total durante la medida de adaptación y actúan como paradas durante la medida de pérdidas de transmisión. Un TMA, por tanto, se manifiesta como una gran discontinuidad en la medida.

#### **4.2.4 Medida de discontinuidad tras el TMA**

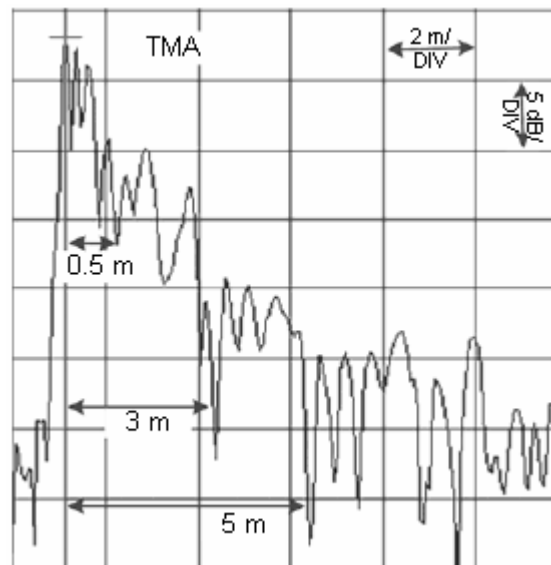
Una medida de discontinuidad en el rango de frecuencias de la banda de paso del filtro puede usarse, con algunas restricciones, para detectar fallos localizados entre el TMA y la antena. Los filtros TMA tienen un ancho de banda limitado que causa retardos de grupo o fase adicionales de la señal de prueba, por lo que no es posible una evaluación de una medida de DTF con un grado de precisión basado en el retardo medido o distancia. La evaluación de los sistemas con TMA conectados se muestran en los siguientes apartados.



#### 4.2.4.1 Medida DTF en un amplio rango de frecuencias

Durante la medida DTF de un sistema de antenas con TMA, la medida básica se debería realizar con un alto grado de resolución para conseguir una buena indicación de fallos en el cable de alimentación hasta el TMA. En la siguiente figura se muestra una medida DTF para un sistema de antena con un cable LDF6-50 de 40m, un *jumper* de 2m para una antena de polarización cruzada, una frecuencia central de 2045 MHz y un *span* de 1.256 GHz.

**Figura 63. Medida DTF en un amplio rango de frecuencias**



El rango de frecuencias es demasiado grande para la banda de paso de los filtros del TMA para permitir una evaluación del camino entre el TMA y la antena. A pesar de esto, todavía se pueden analizar las siguientes funciones del sistema:

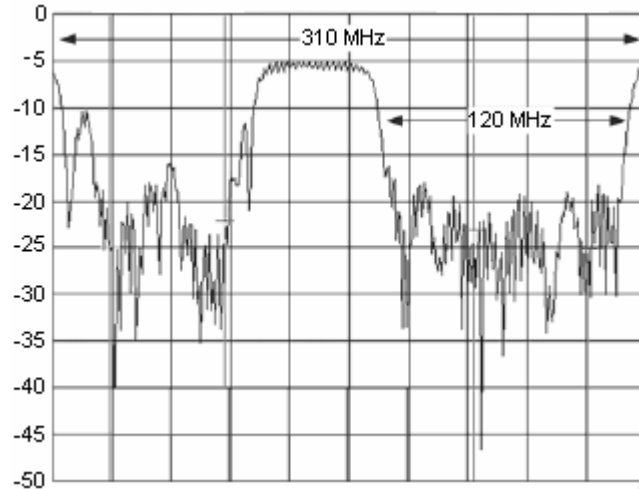
1. Durante la medida de adaptación, la adaptación de la antena se puede medir en el rango de las características de banda de paso del filtro TMA.

2. No hay discontinuidades significativas presentes hasta el TMA.
3. La medida de desacoplo, en antenas con polarización cruzada, no indica problemas.
4. En longitudes del cable *jumper* de aproximadamente 2m. entre el TMA y la antena, se puede localizar un salto en la medida DTF a 0.5m y 3m después del TMA. Además, la onda de salida tras el TMA es de 5m aproximadamente, ver la figura 56.

#### **4.2.4.2 Medida DTF en el rango de frecuencias de transmisión y recepción**

Para determinar el *span* entre el TMA y la antena, el rango de frecuencias para la medida DTF se puede reducir al rango de frecuencias de la banda de operación. Cuando se usa el rango de UL y DL, el *span* máximo es la diferencia de la frecuencia máxima *downlink* y la frecuencia mínima *uplink*. La banda eliminada del TMA entre el UL y el DL se manifiesta ella misma como una discontinuidad. Una medida DTF con una frecuencia central de 2045MHz y un *span* de 310MHz para un cable LDF4-50 220m se muestra en la figura 64. Es de particular interés notar que el tamaño de la discontinuidad en la entrada del TMA no depende del factor de reflexión en la salida del TMA. Debido a que el TMA indica una discontinuidad en el rango de frecuencias usado, entre el rango de frecuencias de transmisión y recepción, los componentes después del TMA en este ejemplo, indican una sobreadaptación de al menos 7dB. Como resultado, sus características de reflexión no pueden ser evaluadas de forma precisa.

**Figura 64. Medida DTF en el rango de frecuencias de transmisión y recepción**

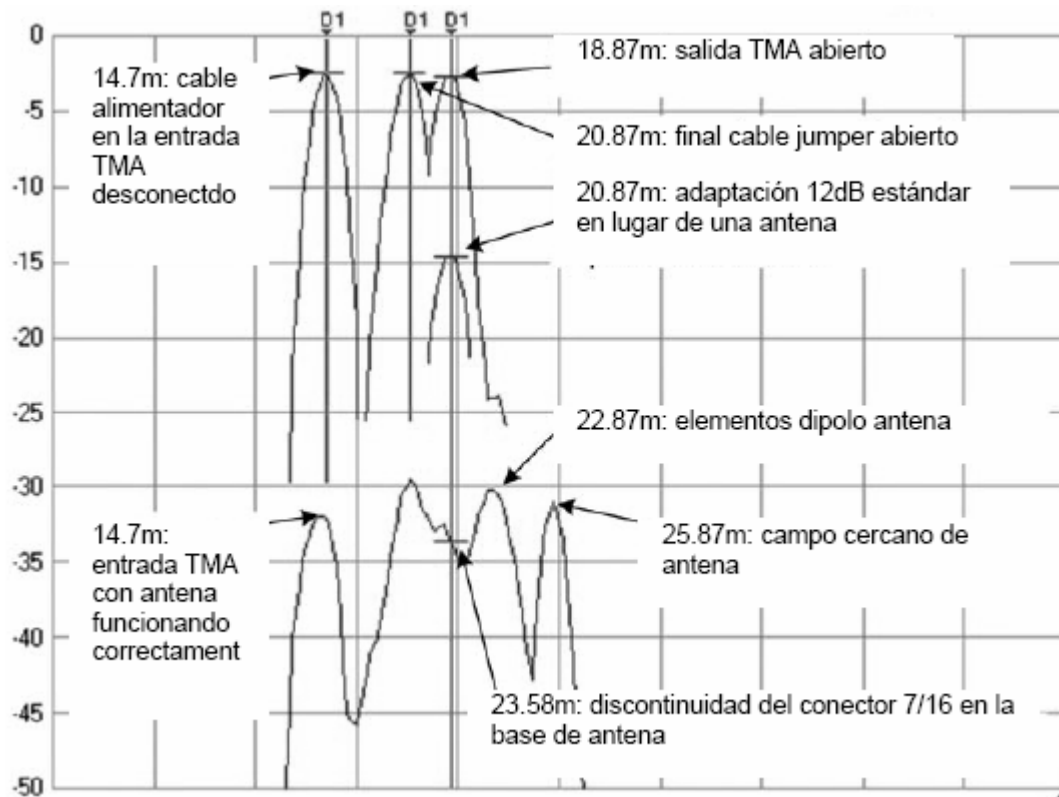


#### **4.2.4.3 Medida DTF solo en el rango de frecuencias de transmisión**

Para reducir más los efectos del TMA y evitar el rango de desadaptación entre el rango de frecuencias de transmisión y recepción, se mide sólo en el rango de frecuencias de transmisión *downlink*. Además de la característica de banda de paso mayor, el rango de transmisión tiene menos pérdidas de inserción comparado con el rango de recepción. El siguiente ejemplo mide la misma configuración definida anteriormente, pero con una frecuencia central de 2120MHz y un rango de frecuencias de aproximadamente 123 MHz con un cable de 550m

En la figura 65 se muestra el resultado de varias medidas usando la misma configuración, se puede observar que la influencia del TMA ha disminuido lo suficiente de modo que se pueden medir las discontinuidades tras el TMA, con una resolución de distancia limitada.

Figura 65. Medida DTF solo en el rango de frecuencias de transmisión



La entrada TMA no representa una discontinuidad significativa, la longitud del cable *jumper* se mide correctamente a 2m, y las discontinuidades tras el TMA se muestran con su valor de adaptación actual. Incluso se pueden evaluar el conector de antena 7/16, sus dipolos, y la formación del campo cercano de la antena. La medida sólo es posible usando la función de zoom con una buena resolución.

### **4.3 Medidas de desacoplo**

#### **4.3.1 Medidas de desacoplo en sistemas de antenas**

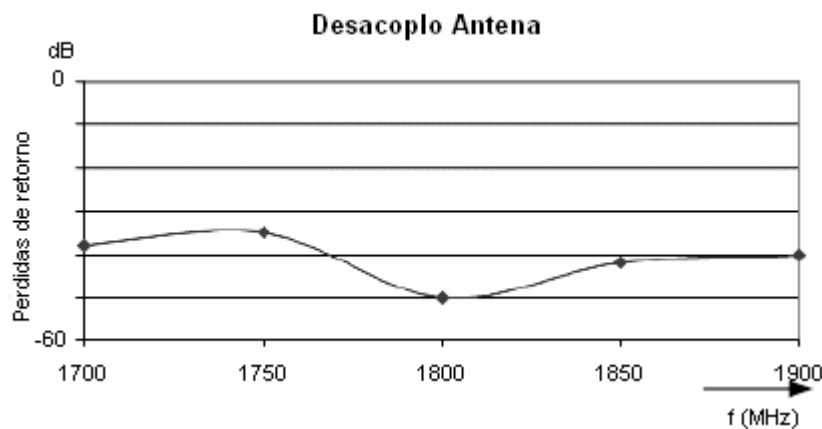
En el caso de antenas con polarización cruzada, las medidas de adaptación no son suficientes para asegurar la correcta funcionalidad del sistema. En algunas antenas con polarización cruzada, los defectos se pueden detectar sólo midiendo el desacoplo de la antena. Existen sistemas de antenas, donde la medida de adaptación no muestra ningún problema en particular. Sin embargo, la medida de desacoplo de estos sistemas, puede mostrar alguna progresión anormal en función de la frecuencia. La figura siguiente muestra un ejemplo de una antena defectuosa, con una conexión de cable sin soldar. Este tipo de defecto es notificado sólo realizando una medida de desacoplo.

**Figura 66. Conexión de cable sin soldar de una antena defectuosa**



El tipo de antena y la baja inclinación eléctrica definida se deben tener en cuenta, ya que la característica de desacoplo en función de la frecuencia difiere en función de estos factores. Dependiendo del tipo de antena, también puede ser útil eliminar la inclinación eléctrica de la antena para hacer posible medidas de valores de desacoplo definidos. Las pérdidas del cable de alimentación se deberían tener en cuenta cuando se analizan los valores de desacoplo medidos. Estas pérdidas incrementan el desacoplo. La figura siguiente muestra la gráfica de desacoplo de una antena.

**Figura 67. Ejemplo de desacoplo de una antena típico**



Los sistemas de antena con interferencias de campo cercano de edificios muestran un desacoplo diferente en el rango de frecuencias. Este es un resultado de la interferencia de campo cercano, y no de un defecto. Si hay una interferencia en la primera zona de Fresnell, las características de radiación de la antena cambian significativamente. Esto puede afectar a los valores de adaptación, y especialmente a los de desacoplo de la antena.

### 4.3.2 Medidas de desacoplo en sistemas de antenas con TMA

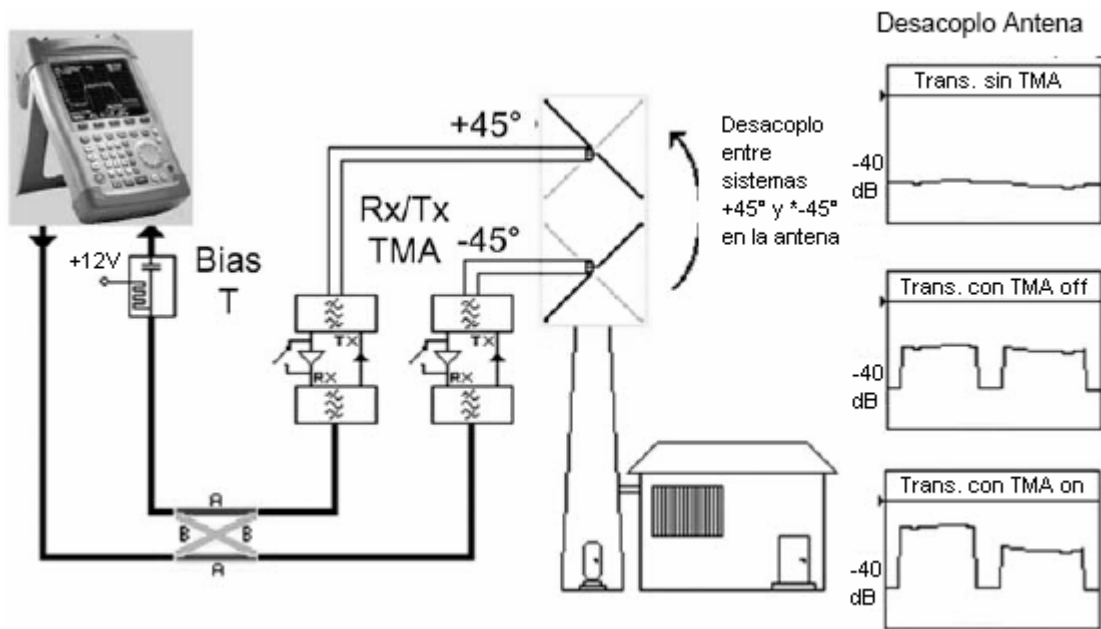
Como en la medida de adaptación, en sistemas de antena con TMA, sólo está disponible la banda de paso de los filtros TMA para determinar el desacoplo de los elementos de antena. Durante esta medida, la ganancia TMA se puede determinar simplemente conectando y desconectando la tensión de alimentación del TMA. La medida de desacoplo de un sistema de antenas debe tener en cuenta las pérdidas de los dos cables de alimentación y las pérdidas de transmisión del TMA. En el camino receptor, estas pérdidas están en el rango de 0.1dB a 0.5dB, dependiendo del tipo de TMA. En el camino de transmisión, están en un rango entre 1dB y 2dB. Este valor de pérdidas se debe tener en cuenta para todos los TMAs incluidos en la medida.

### 4.3.3 Medida de la ganancia del TMA

La configuración de prueba para la medida del desacoplo de la antena con un TMA incorporado mostrado en el siguiente diagrama, se puede usar junto con un *Bias-Tee*, interruptor alimentador DC, para determinar la ganancia del TMA siendo alimentado. Conectando y desconectando la tensión de alimentación, se detecta directamente la ganancia como la diferencia entre las medidas de desacoplo en el camino de transmisión con y sin potencia. El *Bias-Tee* se inserta en el camino de retorno de señal del Instrumento de medición, tal y como se muestra en la figura 68.

La ganancia de un TMA sin *bypass* no se puede medir. Sin embargo, conectando y desconectando la potencia, es posible determinar si el TMA está amplificado.

**Figura 68. Configuración para medida de desacoplo de la antena y ganancia del TMA**





## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 Pruebas de desempeño

Para el análisis del funcionamiento de los TMAs es necesario contar con soluciones de medición inalámbrica y del sistema de gestión que administra la red. El desempeño de la estación base se observa por medio de la información que proporciona la base de datos del sistema de gestión, principalmente por el número de llamadas caídas y el tráfico cursado que reporta el sistema diariamente. La recopilación de datos debe de hacerse durante un periodo antes y después de la instalación de los TMAs, de esta manera se obtiene un muestreo de datos para la comparación de ambos escenarios y así determinar por medio de gráficos como mejora la cobertura de la BTS con los TMAs instalados.

#### 5.1.1 Datos Estadísticos

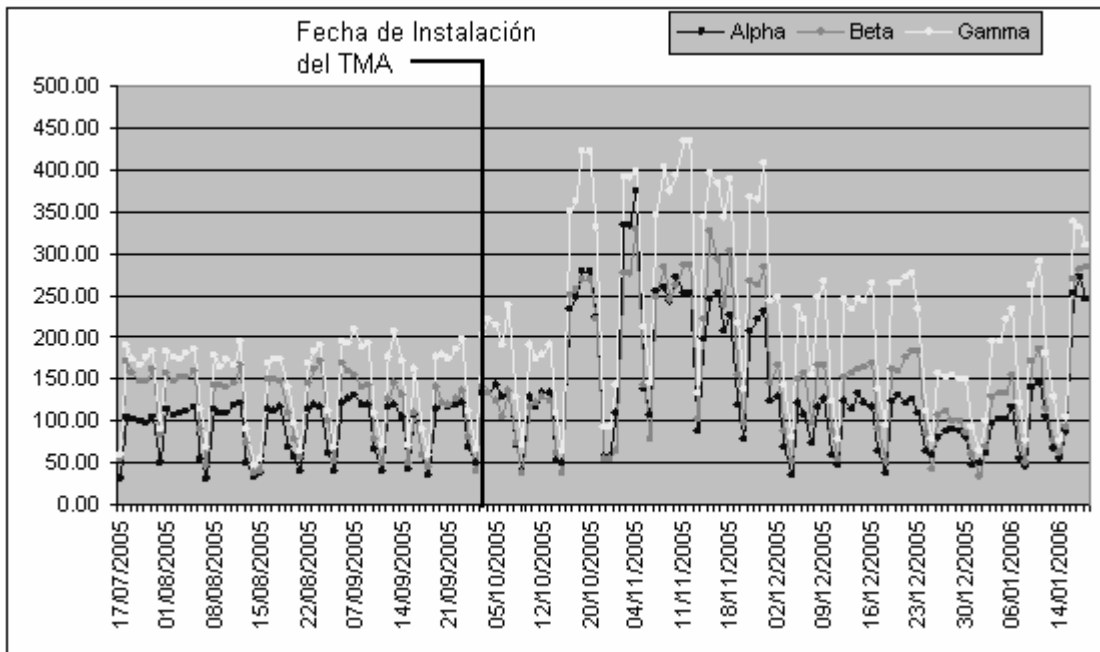
Una de las principales características de los TMAs consiste en la disminución de las llamadas caídas o *drop calls* debido al aumento del rango *uplink*, esta mejora se ve de acuerdo a la relación entre las llamadas caídas y el tráfico cursado, relación que se le conoce como *drop rate*. Por otro lado, una relación promedio es útil para mejorar la gráfica de *drop rate*, la cual puede realizarse en un promedio de 7 o 14 días. Las tablas del apéndice I y II muestran el tráfico, las llamadas caídas *drops calls*, intentos, *drop rate* y el promedio *drop rate* de 7 y 14 días de dos estaciones base en la ciudad de Guatemala ubicadas en los edificios Edima y Novatex, monitoreados por el sistema de gestión durante 145 días a lo largo de 6 meses.

### 5.1.2 Gráficas de desempeño

Las siguientes gráficas muestran el comportamiento de las estaciones base de acuerdo a los datos monitoreados en el período de 6 meses, indicando la fecha de instalación del TMA para observar el aumento o disminución del tráfico y llamadas caídas de los 3 sectores antes y después de la instalación.

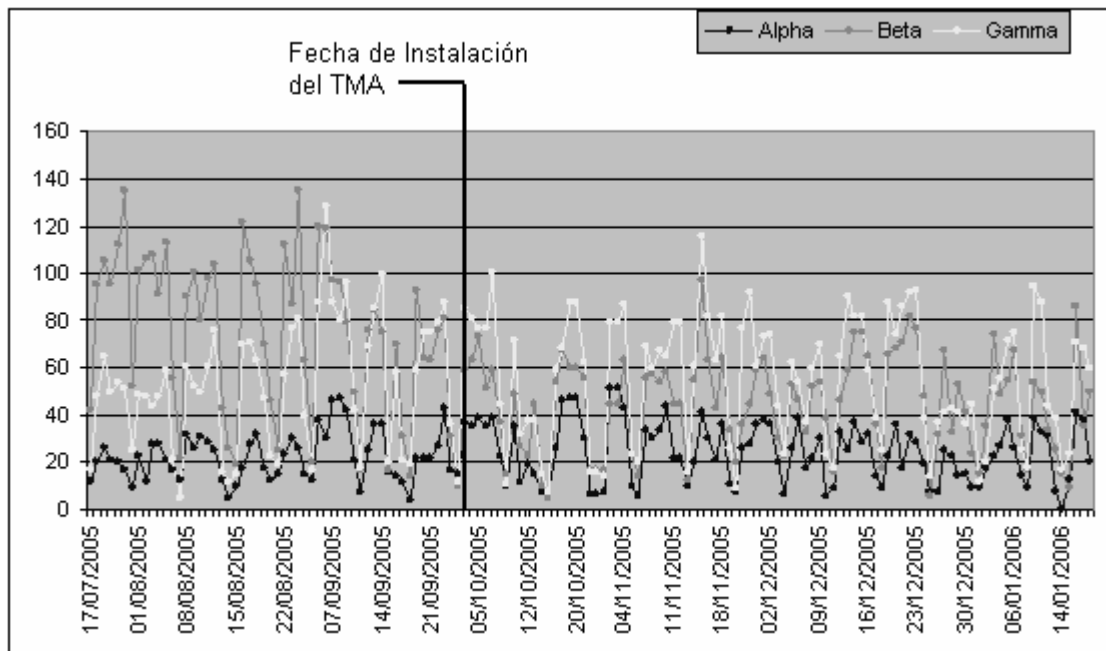
La figura 69 muestra el tráfico cursado del edificio Novatex, en el cual se observa un tráfico promedio en los tres sectores antes de la fecha de instalación del TMA. Es evidente que después de la instalación se ve el aumento de tráfico en los 3 sectores, principalmente en el sector gamma.

**Figura 69. Tráfico cursado de los 3 sectores del edificio Novatex**



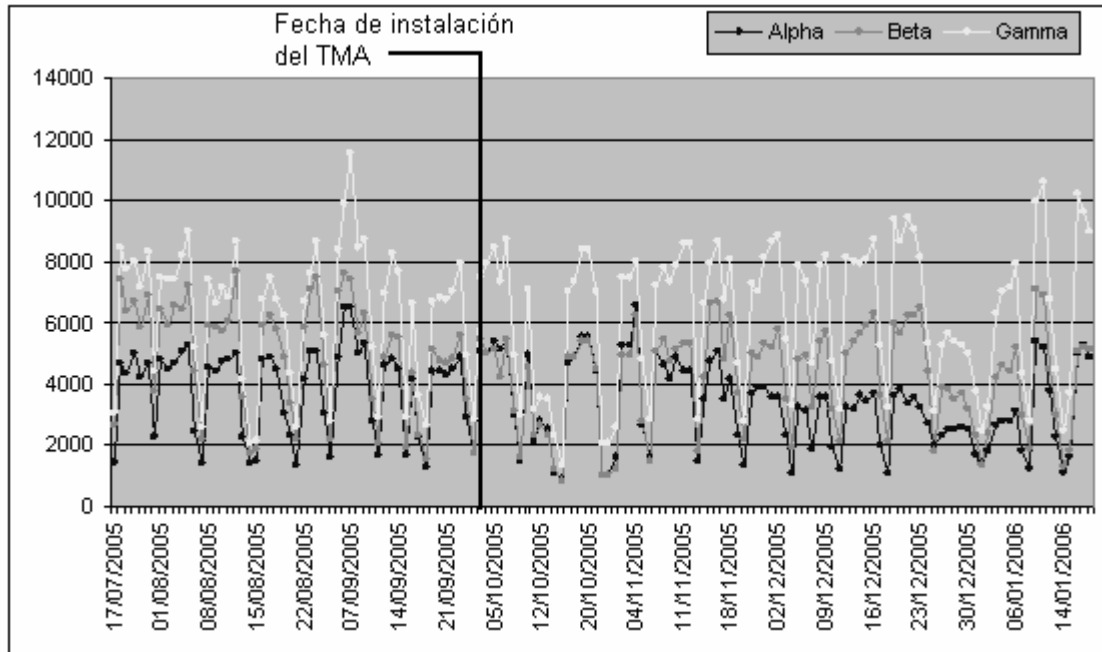
La siguiente figura muestra un gran número de llamadas caídas *drops calls*, antes de la instalación del TMA, principalmente en el sector beta y gamma. Después de la fecha de instalación se observa una reducción de *drops calls* en los sectores beta y gamma. El sector alfa no reporta mayor cambio durante el período de monitorización, esto debido a que es el sector que menor tráfico como muestra la figura 69.

**Figura 70. Drops de los 3 sectores del edificio Novatex**



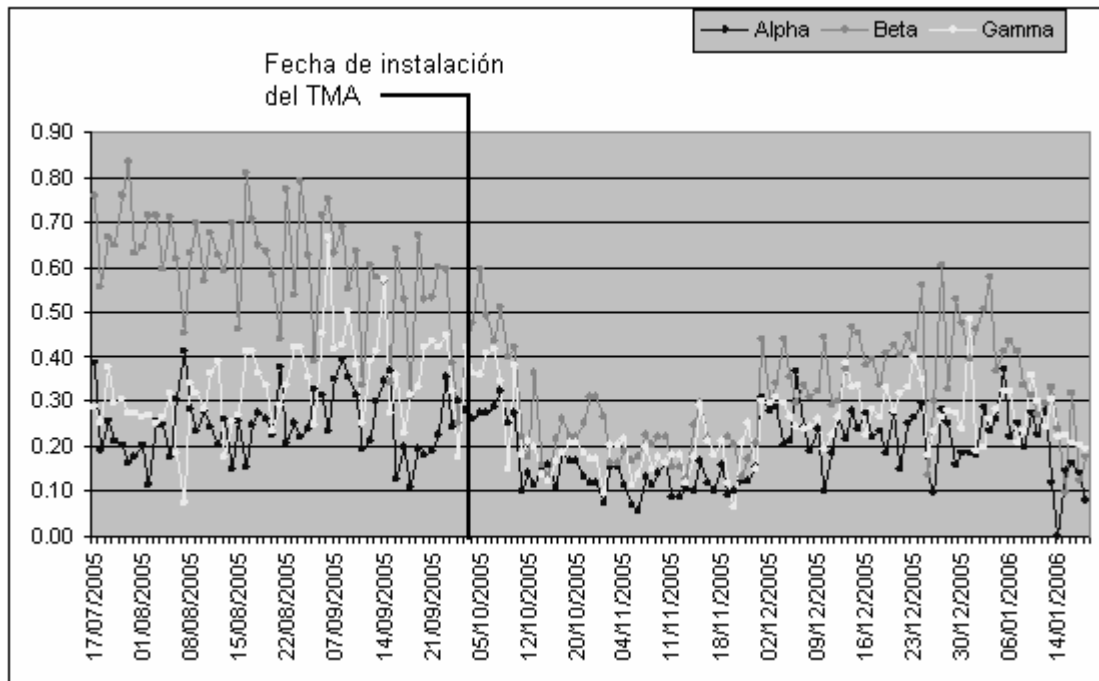
La figura 71 muestra el número de intentos de conexión del teléfono móvil con la red para los 3 sectores del edificio Novatex. Antes y después de la instalación del TMA se observa un promedio de intentos en los 3 sectores, esto debido a que la utilización de la celda depende de los usuarios y no del TMA.

**Figura 71. Intentos en los 3 sectores del edificio Novatex**



La figura 72 muestra la relación *drop rate* entre las llamadas caídas y el tráfico cursado del edificio Novatex. Es evidente una disminución del *drop rate* en los tres sectores después de la instalación del TMA, principalmente en el sector beta.

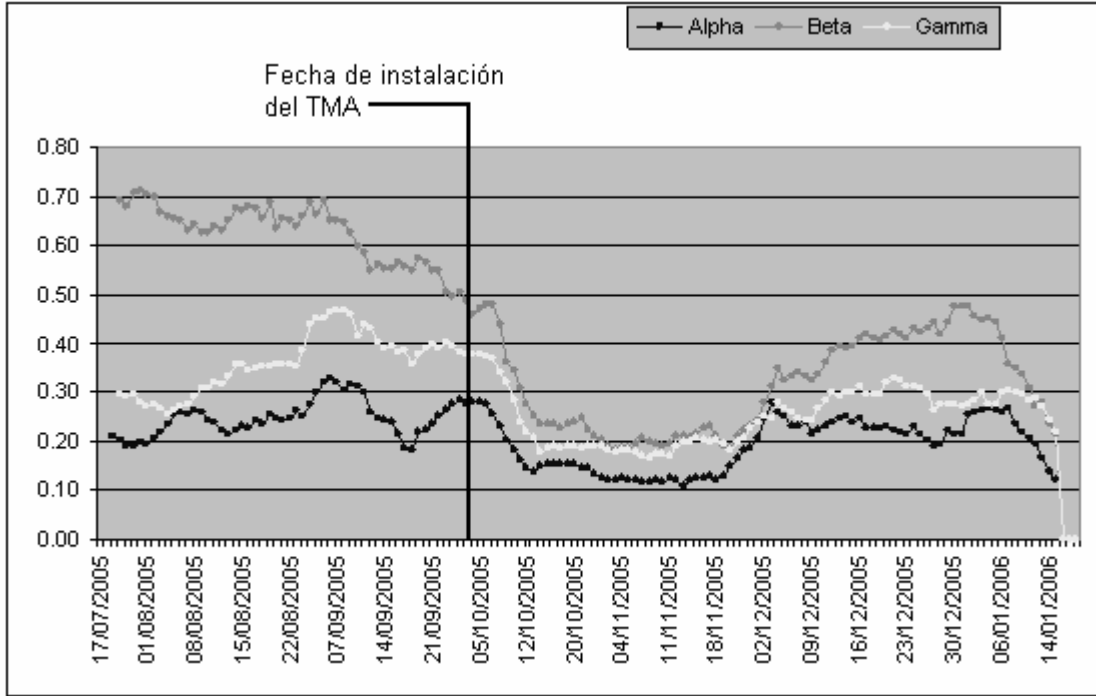
**Figura 72. Drop rate de los 3 sectores del edificio Novatex**



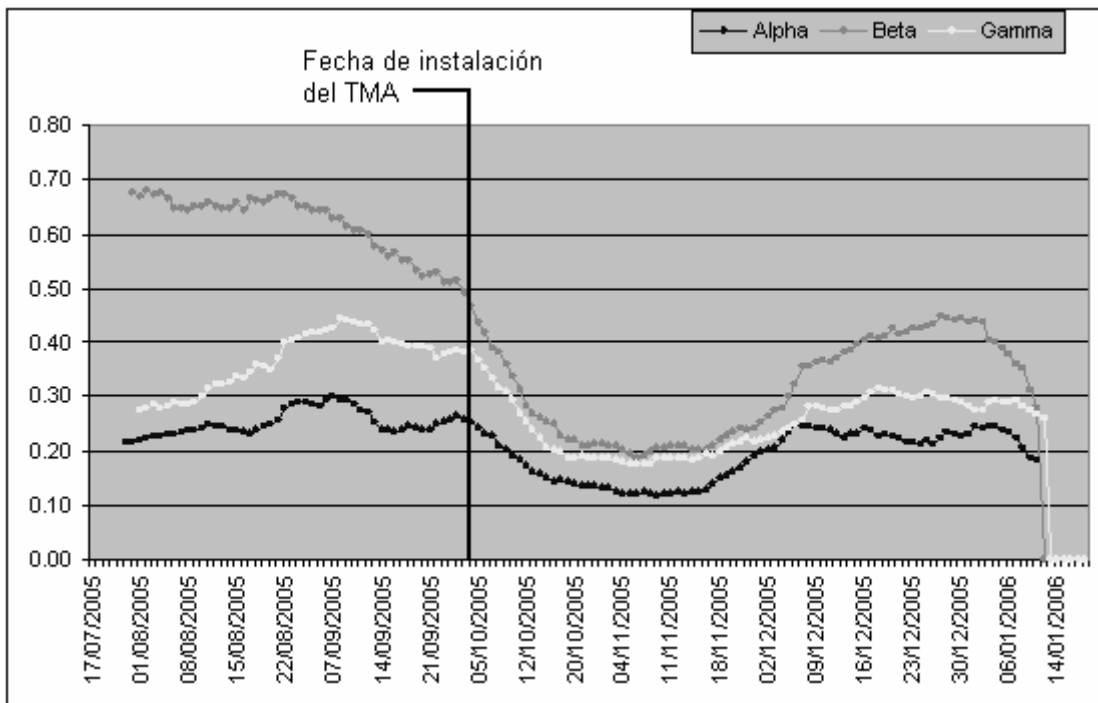
La figura 73 muestra la relación promedio de 7 días entre el tráfico y las llamadas caídas, al igual que en la figura 72 se observa una clara disminución del *drop rate* en los 3 sectores después de la instalación del TMA. El objetivo de esta gráfica consiste en acentuar la curva del *drop rate* de la figura anterior.

La figura 74 muestra la relación promedio de 14 días entre el tráfico y las llamadas caídas, de esta manera se mejora la curva *drop rate* de 7 días y se observa con facilidad el cambio antes y después de la instalación del TMA. Es evidente la disminución del *drop rate* en el sector beta, además de los sectores alfa y gama.

**Figura 73. Promedio de 7 días, edificio Novatex**

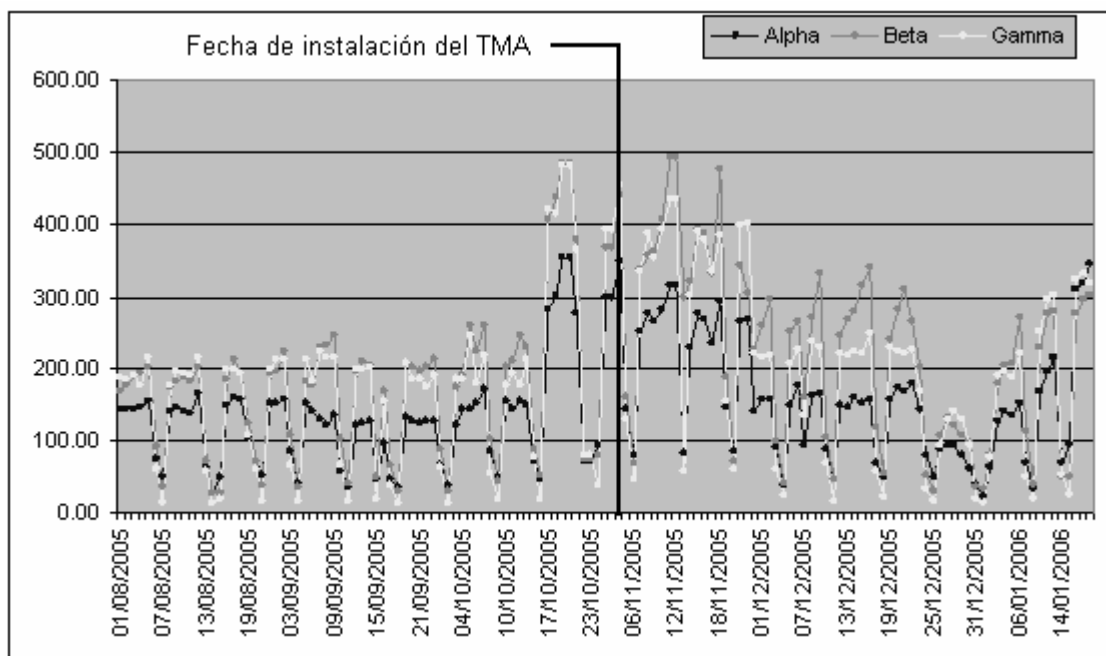


**Figura 74. Promedio de 14 días, edificio Novatex**



La siguiente figura muestra el tráfico cursado en el edificio Edima, al igual que en el edificio Novatex, en esta se observa un promedio en el tráfico de los tres sectores antes de la fecha de instalación del TMA, y un aumento en el tráfico después de la instalación en los tres sectores.

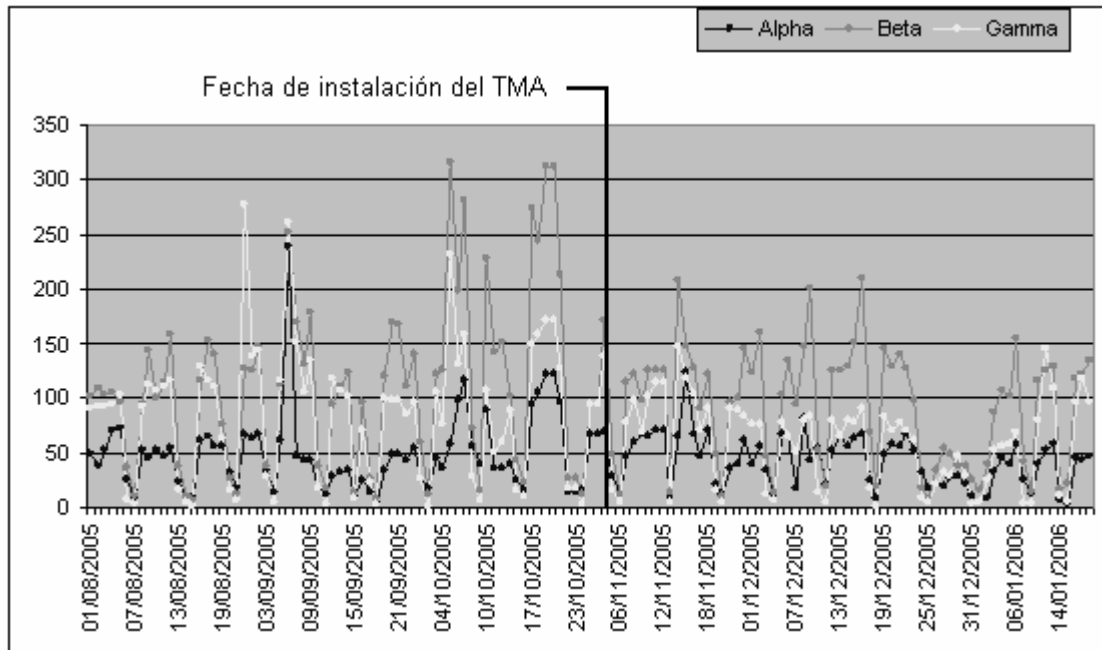
**Figura 75. Trafico cursado de los 3 sectores del edificio Edima**



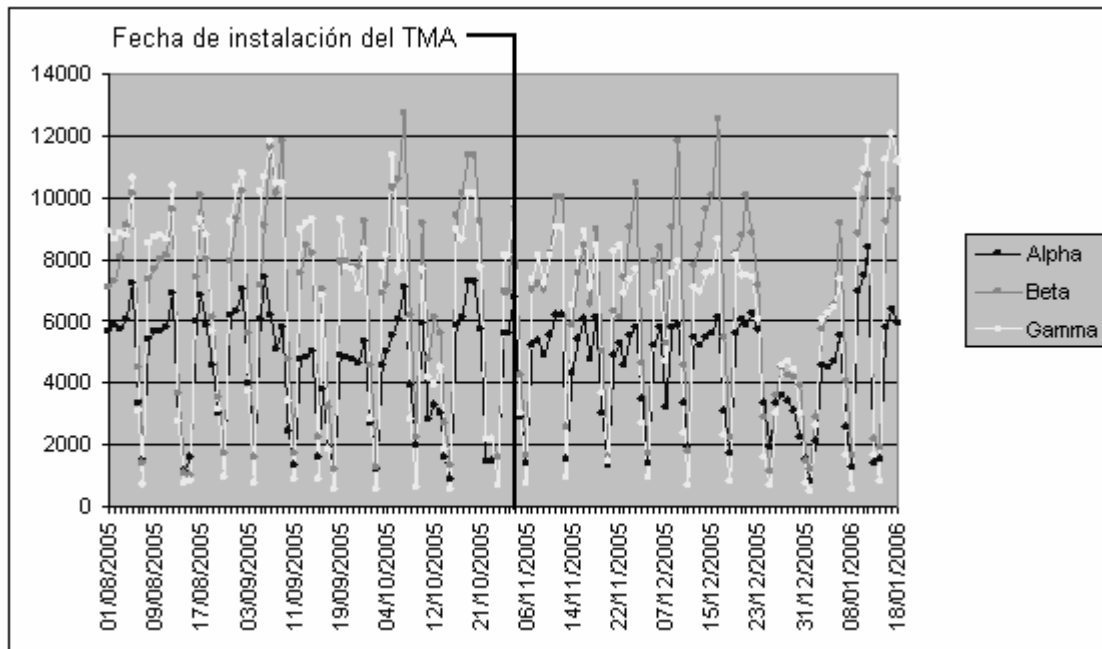
La figura 76 muestra un mayor número de llamadas caídas *drops calls*, antes de la instalación del TMA, principalmente en el sector beta. Después de la fecha de instalación se observa una reducción de las llamadas caídas en los tres sectores.

La figura 77 muestra el número de intentos de conexión del teléfono móvil con la red para los 3 sectores del edificio Edima. Antes y después de la instalación del TMA se observa un promedio de intentos en los 3 sectores, esto debido a que la utilización de la celda depende de los usuarios y no del TMA.

**Figura 76. Drops de los 3 sectores del edificio Edima**



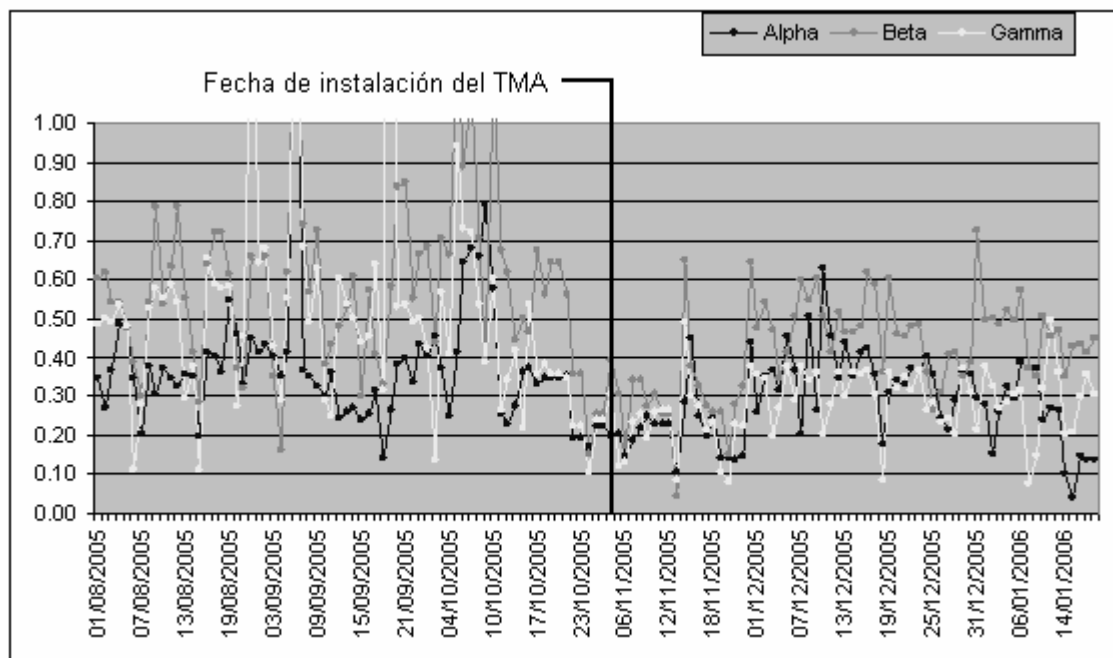
**Figura 77. Intentos en los 3 sectores del edificio Edima**





La siguiente figura muestra la relación *drop rate* entre las llamadas caídas y el tráfico cursado del edificio Edima. Es evidente la reducción del *drop rate* en los tres sectores después de la instalación del TMA.

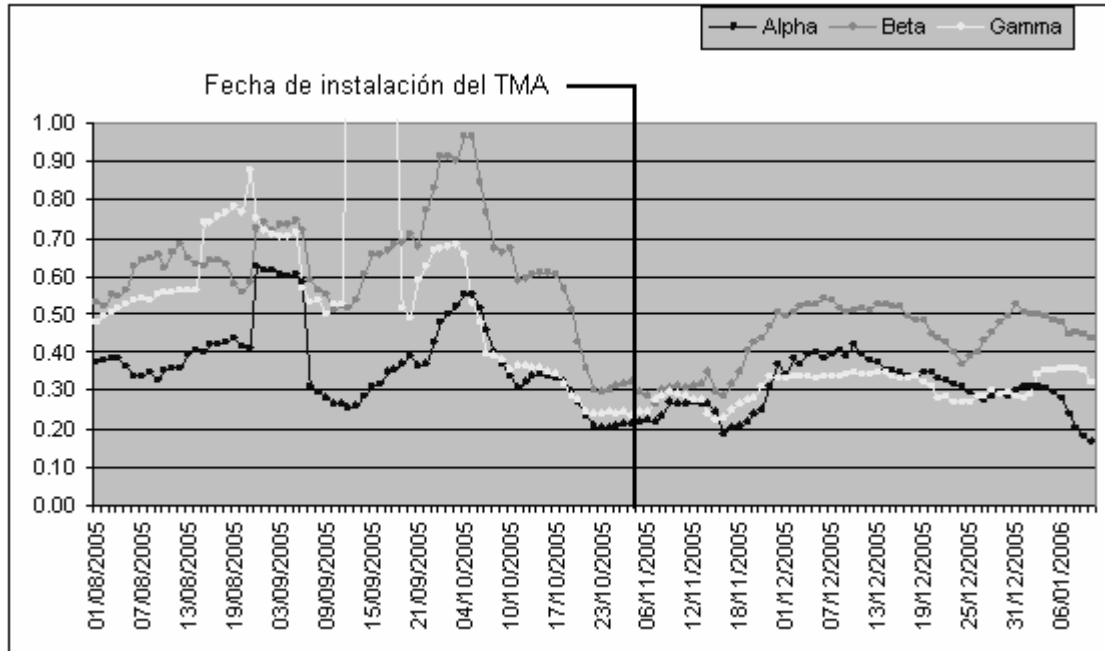
**Figura 78. Drop rate de los 3 sectores del edificio Edima**



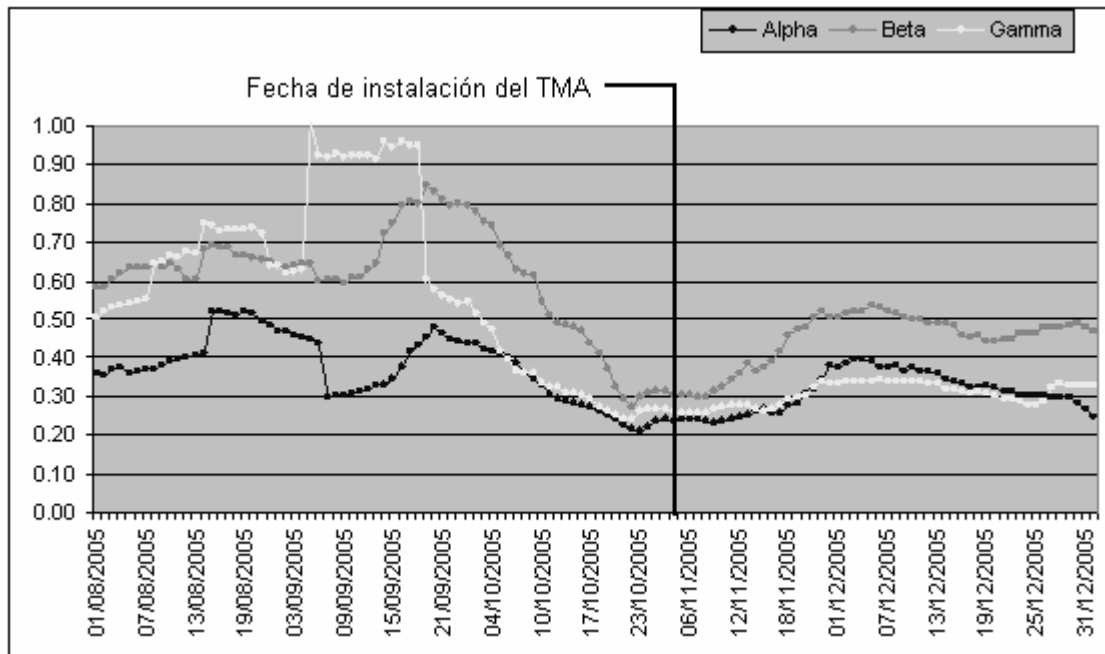
La figura 79 muestra la relación promedio de 7 días entre el tráfico y las llamadas caídas del edificio Edima, al igual que en la figura anterior se observa una clara disminución del *drop rate* en los 3 sectores después de la instalación del TMA. El objetivo de esta gráfica consiste en acentuar la curva del *drop rate* de la figura anterior.

La figura 80 muestra la relación promedio de 14 días entre el tráfico y las llamadas caídas, de esta manera se mejora la curva *drop rate* de 7 días y se observa con facilidad el cambio antes y después de la instalación del TMA. Es evidente la disminución del *drop rate* en los tres sectores.

**Figura 79. Promedio de 7 días, edificio Edima**



**Figura 80. Promedio de 14 días, edificio Edima**

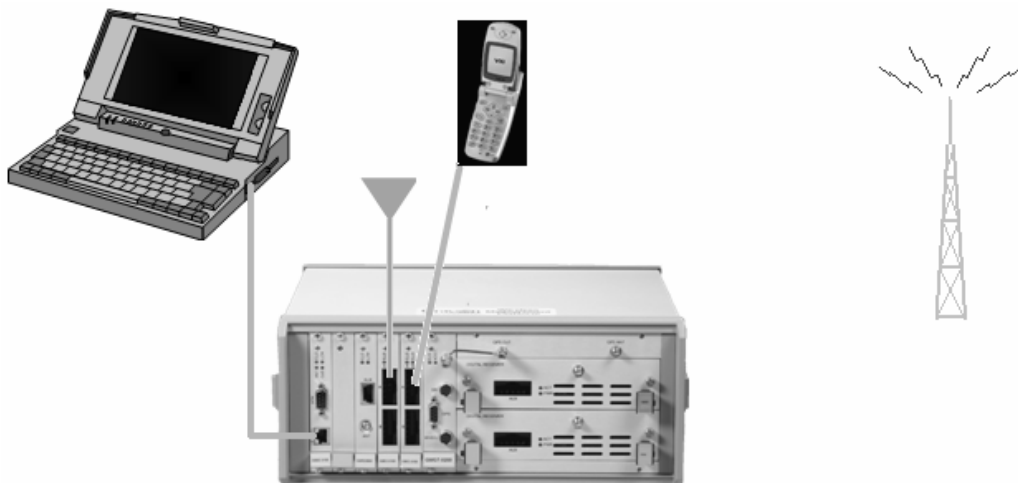


### 5.1.3 Mediciones

Las mediciones de adaptación, discontinuidad y desacoplo que se mencionan en el capítulo 4, son de gran utilidad para el mantenimiento y optimización de la red celular; sin embargo para observar el desempeño de la estación base con TMA son útiles las mediciones inalámbricas. Una de las soluciones típicas consiste en la medición desde el teléfono móvil para analizar el servicio desde la perspectiva del usuario. El análisis de esta solución inalámbrica proporciona medidas críticas de calidad del servicio incluyendo orígenes fallidos, llamadas caídas y calidad de la llamada. Por otra parte, el análisis de post-proceso es una herramienta muy importante de software para identificar problemas comunes de la red e interpretar el rendimiento de la calidad del servicio.

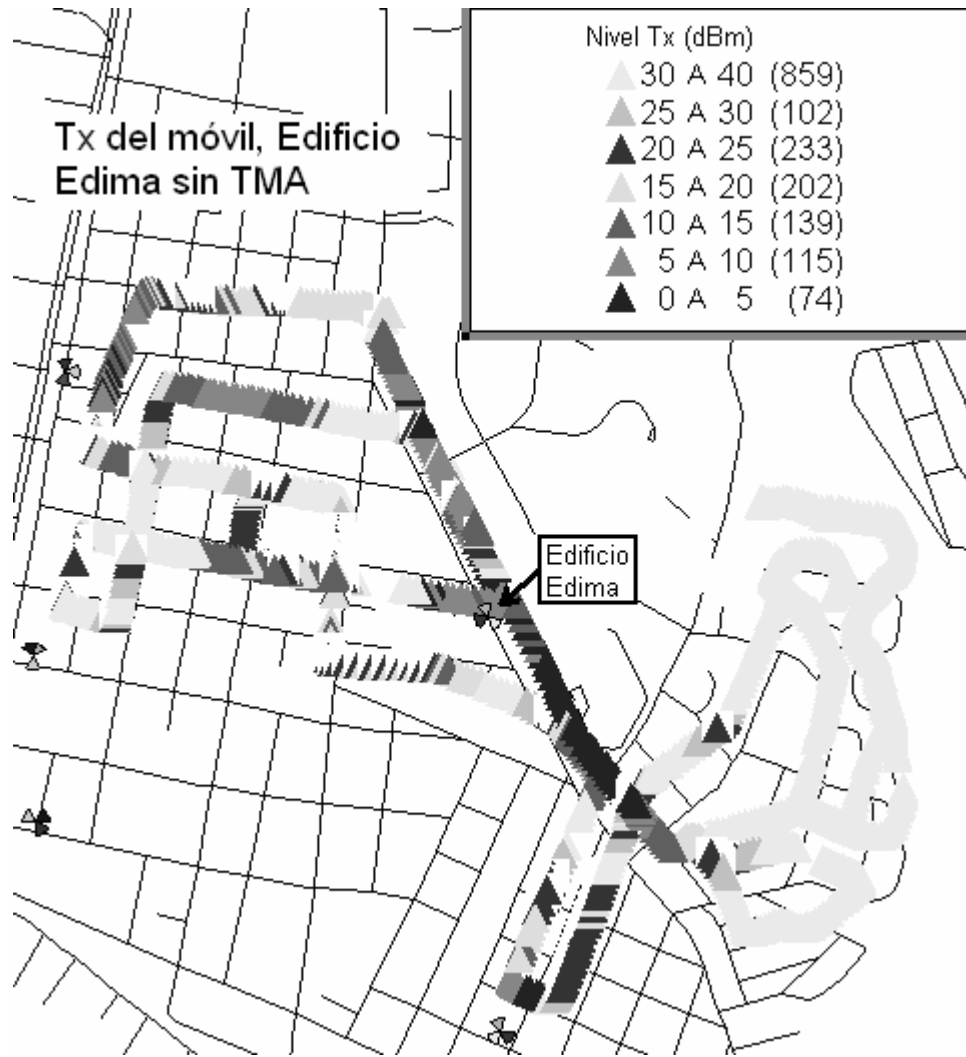
La siguiente figura muestra la solución de medición inalámbrica conectado con un teléfono móvil y un computador personal, sistema que analiza el servicio desde el punto de vista del usuario.

**Figura 81. Sistema de medición inalámbrico**



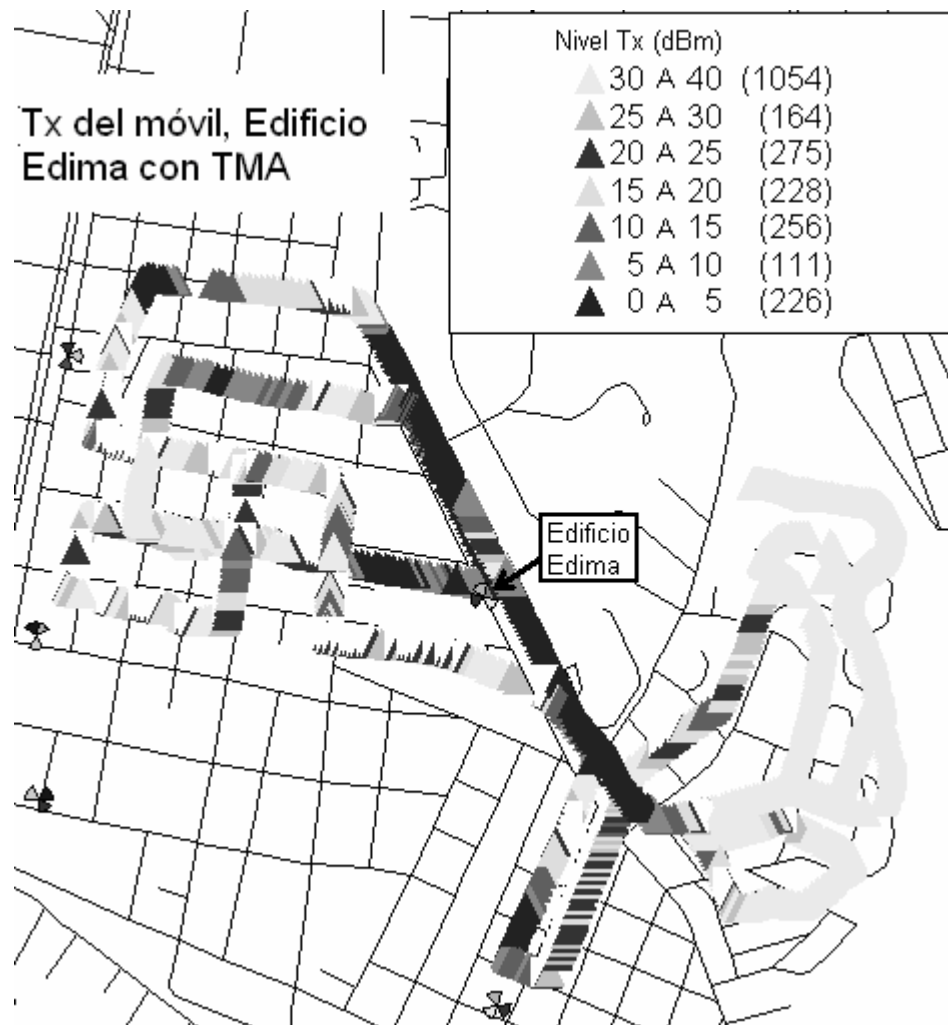
La figura 82 presenta la medición del nivel Tx del teléfono móvil dentro del rango de cobertura de la estación base sin TMA del edificio Edima. Aquí se observa la ruta por la cual se realizó la medición indicando los puntos de transmisión en diferentes rangos, 0 a 5, 5 a 10, 10 a 15.... 30 a 40 dBm, es evidente que existen más puntos mas lejanos a la celda es donde el teléfono móvil necesita transmitir con mayor potencia.

**Figura 82. Tx del móvil sin TMA, edificio Edima**



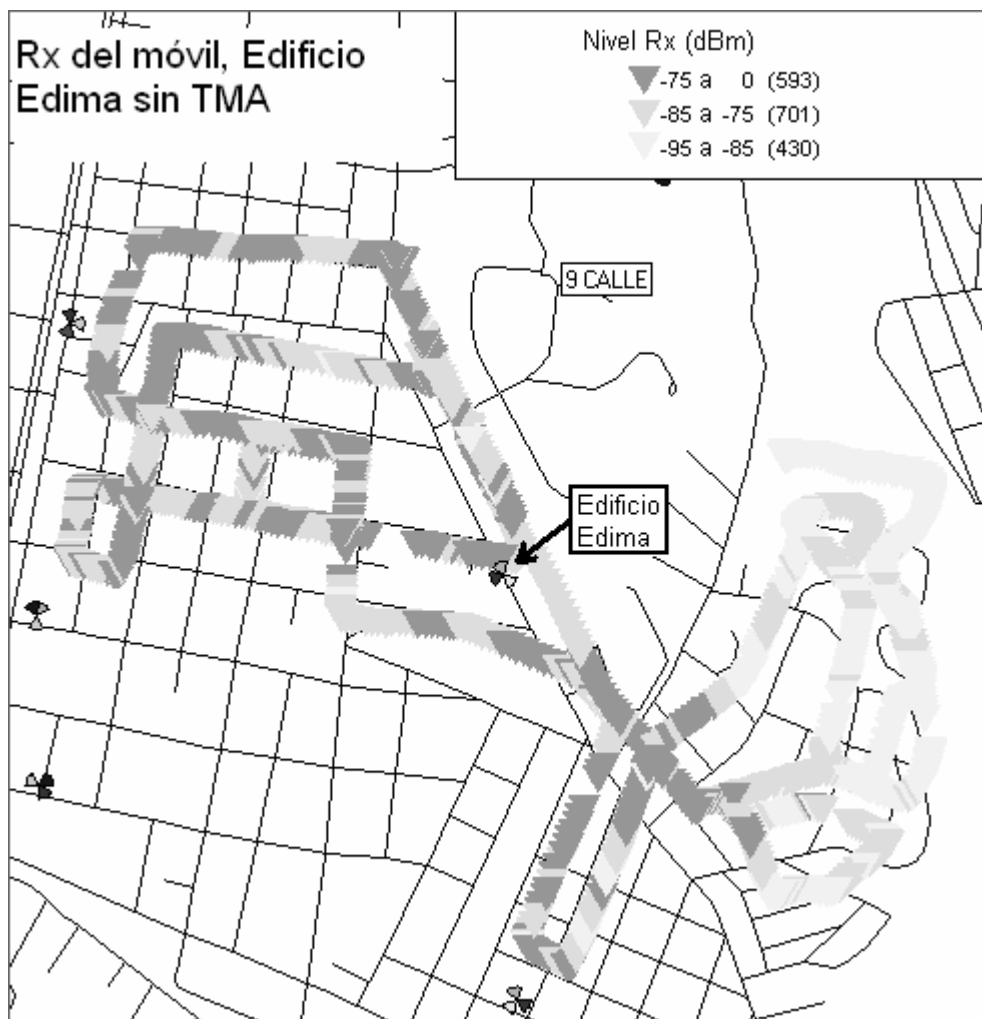
La siguiente figura muestra la medición del nivel Tx del teléfono móvil dentro del rango de cobertura de la estación base con TMA. Aquí se observa como el TMA mejora el rango *uplink*, indicando un aumento en los puntos de transmisión en los diferentes rangos, 0 a 5, 5 a 10, 10 a 15.... 30 a 40 dBm. De esta manera, el teléfono móvil disminuye la potencia de transmisión y aumenta el tiempo de carga de la batería, lo que representa más tiempo de charla para el usuario y mayores beneficios para el operador.

**Figura 83. Tx del móvil con TMA, edificio Edima**



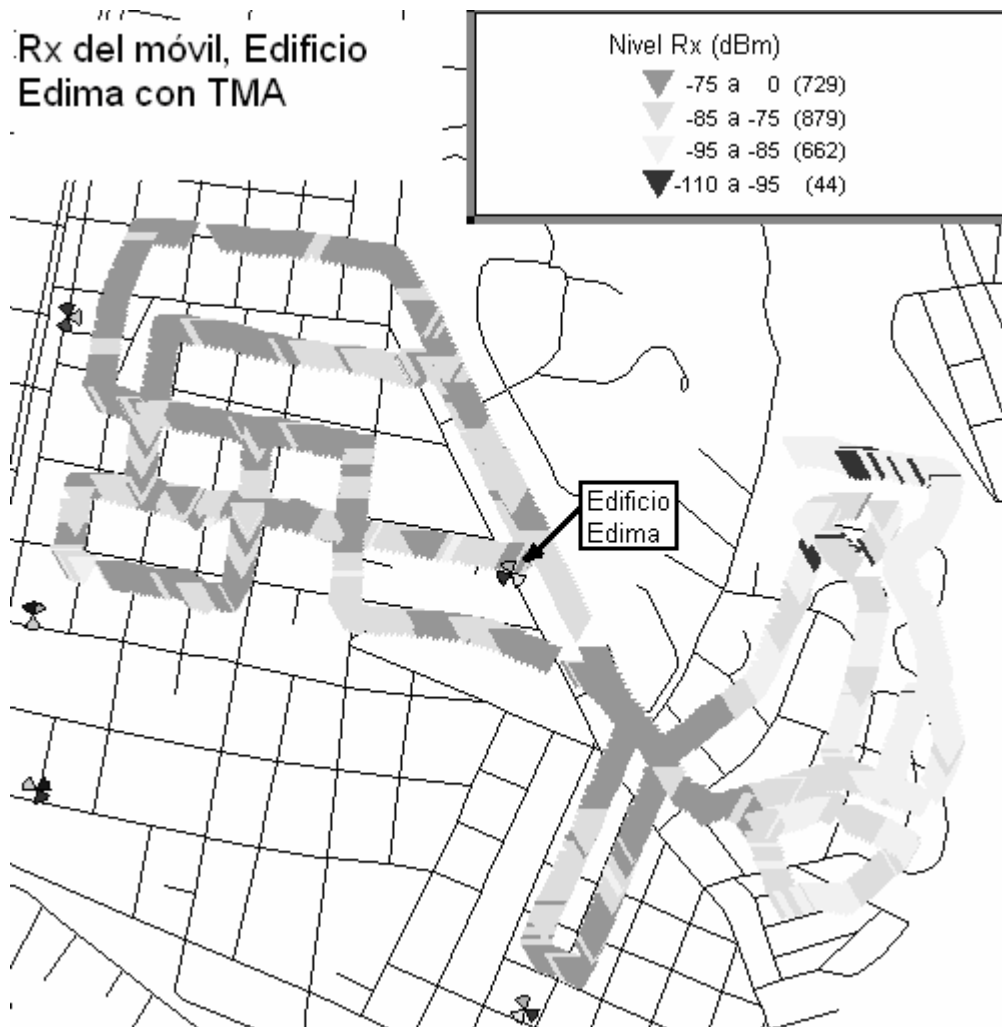
La medición del nivel Rx del teléfono móvil dentro del rango de cobertura de la estación base sin TMA del Edificio Edima se muestra en la figura 84. Los puntos de recepción más oscuros representan el mayor nivel Rx del teléfono móvil, mientras que los puntos más claros el menor nivel Rx. Los puntos mas lejanos a la estación base están marcados con menor nivel de Rx. Los tres rangos de recepción están entre -95 a -85, -85 a -75 y -75 a 0 dBm.

**Figura 84. Rx del móvil sin TMA, edificio Edima**



La siguiente figura presenta la medición del nivel Rx del teléfono móvil dentro del rango de cobertura de la estación base con TMA. Debido a que los TMAs proveen filtración adicional, se ha mejorado la transmisión de la celda y se ven nuevos puntos donde el teléfono móvil tiene un nivel de Rx de -110 a -95 dBm, además se han aumentado los puntos de recepción de los rangos de -95 a -85, -85 a -75 y -75 a 0 dBm.

**Figura 85. Rx del móvil con TMA, edificio Edima**



## 5.2 Análisis de funcionamiento

Los datos monitoreados por el sistema de gestión y las mediciones inalámbricas reflejan el buen desempeño de los TMAs, tanto en el aumento del rango de cobertura uplink como en la mejora de inmunidad a la interferencia. Las dos estaciones base analizadas muestran un mejor funcionamiento desde la instalación de los TMAs.

La celda ubicada en el edificio Novatex muestra una reducción significativa de *drop rate* en el sector beta, en el sector alfa y gamma es menos evidente dicha reducción. Por otro lado, el aumento de tráfico en llamadas se muestra en los tres sectores, aunque en el sector beta es más significativo. La celda ubicada en el edificio Edima muestra una gran reducción de *drop rate* y un aumento significativo del tráfico en llamadas en los tres sectores.

## 5.3 Discusión de resultados

Los resultados de ambos sitios, Novatex y Edima, muestran un mejor desempeño, aunque no de igual manera. La estación base del edificio Novatex mostró la disminución significativa del drop rate y el aumento de tráfico sobre el sector de b después de la instalación del TMA. Los resultados sobre los sectores alfa y gamma también fueron positivos, pero menos distintos. La estación base del edificio Edima mostró la disminución del drop rate y el aumento de tráfico en los tres sectores después que los TMAs fueran instalados.



Posibles diferencias entre Novatex y Edima:

- La cobertura del sitio Novatex puede haber sido considerablemente mejor que la cobertura del sitio Edima antes de la instalación del TMA, por lo que se observaron cambios más significativos en este sitio.
- La estación base del edificio Novatex puede tener longitudes de cable mas cortas que las del edificio Edima.

#### **5.4 Posibles errores de desempeño**

Los datos analizados demostraron que los TMAs proporcionan un mejor funcionamiento de la estación base, pero debido al descenso significativo en el tráfico alrededor del período de Navidad y Año Nuevo, las gráficas muestran una curva no uniforme y los datos no son confiables en dicho período.



## **6. ANÁLISIS ECONÓMICO**

El análisis económico de implementación contempla el montaje e instalación de la solución para la mejora de cobertura en las celdas de la ciudad capital, en el cual se presenta la instalación de 440 TMA's en arreglos dobles acoplados a 107 sitios.

### **6.1 Caso de negocios**

Inicialmente se presentan las condiciones de oferta que comprenden precios, términos de pago y equipo de trabajo asignado. Las condiciones son las siguientes:

- La oferta esta en dólares de los Estados Unidos de América.
- Los precios presentados ya incluyen IVA.
- Los términos de pago son 100% contra acta de aceptación por sitios instalados quincenal o mensualmente.
- El equipo de trabajo asignado para cada sitio de esta implementación esta formado por dos técnicos y un ingeniero.

#### **6.1.1 Estudio de sitio**

Comprende con la visita de un ingeniero a los sitios previo a la instalación para determinar las condiciones generales y especificas del trabajo a realizar, como planos de ubicación de instalación, listado de materiales necesarios, rutas de cableado, condiciones de equipo existente, requerimiento de energía y espacios físicos.

### **6.1.2 Instalación**

Los trabajos de implementación contempla la instalación de los amplificadores TMA con su respectivo tendido de cable de RF y paneles de alimentación con las siguientes características:

- Montaje e instalación del equipo TMA en arreglo doble para mejor distribución de espacio en torre, en este montaje se incluye la desconectorización del Top Jumper de la línea principal de 1 5/8”.
- Jumpers de 1/2” para interconectar el TMA con la línea principal de 1 5/8”.
- Instalación de dos equipos Bias Tee por cada TMA doble, el cual proporciona la alimentación de energía y señalización de alarmas para cada uno de los TMAs del arreglo.
- Montaje e instalación de panel de distribución PDU, equipo para alimentación de los equipos Bias Tee.
- Protección contra humedad para los conectores que usará cada TMA por medio de los kits de impermeabilización.

### **6.1.3 Gastos de capital**

Se contemplan los gastos de equipo necesario en la implementación, entre los cuales aplican TMAs, PDUs, Bias-Tee, jumpers y kit de impermeabilización. Este equipo es el necesario para los 107 sitios de la ciudad capital, tomando en cuenta que no todos los sitios necesitan igual número de TMAs. La tabla IV muestra la cotización del equipo exacto para la implementación, no se toma en cuenta el equipo en stock para posteriores cambios o reparaciones.

**Tabla IV. Cotización de equipo TMA**

Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
Tower Mounted Amplifier (TMA)	\$ 1,040.00	440	\$ 457,600.00
Bias-Tee Banda Dupla	\$ 110.00	880	\$ 96,800.00
PDU, 48 VDC	\$ 480.00	162	\$ 77,760.00
Jumper "Standard" con cable coaxial de 1/2" de 1,5M y conectores 7/16 DIN macho en las extremidades.	\$ 31.66	880	\$ 27,860.80
Kit Impermeabilizante.	\$ 13.39	162	\$ 2,169.18
TOTAL			<b>\$ 662,189.98</b>

#### 6.1.4 Gastos operativos

Se contemplan gastos operativos de \$ 61,600.00 para los 107 sitios, incluyendo mano de obra de instalación de TMA, jumpers, Bias-Tee y PDU, los cuales se presentan en la propuesta económica de la tabla V, donde se estima un precio unitario de \$ 140 por instalación de TMA. El detalle de precio de instalación por sitio se presenta en el apéndice III, indicando el número de antenas por sector, total de TMAs, Bias-Tee, PDUs, Jumpers y Kit de Vulco por sitio, la cantidad total de equipo instalado en los 107 sitios y el precio total.

**Tabla V. Propuesta económica de solución TMAs**

No.	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	<b>Instalación de TMA´s por Unidad Incluye:</b> Mano de obra de instalación de TMA, jumper, Bias Tee, PDU	Unidad	440	\$ 140.00	\$ 61,600.00
<b>Total TMA´s</b>					<b>\$ 61,600.00</b>

#### **6.1.4.1 Sueldos, contrataciones**

El recurso humano necesario para la implementación consta de 4 ingenieros y 4 técnicos subcontratistas encargados de la instalación de los TMAs. Los 4 ingenieros están encargados de la planificación del pre-proyecto, la organización de la implementación y del soporte técnico necesario en la instalación, mientras que los 4 técnicos subcontratistas están encargados específicamente para la instalación del equipo TMA, PDU, Bias-Tee, Jumper y kits impermeabilizante. La tabla del apéndice IV muestra los costos asignados a los ingenieros y técnicos para la implementación del proyecto, mostrando el salario nominal, prestaciones, IGSS y seguros por hora, para contabilizar el total de horas y días necesarios en la implementación.

#### **6.1.4.2 Vehículos**

Se necesitan 4 vehículos para la instalación, 2 vehículos 4x4 para los técnicos de instalación y 2 vehículos sedan para los Ingenieros de soporte, los cuales son propiedad de cada uno de ellos. Los gastos necesarios de gasolina y depreciación se presentan en la tabla VI, costos que ya están contemplados dentro de los gastos de operación.

**Tabla VI. Vehículos**

<b>Vehículos</b>	<b>Gasolina</b>	<b>Depreciación</b>	<b>Días</b>	<b>Total</b>
<b>Ingenieros</b>				
Sedan	\$ 10.00	\$ 1.00	15	\$ 165.00
Sedan	\$ 10.00	\$ 1.00	15	\$ 165.00
<b>Total</b>				\$ 330.00
<b>Contrataciones</b>				
Pick-Up 4x4	\$ 18.00	\$ 2.00	50	\$ 1,000.00
Pick-Up 4x4	\$ 18.00	\$ 2.00	50	\$ 1,000.00
<b>Total</b>				\$ 2,000.00
<b>Gran Total</b>				<b>\$ 2,330.00</b>

### 6.1.5 Rentabilidad

La siguiente tabla muestra una ganancia de \$11,000.00 equivalente al 25%, la cual se obtiene en un período de 10 semanas. Para obtener una relación Beneficio-Costo igual a 1, es necesario poner un precio de instalación de \$100 por TMA, pero con el 25 % de ganancia y el 12 % de IVA el precio por TMA es de \$ 140. Por lo tanto, con este precio de instalación por TMA se obtiene la propuesta económica de la tabla V y el total de costos por sitio de la tabla en el apéndice III.

**Tabla VII. Rentabilidad de la implementación**

	<b>Costo por TMA</b>	<b>Costos por 440 TMAs</b>
Recurso Humano	\$ 94.67	\$ 41,652.82
Vehículos	\$ 5.30	\$ 2,330.00
<b>Total</b>	<b>\$ 99.96</b>	<b>\$ 43,982.82</b>
Precio aprox.	\$ 100.00	\$ 44,000.00
Ganancia 25%	\$ 125.00	\$ 55,000.00
IVA 12%	<b>\$ 140.00</b>	<b>\$ 61,600.00</b>





## CONCLUSIONES

1. Las antenas base de telefonía celular juegan un papel crítico en los sistemas de comunicaciones inalámbricas, principalmente por el área de cobertura que representa el parámetro más importante de las antenas base; sin embargo, representan solamente una pequeña parte del costo total del sitio de comunicaciones
2. Los amplificadores montados en torre aumentan el rango de cobertura *uplink*, mejorando la sensibilidad en el receptor de la BTS reduciendo la figura de ruido del sistema, además mejoran la inmunidad a la interferencia por proveer filtración adicional y reducen la potencia de transmisión de los teléfonos móviles, lo cual se ve reflejado en un aumento de tiempo útil de carga en la batería de los móviles.
3. La medida de pérdidas de retorno provee información de la condición básica de un sistema de antenas, mientras que la medida de desacoplo hace posible determinar las discontinuidades en el rango de frecuencias de funcionamiento y determinar las características de radiación de la propia de la antena. Estas medidas ayudan a verificar el funcionamiento y desempeño del sitio de comunicaciones así como para mantenimientos preventivos.
4. Los TMAs mejoran el desempeño de la estación base principalmente por el aumento de tráfico y la reducción del nivel de llamadas caídas. Estas mejoras ayudan a aumentar el tiempo de charla de los teléfonos móviles, beneficiando a los operadores con mayores ingresos por servicios prestados y a los usuarios con un mejor servicio.



## RECOMENDACIONES

1. Realizar medidas de pérdidas de retorno y discontinuidad antes de la instalación de TMAs, además de un estudio del sitio de comunicaciones para realizar dicha instalación en un tiempo óptimo y evitar que el sitio quede fuera de servicio durante un largo tiempo.
2. Llevar un control de llamadas caídas y tráfico cursado de la BTS antes y después de la instalación de los TMAs para verificar en que grado beneficia dicha instalación al funcionamiento de los tres sectores de la BTS.
3. Realizar estudios de sitio de comunicaciones para proveer soluciones de implementación, pensando en la migración a futuras tecnologías principalmente en la redes GSM.
4. Incluir TMAs en la instalación de nuevos sitios de comunicaciones pensando en el beneficio y satisfacción para los usuarios y los ingresos que esto representa para los operadores de las redes celulares.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Andrew Corporation. Andrew Notch Filter. Seminar “RF Path Products” May 2005.
2. Andrew Corporation. Applications/Engineering Notes. Seminar “RF Path Products” May 2005.
3. Andrew Corporation. Bias tee APT-DFDM-ADB. Seminar “RF Path Products” May 2005.
4. Andrew Corporation. Catalog TMA. Seminar “RF Path Products” May 2005.
5. Andrew Corporation. Diplexer. Seminar “RF Path Products” May 2005.
6. Andrew Corporation. PDU Manual. Seminar “RF Path Products” May 2005.
7. Andrew Corporation. TMA Connection Diagram. Seminar “RF Path Products” May 2005.
8. Andrew Corporation. VSWR. Seminar “RF Path Products” May 2005.
9. Antenas. Consultado 20 abr 2006. Disponible en:  
<http://www.nycwireless.net/presentation/Antennas101.pdf>.
10. Antenas - Monografias.com. Consultado 21 mar 2006. Disponible en:  
<http://www.monografias.com/trabajos6/ante/ante.shtml>
11. Basics of Dual-Polarized Antenna. Consultado 18 abr 2006. Disponible en:  
[http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/dual\\_polar.pdf](http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/dual_polar.pdf)
12. Dual polarized antenna with high directivity for base station antennas. Consultado 18 abr 2006. Disponible en:  
<http://www.s3.kth.se/antenn/exjobb/IR-SB-EX-0406.pdf>
13. Dual Polarized. Consultado 19 abr 2006. Disponible en:  
[http://www.kathrein-scala.com/tech\\_bulletins/DualPolarized.pdf](http://www.kathrein-scala.com/tech_bulletins/DualPolarized.pdf)

14. El Decibel. Consultado 05 abr 2006. Disponible en:  
<http://www.eveliux.com/fundatel/decibel.html>
15. Fundamentos de las Antenas. Consultado 20 mar 2006. Disponible en:  
<http://members.fortunecity.es/unitec/antenas/antenas1.htm>
16. Medidas en Sistemas de de Antenas de Radio Móvil. Consultado 20 mar 2006. Disponible en:  
[http://www.cms.rohdeshwarz.com/live/rs/product/product\\_download/96/copy4141736ae90.pdf](http://www.cms.rohdeshwarz.com/live/rs/product/product_download/96/copy4141736ae90.pdf)
17. Selecting Tower Mounted Amplifiers. Consultado 30 Ago 2006. Disponible en: <http://www.triasx.com/ips/activesolutions.htm#1900>

## **APÉNDICES**

APÉNDICE I. Datos tabulados del edificio Novatex	127
APÉNDICE II. Datos tabulados del edificio Edima	139
APÉNDICE III. Costo de Instalación por sitio	151
APÉNDICE IV. Sueldos y contrataciones	155





## APÉNDICE I.

<b>EDIFICIO NOVATEX</b>						
<b>Sector Alfa</b>						
Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
17/07/2005	31.17	12	1418	0.38		
18/07/2005	104.27	20	4700	0.19		
19/07/2005	101.89	26	4376	0.26	0.21	
20/07/2005	99.37	21	5001	0.21	0.20	
21/07/2005	97.56	20	4212	0.21	0.19	
22/07/2005	104.54	17	4692	0.16	0.19	0.22
23/07/2005	50.46	9	2259	0.18	0.20	0.22
01/08/2005	113.56	23	4809	0.20	0.19	0.22
02/08/2005	106.03	12	4508	0.11	0.21	0.22
03/08/2005	108.65	28	4713	0.26	0.22	0.23
04/08/2005	112.38	28	5056	0.25	0.23	0.23
05/08/2005	117.70	21	5284	0.18	0.25	0.23
06/08/2005	55.81	17	2467	0.30	0.26	0.23
07/08/2005	31.62	13	1405	0.41	0.26	0.24
08/08/2005	113.35	32	4554	0.28	0.26	0.24
09/08/2005	109.93	26	4414	0.24	0.26	0.24
10/08/2005	110.42	31	4730	0.28	0.25	0.24
11/08/2005	117.95	29	4804	0.25	0.24	0.25
12/08/2005	121.37	25	4988	0.21	0.22	0.24
13/08/2005	49.95	13	2289	0.26	0.22	0.24
14/08/2005	32.81	5	1442	0.15	0.22	0.24
15/08/2005	39.11	10	1469	0.26	0.23	0.24
16/08/2005	115.43	18	4822	0.16	0.23	0.23
17/08/2005	112.91	28	4873	0.25	0.24	0.23
18/08/2005	116.59	32	4480	0.27	0.24	0.24
19/08/2005	69.04	18	3046	0.26	0.25	0.25
20/08/2005	57.19	13	2368	0.23	0.25	0.25
21/08/2005	39.91	15	1377	0.38	0.24	0.26
22/08/2005	114.66	24	4193	0.21	0.25	0.28
01/09/2005	119.49	30	5097	0.25	0.26	0.29
02/09/2005	116.20	26	5067	0.22	0.25	0.29
03/09/2005	62.66	15	3039	0.24	0.28	0.29

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
04/09/2005	39.77	13	1648	0.33	0.30	0.28
05/09/2005	120.63	38	4879	0.32	0.32	0.28
06/09/2005	127.30	30	6534	0.24	0.33	0.29
07/09/2005	131.34	46	6493	0.35	0.32	0.30
08/09/2005	119.33	47	5029	0.39	0.30	0.29
09/09/2005	117.91	42	5308	0.36	0.32	0.29
10/09/2005	66.97	21	2799	0.31	0.31	0.29
11/09/2005	41.18	8	1698	0.19	0.30	0.27
12/09/2005	116.57	25	4624	0.21	0.26	0.27
13/09/2005	119.64	36	4825	0.30	0.25	0.25
14/09/2005	104.15	36	4465	0.35	0.24	0.24
15/09/2005	43.42	16	1702	0.37	0.24	0.24
16/09/2005	108.20	14	4165	0.13	0.21	0.24
17/09/2005	59.78	12	2296	0.20	0.19	0.24
18/09/2005	36.67	4	1312	0.11	0.18	0.25
19/09/2005	113.18	22	4415	0.19	0.22	0.24
20/09/2005	121.87	22	4427	0.18	0.22	0.24
21/09/2005	116.62	22	4330	0.19	0.24	0.24
22/09/2005	119.42	27	4467	0.23	0.25	0.25
23/09/2005	121.77	43	4881	0.35	0.26	0.25
01/10/2005	69.14	17	2951	0.25	0.28	0.26
02/10/2005	49.78	15	1745	0.30	0.28	0.26
03/10/2005	132.41	37	5068	0.28	0.27	0.26
04/10/2005	134.39	35	4990	0.26	0.28	0.25
05/10/2005	141.89	39	5411	0.27	0.28	0.24
06/10/2005	128.00	35	5116	0.27	0.28	0.23
07/10/2005	134.61	39	5492	0.29	0.25	0.23
08/10/2005	71.03	23	3004	0.32	0.23	0.21
09/10/2005	39.56	10	1475	0.25	0.20	0.20
10/10/2005	128.17	35	4942	0.27	0.18	0.19
11/10/2005	117.08	12	2141	0.10	0.16	0.18
12/10/2005	132.61	19	2813	0.14	0.15	0.17
13/10/2005	132.36	15	2526	0.11	0.14	0.16
15/10/2005	51.95	8	1089	0.15	0.15	0.16
16/10/2005	50.76	8	888	0.16	0.15	0.15
17/10/2005	234.04	26	4694	0.11	0.16	0.14
18/10/2005	248.23	46	4860	0.19	0.15	0.15

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
19/10/2005	278.78	47	5531	0.17	0.15	0.14
20/10/2005	278.78	47	5531	0.17	0.15	0.14
21/10/2005	222.97	30	4422	0.13	0.15	0.14
22/10/2005	57.58	7	1058	0.12	0.14	0.14
23/10/2005	57.58	7	1058	0.12	0.13	0.14
01/11/2005	108.44	8	1637	0.07	0.13	0.13
02/11/2005	333.10	51	5288	0.15	0.12	0.13
03/11/2005	333.10	51	5288	0.15	0.12	0.13
04/11/2005	374.85	43	6586	0.11	0.12	0.12
05/11/2005	139.28	10	2646	0.07	0.12	0.12
06/11/2005	108.13	6	1614	0.06	0.12	0.12
07/11/2005	253.78	34	5083	0.13	0.12	0.12
08/11/2005	260.64	30	4601	0.12	0.12	0.12
09/11/2005	241.96	34	4171	0.14	0.12	0.12
10/11/2005	271.49	44	4853	0.16	0.12	0.12
11/11/2005	252.82	22	4411	0.09	0.12	0.12
12/11/2005	252.82	22	4411	0.09	0.12	0.12
13/11/2005	88.78	10	1485	0.11	0.11	0.12
14/11/2005	197.83	20	3517	0.10	0.12	0.12
15/11/2005	246.37	41	4745	0.17	0.13	0.12
16/11/2005	253.16	30	5085	0.12	0.13	0.13
17/11/2005	208.22	21	3507	0.10	0.13	0.14
18/11/2005	225.08	36	4178	0.16	0.12	0.15
19/11/2005	118.85	11	2371	0.09	0.13	0.15
20/11/2005	78.51	8	1356	0.10	0.15	0.16
21/11/2005	206.39	26	3722	0.13	0.16	0.17
22/11/2005	222.32	28	3925	0.13	0.18	0.18
23/11/2005	231.79	36	3932	0.16	0.19	0.19
01/12/2005	123.15	38	3556	0.31	0.21	0.20
02/12/2005	128.20	36	3586	0.28	0.25	0.20
03/12/2005	69.36	20	2313	0.29	0.28	0.20
04/12/2005	34.67	7	1075	0.20	0.26	0.22
05/12/2005	121.11	26	3281	0.21	0.25	0.23
06/12/2005	106.35	39	3152	0.37	0.23	0.25
07/12/2005	73.42	18	1910	0.25	0.23	0.25
08/12/2005	116.08	22	3606	0.19	0.24	0.24
09/12/2005	126.42	30	3612	0.24	0.22	0.24

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
10/12/2005	58.51	6	1962	0.10	0.22	0.24
11/12/2005	48.43	9	1258	0.19	0.23	0.24
12/12/2005	123.77	33	3270	0.27	0.24	0.23
13/12/2005	114.50	25	3175	0.22	0.25	0.23
14/12/2005	133.36	37	3620	0.28	0.25	0.23
15/12/2005	121.10	29	3460	0.24	0.24	0.23
16/12/2005	116.53	32	3699	0.27	0.25	0.24
17/12/2005	63.21	14	2034	0.22	0.23	0.24
18/12/2005	38.19	9	1121	0.24	0.23	0.23
19/12/2005	123.28	23	3642	0.19	0.23	0.23
20/12/2005	130.10	36	3815	0.28	0.23	0.23
21/12/2005	120.48	18	3378	0.15	0.23	0.22
22/12/2005	126.13	32	3583	0.25	0.22	0.22
23/12/2005	109.14	29	3244	0.27	0.21	0.21
24/12/2005	64.33	19	2746	0.30	0.23	0.21
25/12/2005	58.94	8	1995	0.14	0.22	0.22
26/12/2005	81.29	8	2364	0.10	0.20	0.21
27/12/2005	87.72	25	2564	0.28	0.19	0.23
28/12/2005	91.63	23	2555	0.25	0.20	0.24
29/12/2005	87.72	14	2589	0.16	0.22	0.23
30/12/2005	80.72	15	2540	0.19	0.21	0.23
02/01/2006	62.26	18	1798	0.29	0.26	0.24
03/01/2006	97.76	23	2698	0.24	0.26	0.25
04/01/2006	102.70	27	2815	0.26	0.27	0.25
05/01/2006	102.57	38	2795	0.37	0.27	0.24
06/01/2006	116.23	26	3151	0.22	0.26	0.23
07/01/2006	55.68	14	1800	0.25	0.27	0.22
08/01/2006	45.46	9	1269	0.20	0.24	0.21
11/01/2006	141.51	39	5390	0.28	0.22	0.19
12/01/2006	146.37	33	5207	0.23	0.21	0.18
13/01/2006	103.95	31	3799	0.30	0.19	
13/01/2006	66.31	8	2249	0.12	0.17	
14/01/2006	54.39	0	1139	0.00	0.14	
15/01/2006	88.41	13	1621	0.15	0.12	
16/01/2006	252.98	41	4984	0.16		
17/01/2006	270.85	38	5279	0.14		
18/01/2006	244.38	20	4905	0.08		

<b>EDIFICIO NOVATEX</b>						
<b>Sector Beta</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Tráfico Cursado</b>	<b>Drops</b>	<b>Intentos</b>	<b>Drop Rate</b>	<b>Promedio de 7 días</b>	<b>Promedio de 14 días</b>
17/07/2005	55.33	42	2638	0.76		
18/07/2005	171.04	95	7398	0.56		
19/07/2005	157.46	105	6376	0.67		
20/07/2005	146.59	95	6708	0.65	0.69	
21/07/2005	147.31	112	5887	0.76	0.68	
22/07/2005	161.60	135	6870	0.84	0.71	
23/07/2005	82.42	52	3803	0.63	0.71	0.67
01/08/2005	157.21	101	6422	0.64	0.70	0.67
02/08/2005	148.42	106	5940	0.71	0.70	0.68
03/08/2005	151.63	108	6559	0.71	0.66	0.67
04/08/2005	152.97	91	6452	0.59	0.66	0.67
05/08/2005	159.19	113	7216	0.71	0.65	0.66
06/08/2005	91.08	56	4459	0.61	0.65	0.65
07/08/2005	48.77	22	2194	0.45	0.63	0.65
08/08/2005	143.06	90	5958	0.63	0.64	0.64
09/08/2005	143.32	100	5838	0.70	0.63	0.65
10/08/2005	140.44	80	5735	0.57	0.62	0.65
11/08/2005	145.86	98	6033	0.67	0.64	0.66
12/08/2005	166.91	104	7707	0.62	0.63	0.65
13/08/2005	72.93	43	3593	0.59	0.65	0.65
14/08/2005	37.36	26	1754	0.70	0.68	0.65
15/08/2005	41.14	19	1919	0.46	0.67	0.66
16/08/2005	149.70	121	5928	0.81	0.68	0.64
17/08/2005	149.41	105	6277	0.70	0.67	0.66
18/08/2005	146.90	95	5764	0.65	0.66	0.66
19/08/2005	110.43	70	4857	0.63	0.68	0.66
20/08/2005	79.38	46	3380	0.58	0.63	0.66
21/08/2005	56.72	25	2234	0.44	0.65	0.67
22/08/2005	145.58	112	5840	0.77	0.65	0.67
01/09/2005	162.23	87	7116	0.54	0.64	0.66
02/09/2005	171.15	135	7459	0.79	0.66	0.65
03/09/2005	100.77	63	4614	0.63	0.68	0.65
04/09/2005	51.22	20	2204	0.39	0.66	0.64
05/09/2005	168.24	120	7012	0.71	0.69	0.64
06/09/2005	158.92	119	7593	0.75	0.65	0.64

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
07/09/2005	153.78	97	7426	0.63	0.65	0.63
08/09/2005	139.48	96	5683	0.69	0.65	0.63
09/09/2005	143.48	79	6334	0.55	0.63	0.61
10/09/2005	79.10	50	3488	0.63	0.60	0.61
11/09/2005	50.43	17	2070	0.34	0.58	0.61
12/09/2005	126.39	76	4885	0.60	0.55	0.60
13/09/2005	145.77	84	5583	0.58	0.56	0.58
14/09/2005	131.71	75	5550	0.57	0.55	0.57
15/09/2005	49.74	17	1967	0.34	0.55	0.56
16/09/2005	109.62	70	4395	0.64	0.56	0.56
17/09/2005	58.68	31	2375	0.53	0.56	0.55
18/09/2005	44.92	14	1589	0.31	0.55	0.55
19/09/2005	139.30	93	5150	0.67	0.57	0.53
20/09/2005	121.57	64	4744	0.53	0.57	0.52
21/09/2005	118.81	63	4676	0.53	0.55	0.52
22/09/2005	126.60	76	4845	0.60	0.55	0.53
23/09/2005	136.18	81	5586	0.59	0.50	0.51
01/10/2005	80.40	31	3513	0.39	0.49	0.51
02/10/2005	39.78	10	1740	0.25	0.50	0.51
03/10/2005	140.21	59	5474	0.42	0.49	0.49
04/10/2005	132.53	63	5035	0.48	0.46	0.47
05/10/2005	123.10	73	5165	0.59	0.47	0.44
06/10/2005	103.96	51	4243	0.49	0.48	0.42
07/10/2005	135.72	59	5442	0.43	0.48	0.39
08/10/2005	72.86	37	3134	0.51	0.44	0.38
09/10/2005	37.77	15	1615	0.40	0.36	0.36
10/10/2005	116.43	49	4575	0.42	0.35	0.34
11/10/2005	122.53	27	2333	0.22	0.31	0.31
12/10/2005	128.87	23	2646	0.18	0.28	0.28
13/10/2005	123.46	45	2372	0.36	0.25	0.27
15/10/2005	62.02	10	1249	0.16	0.24	0.26
16/10/2005	37.24	5	848	0.13	0.23	0.25
17/10/2005	249.65	54	4855	0.22	0.24	0.25
18/10/2005	257.56	67	4869	0.26	0.23	0.23
19/10/2005	270.07	60	5376	0.22	0.23	0.22
20/10/2005	270.07	60	5376	0.22	0.24	0.22
21/10/2005	221.40	56	4463	0.25	0.25	0.21

<b>Fecha</b>	<b>Tráfico Cursado</b>	<b>Drops</b>	<b>Intentos</b>	<b>Drop Rate</b>	<b>Promedio de 7 días</b>	<b>Promedio de 14 días</b>
22/10/2005	54.70	17	1046	0.31	0.22	0.21
23/10/2005	54.70	17	1046	0.31	0.21	0.21
01/11/2005	64.07	17	1213	0.27	0.20	0.21
02/11/2005	277.11	45	4933	0.16	0.19	0.21
03/11/2005	277.11	45	4933	0.16	0.18	0.21
04/11/2005	329.61	63	6237	0.19	0.19	0.20
05/11/2005	143.88	24	2787	0.17	0.19	0.19
06/11/2005	79.12	14	1498	0.18	0.20	0.19
07/11/2005	246.54	56	5056	0.23	0.21	0.19
08/11/2005	282.51	57	5456	0.20	0.20	0.20
09/11/2005	245.99	54	4729	0.22	0.19	0.20
10/11/2005	261.46	58	5147	0.22	0.19	0.21
11/11/2005	286.89	45	5337	0.16	0.19	0.21
12/11/2005	286.89	45	5337	0.16	0.21	0.21
13/11/2005	102.58	13	1821	0.13	0.21	0.21
14/11/2005	220.90	55	4248	0.25	0.21	0.20
15/11/2005	325.45	97	6645	0.30	0.21	0.20
16/11/2005	292.58	63	6727	0.22	0.23	0.20
17/11/2005	237.16	43	4825	0.18	0.23	0.21
18/11/2005	302.47	64	6265	0.21	0.21	0.22
19/11/2005	153.89	34	3715	0.22	0.19	0.23
20/11/2005	98.77	20	2200	0.20	0.19	0.24
21/11/2005	267.49	36	5009	0.13	0.21	0.24
22/11/2005	261.18	45	4905	0.17	0.22	0.24
23/11/2005	283.60	59	5324	0.21	0.23	0.24
01/12/2005	146.09	64	5234	0.44	0.24	0.25
02/12/2005	166.00	49	5764	0.30	0.28	0.27
03/12/2005	87.64	30	3495	0.34	0.31	0.28
04/12/2005	52.24	23	1947	0.44	0.35	0.28
05/12/2005	149.75	53	4815	0.35	0.33	0.30
06/12/2005	156.02	46	4960	0.29	0.33	0.32
07/12/2005	97.82	33	3229	0.34	0.34	0.35
08/12/2005	167.25	52	5379	0.31	0.33	0.36
09/12/2005	165.78	54	5708	0.33	0.32	0.36
10/12/2005	88.23	39	3189	0.44	0.34	0.37
11/12/2005	54.29	16	2156	0.29	0.36	0.36
12/12/2005	152.53	46	5044	0.30	0.39	0.37

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
13/12/2005	157.89	59	5383	0.37	0.40	0.38
14/12/2005	160.97	75	5666	0.47	0.39	0.38
15/12/2005	165.11	75	5945	0.45	0.39	0.40
16/12/2005	169.79	65	6289	0.38	0.41	0.40
17/12/2005	91.33	36	3679	0.39	0.42	0.41
18/12/2005	53.57	18	2128	0.34	0.41	0.41
19/12/2005	161.52	66	6016	0.41	0.41	0.41
20/12/2005	159.46	68	5682	0.43	0.41	0.42
21/12/2005	176.03	71	6272	0.40	0.43	0.41
22/12/2005	184.02	82	6283	0.45	0.42	0.42
23/12/2005	184.30	77	6515	0.42	0.41	0.42
24/12/2005	85.79	48	4425	0.56	0.43	0.42
25/12/2005	43.71	6	1855	0.14	0.42	0.43
26/12/2005	106.31	32	3880	0.30	0.43	0.43
27/12/2005	111.05	67	3844	0.60	0.44	0.45
28/12/2005	101.05	33	3489	0.33	0.42	0.45
29/12/2005	100.85	53	3743	0.53	0.44	0.44
30/12/2005	86.56	41	3159	0.47	0.48	0.44
02/01/2006	69.04	35	2418	0.51	0.45	0.44
03/01/2006	128.51	74	4208	0.58	0.45	0.40
04/01/2006	133.45	49	4627	0.37	0.45	0.40
05/01/2006	133.51	55	4420	0.41	0.44	0.39
06/01/2006	154.01	67	5221	0.44	0.41	0.38
07/01/2006	74.93	31	2987	0.41	0.36	0.36
08/01/2006	50.30	17	1868	0.34	0.35	0.35
11/01/2006	170.52	54	7088	0.32	0.34	0.31
12/01/2006	185.20	50	6928	0.27	0.31	0.28
13/01/2006	115.19	34	4521	0.30	0.27	
13/01/2006	75.03	25	2980	0.33	0.28	
14/01/2006	62.55	15	1283	0.24	0.24	
15/01/2006	92.37	9	1814	0.10	0.22	
16/01/2006	268.48	86	5098	0.32		
17/01/2006	281.13	35	5187	0.12		
18/01/2006	283.26	50	5140	0.18		



<b>EDIFICIO NOVATEX</b>						
<b>Sector Gamma</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Tráfico Cursado</b>	<b>Drops</b>	<b>Intentos</b>	<b>Drop Rate</b>	<b>Promedio de 7 días</b>	<b>Promedio de 14 días</b>
17/07/2005	58.61	17	3073	0.29		
18/07/2005	190.70	48	8491	0.25		
19/07/2005	173.27	65	7745	0.38		
20/07/2005	167.08	50	8006	0.30	0.30	
21/07/2005	176.57	54	7175	0.31	0.29	
22/07/2005	184.25	51	8340	0.28	0.30	
23/07/2005	91.16	25	4412	0.27	0.28	
01/08/2005	183.24	49	7520	0.27	0.27	0.28
02/08/2005	176.57	48	7449	0.27	0.28	0.28
03/08/2005	173.09	44	7431	0.25	0.27	0.29
04/08/2005	180.46	48	8237	0.27	0.25	0.28
05/08/2005	184.69	59	9013	0.32	0.27	0.28
06/08/2005	113.24	21	5230	0.19	0.27	0.29
07/08/2005	68.21	5	2595	0.07	0.28	0.29
08/08/2005	179.14	61	7402	0.34	0.29	0.29
09/08/2005	163.47	52	6614	0.32	0.31	0.29
10/08/2005	174.95	50	7166	0.29	0.31	0.30
11/08/2005	167.18	61	6815	0.36	0.32	0.31
12/08/2005	194.68	76	8653	0.39	0.32	0.32
13/08/2005	90.75	16	4181	0.18	0.33	0.32
14/08/2005	46.98	12	2085	0.26	0.36	0.33
15/08/2005	55.44	15	2175	0.27	0.36	0.34
16/08/2005	168.98	70	6777	0.41	0.35	0.34
17/08/2005	173.04	71	7467	0.41	0.35	0.35
18/08/2005	174.10	63	6759	0.36	0.35	0.36
19/08/2005	139.79	47	6278	0.34	0.35	0.36
20/08/2005	98.65	23	4387	0.23	0.36	0.35
21/08/2005	64.83	19	2632	0.29	0.36	0.37
22/08/2005	169.97	57	6713	0.34	0.36	0.40
01/09/2005	183.36	77	7649	0.42	0.35	0.41
02/09/2005	191.39	81	8679	0.42	0.38	0.41
03/09/2005	112.84	40	5608	0.35	0.44	0.41
04/09/2005	68.60	17	2803	0.25	0.45	0.42
05/09/2005	194.82	88	8383	0.45	0.45	0.42
06/09/2005	192.66	128	9879	0.66	0.46	0.42

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
07/09/2005	210.35	88	11507	0.42	0.47	0.43
08/09/2005	187.41	80	8457	0.43	0.47	0.44
09/09/2005	192.11	96	8736	0.50	0.46	0.44
10/09/2005	110.65	42	5178	0.38	0.41	0.44
11/09/2005	70.76	18	2962	0.25	0.44	0.43
12/09/2005	176.15	69	6957	0.39	0.43	0.43
13/09/2005	206.46	85	8246	0.41	0.40	0.42
14/09/2005	172.54	99	7691	0.57	0.39	0.40
15/09/2005	72.33	20	2940	0.28	0.39	0.40
16/09/2005	161.49	58	6610	0.36	0.38	0.40
17/09/2005	90.63	21	3657	0.23	0.38	0.40
18/09/2005	60.30	19	2642	0.32	0.36	0.39
19/09/2005	177.24	59	6699	0.33	0.38	0.39
20/09/2005	178.01	75	6849	0.42	0.39	0.39
21/09/2005	172.84	75	6744	0.43	0.40	0.39
22/09/2005	186.69	79	7022	0.42	0.39	0.37
23/09/2005	196.81	88	7922	0.45	0.40	0.38
01/10/2005	111.01	36	4968	0.32	0.39	0.38
02/10/2005	67.21	12	2871	0.18	0.38	0.39
03/10/2005	202.48	85	7465	0.42	0.38	0.38
04/10/2005	222.44	81	7975	0.36	0.38	0.38
05/10/2005	213.79	77	8490	0.36	0.38	0.37
06/10/2005	189.42	77	7387	0.41	0.38	0.35
07/10/2005	239.10	100	8701	0.42	0.37	0.33
08/10/2005	129.68	45	4958	0.35	0.34	0.31
09/10/2005	72.13	11	2983	0.15	0.32	0.31
10/10/2005	189.87	72	7084	0.38	0.29	0.29
11/10/2005	174.74	32	3215	0.18	0.24	0.27
12/10/2005	179.68	38	3573	0.21	0.22	0.25
13/10/2005	189.53	38	3521	0.20	0.21	0.24
15/10/2005	109.43	15	2321	0.14	0.18	0.22
16/10/2005	63.32	8	1375	0.13	0.19	0.21
17/10/2005	350.75	59	7004	0.17	0.19	0.20
18/10/2005	362.68	68	7375	0.19	0.19	0.20
19/10/2005	420.80	88	8413	0.21	0.19	0.19
20/10/2005	420.80	88	8413	0.21	0.19	0.19
21/10/2005	332.13	62	7009	0.19	0.19	0.19

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
22/10/2005	92.12	16	2057	0.17	0.19	0.19
23/10/2005	92.12	16	2057	0.17	0.19	0.19
01/11/2005	143.50	14	2633	0.10	0.19	0.19
02/11/2005	390.15	79	7490	0.20	0.18	0.19
03/11/2005	390.15	79	7490	0.20	0.18	0.18
04/11/2005	398.62	87	8008	0.22	0.18	0.18
05/11/2005	211.96	24	4837	0.11	0.18	0.18
06/11/2005	146.07	20	2859	0.14	0.18	0.18
07/11/2005	344.89	69	7220	0.20	0.17	0.18
08/11/2005	403.40	60	7786	0.15	0.17	0.18
09/11/2005	374.38	67	7363	0.18	0.17	0.19
10/11/2005	392.32	65	7879	0.17	0.17	0.19
11/11/2005	433.99	79	8597	0.18	0.17	0.19
12/11/2005	433.99	79	8597	0.18	0.19	0.19
13/11/2005	133.35	16	2863	0.12	0.20	0.19
14/11/2005	343.27	61	6657	0.18	0.20	0.18
15/11/2005	394.95	115	7976	0.29	0.21	0.19
16/11/2005	383.32	82	8673	0.21	0.20	0.19
17/11/2005	342.78	63	6744	0.18	0.20	0.19
18/11/2005	387.64	82	8078	0.21	0.20	0.20
19/11/2005	216.98	26	4713	0.12	0.20	0.21
20/11/2005	137.49	9	2782	0.07	0.18	0.21
21/11/2005	366.23	77	7325	0.21	0.20	0.22
22/11/2005	363.25	92	7019	0.25	0.21	0.22
23/11/2005	406.69	61	8162	0.15	0.23	0.22
01/12/2005	242.00	73	8637	0.30	0.24	0.22
02/12/2005	247.74	74	8877	0.30	0.25	0.22
03/12/2005	141.68	44	5471	0.31	0.25	0.23
04/12/2005	81.17	24	3316	0.30	0.28	0.24
05/12/2005	234.59	62	7909	0.26	0.27	0.24
06/12/2005	220.86	54	7328	0.24	0.26	0.25
07/12/2005	154.38	37	4676	0.24	0.25	0.26
08/12/2005	247.61	60	7906	0.24	0.24	0.28
09/12/2005	267.79	70	8232	0.26	0.25	0.28
10/12/2005	123.34	24	4771	0.19	0.27	0.28
11/12/2005	79.66	18	3172	0.23	0.28	0.28
12/12/2005	244.85	65	8130	0.27	0.30	0.27

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
13/12/2005	233.09	90	8033	0.39	0.29	0.28
14/12/2005	246.18	82	7918	0.33	0.30	0.28
15/12/2005	243.83	82	8077	0.34	0.30	0.29
16/12/2005	263.36	59	8734	0.22	0.31	0.30
17/12/2005	137.44	39	5247	0.28	0.30	0.31
18/12/2005	94.19	25	3246	0.27	0.29	0.31
19/12/2005	264.08	88	9369	0.33	0.29	0.31
20/12/2005	263.71	74	8677	0.28	0.32	0.31
21/12/2005	271.19	86	9472	0.32	0.33	0.30
22/12/2005	277.37	92	9028	0.33	0.32	0.30
23/12/2005	232.79	93	8141	0.40	0.31	0.30
24/12/2005	111.64	39	5342	0.35	0.31	0.30
25/12/2005	77.39	14	3150	0.18	0.31	0.31
26/12/2005	158.18	37	5274	0.23	0.30	0.31
27/12/2005	152.98	41	5641	0.27	0.26	0.30
28/12/2005	153.91	43	5426	0.28	0.27	0.30
29/12/2005	149.32	41	5302	0.27	0.28	0.29
30/12/2005	150.84	36	5002	0.24	0.28	0.29
02/01/2006	99.72	20	3281	0.20	0.29	0.28
03/01/2006	195.83	51	6342	0.26	0.30	0.29
04/01/2006	195.88	56	7001	0.29	0.27	0.29
05/01/2006	222.49	72	7146	0.32	0.28	0.29
06/01/2006	232.87	75	7956	0.32	0.30	0.29
07/01/2006	120.77	25	4392	0.21	0.31	0.29
08/01/2006	76.24	18	2771	0.24	0.30	0.28
11/01/2006	262.71	94	9965	0.36	0.30	0.27
12/01/2006	290.85	88	10618	0.30	0.29	0.27
13/01/2006	181.31	44	6752	0.24	0.29	0.26
13/01/2006	128.19	39	4462	0.30	0.27	
14/01/2006	77.18	17	2479	0.22	0.24	
15/01/2006	105.76	24	3705	0.23	0.22	
16/01/2006	337.27	71	10225	0.21		
17/01/2006	331.91	68	9634	0.20		
18/01/2006	310.51	60	8998	0.19		

## APÉNDICE II.

<b>EDIFICIO EDIMA</b>						
<b>Sector Alpha</b>						
Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
01/08/2005	144.55	50	5690	0.35		
02/08/2005	145.16	39	5846	0.27		
03/08/2005	144.77	53	5743	0.37		
04/08/2005	146.50	71	6084	0.48	0.37	
05/08/2005	154.42	73	7210	0.47	0.38	
06/08/2005	74.83	26	3361	0.35	0.39	
07/08/2005	48.94	10	1483	0.20	0.39	
08/08/2005	141.02	53	5402	0.38	0.36	0.36
09/08/2005	147.12	45	5668	0.31	0.34	0.36
10/08/2005	141.83	53	5707	0.37	0.34	0.37
11/08/2005	137.95	48	5826	0.35	0.35	0.37
12/08/2005	164.82	54	6915	0.33	0.33	0.36
13/08/2005	64.43	23	2794	0.36	0.35	0.36
14/08/2005	28.56	10	1136	0.35	0.36	0.37
15/08/2005	50.38	10	1635	0.20	0.36	0.37
16/08/2005	150.26	62	6000	0.41	0.40	0.38
17/08/2005	161.61	65	6861	0.40	0.41	0.39
18/08/2005	157.29	57	5859	0.36	0.40	0.40
19/08/2005	104.33	57	4605	0.55	0.42	0.40
20/08/2005	72.01	33	3004	0.46	0.42	0.41
21/08/2005	53.89	18	1718	0.33	0.43	0.41
22/08/2005	151.77	68	6191	0.45	0.44	0.52
01/09/2005	153.21	63	6299	0.41	0.42	0.52
02/09/2005	156.53	68	7064	0.43	0.41	0.52
03/09/2005	84.38	34	3982	0.40	0.62	0.51
04/09/2005	42.38	15	1608	0.35	0.62	0.52
05/09/2005	150.90	62	6081	0.41	0.61	0.51
06/09/2005	140.16	238	7392	1.70	0.60	0.50
07/09/2005	128.73	47	6205	0.37	0.60	0.48
08/09/2005	121.73	43	5098	0.35	0.60	0.47
09/09/2005	134.25	44	5786	0.33	0.58	0.47
10/09/2005	59.33	18	2453	0.30	0.31	0.46

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
11/09/2005	35.78	13	1381	0.36	0.30	0.46
12/09/2005	121.43	30	4773	0.25	0.28	0.45
13/09/2005	125.78	33	4841	0.26	0.27	0.44
14/09/2005	126.10	34	5010	0.27	0.27	0.30
15/09/2005	46.01	11	1614	0.24	0.26	0.30
16/09/2005	98.13	25	3806	0.25	0.26	0.30
17/09/2005	47.31	15	1940	0.32	0.28	0.31
18/09/2005	34.76	5	1197	0.14	0.31	0.32
19/09/2005	131.79	35	4901	0.27	0.32	0.32
20/09/2005	127.46	49	4864	0.38	0.35	0.33
21/09/2005	123.05	49	4788	0.40	0.36	0.33
22/09/2005	127.94	43	4656	0.34	0.37	0.34
23/09/2005	126.63	55	5377	0.43	0.39	0.38
01/10/2005	66.78	27	2702	0.40	0.36	0.42
02/10/2005	39.61	18	1200	0.45	0.37	0.43
03/10/2005	121.02	45	4552	0.37	0.43	0.45
04/10/2005	143.44	36	5017	0.25	0.48	0.48
05/10/2005	142.85	59	5578	0.41	0.50	0.47
06/10/2005	151.99	98	6083	0.64	0.52	0.45
07/10/2005	170.63	116	7081	0.68	0.55	0.44
08/10/2005	85.00	56	3956	0.66	0.55	0.44
09/10/2005	50.73	40	1987	0.79	0.52	0.44
10/10/2005	155.51	90	5959	0.58	0.46	0.42
11/10/2005	144.01	37	2860	0.26	0.40	0.42
12/10/2005	155.55	36	3317	0.23	0.37	0.41
13/10/2005	149.73	41	3055	0.27	0.34	0.40
15/10/2005	71.78	26	1601	0.36	0.31	0.38
16/10/2005	45.75	17	912	0.37	0.32	0.36
17/10/2005	281.84	94	5849	0.33	0.34	0.34
18/10/2005	301.67	105	6134	0.35	0.35	0.33
19/10/2005	353.98	122	7315	0.34	0.34	0.30
20/10/2005	353.98	122	7315	0.34	0.33	0.30
21/10/2005	276.59	97	5743	0.35	0.32	0.29
22/10/2005	72.48	14	1512	0.19	0.30	0.29
23/10/2005	72.48	14	1512	0.19	0.27	0.28
01/11/2005	95.25	16	1584	0.17	0.24	0.27
02/11/2005	298.31	67	5590	0.22	0.21	0.26

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
03/11/2005	298.31	67	5590	0.22	0.21	0.25
04/11/2005	348.85	70	6771	0.20	0.20	0.24
05/11/2005	142.58	29	2902	0.20	0.21	0.23
06/11/2005	81.16	12	1426	0.15	0.21	0.22
07/11/2005	252.61	48	5222	0.19	0.21	0.21
08/11/2005	277.19	61	5362	0.22	0.22	0.22
09/11/2005	265.61	67	4932	0.25	0.22	0.24
10/11/2005	281.48	65	5573	0.23	0.22	0.24
11/11/2005	316.45	72	6216	0.23	0.23	0.24
12/11/2005	316.45	72	6216	0.23	0.27	0.24
13/11/2005	82.71	9	1527	0.11	0.27	0.24
14/11/2005	228.16	65	4327	0.28	0.26	0.24
15/11/2005	275.38	124	5447	0.45	0.27	0.24
16/11/2005	269.37	67	6037	0.25	0.27	0.23
17/11/2005	233.67	47	4782	0.20	0.27	0.24
18/11/2005	292.59	72	6143	0.25	0.24	0.24
19/11/2005	145.24	21	3064	0.14	0.19	0.25
20/11/2005	84.95	12	1373	0.14	0.20	0.25
21/11/2005	266.36	37	4883	0.14	0.21	0.26
22/11/2005	268.77	40	5275	0.15	0.22	0.27
23/11/2005	140.50	62	4604	0.44	0.24	0.26
01/12/2005	156.44	41	5520	0.26	0.25	0.26
02/12/2005	158.55	56	5820	0.35	0.31	0.28
03/12/2005	92.45	34	3466	0.37	0.37	0.28
04/12/2005	37.90	12	1408	0.32	0.34	0.31
05/12/2005	149.30	68	5232	0.46	0.39	0.32
06/12/2005	175.75	65	5819	0.37	0.37	0.35
07/12/2005	93.74	19	3223	0.20	0.40	0.38
08/12/2005	161.91	82	5811	0.51	0.40	0.38
09/12/2005	166.95	44	5877	0.26	0.38	0.39
10/12/2005	87.58	55	3356	0.63	0.40	0.40
11/12/2005	46.18	21	1917	0.45	0.41	0.40
12/12/2005	149.56	52	5455	0.35	0.39	0.39
13/12/2005	147.81	65	5218	0.44	0.42	0.38
14/12/2005	159.42	56	5494	0.35	0.40	0.38
15/12/2005	152.85	63	5627	0.41	0.38	0.38
16/12/2005	157.67	67	6136	0.42	0.37	0.37

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
17/12/2005	70.00	25	3070	0.36	0.36	0.38
18/12/2005	49.86	9	1773	0.18	0.35	0.37
19/12/2005	158.51	49	5629	0.31	0.35	0.36
20/12/2005	173.43	59	6038	0.34	0.34	0.36
21/12/2005	168.69	56	5847	0.33	0.34	0.35
22/12/2005	179.29	67	6257	0.37	0.35	0.34
23/12/2005	144.22	53	5713	0.37	0.35	0.34
24/12/2005	79.15	32	3360	0.40	0.33	0.33
25/12/2005	50.34	18	1963	0.36	0.33	0.32
26/12/2005	89.49	22	3334	0.25	0.32	0.33
27/12/2005	93.80	20	3629	0.21	0.31	0.32
28/12/2005	93.01	27	3426	0.29	0.29	0.31
29/12/2005	80.54	29	3102	0.36	0.29	0.31
30/12/2005	61.47	22	2256	0.36	0.28	0.30
31/12/2005	37.48	11	1530	0.29	0.28	0.31
01/01/2006	21.21	6	834	0.28	0.30	0.30
02/01/2006	64.64	10	2149	0.15	0.29	0.30
03/01/2006	126.69	33	4592	0.26	0.30	0.30
04/01/2006	140.06	46	4528	0.33	0.31	0.30
05/01/2006	134.89	40	4683	0.30	0.31	0.30
06/01/2006	152.80	59	5521	0.39	0.31	0.28
07/01/2006	69.51	26	2565	0.37	0.31	0.27
08/01/2006	32.03	12	1273	0.37	0.30	0.24
11/01/2006	167.29	40	6967	0.24	0.28	
12/01/2006	195.61	53	7453	0.27	0.24	
13/01/2006	216.85	58	8385	0.27	0.20	
14/01/2006	69.10	7	1410	0.10	0.18	
15/01/2006	93.06	4	1552	0.04	0.17	
16/01/2006	308.61	45	5815	0.15		
17/01/2006	318.91	44	6392	0.14		
18/01/2006	344.49	47	5952	0.14		



<b>EDIFICIO EDIMA</b>						
<b>Sector Beta</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Tráfico Cursado</b>	<b>Drops</b>	<b>Intentos</b>	<b>Drop Rate</b>	<b>Promedio de 7 días</b>	<b>Promedio de 14 días</b>
01/08/2005	169.35	102	7091	0.60		
02/08/2005	177.09	109	7283	0.62		
03/08/2005	191.47	104	8089	0.54		
04/08/2005	194.08	105	9120	0.54	0.53	
05/08/2005	202.69	96	10132	0.47	0.52	
06/08/2005	92.26	36	4492	0.39	0.55	
07/08/2005	36.33	11	1422	0.30	0.55	0.59
08/08/2005	173.31	94	7368	0.54	0.56	0.58
09/08/2005	182.77	144	7653	0.79	0.62	0.58
10/08/2005	187.05	100	7992	0.53	0.64	0.60
11/08/2005	182.33	115	8097	0.63	0.65	0.62
12/08/2005	201.62	158	9644	0.78	0.65	0.63
13/08/2005	70.60	39	3697	0.55	0.62	0.64
14/08/2005	26.77	11	1092	0.41	0.66	0.64
15/08/2005	28.24	8	1054	0.28	0.68	0.65
16/08/2005	183.97	117	7398	0.64	0.65	0.63
17/08/2005	213.91	154	10087	0.72	0.63	0.64
18/08/2005	194.93	140	7996	0.72	0.62	0.63
19/08/2005	124.62	76	6138	0.61	0.64	0.60
20/08/2005	72.57	27	3519	0.37	0.64	0.60
21/08/2005	37.54	12	1729	0.32	0.63	0.68
22/08/2005	193.03	127	7906	0.66	0.58	0.69
01/09/2005	196.77	126	9287	0.64	0.56	0.68
02/09/2005	223.78	147	10189	0.66	0.58	0.68
03/09/2005	107.34	38	5613	0.35	0.72	0.67
04/09/2005	36.90	6	1606	0.16	0.74	0.67
05/09/2005	183.80	113	7150	0.61	0.72	0.66
06/09/2005	176.05	252	9072	1.43	0.73	0.65
07/09/2005	228.98	169	11593	0.74	0.74	0.65
08/09/2005	233.06	132	10157	0.57	0.74	0.64
09/09/2005	247.42	179	11789	0.72	0.72	0.63
10/09/2005	101.91	39	4769	0.38	0.59	0.64
11/09/2005	41.52	18	1735	0.43	0.56	0.65
12/09/2005	195.89	94	7524	0.48	0.55	0.64
13/09/2005	209.46	111	8445	0.53	0.51	0.60

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
14/09/2005	205.08	124	8214	0.60	0.52	0.60
15/09/2005	49.47	15	2241	0.30	0.52	0.60
16/09/2005	168.08	96	7052	0.57	0.54	0.60
17/09/2005	66.37	27	3214	0.41	0.61	0.61
18/09/2005	29.98	10	1195	0.33	0.66	0.61
19/09/2005	207.77	121	7966	0.58	0.65	0.63
20/09/2005	201.67	169	7948	0.84	0.67	0.64
21/09/2005	197.00	167	7718	0.85	0.68	0.72
22/09/2005	202.98	112	7745	0.55	0.69	0.75
23/09/2005	212.85	141	9230	0.66	0.71	0.79
01/10/2005	89.45	61	4600	0.68	0.68	0.80
02/10/2005	29.65	13	1313	0.44	0.77	0.80
03/10/2005	174.13	123	6922	0.71	0.83	0.85
04/10/2005	189.70	126	7164	0.66	0.91	0.83
05/10/2005	260.02	315	10354	1.21	0.91	0.81
06/10/2005	224.34	199	10605	0.89	0.90	0.80
07/10/2005	259.12	280	12678	1.08	0.96	0.80
08/10/2005	103.46	73	6186	0.71	0.96	0.79
09/10/2005	43.49	17	2237	0.39	0.85	0.78
10/10/2005	203.12	227	9131	1.12	0.77	0.75
11/10/2005	210.15	142	4790	0.68	0.67	0.74
12/10/2005	245.45	152	6101	0.62	0.66	0.69
13/10/2005	230.45	102	5643	0.44	0.67	0.67
15/10/2005	88.21	44	2698	0.50	0.59	0.63
16/10/2005	51.73	24	1350	0.46	0.59	0.62
17/10/2005	406.01	274	9394	0.67	0.60	0.61
18/10/2005	435.93	245	10147	0.56	0.61	0.55
19/10/2005	482.96	311	11347	0.64	0.61	0.51
20/10/2005	482.96	311	11347	0.64	0.60	0.49
21/10/2005	380.06	213	9256	0.56	0.57	0.49
22/10/2005	75.42	27	2176	0.36	0.51	0.48
23/10/2005	75.42	27	2176	0.36	0.43	0.47
01/11/2005	79.48	12	1645	0.15	0.36	0.44
02/11/2005	367.75	94	6958	0.26	0.30	0.41
03/11/2005	367.75	94	6958	0.26	0.29	0.37
04/11/2005	440.39	172	9762	0.39	0.30	0.32
05/11/2005	160.63	49	4246	0.31	0.31	0.29

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
06/11/2005	69.20	12	1677	0.17	0.32	0.28
07/11/2005	335.99	114	7056	0.34	0.33	0.30
08/11/2005	357.81	122	7242	0.34	0.30	0.31
09/11/2005	360.92	99	7058	0.27	0.29	0.31
10/11/2005	405.21	125	8214	0.31	0.26	0.32
11/11/2005	493.28	126	10012	0.26	0.30	0.30
12/11/2005	493.28	126	10012	0.26	0.31	0.30
13/11/2005	298.99	14	2596	0.05	0.31	0.30
14/11/2005	320.06	208	5887	0.65	0.31	0.30
15/11/2005	392.88	148	7522	0.38	0.31	0.30
16/11/2005	387.41	127	8457	0.33	0.32	0.32
17/11/2005	331.83	92	6591	0.28	0.35	0.32
18/11/2005	474.43	123	8962	0.26	0.30	0.35
19/11/2005	187.29	49	5053	0.26	0.28	0.36
20/11/2005	73.00	11	1612	0.15	0.32	0.39
21/11/2005	343.19	97	6340	0.28	0.35	0.37
22/11/2005	305.45	100	6113	0.33	0.41	0.37
23/11/2005	227.40	146	7401	0.64	0.43	0.39
01/12/2005	260.96	124	9038	0.48	0.44	0.42
02/12/2005	295.57	160	10465	0.54	0.47	0.46
03/12/2005	100.29	47	4661	0.47	0.51	0.47
04/12/2005	40.60	14	1759	0.34	0.49	0.48
05/12/2005	251.72	104	7909	0.41	0.51	0.51
06/12/2005	266.65	135	8395	0.51	0.52	0.52
07/12/2005	159.32	95	5270	0.60	0.52	0.51
08/12/2005	271.21	148	9032	0.55	0.53	0.51
09/12/2005	332.01	200	11798	0.60	0.54	0.52
10/12/2005	105.28	53	4597	0.50	0.54	0.52
11/12/2005	48.31	20	1794	0.41	0.52	0.52
12/12/2005	245.34	126	7782	0.51	0.51	0.53
13/12/2005	269.24	125	8475	0.46	0.51	0.53
14/12/2005	279.49	130	9595	0.47	0.51	0.52
15/12/2005	315.28	152	10048	0.48	0.51	0.51
16/12/2005	339.16	209	12536	0.62	0.53	0.50
17/12/2005	119.72	70	5514	0.58	0.52	0.50
18/12/2005	55.55	20	2236	0.36	0.52	0.50
19/12/2005	241.79	146	8221	0.60	0.52	0.49

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
20/12/2005	281.86	130	8784	0.46	0.50	0.49
21/12/2005	310.07	141	10082	0.45	0.48	0.49
22/12/2005	264.66	127	8852	0.48	0.48	0.48
23/12/2005	201.42	98	7145	0.49	0.45	0.46
24/12/2005	52.71	19	2900	0.36	0.44	0.46
25/12/2005	30.24	8	1175	0.26	0.43	0.46
26/12/2005	108.46	34	3607	0.31	0.40	0.44
27/12/2005	131.64	54	4542	0.41	0.37	0.44
28/12/2005	121.08	50	4281	0.41	0.39	0.45
29/12/2005	107.38	38	4217	0.35	0.40	0.45
30/12/2005	97.99	38	3915	0.39	0.43	0.47
31/12/2005	35.88	26	1511	0.72	0.45	0.46
01/01/2006	32.18	16	1218	0.50	0.48	0.46
02/01/2006	80.35	40	2896	0.50	0.50	0.48
03/01/2006	178.79	87	5745	0.49	0.53	0.48
04/01/2006	205.22	107	6257	0.52	0.50	0.48
05/01/2006	206.90	102	6521	0.49	0.50	0.48
06/01/2006	271.89	155	9161	0.57	0.50	0.49
07/01/2006	113.11	42	4061	0.37	0.49	0.48
08/01/2006	39.52	14	1688	0.35	0.48	0.47
11/01/2006	229.23	116	8808	0.51	0.48	0.47
12/01/2006	275.44	125	9943	0.45	0.45	
13/01/2006	278.01	130	10721	0.47	0.45	
14/01/2006	48.39	17	2197	0.35	0.45	
15/01/2006	49.07	21	1955	0.43	0.44	
16/01/2006	276.02	119	9215	0.43		
17/01/2006	295.34	122	10217	0.41		
18/01/2006	301.08	135	9955	0.45		

<b>EDIFICIO EDIMA</b>						
<b>Sector Gamma</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Tráfico Cursado</b>	<b>Drops</b>	<b>Intentos</b>	<b>Drop Rate</b>	<b>Promedio de 7 días</b>	<b>Promedio de 14 días</b>
01/08/2005	187.59	91	8934	0.49		
02/08/2005	185.99	93	8614	0.50		
03/08/2005	189.79	93	8825	0.49	0.47	
04/08/2005	177.79	95	8796	0.53	0.48	
05/08/2005	214.43	103	10628	0.48	0.49	
06/08/2005	61.96	7	3099	0.11	0.50	
07/08/2005	14.15	4	696	0.28	0.51	0.51
08/08/2005	176.95	93	8489	0.53	0.53	0.50
09/08/2005	195.55	113	8729	0.58	0.54	0.52
10/08/2005	193.35	107	8804	0.55	0.54	0.53
11/08/2005	190.73	112	8635	0.59	0.53	0.53
12/08/2005	214.29	116	10388	0.54	0.55	0.54
13/08/2005	57.94	17	2761	0.29	0.56	0.55
14/08/2005	13.29	5	750	0.38	0.56	0.55
15/08/2005	18.13	2	820	0.11	0.56	0.64
16/08/2005	197.79	129	8937	0.65	0.56	0.65
17/08/2005	198.63	117	9314	0.59	0.56	0.66
18/08/2005	194.04	112	8788	0.58	0.74	0.66
19/08/2005	107.91	63	5654	0.58	0.74	0.67
20/08/2005	61.89	17	3159	0.27	0.75	0.67
21/08/2005	17.57	8	983	0.46	0.77	0.75
22/08/2005	198.50	277	9239	1.40	0.78	0.74
01/09/2005	214.26	138	10309	0.64	0.76	0.73
02/09/2005	212.71	144	10801	0.68	0.88	0.73
03/09/2005	67.63	29	3729	0.43	0.75	0.73
04/09/2005	17.18	5	761	0.29	0.72	0.73
05/09/2005	212.16	117	10166	0.55	0.71	0.74
06/09/2005	183.48	260	10630	1.42	0.70	0.72
07/09/2005	222.70	152	11789	0.68	0.70	0.64
08/09/2005	214.94	105	10438	0.49	0.71	0.64
09/09/2005	214.95	135	10459	0.63	0.57	0.62
10/09/2005	65.80	19	3389	0.29	0.53	0.63
11/09/2005	15.96	4	890	0.25	0.54	0.63
12/09/2005	198.47	119	8957	0.60	0.50	1.01
13/09/2005	200.04	107	9169	0.53	0.52	0.92

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
14/09/2005	202.98	102	9294	0.50	0.53	0.92
15/09/2005	20.55	9	889	0.44	1.41	0.93
16/09/2005	155.67	71	6841	0.46	1.42	0.92
17/09/2005	37.62	24	1848	0.64	1.45	0.92
18/09/2005	12.60	4	603	0.32	1.30	0.92
19/09/2005	207.89	860	9305	4.14	1.28	0.92
20/09/2005	186.61	99	7759	0.53	1.25	0.91
21/09/2005	184.16	99	7682	0.54	1.24	0.96
22/09/2005	172.89	85	7039	0.49	0.51	0.94
23/09/2005	191.54	96	8302	0.50	0.49	0.96
01/10/2005	63.47	27	2832	0.43	0.59	0.95
02/10/2005	14.59	2	582	0.14	0.63	0.95
03/10/2005	185.22	105	7775	0.57	0.67	0.60
04/10/2005	186.27	76	8157	0.41	0.67	0.58
05/10/2005	245.92	231	11332	0.94	0.68	0.56
06/10/2005	180.11	131	7592	0.73	0.68	0.55
07/10/2005	219.35	158	9620	0.72	0.66	0.54
08/10/2005	55.92	30	2824	0.54	0.53	0.55
09/10/2005	18.16	7	655	0.39	0.48	0.52
10/10/2005	178.10	107	7701	0.60	0.40	0.49
11/10/2005	192.70	51	4223	0.26	0.39	0.47
12/10/2005	177.92	61	3929	0.34	0.38	0.42
13/10/2005	212.74	89	4548	0.42	0.35	0.40
15/10/2005	77.57	17	1885	0.22	0.36	0.37
16/10/2005	20.55	11	565	0.54	0.36	0.36
17/10/2005	419.13	149	8992	0.36	0.36	0.36
18/10/2005	415.77	159	8619	0.38	0.36	0.33
19/10/2005	481.42	172	10135	0.36	0.35	0.33
20/10/2005	481.42	172	10135	0.36	0.35	0.32
21/10/2005	363.76	127	7721	0.35	0.32	0.31
22/10/2005	80.20	18	2219	0.22	0.29	0.31
23/10/2005	80.20	18	2219	0.22	0.27	0.30
01/11/2005	37.88	4	703	0.11	0.24	0.29
02/11/2005	393.02	94	8141	0.24	0.24	0.28
03/11/2005	393.02	94	8141	0.24	0.24	0.26
04/11/2005	454.40	138	9821	0.30	0.25	0.25
05/11/2005	129.75	16	3005	0.12	0.24	0.24

Fecha	Tráfico Cursado	Drops	Intentos	Drop Rate	Promedio de 7 días	Promedio de 14 días
06/11/2005	45.90	6	790	0.13	0.24	0.24
07/11/2005	334.74	79	7332	0.24	0.23	0.26
08/11/2005	386.91	98	8099	0.25	0.25	0.27
09/11/2005	352.62	69	7254	0.20	0.24	0.27
10/11/2005	392.10	102	8150	0.26	0.28	0.27
11/11/2005	433.97	115	9026	0.26	0.28	0.26
12/11/2005	433.97	115	9026	0.26	0.30	0.26
13/11/2005	56.83	5	979	0.09	0.29	0.26
14/11/2005	301.62	148	6491	0.49	0.29	0.26
15/11/2005	391.21	118	8163	0.30	0.28	0.26
16/11/2005	378.54	104	8933	0.27	0.28	0.27
17/11/2005	335.30	72	7107	0.21	0.24	0.27
18/11/2005	385.04	91	8460	0.24	0.22	0.28
19/11/2005	155.71	17	3688	0.11	0.23	0.28
20/11/2005	62.08	5	1473	0.08	0.25	0.28
21/11/2005	396.78	92	8236	0.23	0.26	0.27
22/11/2005	399.92	90	8442	0.23	0.28	0.26
23/11/2005	220.87	83	6887	0.38	0.28	0.27
01/12/2005	216.01	77	7328	0.36	0.31	0.28
02/12/2005	219.51	76	7693	0.35	0.34	0.29
03/12/2005	61.08	12	2701	0.20	0.34	0.30
04/12/2005	25.78	7	946	0.27	0.33	0.31
05/12/2005	207.58	78	6884	0.38	0.34	0.32
06/12/2005	227.24	66	7203	0.29	0.34	0.34
07/12/2005	135.41	51	4687	0.38	0.34	0.34
08/12/2005	237.79	81	7576	0.34	0.33	0.34
09/12/2005	230.58	84	7934	0.36	0.34	0.34
10/12/2005	69.02	14	2397	0.20	0.34	0.34
11/12/2005	17.84	5	680	0.28	0.34	0.34
12/12/2005	221.12	80	7085	0.36	0.34	0.34
13/12/2005	218.15	66	6990	0.30	0.35	0.34
14/12/2005	222.94	81	7549	0.36	0.34	0.34
15/12/2005	220.40	79	7605	0.36	0.34	0.34
16/12/2005	249.10	92	8669	0.37	0.35	0.34
17/12/2005	58.50	18	2338	0.31	0.35	0.34
18/12/2005	22.40	2	834	0.09	0.34	0.34
19/12/2005	229.23	83	8108	0.36	0.34	0.34

<b>Fecha</b>	<b>Tráfico Cursado</b>	<b>Drops</b>	<b>Intentos</b>	<b>Drop Rate</b>	<b>Promedio de 7 días</b>	<b>Promedio de 14 días</b>
20/12/2005	223.42	72	7497	0.32	0.33	0.33
21/12/2005	221.09	78	7500	0.35	0.34	0.32
22/12/2005	225.88	71	7394	0.31	0.32	0.32
23/12/2005	169.94	62	6082	0.36	0.31	0.31
24/12/2005	34.09	9	1584	0.26	0.28	0.31
25/12/2005	17.60	5	739	0.28	0.29	0.32
26/12/2005	94.56	22	3028	0.23	0.27	0.31
27/12/2005	129.76	32	4586	0.25	0.27	0.30
28/12/2005	141.64	29	4713	0.20	0.27	0.29
29/12/2005	129.57	48	4462	0.37	0.29	0.29
30/12/2005	93.47	29	3061	0.31	0.29	0.29
31/12/2005	18.55	4	804	0.22	0.30	0.28
01/01/2006	13.16	5	543	0.38	0.29	0.28
02/01/2006	76.98	25	2622	0.32	0.30	0.29
03/01/2006	191.19	52	6069	0.27	0.29	0.32
04/01/2006	197.53	56	6272	0.28	0.28	0.34
05/01/2006	188.34	58	6423	0.31	0.29	0.33
06/01/2006	221.89	70	7334	0.32	0.34	0.33
07/01/2006	50.94	4	1659	0.08	0.36	0.33
08/01/2006	20.57	3	562	0.15	0.36	0.33
11/01/2006	250.37	81	10245	0.32	0.36	0.33
12/01/2006	294.94	146	10894	0.50	0.36	
13/01/2006	302.41	110	11823	0.36	0.36	
14/01/2006	53.49	11	1709	0.21	0.35	
15/01/2006	24.17	5	851	0.21	0.32	
16/01/2006	322.75	97	11210	0.30		
17/01/2006	330.82	118	12071	0.36		
18/01/2006	317.82	97	11158	0.31		



### APÉNDICE III.

<b>Costo de Instalación por sitio</b>											
No	Sitio	Antena por Sector				TMA	BIAS TEE	PDU	Jumper	Kits vulco	Costo Por Sitio
		A	B	G	Total						
1	Acatan	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
2	La Montaña	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
3	Altamura	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
4	Americas I	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
5	Americas II	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
6	Atanasio Tzul Norte	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
7	Atanasio Tzul Sur	1	1	2	4	4	8	2	8	2	\$560.00
8	Av. Elena	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
9	Bco. Industrial	2	2	0	4	4	8	2	8	2	\$560.00
10	Barcenas	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
11	Bethania	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
12	Bldv. El Naranja	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
13	San Cristobal II	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
14	San Cristobal III	1	1	0	2	2	4	1	4	1	\$280.00
15	Boca del Monte	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
16	San Nicolas	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
17	Bldv. San Cristobal	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
18	Calle Martí	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
19	Camino Real	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
20	Cavisa	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
21	Centro Mixco	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
22	Cerro Alux	1	1	0	2	2	4	1	4	1	\$280.00
23	Cerro Gordo	2	2	0	4	4	8	2	8	2	\$560.00
24	Ciudad Quetzal	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
25	Ciudad Real	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
26	Ciudad Satélite	1	1	0	2	2	4	1	4	1	\$280.00
27	Ciudad Vieja Cap.	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
28	Club San Isidro	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
29	Centroamérica	2	1	1	4	4	8	2	8	2	\$560.00
30	Colonia Maya	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
31	Cruz Roja Z.1	2	2	1	5	5	10	2	10	2	\$700.00
32	Dispensario Z.5	2	2	1	5	5	10	2	10	2	\$700.00
33	Distun	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
34	Don Bosco	1	2	1	4	4	8	2	8	2	\$560.00
35	Don Justo	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
36	Edificio Central	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
37	Edificio Diamond	2	1	2	5	5	10	2	10	2	\$700.00

No	Sitio	A	B	G	Total	TMA	BIAS TEE	PDU	Jumper	Kits vulco	Costo Por Sitio
38	Edificio Edima	1	1	2	4	4	8	2	8	2	\$560.00
39	Las Americas	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
40	Edificio Lucky	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
41	Edificio Novatex	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
42	Torre Telgua	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
43	El Carmen	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
44	El Milagro	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
45	El Pino	1	1	2	4	4	8	2	8	2	\$560.00
46	El Tabacal	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
47	El Triangulo	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
48	Finca Colombia	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
49	Finca Lolita	2	1	1	4	4	8	2	8	2	\$560.00
50	Fundabiem	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
51	G & T	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
52	G&T Zona 9	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
53	Gerona	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
54	Guarda Viejo	1	2	2	5	5	10	2	10	2	\$700.00
55	San Rafael	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
56	Kaminal Juyu	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
57	La Aurora	2	1	1	4	4	8	2	8	2	\$560.00
58	La Brigada	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
59	La Comunidad	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
60	La Montaña Club	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
61	La Pradera	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
62	Las Charcas	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
63	Las Conchas	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
64	Las Victorias	2	1	1	4	4	8	2	8	2	\$560.00
65	Los Amates	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
66	Los Olivos	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
67	Los Proceres	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
68	Lourdes	2	1	2	5	5	10	2	10	2	\$700.00
69	Mariscal	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
70	Mateo Flores	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
71	Megaseis	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
72	Metro 15	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
73	Minerva	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
74	Miraflores	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
75	Mixco-Central	1	2	0	3	3	6	1	6	1	\$420.00
76	Monte Bello	1	2	0	3	3	6	1	6	1	\$420.00
77	Monte María	1	2	1	4	4	8	2	8	2	\$560.00
78	Monte Verde	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
79	Morazan Z.2	1	1	2	4	4	8	2	8	2	\$560.00
80	Multimedica	1	1	0	2	2	4	1	4	1	\$280.00
81	Muxbal	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00

No	Sitio	A	B	G	Total	TMA	BIAS TEE	PDU	Jumper	Kits vulco	Costo Por Sitio
82	Naciones Unidas	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
83	Nimajuyu	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
84	Nueva Montserrat	2	1	1	4	4	8	2	8	2	\$560.00
85	San Cristobal	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
86	Villanueva	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
87	Plaza del Sol	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
88	1ro. De Mayo	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
89	Puerta Parada	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
90	Reformita	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
91	San Francisco	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
92	San Jacinto	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
93	Las Majadas	2	1	2	5	5	10	2	10	2	\$700.00
94	San Juan de Dios	1	1	2	4	4	8	2	8	2	\$560.00
94	San Martin Z.7	2	2	1	5	5	10	2	10	2	\$700.00
96	San Miguel Petapa	2	2	0	4	4	8	2	8	2	\$560.00
97	San Rafael Z.18	2	1	2	5	5	10	2	10	2	\$700.00
98	Santa Luisa	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
99	Telgua Z.5	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
100	Tivoli	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
101	UFM	1	1	0	2	2	4	1	4	1	\$280.00
102	Utatlan II	1	2	2	5	5	10	2	10	2	\$700.00
103	Valle Dorado	1	2	1	4	4	8	2	8	2	\$560.00
104	Villa de Guadalupe	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
105	Villanueva II	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
106	Vista Hermosa	2	2	2	6	6	12	2	12	2	\$840.00
107	Vista Hermosa IV	1	1	1	3	3	6	1	6	1	\$420.00
					TMA		BIAS TEE	PDU	Jumper	Kits Vulco	Total
<b>107</b>	<b>Sitios</b>				<b>440</b>		<b>880</b>	<b>162</b>	<b>880</b>	<b>162</b>	<b>\$61,600.00</b>



### APÉNDICE IV.

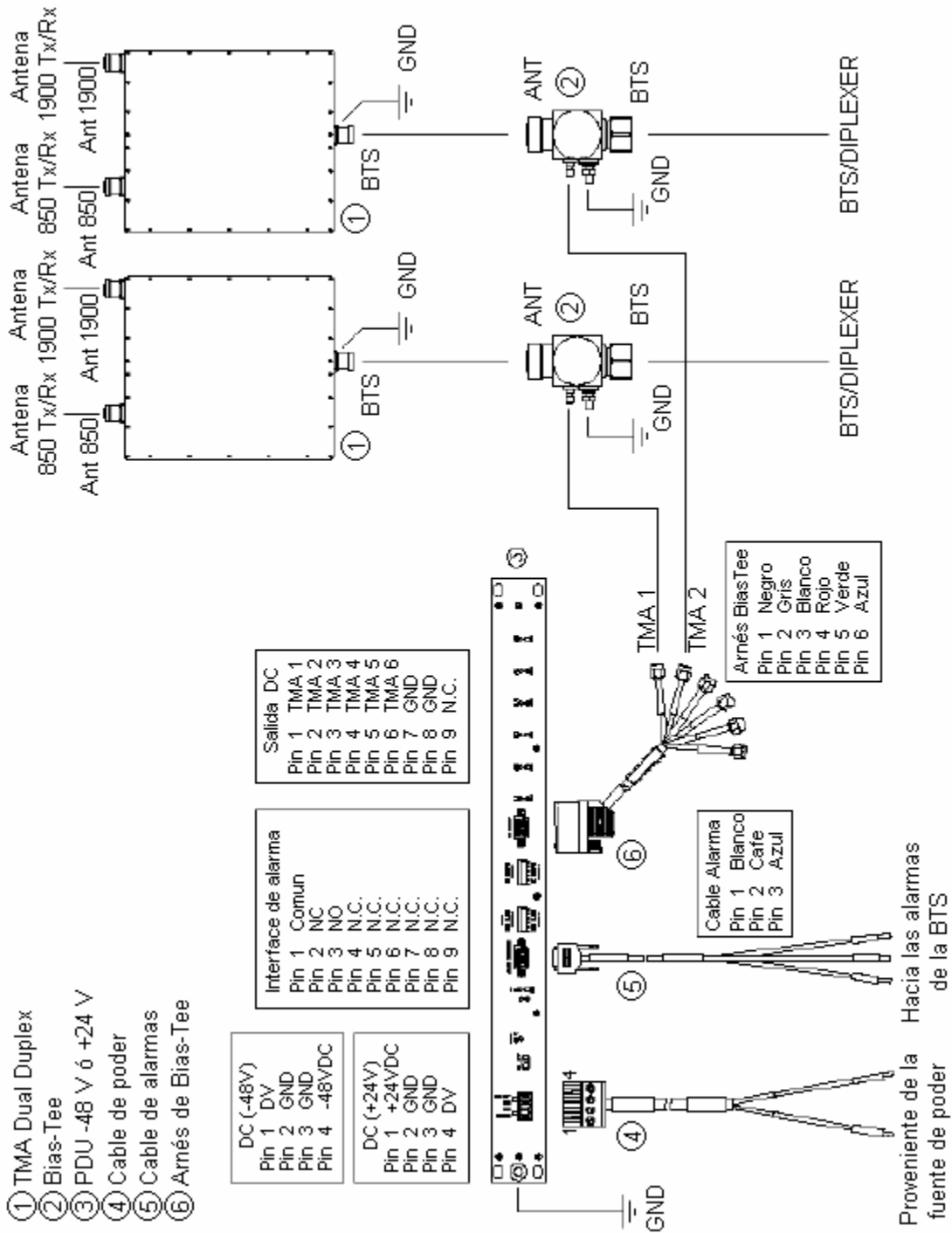
<b>Recurso Humano (Sueldos y Contrataciones)</b>					
<b>Ingenieros</b>					
	Soporte Técnico	Soporte Técnico	Supervisor	Gerente Servicios	Total
Salario	\$8.33	\$8.33	\$18.75	\$14.58	
Bono Ley	\$1.04	\$1.04	\$1.04	\$1.04	
Bono Extra	\$8.33	\$8.33	\$18.75	\$14.58	
Bono 14	\$1.39	\$1.39	\$3.13	\$2.08	
Indemnización	\$1.39	\$1.39	\$3.13	\$2.08	
Aguinaldo	\$1.39	\$1.39	\$3.13	\$2.08	
IGSS.	\$1.06	\$1.06	\$2.38	\$1.85	
Seguros	\$0.80	\$0.80	\$3.94	\$0.98	
Horas	3	3	1	1	
Dias	15	15	15	15	
<b>Total</b>	<b>\$1,067.78</b>	<b>\$1,067.78</b>	<b>\$813.43</b>	<b>\$589.28</b>	<b>\$3,538.26</b>
<b>Técnicos</b>					
	Técnico Instalador	Técnico Instalador	Técnico Instalador	Técnico Instalador	Total
Salario					
Bono Ley	1	1	1	1	
Bono Extra					
Bono 14					
Indemnización	\$30.00	\$30.00	\$30.00	\$30.00	
Aguinaldo					
IGSS.					
Seguros					
Horas	6	6	6	6	
Dias	50	50	50	50	
<b>Total</b>	<b>\$9,000.00</b>	<b>\$9,000.00</b>	<b>\$9,000.00</b>	<b>\$9,000.00</b>	<b>\$36,000.00</b>
<b>Total Ingenieros y Técnicos</b>					<b>\$39,538.26</b>

<b>Recurso Humano Pre-Proyecto</b>					
<b>Ingenieros</b>					
	Soporte Técnico	Soporte Técnico	Supervisor	Gerente Servicios	Total
Salario	\$8.33	\$8.33	\$18.75	\$14.58	
Bono Ley	\$1.04	\$1.04	\$1.04	\$1.04	
Bono Extra	\$8.33	\$8.33	\$18.75	\$14.58	
Bono 14	\$1.39	\$1.39	\$3.13	\$2.08	
Indemnización	\$1.39	\$1.39	\$3.13	\$2.08	
Aguinaldo	\$1.39	\$1.39	\$3.13	\$2.08	
IGSS.	\$1.06	\$1.06	\$2.38	\$1.85	
Seguros	\$0.80	\$0.80	\$3.94	\$0.98	
Horas	1	1	1	1	
Días	15	15	15	15	
<b>Total</b>	<b>\$355.93</b>	<b>\$355.93</b>	<b>\$813.43</b>	<b>\$589.28</b>	<b>\$2,114.56</b>

<b>Gran Total</b>	<b>\$41,652.82</b>
-------------------	--------------------

## ANEXO I.



Fuente: TMA Connection Diagram. Andrew Corporation