

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN



**TESIS DE GRADO PREVIA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

***“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN
MICROONDAS PARA TRABAJADORES Y OBREROS DE LAS
TELECOMUNICACIONES, PERIODO 2017-2018”***

AUTOR: ING. PACO GILBERTO ORTIZ VILLACÍS

DIRECTOR: DR. QUERUBÍN PATRICIO FLORES NÚÑEZ

QUITO, FEBRERO 2018

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo, ORTIZ VILLACÍS PACO GILBERTO, C.I.0602272411 autor del trabajo de graduación intitulado: "DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN MICROONDAS PARA TRABAJADORES Y OBREROS DE LAS TELECOMUNICACIONES, PERIODO 2017-2018" previa a la obtención del grado académico de MAGISTER EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN en la Facultad de Ciencias de la Educación:

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Quito, 21 de marzo de 2018



Ing. Paco Gilberto Ortiz Villacís
C.I. 0602272411

DIRECTOR:

Dr. Querubín Patricio Flores Núñez

LECTORES:

Dr. Esteban Ayala Costales

Ing. Jorge Alarcón Mena

DEDICATORIA

A mi familia y amigos, con mucho cariño.

*A mis compañeros y compañeras de la maestría en Ciencias de la Educación, de quienes
aprendí mucho. Nunca los olvidaré.*

*A los esforzados trabajadores de las telecomunicaciones, que hacen de esta profesión un
servicio a los demás.*

*A la memoria del Ing. Mario Cevallos Villacreses, profesor de la Escuela Politécnica
Nacional durante 46 años, formador de juventudes, científico del electromagnetismo,
maestro por vocación.*

AGRADECIMIENTO

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y la Escuela Politécnica Nacional, nobles instituciones de educación superior, que día a día se esfuerzan por alcanzar el ideal “la ciencia para el bienestar del hombre”.

A los profesores de la maestría en Ciencias de la Educación, apasionados educadores y educadoras.

A la empresa SIAE-Ecuador, por permitirme el uso de sus instalaciones para la realización de los cursos.

Al Dr. Querubín Patricio Flores, director de este trabajo, por su acertada guía.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.	5
1. DISEÑO GENERAL DE INVESTIGACIÓN.	5
1.1.-Justificación de la investigación.....	5
1.2.-Formulación del problema.....	9
1.3.-Objetivo general.	15
1.4.- Objetivos específicos.....	16
CAPÍTULO 2	17
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1.-Antecedentes de la investigación.....	17
2.2.-Bases filosóficas, pedagógicas y éticas de la educación en ciencia y tecnología.....	54
2.2.1 Filosofía de la educación	55
Parábola del Halcón	56
El Idealismo	58
El Realismo Científico.....	59
El Pragmatismo.....	60
El Marxismo.....	61
El Existencialismo	62
El Personalismo	63
El Buen Vivir	64
Una Filosofía Ecléctica para la enseñanza de la tecnología de Comunicación por Microondas.	65
2.2.2 Modelos pedagógicos en la educación.....	68
El Modelo Tradicional	69
El Conductismo.....	70
El Cognitivismo	73
Constructivismo	77
Filosofías y modelos. Resumen.	78
Construir Aprendizaje Significativo	80

2.2.3 Ética del profesional de la docencia, del docente o capacitador	82
2.2.3.1.- Principios Universales	83
a. No maleficencia	83
b. Beneficencia.....	83
c. Autonomía.....	84
d. Justicia.....	84
2.2.3.2. Del profesional en general	85
a. Legalidad.....	85
b. Idoneidad.....	85
c. Confidencialidad	85
d. Fidelidad a las responsabilidades asumidas	86
e. Buena fe	86
f. Evitar conflicto de intereses	86
2.2.3.3 Ética para los docentes.....	87
a. Emocionalidad empática	87
b. Comunicación didáctica.....	87
c. Autoridad áulica	87
d. Integridad	88
e. Creatividad recursiva	88
f.- Buen juicio	88
2.3 BASES TEÓRICAS Y PARTICULARIDADES DE LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA.	90
2.3.1 Enseñanza de la Teoría Electromagnética	101
2.3.2 El Ciclo del Aprendizaje Científico.....	104
2.3.3 Particularidades de la enseñanza de la comunicación por microondas en el programa de capacitación en comunicación por microondas.	107
2.3.4 Instituciones para la enseñanza de comunicación por microondas en el Ecuador...108	
2.4.-MARCO REGULATORIO DE LAS TELECOMUNICACIONES	116
2.4.1 Instituciones regulatorias nacionales	116
2.4.2 Instituciones regulatorias internacionales	120
CAPÍTULO 3	123

3. MARCO METODOLÓGICO PREVIO AL DISEÑO DEL PROGRAMA DE CAPACITACIÓN DE RADIOCOMUNICACIONES, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	123
3.1 Diseño y tipo de investigación.....	123
3.2 Unidad de estudio (población/muestra, escenarios/sujeto, informante clave).....	125
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información	125
3.4 Técnica de análisis de resultado.....	126
3.5. Presentación y análisis de los resultados cualitativos	126
3.6.-Descripción de las encuestas aplicadas a los trabajadores	129
3.7.- Presentación y análisis de resultados de las encuestas realizadas	130
3.7.1 Encuesta conocimientos básicos de matemática y física.	130
3.7.2 Encuesta conocimientos básicos de electricidad.....	132
3.7.3 Encuesta conocimientos básicos de radiocomunicaciones	132
3.7.4 Diagnóstico de interés.....	133
3.7.5 Diagnóstico de resultados de los cursos piloto	133
CAPÍTULO 4.....	135
4. PRESENTACIÓN DE PROPUESTA PARA LA REALIZACIÓN DE UN CURSO DE COMUNICACIÓN POR MICROONDAS DIRIGIDO A LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA SIAE.....	135
4.1 DISEÑO DEL CURSO BÁSICO DE MATEMÁTICAS	137
4.1.1 Propuesta curso básico de matemáticas.	140
Álgebra.....	140
Funciones	142
Función lineal.....	143
Función cuadrática. La parábola.	146
La recta numérica y el plano cartesiano.....	148
Propiedad reflectora de la parábola.....	153
La elipse.....	156
Funciones trigonométricas	158
La función logaritmo.....	168
Propiedades de los logaritmos.	171
Sistema binario.....	173

Lógica digital	177
4.2 DISEÑO DEL CURSO BÁSICO DE FÍSICA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA	185
4.2.1 Propuesta curso básico de física y tecnología eléctrica.	188
Unidades y sistemas de medida	189
Medidas de tiempo y de frecuencia.	194
Múltiplos y submúltiplos de las unidades de medida	195
Electricidad y magnetismo.....	197
Circuitos eléctricos.....	203
Concepto de tierra (desde el punto de vista eléctrico)	206
Actividad práctica, diferencia entre AC y DC	209
Fuente de energía en las estaciones de telecomunicaciones	212
4.3 DISEÑO DEL CURSO BÁSICO DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS.....	214
4.3.1 Propuesta curso básico de ondas electromagnéticas.	217
Fenómenos oscilatorios en la naturaleza.....	217
Frecuencia, resonancia y longitud de onda	225
Potencia de las señales radioeléctricas.....	232
Decibelio (dB) y decibelio sobre milivatio (dBm)	235
La frecuencia como variable independiente (x) de la función senoidal $y = \text{seno}(x)$	243
Espectro electromagnético	250
4.4 DISEÑO DEL CURSO DE MICROONDAS.....	254
4.4.1 Propuesta del curso de microondas.....	259
Conceptos fundamentales de los equipos de microondas	263
Modulador.....	263
Modulación de amplitud (AM)	263
Modulación de frecuencia (FM)	272
Modulación de fase (PM).....	274
Conversión analógico/digital. Digitalización de señales.	278
Conversión digital/analógico	286
Multiplexaje (PCM32)	287
Banda base analógica y banda base digital	288
Modulación digital	292

Modulación QAM.....	294
Ancho de banda espectral	297
Circuito de microondas	305
Guías de onda y cables coaxiales.....	306
Flanges de guías de onda.	311
Branching.....	314
Filtros radio frecuencia (RF).....	314
Circulador y duplexer	322
Transferencia de potencia. Medición de onda estacionaria VSWR y su equivalente ROE (relación de onda estacionaria)	329
Medición del ROE.	332
Equivalencia entre ROE y VSWR	335
Conceptos de antenas.....	336
Antena Yagi	346
Antena de bocina.....	347
Antena de abertura	349
Antena sectorial	349
Antenas parabólicas	351
Lóbulo de radiación	355
Factor XPD (dB).	360
Equipamiento electrónico de microondas	361
Configuraciones de protección	366
Cálculo de radio enlaces	368
Umbral de recepción.....	373
Recomendación G.821, criterios de disponibilidad.	376
Propagación de las señales radioeléctricas	381
Zonas de Fresnel	382
El factor atmosférico K.....	388
Visualización a escala real de la zona de Fresnel.	393
Relación entre la primera zona de Fresnel y el lóbulo principal de la antena.	394
Fenómeno de reflexión	398
Desvanecimiento por lluvia	401

Interferencia de señales radioeléctricas	405
Planificación de frecuencias	408
Estudio de caso, enlace Tarapoa- Shushufindi.	415
Sistema de gestión.....	425
Normas de seguridad.....	426
Peligros de trabajo en altura.....	426
Peligros eléctricos	428
Peligros de radio frecuencia.....	429
Peligros de energía óptica	432
Peligros de descarga electrostática.....	433
4.5 EVALUACIÓN DEL CURSO	434
Evaluación del instructor	434
Evaluación de conocimientos	436
Evaluación cualitativa del programa.....	437
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	438
BIBLIOGRAFÍA	441
ANEXO 1: formatos de encuestas.....	445
ANEXO 2: resultados encuestas conocimientos básicos de matemáticas y física	453
ANEXO 3: resultados encuesta conocimientos básicos de electricidad.....	459
ANEXO 4: resultados encuesta conocimientos básicos de radiocomunicaciones	465
ANEXO 5: resultados del diagnóstico de interés	471
ANEXO 6: agenda de curso piloto	475

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferentes Sistemas de Numeración.....	19
Tabla 2. El Idealismo.....	58
Tabla 3. El Realismo Científico	59
Tabla 4. El Pragmatismo	60
Tabla 5. El Marxismo	61
Tabla 6. El Existencialismo	62
Tabla 7. El Personalismo	63
Tabla 8. El Buen Vivir.....	64
Tabla 9. Eclecticismo	65
Tabla 10. El modelo tradicional	70
Tabla 11. El Modelo Conductista	72
Tabla 12. El Modelo Cognitivista.....	76
Tabla 13. El Modelo Constructivista.....	77
Tabla 14.Ética del Docente.....	89
Tabla 15.Dimensión Desempeño Intelectual.....	95
Tabla 16. Dimensión Entendimiento Interpersonal.....	96
Tabla 17. Ejemplo de Función Lineal.	143
Tabla 18. Función Cuadrática.....	147
Tabla 19. Valores de $\sin(x)$	166
Tabla 20. Logaritmos de algunos números notables	170
Tabla 21. Equivalencia entre decimal y binario.	174
Tabla 22. Código ASCII.....	177
Tabla 23. Operación not	178
Tabla 24. Operación not	179
Tabla 25. Operación not, asociación de valores.....	180
Tabla 26. Operación not, asociación de valores.....	180
Tabla 27. Operación lógica AND	180
Tabla 28. Operación lógica OR	181
Tabla 29. Tabla de verdad	182
Tabla 30. Sistemas de unidades Internacional e Inglés.	190
Tabla 31. Ejemplo de equivalencias entre SI e inglés	191
Tabla 32. Múltiplos y submúltiplos de las unidades fundamentales.	196
Tabla 33. Calibre de cables según AWG.....	205
Tabla 34. Voltajes medidos en una instalación doméstica.....	207
Tabla 35. Potencias de radio frecuencia	233
Tabla 36. Valores notables de la transformación entre Watt y dBm	241
Tabla 37. Valores de $y = \sin(x)$, x expresado en grados y en radianes.....	245

Tabla 38. Usos del espectro de radio en el Ecuador	252
Tabla 39. Intervalos y voltajes.....	283
Tabla 40. Codificación de intervalos	283
Tabla 41. Modulación vs velocidad digital máxima (throughput)	302
Tabla 42. Conectores de cable coaxial.	307
Tabla 43. Valores comunes del Shifter.....	326
Tabla 44. Algunos valores de VSWR y su correspondiente ROE.....	336
Tabla 45. Margen de desvanecimiento Vs confiabilidad	375
Tabla 46. Valores notables de la tasa de errores BER.....	379
Tabla 47. Valores notables de K versus radio ficticio de la tierra.....	389
Tabla 48. Canalización de frecuencias en 8 GHz	409
Tabla 49. Análisis de la banda de 8 GHz.	410
Tabla 50. Perfil del enlace, distancia (km) versus altura del terreno (m).....	418
Tabla 51. Ancho de banda neto (digital) versus modulación.	424
Tabla 52. Evaluación del instructor	435
Tabla 53. Evaluación de conocimientos	436

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Taxonomía de Bloom	75
Gráfico 2. Filosofías, Paradigmas, Modelos y Métodos Pedagógicos.	78
Gráfico 3. El Conocimiento se va Construyendo Sobre la Base de Conocimiento Previo. 80	
Gráfico 4. Generador de Campo Electrostático Construido para el Programa de Capacitación en Microondas. Los Hilos de Nylon se Separan (izq.); La Bolita Metálica es Atraída (der.)	103
Gráfico 5. Solenoide Construido para el Programa de Capacitación en Microondas. La Aguja de la Brújula se Desvía del Norte.	103
Gráfico 6. Motor Eléctrico Básico Construido para el Programa de Capacitación en Microondas.	104
Gráfico 7. Desequilibrio Cognitivo	105
Gráfico 8. Ciclo del Aprendizaje Científico.	106
Gráfico 9. Escuela Politécnica Nacional. Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones.	108
Gráfico 10. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Ingeniería de telecomunicaciones.....	109
Gráfico 11. Universidad Técnica Particular de Loja. Electrónica y telecomunicaciones. 110	
Gráfico 12. Universidad Nacional de Chimborazo. Ingeniería electrónica y de Telecomunicaciones.	110
Gráfico 13. Escuela Politécnica del Chimborazo. Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes.....	111
Gráfico 14. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Electrónica y Telecomunicaciones.	112
Gráfico 15. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ingeniería Telemática.....	112
Gráfico 16. Universidad Israel. Ingeniería en Electrónica Digital y Telecomunicaciones.	113
Gráfico 17. Universidad de Cuenca. Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones... 114	
Gráfico 18. Universidad del Azuay. Ingeniería Electrónica.....	114
Gráfico 19. Escuela Politécnica del Litoral. Ingeniería en Telecomunicaciones.	115
Gráfico 20. Universidad Técnica de Ambato.	116
Gráfico 21. Estadísticas de Líneas Celulares en el Ecuador.....	119
Gráfico 22. Participación en el Mercado de Internet Fija Nacional.	119
Gráfico 23. Estadística de Internet Móvil a Nivel Nacional.....	120
Gráfico 24. Banda de 6 GHz	122
Gráfico 25. Programa de Capacitación en Microondas	136
Gráfico 26. Recta Numérica Horizontal.	148
Gráfico 27. Recta numérica vertical.	149

Gráfico 28. Plano Cartesiano.....	150
Gráfico 29. Función lineal $y = 2x + 1$	151
Gráfico 30. Parábola $y^2 = 16x$	152
Gráfico 31. Propiedad reflectora de la parábola	153
Gráfico 32. MAQUETA#1, cinta parabólica.....	154
Gráfico 33. Definición geométrica de elipse.....	156
Gráfico 34. Construcción de una elipse.....	158
Gráfico 35. Triángulo rectángulo	159
Gráfico 36. Triángulo rectángulo	159
Gráfico 37. Funciones trigonométricas definidas en el círculo de radio r	162
Gráfico 38. Circunferencia L y diámetro D	164
Gráfico 39. Seno de un ángulo no depende del tamaño del triángulo en el que se halla. .	166
Gráfico 40. La función $y = \text{sen}(x)$	167
Gráfico 41. Función logaritmo	171
Gráfico 42. Función lógica not asociada a un circuito simple.....	179
Gráfico 43. Circuito que representa la operación AND.	181
Gráfico 44. Representación en circuito de la operación lógica “OR”.....	182
Gráfico 45. Circuitos integrados de compuertas lógicas.	184
Gráfico 46. Generador de Van der Graaf.	198
Gráfico 47. MAQUETA #2, generador electrostático artesanal.	199
Gráfico 48. MAQUETA #3, solenoide.....	200
Gráfico 49. MAQUETA #4. Motor eléctrico básico.....	201
Gráfico 50. Circuito eléctrico doméstico.....	203
Gráfico 51. Instalación eléctrica comercial.	206
Gráfico 52. Medidor de voltaje, corriente y resistencia también llamado “multímetro” ..	206
Gráfico 53. Osciloscopio con voltaje de entrada nulo: ni AC ni DC. El eje de las X es el tiempo, graduado a 5 milisegundos por división. El eje de la y es voltaje graduado a 2 voltios por división.	209
Gráfico 54. Osciloscopio muestra una señal de voltaje alterno, la mitad del ciclo es polaridad positiva y la otra mitad es polaridad negativa. La frecuencia es 60 Hz. Obsérvese la similitud de esta señal con la función $y = \text{sen}(x)$ representada en el gráfico #40	210
Gráfico 55. Voltaje suministrado por la pila cuando el hilo verde va al negativo: -1,5 Voltios. Y así se mantiene a lo largo del tiempo.	210
Gráfico 56. Voltaje de la pila, con el hilo verde conectado al positivo: +1,5 voltios respecto al eje x y así se mantiene a lo largo del tiempo.	211
Gráfico 57. Comparación de los voltajes alterno, continuo negativo y continuo positivo, respectivamente.	211
Gráfico 58. Diagrama de energía en una estación de telecomunicaciones.....	213

Gráfico 59. Ondas de agua en la superficie de un estanque.	218
Gráfico 60. Compresión del aire en un tubo.	219
Gráfico 61. Amplificador	220
Gráfico 62. Amplificador realimentado oscila. Señal de salida voltaje alterno, senoidal.	222
Gráfico 63. Oscilador de frecuencia determinada.	223
Gráfico 64. Simbología de un oscilador de frecuencia f.	223
Gráfico 65. Oscilador conectado a una antena.	224
Gráfico 66. Antena dipolo de longitud L.	224
Gráfico 67. Características de una onda sinusoidal.	225
Gráfico 68. Dipolo resonante.	227
Gráfico 69. Antena de radio AM. Para las ondas electromagnéticas, el suelo (la tierra) actúa como un espejo.	229
Gráfico 70. MAQUETA #05, radio de AM que funciona sin pilas.	230
Gráfico 71. Receptor de AM	231
Gráfico 72. Amplificador	234
Gráfico 73. Balance de pérdidas y ganancias.	236
Gráfico 74. Círculo trigonométrico	243
Gráfico 75. Definición de radián	245
Gráfico 76. Rueda giratoria, velocidad angular w	247
Gráfico 77. La función $y = \text{sen}(377t)$ vista en un osciloscopio	248
Gráfico 78. Gráficos para $y = \text{sen}(x)$ en rojo. $Y = \text{sen}(2x)$ azul. $Y = \text{sen}(3x)$ en amarillo.	249
Gráfico 79. Representación de cómo se vería una señal de 60 Hz y 1 mW de potencia en el analizador de espectro. Escala vertical 10 dB/div. Escala horizontal 10 Hz/div.	250
Gráfico 80. Espectro de radios FM de la ciudad de Quito. La pequeña marca en forma de rombo señala la radio Ecu-shiry en 104.9 MHz, captada por la antena con una potencia de -58 dBm.	251
Gráfico 81. Espectro electromagnético.	252
Gráfico 82. Ejemplo 1, enlace de microondas en un sistema de telecomunicaciones celular.	261
Gráfico 83. Ejemplo 2, enlace de microondas en un sistema de telecomunicaciones celular-fijo.	262
Gráfico 84. Ejemplo 3, enlace de microondas para conexión a Internet	262
Gráfico 85. Modulador	264
Gráfico 86. Señal modulante o banda base, sinusoidal de 61 kHz	264
Gráfico 87. Señal portadora de 4.5 MHz	265
Gráfico 88. Señal compuesta, portadora de 4,5 MHz (la envuelta) modulada en amplitud por la modulante de 61,5 kHz (la envolvente)	265
Gráfico 89. Cómo se ve en un analizador de espectros la señal portadora f_2 de 4.5 MHz	266

Gráfico 90. Y como se ve la señal f2 de 4.5 MHz modulada en amplitud por una señal f1 de 61 kHz.....	267
Gráfico 91. Gráfico del producto de dos señales sinusoidales en relación 73:1 para simular la relación entre 4.5 MHz y 61 kHz.....	268
Gráfico 92. Upconverter	270
Gráfico 93. Downconverter	271
Gráfico 94. Demodulador AM básico	271
Gráfico 95. Señal modulada en frecuencia.....	273
Gráfico 96. Ángulo de fase 45°.....	274
Gráfico 97. Ángulo de retardo $\Theta=125.9^\circ$	276
Gráfico 98. Modulador de fase	277
Gráfico 99. En rojo la señal portadora IF, en azul la señal modulante. En amarillo la señal IF modulada en fase.....	278
Gráfico 100. La palabra “hola” vista como una pequeña señal eléctrica de 200mV de amplitud. Escala vertical 100mV/div. Escala horizontal 1 ms/div.....	279
Gráfico 101. La palabra hola vista en la aplicación “oscilloscope” del teléfono celular. .	280
Gráfico 102. La misma palabra “hola”, dicha frente a un analizador de espectros de audio (aplicación del teléfono celular).	281
Gráfico 103. Señal analógica de audio de 7 voltios de amplitud.	281
Gráfico 104. Digitalización de señales.....	284
Gráfico 105. Conversión A/D.....	285
Gráfico 106. Conversión D/A.....	286
Gráfico 107. Multiplexor PCM 32	287
Gráfico 108. La voz humana es una señal analógica, pues los impulsos eléctricos son semejantes a la vibración de la voz.	289
Gráfico 109. Trama Ethernet 802.3, 10 Base2, vista en el osciloscopio. Corresponde a un comando “ping” de 1500 bytes. Pueden observarse las ráfagas de datos a la derecha. ...	289
Gráfico 110. Trama PCM30 vista en el osciloscopio (ITU G.703). Aparecen una especie de “fantasmas” debido a que el osciloscopio solo puede sincronizar señales periódicas..	290
Gráfico 111. AIS en código HDB3. Alarm Indication Signal. Se usa para señalar pérdida de tráfico de 2Mb/s, es todos 1 en código de línea HDB3 (alternancia de polaridad, con violación cada tres ceros).....	290
Gráfico 112. Generador de patrones de 2 Mb/s. “Pattern”.....	291
Gráfico 113. Modulación ASK.....	293
Gráfico 114. Modulación FSK	293
Gráfico 115. Modulación PSK	293
Gráfico 116. Diagrama del modulador 16QAM.....	294
Gráfico 117. Diagrama de constelación del modulador 16QAM.....	295

Gráfico 118. Visualización de la amplitud y fase de IF, correspondientes a la entradas de 4 bits	296
Gráfico 119. Espectro de salida del modulador.....	297
Gráfico 120. Ancho de banda de un filtro a los puntos de -3 dB	298
Gráfico 121. Ancho de banda de un filtro al 99% de potencia.....	299
Gráfico 122. Espectro a la salida del modulador 4PSK. IF = 70 MHz.	300
Gráfico 123. Tres espectros reales en RF en 8 GHz (amarillos) de un equipo con modulación 4PSK.	300
Gráfico 124. 4 espectros en banda 6U, mod. 128 QAM, BW 40 MHz.....	303
Gráfico 125. Circuito de microondas	305
Gráfico 126. Guías de onda y cable coaxial	306
Gráfico 127. Conectores más utilizados para cable coaxial	306
Gráfico 128. Características de una guía de onda elíptica.....	308
Gráfico 129. : Diferentes “flanges” o conectores de guía de onda.....	309
Gráfico 130. Modos: transversal eléctrico y transversal magnético.....	310
Gráfico 131. Conector de guía de onda, pasa de elíptica a rectangular.....	310
Gráfico 132. Clasificación de “flanges”	311
Gráfico 133. Clasificación y ejemplo de “flanges”	312
Gráfico 134. Tamaño del rectángulo interno, de acuerdo a normas.....	312
Gráfico 135. Dimensiones físicas de la guía de onda rectangular R70 (WR137).....	313
Gráfico 136. Componentes de guía de onda rectangular (tronquetos)	314
Gráfico 137. Tipos más comunes de filtros de frecuencia	315
Gráfico 138. Filtro de cavidad resonante banda de 7 GHz.....	316
Gráfico 139. Respuesta de un filtro pasabanda real.	317
Gráfico 140. Espectro en RF del modulador 4PSK.....	318
Gráfico 141. Espectro filtrado en RF de un modulador 4PSK	318
Gráfico 142. Tres espectros reales en 8 GHz (amarillos) de un equipo con modulación 4PSK.....	319
Gráfico 143. Ancho de banda de un filtro	319
Gráfico 144. Respuesta en frecuencia del filtro BPF-C-BW36-3740 NORSAT	320
Gráfico 145. Ejemplo de filtro proyectado por fábrica. En el eje vertical, la pérdida de inserción ocasionada por el filtro. En el eje horizontal el delta (Δf) respecto a la frecuencia central.	321
Gráfico 146. Filtro pasabanda de 6 cavidades, 6GHz.	322
Gráfico 147. Circulador de microondas	323
Gráfico 148. Circulador de antena.....	323
Gráfico 149. Circulador con carga acoplada en el puerto P3	324
Gráfico 150. Duplexer o duplexor.....	325

Gráfico 151. Definición de shifter. La flecha grafica la frecuencia de transmisión. Tomar en cuenta que lo que para la estación A es frecuencia de TX, para la estación B es frecuencia RX. Y viceversa.	328
Gráfico 152. Duplexer en la banda de 8 GHz.....	328
Gráfico 153. Ejemplo de branching para un equipamiento con dos canales f1 y f2	329
Gráfico 154. Transferencia de potencia.....	330
Gráfico 155. Banco de pruebas para la medición de ROE	332
Gráfico 156. Medición ROE versus frecuencia.....	334
Gráfico 157. Antena isotrópica versus dipolo de longitud λ	337
Gráfico 158. Dipolo para televisión doméstica.	339
Gráfico 159. Patrón de radiación de la antena dipolo.....	340
Gráfico 160. Visualización del patrón de radiación del dipolo	340
Gráfico 161. Superposición de los campos eléctrico y magnético que dan lugar a la onda electromagnética.	342
Gráfico 162. Carga eléctrica oscilando en un dipolo. En azul el campo eléctrico. En rojo el campo magnético.	342
Gráfico 163. Señal electromagnética en polarización vertical.	344
Gráfico 164. Ondas en una cadena de persiana. Compárese con la visualización propuesta para las ondas electromagnéticas.....	344
Gráfico 165. Antena Yagi de 800 MHz, ganancia 12 dB, conector N hembra.	346
Gráfico 166. Antena de bocina de 15 GHz, ganancia de 20 dB, conector sma.	347
Gráfico 167. Polarización VERTICAL en una guía de onda rectangular	348
Gráfico 168. Polarización HORIZONTAL en una guía de onda rectangular	348
Gráfico 169. Antena de abertura para 4 GHz	349
Gráfico 170. Antena sectorial, en su radome o carcasa impermeable, (Izq.) y abierta (Der.)	350
Gráfico 171. Antena parabólica estándar de 60 cm, 7 GHz	351
Gráfico 172. Antena parabólica en polarización HORIZONTAL	352
Gráfico 173. Antena parabólica en polarización VERTICAL	353
Gráfico 174. Antena parabólica HP.....	354
Gráfico 175. Escudo o shield.....	355
Gráfico 176. Ancho de lóbulo 30° de una antena.	356
Gráfico 177. Una antena parabólica se comporta como una linterna de mano.	357
Gráfico 178. Enlace de microondas “alineado”	358
Gráfico 179. Patrón de radiación de una antena.....	359
Gráfico 180. Data sheet del fabricante de antenas parabólicas para microondas.....	360
Gráfico 181. Cuarto de equipos y torre.	362
Gráfico 182. Diagrama de bloques de un equipo de microonda genérico en configuración 1+1 diversidad de frecuencia (1+1 FD).....	363

Gráfico 183. Radio “Full Indoor”	364
Gráfico 184. Radio “Split” 1+1.	365
Gráfico 185. Espectro de salida de un equipo full indoor en configuración 3+1.	367
Gráfico 186. Ejemplo de coordenadas geográficas.	368
Gráfico 187. Coordenadas geográficas.....	369
Gráfico 188. Ejemplo de la definición de acimut.....	370
Gráfico 189. Enlace de microondas básico	371
Gráfico 190. Margen de desvanecimiento (fade margin)	374
Gráfico 191. Definición de bit errado o simplemente “error”	377
Gráfico 192. Construcción práctica de una elipse. La longitud de la piola “L” es constante.	383
Gráfico 193. Definición de elipsoide de Fresnel.	383
Gráfico 194. Radio de la primera zona de Fresnel a la distancia d1 desde el foco A	385
Gráfico 195. Similitud del corte C-C’	385
Gráfico 196. Posible obstrucción del enlace por árboles.....	387
Gráfico 197. Refracción atmosférica, K adverso	388
Gráfico 198. Maqueta para simular el factor K.....	390
Gráfico 199. Factor K infinito, radio de la tierra infinito, suelo recto, distancia d máxima.	390
Gráfico 200. $K=4/3$, $r'=4/3 r$. Obsérvese la distancia d entre los árboles y la línea de vista	391
Gráfico 201. $K=1$. Radio real de la Tierra, $r'=r$	391
Gráfico 202. $K=2/3$. La distancia d entre los árboles y la línea de vista disminuye notablemente (K adverso).....	392
Gráfico 203. Modelo de rayo recto y tierra curvada (fotografías anteriores).....	392
Gráfico 204. Modelo de rayo curvo y suelo plano.	393
Gráfico 205. Zona de Fresnel graficada a escala, más real, es una elipse, pero ya no parece una sandía. Torres de 100 metros de altura en A y B.....	394
Gráfico 206. Comparación entre la primera zona de Fresnel y el área iluminada por el ancho de lóbulo de la antena UHX8-59W.....	395
Gráfico 207. Ejemplo del modelo de rayo curvado y tierra plana. Este SW grafica solo la parte inferior de la primera zona de Fresnel. Con $K=2/3$ este enlace es imposible.....	395
Gráfico 208. Ejemplo de SW para cálculo de radioenlaces	397
Gráfico 209. Fenómeno de reflexión, el rayo reflejado, si llega en contrafase, llega a anular al rayo directo.	399
Gráfico 210. La diversidad de espacio contrarresta la reflexión.	399
Gráfico 211. Esta secuencia demuestra que la reflexión no afecta por igual a los espectros centrados en distinta frecuencia. Por este motivo se recomienda combinar diversidad de espacio con diversidad de frecuencia en enlaces dificultosos.	400

Gráfico 212. Pluviómetro.....	402
Gráfico 213. Zonas de intensidad de lluvia. Atlas mundial.....	403
Gráfico 214. Atenuación por lluvia, dependiendo de la frecuencia.....	404
Gráfico 215. Escenario de interferencia.....	406
Gráfico 216. Degradación de umbral por interferencia.....	407
Gráfico 217. Canal izquierdo OK, canal derecho K.O por efecto de la interferencia.....	408
Gráfico 218. Solución #1. Polarización alternada.....	410
Gráfico 219. Solución #2. Canal adyacente.....	412
Gráfico 220. Solución #3. Uso de tecnología co-canal.....	413
Gráfico 221. Uso eficiente del espectro.....	414
Gráfico 222. Tarapoa vista desde Shushufindi, a 37 km de distancia. Obsérvese el terreno ondulado y la vegetación selvática.....	416
Gráfico 223. Con ayuda de binoculares se logran ver las dos torres existentes en Tarapoa.....	417
Gráfico 224. Perfil realizado en Excel.....	419
Gráfico 225. Área de iluminación debida al ancho del lóbulo, misma escala vertical.....	420
Gráfico 226. Perfil realizado por un SW especializado, con ayuda de cartografía digital.....	421
Gráfico 227. Simulación de reflexión en el SW llamado DMLE.....	422
Gráfico 228. La reflexión no afecta por igual a los tres espectros.....	422
Gráfico 229. Configuración final del enlace.....	423
Gráfico 230. Arquitectura cliente-servidor para un sistema de gestión de microondas.....	425
Gráfico 231. Implementos de seguridad para trabajo en torre.....	427
Gráfico 232. Malla de puesta a tierra.....	429
Gráfico 233. Precaución de radiofrecuencia, no mirar la salida de una ODU.....	430
Gráfico 234. Advertencia de seguridad óptica.....	432
Gráfico 235. Precaución electrostática.....	433

INTRODUCCIÓN

El mundo moderno requiere que estemos “conectados”. Es relativamente sencillo para cualquier persona en la actualidad enviar imágenes o audio desde cualquier parte de una ciudad y a cualquier destinatario localizado prácticamente en cualquier lugar del mundo. No importa si estamos fijos o en movimiento, el mensaje nos alcanzará. Este alcance y esta movilidad los tenemos gracias al uso de una porción del espectro electromagnético por medio del cual la señal llega hasta nuestros teléfonos inteligentes sea vía señal celular o vía “WIFI” (wireless fidelity, fidelidad inalámbrica en inglés).

La persona común poco sabe acerca del espectro electromagnético, de las ondas radioeléctricas y de la enorme infraestructura tecnológica que está detrás, para hacer posible la comunicación y el acceso a la web. Menos aún sabe del trabajo de miles de técnicos que instalan los complejos sistemas de telecomunicaciones, que los operan y que los mantienen funcionando los 365 días del año sin interrupción. Hay entre estos técnicos, como en toda profesión, dramas humanos puesto que el trabajo es particularmente duro, lejos de casa a cualquier hora, muchas veces trabajando a la intemperie en “ventana de mantenimiento” es decir pasadas las 12 de la noche, para que el usuario no sienta una interrupción del servicio. Ingresar al mundo del trabajo en telecomunicaciones no es fácil. El profesional que ha cursado estudios superiores demora unos 4 años en ganar experiencia suficiente y “profesionalizarse” en alguna de las muchas áreas de las telecomunicaciones.

Pero que decir del obrero llano, el que ingresa a trabajar en una empresa de telecomunicaciones por ejemplo como mensajero y acaba siendo técnico de microondas. El sigue su propio rumbo, a veces se le complica y tiene ganas de cambiar de actividad, pero resulta que esta área es una buena fuente de trabajo, y entonces decide quedarse. Con

su curiosidad y su ingenio, poco a poco va conociendo a que se refiere el vocabulario técnico y familiarizándose con la tecnología que se halla implicada, aunque sin llegar a comprenderla del todo.

Con el objetivo de enseñar la tecnología involucrada a los trabajadores y obreros que instalan enlaces de microonda surge la idea de desarrollar un programa de capacitación, entendiendo que podrá convertirse en un elemento potenciador de sus capacidades y por lo tanto contribuir a la mejora de sus expectativas laborales. La cuestión sin embargo, es por dónde empezar. Cómo llegar a un objetivo que implica conocer conceptos relacionados con la propagación de las ondas electromagnéticas, invisibles pero totalmente reales. Se aprecia entonces que el camino es hacer uso de las mejores prácticas de las ciencias de la educación a fin de construir ese tan deseado aprendizaje significativo acerca de las comunicaciones por ondas de radio.

Entre el comienzo y el final, hay un camino largo por recorrer. En primer lugar se realiza un reconocimiento del terreno, es decir, dar una mirada a lo que ha sido el desarrollo de las telecomunicaciones en el mundo y en nuestro país. Luego se realiza un estudio de la aplicación de las ciencias de la educación a la enseñanza de ciencia y tecnología; considerando como un caso particular la enseñanza de la comunicación por microondas.

Basándose en herramientas de medición como encuestas de conocimientos previos, cursos piloto y entrevistas al personal, se llegan a determinar los prerrequisitos indispensables para acceder al curso de capacitación en microondas cuyo contenido se desarrolla de la manera más efectiva y eficiente posible, sin ahondar demasiado, pero a la vez sin perder calidad técnica.

Este trabajo por lo tanto es una contribución que aspira a dos grandes objetivos:

- 1.- Proveer parámetros pedagógicos al docente y al capacitador en ciencia y tecnología. Paralelamente realizar una crítica constructiva a lo que ha sido la enseñanza de la ciencia electromagnética y científica en general en nuestro país.
- 2.- Proveer al trabajador de las telecomunicaciones de un documento útil, de estudio y de consulta, que despierte la motivación por aprender.

CAPÍTULO 1.

1. DISEÑO GENERAL DE INVESTIGACIÓN.

1.1.-JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Es común encontrar en las empresas de telecomunicaciones, personal que aprende el oficio técnico en la práctica, sobre la marcha, sin haber tenido la oportunidad de estudiar la naturaleza y términos básicos de la tecnología involucrada. Cuando un proyecto se está instalando se puede realizar lo que se conoce como “on the job training”, es decir entrenamiento durante el trabajo, por parte, de los compañeros, pero generalmente no hay mucho tiempo para entrar en explicaciones y las dudas pueden irse más bien acumulando.

Esto da por resultado que muchos conceptos básicos sean mal entendidos y que la confusión y la sensación de no poder entender se incrementen. Por ello, la capacitación básica del personal debe encontrar el lugar, el tiempo y la paciencia adecuados, dándole toda la importancia que se merece en la perspectiva que un curso de calidad es un elemento potenciador y motivador de la de las personas.

Actualmente en el Ecuador existen más de 14 millones de abonados del servicio de telefonía móvil, esto implica una enorme infraestructura física, tecnológica y necesidad de personal capacitado en radiocomunicaciones para mantener en funcionamiento todos los sistemas. De allí que la elaboración de un curso de capacitación en comunicación por ondas radioeléctricas sea un elemento importante dentro del mercado laboral ecuatoriano en general y particularmente dentro de la empresa de telecomunicaciones SIAE.

Al haber tenido la oportunidad de colaborar en proyectos internacionales y de trabajar hombro a hombro con ingenieros de otros países, muchas veces se han evidenciado también las fortalezas y debilidades de la propia educación superior, recibida años atrás. A lo largo de este trabajo, aprovecharemos las situaciones que se presenten en este ejercicio de enseñanza/aprendizaje, para reflexionar en lo que fue la educación técnica recibida y cómo puede ser mejorada.

Por el momento citemos como antecedentes de la educación recibida en ingeniería de telecomunicaciones que debilitaron el ejercicio profesional, la falta de practicidad (aprender circuitos en papel y nunca haber visto uno), la falta de practicidad matemática (por ejemplo aprender teoremas sin un atisbo concreto de por qué surgieron o para que sirven), situaciones esporádicas de maltrato psicológico (pero que hacen mella y bajan la autoestima del estudiante aún años después), falta de pedagogía (andragogía) y coherencia en la elaboración del currículo y, en general, divorcio entre la teoría y la práctica.

Por otra parte, también existieron fortalezas, como la formación rigurosa en ciertos temas técnicos y la existencia de magníficos profesores poseedores de vastos conocimientos pero sobre todo de amor por la enseñanza, que dedicaron su vida a la investigación y a la docencia. Estas reflexiones motivaron el estudio de una maestría que otorgue competencias (el arte de enseñar) antes que una maestría en contenidos (las telecomunicaciones). Por ello, una contribución meritoria de este trabajo, sería la aplicación de los fundamentos de la educación a un ejemplo particular de la enseñanza de ciencia y tecnología, como es el caso de la radiocomunicación.

Durante muchos años de ejercicio de la profesión de Ingeniero de Telecomunicaciones, trabajando en proyectos tanto dentro como fuera del país, se han presentado muchas situaciones de carácter educativo, unas veces enseñando y otras veces aprendiendo. Se ha observado también que la evolución tecnológica es empujada sobre todo por las fuerzas del mercado, hacia lo más barato, hacia lo más fácil de instalar y lo más sencillo de usar. La evolución del equipamiento electrónico apunta casi siempre a la compactación, es decir reducción de tamaño, reducción de consumo de energía y automatización de cada proceso interno, esto, por supuesto, significa sofisticación tecnológica, dominio y control de los fenómenos naturales.

Y no se detiene, continuamente se están dando cambios y mejoras; ejemplo de esto tenemos en los sistemas de telefonía celular que arrancaron en nuestro país con telefonía celular analógica 1G en 1995, pasaron a tecnología digital 2G (alrededor del año 2001) el cual en su momento se llamó Global System Mobile (GSM) y que se pensó que era una tecnología para décadas y de carácter mundial. Luego vinieron los sistemas 3G y HSPA+ afinados para transmisión de voz y datos (año 2010), posteriormente los sistemas 4G basados en la transmisión de datos (año 2014) y ahora está en desarrollo mundial la tecnología 5G que estará enfocada en ofrecer servicios de ancho de banda superior. Y esto no se detiene pues la industria de las telecomunicaciones es extremadamente dinámica.

Estas realidades cercanas al ejercicio de la profesión y de la capacitación, llevan a preguntarse ¿hasta qué punto una persona puede y debe convertirse en experto en cierto equipo, de cierta marca? ¿El conocimiento de la tecnología es pasajero? ¿Cuál es el conocimiento de base, el concepto fundamental, que nos permita entender toda clase de

nuevas tecnologías que vayan emergiendo? ¿Puede darse una clasificación en conocimientos de largo plazo y conocimientos de corto plazo?

El tema de la capacitación planteada está en el área de la radiocomunicación, particularmente de las microondas ya que es el área de mayor conocimiento, experticia y el principal rubro de la empresa de telecomunicaciones SIAE, Sociedad Italiana de Aparatos Electrónicos, (<https://www.siaemic.com>) sucursal Ecuador, a cuyos trabajadores principal, pero no exclusivamente, se dirige esta capacitación. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el objetivo de enseñar la naturaleza de las ondas electromagnéticas y su aplicación en telecomunicaciones a los trabajadores es una tarea que demanda conocimientos pedagógicos. Por una parte el personal al que está dirigida esta capacitación requiere en primer término el reforzamiento de una determinada base matemática y tecnológica. Por otra parte el contenido del curso, que constituye una aplicación del electromagnetismo a las telecomunicaciones, tiene sus particularidades y complejidades al momento de enseñar.

En virtud de todo lo expresado, se propone el diseño y construcción de un programa de capacitación en microondas para los trabajadores de la empresa SIAE, en base a todo aquello que las Ciencias de la Educación señalan como las prácticas más adecuadas y aconsejables a fin de lograr el Aprendizaje Significativo de la comunicación por microondas, de forma que este contenido llegue a los trabajadores en lenguaje ameno y motivador.

El diseño de un programa de capacitación en comunicación por microondas para los trabajadores de la empresa SIAE, podría resultarle útil también al público en general y especialmente a los dirigentes y pobladores de zonas urbanas que muchas veces se oponen

a la instalación de torres y antenas en sus predios, legítimamente preocupados por la salud de los vecinos; en este trabajo haremos una breve alusión al tema de radiaciones electromagnéticas versus salud humana. Finalmente, compartir los conocimientos prácticos acerca de las ondas radioeléctricas, se torna también en una tarea interesante y satisfactoria desde el punto de vista personal ya que surgen reflexiones acerca del proceso de enseñanza/aprendizaje y de las cuestiones importantes que todo técnico debe saber para ingresar preparado al mundo colaborativo (no competitivo) de las telecomunicaciones.

1.2.-FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Con frecuencia se escucha definir a la tecnología como una aplicación de la ciencia. En el caso específico de la tecnología de telecomunicaciones se la podría entender como una aplicación de las ciencias exactas, de la física, particularmente del electromagnetismo. En la actualidad, la ciencia del electromagnetismo ha llegado a un dominio tal, que tenemos al alcance de cualquier persona, en cualquier país del mundo, redes de comunicaciones celulares y ópticas que posibilitan el envío de correos electrónicos, mensajes, imágenes, voz, datos, casi instantáneamente y a un costo accesible.

La ciencia y la tecnología convergen: por un lado, el dominio del electromagnetismo como parte del mundo natural es decir en su aspecto analógico, y por otra parte la digitalización de la información (imágenes, voz, etc.), es decir el proceso artificial de codificación lógica de las señales analógicas para convertirlas en secuencias de bits, ceros y unos, propios del álgebra de Boole.

La digitalización de señales es un proceso tecnológico bien conocido, de amplia difusión y aplicación mundial. Otra cosa es la ciencia que está detrás del electromagnetismo, en la que se hace imprescindible una sólida base matemática sobre todo relativa al cálculo infinitesimal. El diseño teórico de una simple antena o de un componente de microondas cualquiera requiere de muchos conocimientos científicos.

Ahora bien, la etapa de diseño es una de las capas superiores del pensamiento de acuerdo a la taxonomía de Bloom, pues requiere la comprensión total del fenómeno. Como todo proceso cognitivo, llegar a entender el electromagnetismo requiere de un andamiaje previo: de matemáticas, de la física general, de la electricidad y el magnetismo en particular pero previa o paralelamente de un andamiaje de experiencias concretas que, por analogía, nos permita visualizar algunos fenómenos que no son susceptibles de captarse con los sentidos humanos como es el caso del espectro de radio frecuencia.

En este trabajo abordaremos la problemática relativa a lo que debería ser la construcción del conocimiento de la ciencia del electromagnetismo y sus aplicaciones en el campo de las telecomunicaciones, usando o sugiriendo el uso de las diversas metodologías de enseñanza-aprendizaje como son el conductismo, el cognitivismo, el constructivismo y el uso, optimizado, de algunas tecnologías de información y comunicación. Es bienvenida cualquier metodología y didáctica que ayude a lograr un aprendizaje significativo de la ciencia electromagnética, sin embargo en este trabajo destacaremos las más adecuadas ya que la enseñanza científica tiene sus singularidades.

Sin embargo, no todo es ciencia y tecnología. Eminentes pedagogos y educadores destacan que la educación es un acto social ya que tanto los que enseñan como los que

aprenden son seres humanos que dialogan, que comparten un lenguaje (Maturana & Varela, 2003) y que tienen sus particularidades: inteligencias múltiples, talentos, psicología, conocimientos previos, pero fundamentalmente su humanidad que los convierte en seres iguales, en el “otro” legítimo, como dice Maturana, digno de toda consideración.

En este marco de metodologías de enseñanza-aprendizaje, ética de la profesión, roles claros de docente, estudiante, institución, y de respeto mutuo a la dignidad humana desarrollaremos un programa de capacitación en microondas dirigido al personal de instalaciones, que sirva no solamente para la capacitación del personal, sino también como ejemplo útil de la aplicación práctica de los conceptos prominentes de las Ciencias de la Educación.

Según datos de enero del 2017, actualmente hay unas 14,9 millones de líneas celulares activas para una población de 16,5 millones de habitantes (Arcotel, 2017). Actualmente el sector de las telecomunicaciones representa un 2,1% del producto interno bruto (PIB) del Ecuador (Ministerio de Telecomunicaciones, 2016). En vista de que Ecuador es un país que no se caracteriza por ser productor de aparatos electrónicos y de tecnología, las principales actividades relacionadas al sector de las telecomunicaciones son los servicios técnicos de instalación y puesta en marcha de proyectos de telecomunicaciones, los cuales presentan fuerte demanda de mano de obra tanto calificada como no calificada.

Dentro del mercado de las telecomunicaciones se encuentran los equipos de transmisión, es decir aquellos que posibilitan que la información llegue a lugares física y geográficamente diferentes de donde ésta se origina. Entre los equipos de transmisiones están los equipos de microondas. Las microondas son una parte especial del espectro de radio frecuencias

que es utilizado para enlazar localidades diferentes a través de sistemas complejos de torres, antenas y equipamiento electrónico

Actualmente los equipos electrónicos de comunicación por microondas presentan un alto desarrollo tecnológico, incorporando funciones automáticas que permiten su operación bajo los ambientes más severos. Sin embargo, en la práctica, se pueden presentar fenómenos naturales que dificultan la correcta operación de estos equipos, por lo cual se hace necesario conocer más profundamente la naturaleza de la tecnología utilizada, para encontrar soluciones a las dificultades técnicas que se pueden presentar.

Como ya se mencionó, el sector de las telecomunicaciones provee de actividad económica y de fuentes de trabajo para mucho personal, tanto calificado como no calificado. El personal calificado, generalmente con título de tercer nivel en ingeniería electrónica, halla actividad en el diseño y planificación de las redes de telecomunicaciones, en la dirección y puesta en marcha de los proyectos de telecomunicaciones, en el estudio y solución de problemas de interconexión que se presenten, en el control y mantenimiento de la red y, en el área de las ventas técnicas.

Por otra parte tenemos el personal no calificado que encuentra actividad dentro de las telecomunicaciones en labores de instalación y mantenimiento de los equipos, que llega al mundo de las telecomunicaciones casi por casualidad y que va aprendiendo sobre la marcha, como suele ocurrir en otros oficios. Por ejemplo podemos encontrar obreros técnicos, instalando cables coaxiales y guías de onda, antenas en torres, equipos electrónicos al interior de la salas de comunicaciones, colaborando con ingenieros en actividades de rastreo y medición de señales.

Sobre todo la instalación de guías de onda y antenas en torres, es un trabajo de precisión y exigente físicamente ya que este personal debe trabajar a la intemperie, en sitios remotos de difícil acceso, con el riesgo que implica el trabajo en altura. Este personal debe trasladarse dentro de un país a zonas remotas, ya sean montañas o selvas, donde estén ubicados los sitios de telecomunicaciones, y donde muchas veces hay que tomar decisiones sobre la marcha porque en el lugar no hay más expertos que ellos mismos.

La capacitación es importante desde todo punto de vista. Para el personal, porque con más conocimientos vendrán mejores criterios al momento de realizar las instalaciones y resolver los problemas técnicos que se puedan presentar. Para el empresario porque sus proyectos quedarán bien implementados, su trabajo será reconocido e incrementará sus negocios. Para el usuario final, porque podrá contar con conectividad permanente, es decir estará siempre comunicado con sus familiares, amigos y socios, a través de sistemas bien instalados y confiables.

La empresa SIAE (Sociedad Italiana de Aparatos Electrónicos) a través de su sucursal en el Ecuador (<https://www.siaemic.com/index.php/worldwide/latam/ecuador>), provee soluciones de transmisión a varias empresas de servicio telefónico tanto fijo como celular y, en ese aspecto, es una importante fuente de trabajo para la mano de obra ecuatoriana, no solo a nivel nacional sino también a nivel regional ya que personal local se ha trasladado a colaborar en proyectos de SIAE-Colombia y SIAE-Perú.

En base a las consideraciones económicas, técnicas y sociales realizadas, se plantea la realización de un programa de capacitación en microondas, principalmente dedicado a la

inclusión de los trabajadores y técnicos que aprenden las telecomunicaciones como un oficio, ya que posiblemente no tuvieron la oportunidad de realizar estudios universitarios sobre la materia.

Un programa de capacitación en radiocomunicaciones, específicamente en microondas, dará un conocimiento general en la materia, de modo que pueda servir a los trabajadores y personal técnico en cualquier proyecto que enfrenten dentro o fuera del país, sin importar la marca o procedencia del equipo, pues los principios naturales y los conceptos fundamentales son los mismos y son permanentes en el tiempo.

Con este objetivo definido, promover la inclusión de los trabajadores de las telecomunicaciones al conocimiento de la ciencia y de la tecnología que rodea esta profesión, la preparación de un programa de capacitación en microondas parte del hecho de que se trata de un contenido de carácter científico-tecnológico, por este motivo se prevé un enfoque constructivista en el que tengan prioridad técnicas como el aprendizaje mediante la acción, es decir aprender haciendo, el aula laboratorio, el aprendizaje participativo y el aprendizaje basado en problemas. Se deberá, en primer lugar, realizar un diagnóstico de la situación en que se hallan los trabajadores en relación a conocimientos previos necesarios para el correcto abordaje de la tecnología de microondas.

Entre los conocimientos identificados como necesarios, están algunos conocimientos de matemáticas, geometría, electricidad, magnetismo, geográficos, unidades de medición generales y propias de esta tecnología como los decibelios. Debemos también identificar aspectos como la motivación que le anima al personal a realizar y poner empeño en el curso. Posteriormente se desarrollarán los temas fundamentales de la tecnología de las

ondas de radio, partiendo de la interacción entre los campos eléctrico y el magnético, la generación de ondas radioeléctricas, la importancia de las secciones cónicas en temas de propagación de ondas de radio, las zonas de Fresnel, la modulación, la amplificación y en fin, la revisión de conceptos fundamentales. También es necesario conocer cómo visualiza una persona común este tipo de fenómenos naturales, a fin de orientarle y ayudarlo a entenderlos mejor con medios didácticos a desarrollar como parte de la propuesta.

Ya que se prevé la construcción de material didáctico, hay que tener en cuenta que la elaboración de maquetas y modelos, es una actividad que puede demandar recursos económicos, por ello se seleccionará solamente lo indispensable a efectos de crear una visualización básica pero sólida de los fenómenos relevantes al objetivo principal de esta capacitación. Las maquetas nos darán la parte concreta del aprendizaje para posteriormente abordar cuestiones abstractas, de esta manera habremos seguido un rumbo que va de lo concreto, a lo semi concreto y de allí a lo abstracto, de manera similar a como se lo hace en la enseñanza de las matemáticas.

1.3.-OBJETIVO GENERAL.

Diseñar, aplicando las ciencias de la educación a la educación en ciencia y tecnología, un programa de capacitación en microondas para los trabajadores de la empresa SIAE que brindarán sus servicios durante el periodo 2017-2018.

1.4.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Fundamentar teóricamente el diseño de un programa de capacitación en comunicación por microondas dirigido al personal instalador que trabaja para la empresa SIAE.
- Diagnosticar el nivel de conocimientos básicos del personal necesarios en el ambiente técnico de las telecomunicaciones.
- Diagnosticar el nivel de conocimientos actual del personal en el área de la tecnología de comunicación por microondas.
- Diagnosticar el grado de interés que tiene el personal en una capacitación en tecnología de microondas y en el uso de las ondas de radio para telecomunicaciones.
- Elaborar material preparatorio para lograr una nivelación entre los trabajadores previa al curso de capacitación en microondas.
- Diseñar curricularmente un programa de capacitación en microondas, estableciendo el contenido con su adecuada secuencia, amplitud, profundidad y duración.
- Construir material didáctico que facilite la asimilación de ciertos conceptos, usando elementos fáciles de adquirir y de bajo costo.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1.-ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

La enseñanza de las tecnologías de las radiocomunicaciones en general y de las microondas en particular, se relaciona directamente con la enseñanza de las ciencias experimentales. Hay detrás de estas ciencias una vasta cantidad de conceptos y de herramientas matemáticas, de los cuales deberemos identificar solo los necesarios para poder introducir pedagógicamente en este amplio campo de la ciencia a los trabajadores de las telecomunicaciones.

Y es que hay que tomar en cuenta que la humanidad ha recorrido un largo camino hasta llegar al estado del arte actual de las ciencias y de las tecnologías de telecomunicaciones, por ello debemos empezar repasando el origen de estas ciencias, enmarcando y especificando el área de conocimiento que será abordada en este trabajo. Pero, ¿dónde está este conocimiento y a quién le pertenece?

Una mirada a la historia de las ciencias, en particular a la historia de la electricidad y el magnetismo nos pueden ayudar a contestar esta pregunta inicial y provocadora. En palabras del gran científico Albert Einstein “la ciencia no es más que una creación libre del espíritu humano, que comparada con la realidad es pequeña e infantil, pero a pesar de ello, es lo más valioso que tenemos...”. (Einstein & Infeld, 1986).

Para corroborar las palabras de Einstein demos una mirada a los sistemas de unidades de medida y al sistema de numeración que usamos. Actualmente en el mundo predominan los sistemas Internacional (SI) y el sistema inglés (también conocido como Imperial). Mientras el uno mide longitudes en metros, el otro mide en pies; mientras el uno mide en kilogramos, el otro mide en libras. Es decir la forma de observar el mundo es distinta, pero la realidad es única y la ciencia humana debe arrojar siempre resultados coherentes.

De la misma manera, nuestro actual sistema de numeración tiene diez símbolos básicos (base 10), es decir los números del 0 al 9. Y de allí se repiten los mismos tanto hacia números infinitamente grandes como hacia números infinitamente pequeños. ¿Pero por qué 10 números? La respuesta la encontramos en la naturaleza de nuestras manos: ¡porque tenemos diez dedos! Por eso es que a los números se los conoce también con el nombre de dígitos. Si nuestra naturaleza hubiera determinado que tengamos solo 8 dedos, 4 en cada mano, nuestro sistema de numeración posiblemente sería base 8, es decir “octal”. Los símbolos serían 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. En ese caso la numeración sería como sigue a continuación:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, ...

Y no sería raro que si un hombre tiene 6 ovejas y alguien le regala 6 ovejas más, tendríamos que decir que ese hombre ahora tiene 14 ovejas (se leería uno-cuatro, no catorce) o sea doce en base decimal.

De la misma manera si hubiésemos nacido con 8 dedos en cada mano, nuestro sistema de conteo sería base 16, y sus símbolos podrían ser 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F. En este caso el hombre tendría “C” ovejas. (C equivale a doce en base 10)

Observemos también, y esto es muy importante en telecomunicaciones, que si solo tuviéramos dos dedos, uno en cada mano, tendríamos solo dos símbolos 0 y 1 y el conteo se haría en base a ellos como se indica a continuación:

0, 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110,...

El último de los cuales representa 14 en la base decimal que conocemos, y el pastor tendría 1100 ovejas (uno uno cero cero ovejas), es decir doce en base diez.

Tabla 1. Diferentes Sistemas de Numeración.

Decimal (diez dedos)	Binario (dos dedos)	Octal (8 dedos)	Hexadecimal (16 dedos)
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A

11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10

Elaborado por: Paco Ortiz.

Con los ejemplos de unidades de medición y de sistemas de numeración, de forma concreta podemos comprender lo que el gran Einstein nos ha dicho, que nuestra ciencia es “solo” una creación libre del espíritu humano que intenta interpretar una única realidad, el mundo físico en el que vivimos, que estaba aquí desde siempre, mucho antes que el ser humano apareciese. Pero esa creación libre debe responder a esa realidad. Por ejemplo, si repetimos un experimento en las mismas condiciones siempre, siempre deberemos obtener los mismos resultados.

Si una teoría no se ajusta a los resultados de la realidad, es la teoría la que debe cambiar o mejorarse, así de simple, en ciencia también puede haber muchos criterios, subjetivos algunos de ellos, pero al final, el que se ajuste a la realidad es el que prevalecerá y descartará o complementará a los demás. En ciencia tampoco hay lugar para las pseudo ciencias (astrología, lectura de cartas, etc.) porque no pasarían las pruebas experimentales propias del método científico.

En este marco conceptual de referencia, nos proponemos realizar una capacitación en microondas, para lo cual empezaremos por nombrar algunos antecedentes históricos, en el mundo en general y en el Ecuador en particular.

Fue el italiano Guillermo Marconi (Ingeniero, universidad de Bologna – Italia) alrededor del año 1895, uno de los primeros científicos en experimentar la comunicación por medio de las ondas “hertzianas”. Inicialmente ni siquiera se sabía que estos disturbios tenían naturaleza ondulatoria, y se los llamó “hertzianos” debido a que años antes, en el 1888, un científico alemán llamado Heinrich Hertz (físico, universidad de Berlín) descubrió que una chispa eléctrica producía un disturbio que se propaga por el “éter” de modo que es capaz de reproducir otra chispa eléctrica más pequeña a unos metros de distancia.

Sin embargo, la audacia intelectual de Marconi (pocos años antes, en 1850, todavía la agencia Reuters hacía uso de palomas mensajeras) (SIEMENS AG, 1997, pág. 8), fue la de concebir la utilización del descubrimiento de Hertz para transmitir ya no una pequeña chispa, sino un mensaje, telegráfico primero y telefónico después. Y lo consiguió, puesto que en 1901 logró enviar una frase simple entre Inglaterra y Norteamérica mediante las “ondas hertzianas” que se propagan por el “éter”. Previamente varios científicos trabajaron por separado experimentando con los fenómenos asociados a la recién descubierta “electricidad” y los efectos magnéticos que ésta produce.

Algunos teóricos y brillantes matemáticos, se dieron modos de hacer cálculos y mediciones de los “campos eléctrico y magnético” que habían sido descubiertos por los experimentadores, es así como el científico inglés James Maxwell (matemático, universidad de Cambridge, Inglaterra) logró componer, cual sinfonía, una sola teoría

acerca de la electricidad y el magnetismo (Maxwell, 1876), en un brillante desarrollo matemático conocido actualmente como las leyes de “Maxwell”, el cual llega incluso a predecir y explicar la radiación electromagnética como una onda de energía que se propaga a la misma velocidad que la luz! No es coincidencia puesto que la luz es una onda electromagnética también como después se evidenció.

Antes de Marconi, alrededor de 1846, ya existía la comunicación telegráfica de mensajes en código “Morse” que usaba pulsos eléctricos a través de alambres de cobre, para enviar y recibir mensajes de texto, esto se conoció con el nombre de telégrafo alámbrico (SIEMENS AG, 1997). Al observar las inmensas posibilidades de comunicación que ofrecía la telegrafía inalámbrica de Marconi, muchos financistas le ofrecieron invertir y desarrollar su proyecto. Para 1912 ya habían instalados en los barcos más modernos de ese entonces telégrafos inalámbricos. Por ello es que el famoso Titanic, antes de hundirse lanza un llamado de auxilio el “éter”, el mensaje radio telegráfico con las letras S.O.S, “save our souls” (salven nuestras almas).

El famoso “éter” al que hemos nombrado ya varias veces, resultó ser una “creación libre del espíritu humano”, pero pasajera, ya que posteriormente los científicos determinaron que no existe, ya que las ondas electromagnéticas no necesitan un medio físico para propagarse (como las ondas de sonido que necesitan el aire), si no que su naturaleza les permite viajar en el vacío.

El telégrafo inalámbrico permitía enviar mensajes en forma de código (el más simple de los códigos sería un pulso eléctrico es si, dos pulsos eléctricos es no). Pero en Estados Unidos, el experimentador Graham Bell en 1876 ya había logrado enviar mensajes de voz

directamente por los hilos de cobre, gracias a inventos previos como el micrófono (que convierte por semejanza, los sonidos en señales de electricidad) y el parlante (que hace lo contrario, convierte las señales eléctricas en sonidos audibles), ambos conformaron el “teléfono” ideado por Bell y cuyo nombre significa “sonido a distancia”. De allí en adelante muchos investigadores apoyados por financistas, lograron que las señales de audio puedan ser enviadas directamente por las ondas hertzianas en lo que se conoció como radio teléfono.

Casi de la mano se propuso que la señal hertziana que ahora era capaz de portar la voz humana, sea transmitida al público en general. Paralelamente, el trabajo de investigadores como el norteamericano Lee De Forest (Dr. en Física, universidad de Yale) que inventó los amplificadores de tubo como el “audiófono” y el “triodo” en el año 1907, posibilitaron el desarrollo de la radio difusión comercial y el establecimiento de las primeras empresas “radiodifusoras” en la ciudad de Detroit – EE:UU en 1920, mediante la conocida técnica de la “modulación en amplitud” que actualmente subsiste y se niega a desaparecer, la radio AM, aunque algunos receptores de radio para vehículo ya no la traen disponible.

En el prólogo de su libro titulado “A Treatise on Electricity and Magnetism” (Maxwell, 1876) el gran científico James Clerck Maxwell comienza por evocar que la palabra electricidad proviene del vocablo griego “elektro” con el que se designaba al ámbar y al hecho de que esta sustancia frotada con un paño o piel de gato, podía atraer pequeños trozos de madera, una de las primeras manifestaciones de la electricidad estática. Y que la palabra magnetismo proviene de otra sustancia que era capaz de atraer metales y que existía en la región griega llamada Tesalia-Magnetia. Maxwell hace referencia a que su tratado está basado en fenómenos que ya la humanidad conocía desde hace cientos de años.

También al célebre físico Isaac Newton se le atribuye la frase “si he podido ver más lejos es porque me he parado sobre los hombros de gigantes” igualmente denotando que sus descubrimientos se han basado en anteriores trabajos de los científicos que lo precedieron en la vida. En palabras de Albert Einstein “Maxwell realizó un trabajo de unificación de la física, comparable al que realizó Newton casi dos siglos antes” (Einstein & Infeld, 1986).

Por ello, la historia de la ciencia nos muestra cómo el conocimiento actual se ha ido formando como un andamio o tinglado que se basa en trabajos anteriores y crece siempre sobre esa base. Por ello también, podemos afirmar que el conocimiento le pertenece a la humanidad entera y está en las obras publicadas por aquellos pensadores desde la antigüedad hasta nuestros días (ya sea en libros impresos o en internet en formatos digitales “pdf”). Pero el conocimiento se queda en esos libros si no fuera porque incansables estudiantes de todas las épocas los abren y los leen una y otra vez, apropiándose de ese conocimiento, recreándolo y redescubriéndolo cada vez.

En el Ecuador, el 9 de julio de 1884 se realiza la primera comunicación telegráfica alámbrica entre Quito y Guayaquil. A fines de ese año, mediante conexión con el cable submarino, queda también establecida la comunicación con los EE.UU. Para 1887 casi todo el país contaba con servicio telegráfico. En 1920 se inaugura la conexión Quito-Guayaquil a través del telégrafo inalámbrico. En ese mismo año se gradúa la primera promoción de telegrafistas del Ecuador. En 1925 empiezan las emisiones de la primera radio difusora del Ecuador, Radio El Prado, desde la ciudad de Riobamba, en la frecuencia de 5 MHz, con un transmisor de 25 vatios.

Posteriormente aparecen Radio París en Guayaquil en 1927, La Voz de los Andes en Quito 1931, en Cuenca en 1938; en 1940 aparece Radio Quito. Por estos años, específicamente en 1941 se expide un decreto ejecutivo con el primer reglamento de instalaciones radioeléctricas del Ecuador. Radio Nacional Espejo emite desde Ambato en 1949. En 1959 emite la primera televisora en blanco y negro, en Quito en el canal #4. En Guayaquil en 1960 se inaugura la compañía ecuatoriana de televisión. En la década del 60 aparece canal 2 en Guayaquil y canal 8 en Quito. En 1975 se publica la ley de radiodifusión y televisión, con el objeto de regular las frecuencias de emisión y por lo tanto el espectro electromagnético (Usbeck, 2004).

En 1959 se instala una red de enlaces de radio para comunicación telefónica entre Quito y Guayaquil, en la banda de VHF en 148 MHz, con una capacidad de 48 llamadas simultáneas. En 1966, tres enlaces en la banda de 6 GHz. En 1971 entra en funcionamiento la estación terrena de Guangopolo, permitiendo la conexión del Ecuador con el mundo, vía satélite, con su antena parabólica de 30 metros de diámetro, 300 toneladas de peso y 64 dB de ganancia. En la década de los 80 ingresan los primeros equipos PDH con tecnología digital a sustituir el sistema analógico con tecnología FDM (frequency division multiplexing) (Usbeck, 2004).

En 1995 se realiza la comercialización del servicio de telefonía celular 1G analógico, que contaba con solo tres radio bases operando en la banda de los 850 MHz: una en Quito, una en Guayaquil y una en Cuenca. En la actualidad son miles de radio bases de tres operadoras que emiten sus servicios 2G (GSM), 3G (HSPA) y 4G (LTE) en las bandas de 850, 1900 y 2100 MHz.

En el año de 1993 se instaló en nuestro país un sistema de telecomunicaciones por microondas digitales de fabricación italiana (Italia es un país, como podemos ver, que tiene una larga tradición en el campo de la radio). Era parte de un proyecto de modernización de las telecomunicaciones que hasta finales de la década de los 80 utilizaba tecnología analógica FDM. Allí comenzó la carrera profesional de muchos ingenieros, los que después colaboraron con los nacientes sistemas de telefonía celular, que ha permitido conocer de cerca la evolución de esta fase de la tecnología de telecomunicaciones. En ese entonces alguien preguntó, cuanto tiempo tomaría en el Ecuador fabricar equipos similares a los nuevecitos que habían arribado recientemente desde Italia, la respuesta de los ingenieros fue que dentro de unos ¡100 o 200 años!

Efectivamente los técnicos de nuestro país carecíamos de los conocimientos y de los medios necesarios para tales fabricaciones. ¿24 años después qué podríamos responder? ¡Lamentablemente la brecha ha aumentado! Pero ¿cómo es posible si vivimos en la sociedad del conocimiento y tenemos la autopista de la información?

Las razones son en gran parte, de índole económica. No es necesario que fabriquemos algo, otros lo harán por nosotros y a precios bajos. Entonces ¿para qué nos sirve el conocimiento? De poco si no lo podemos poner en práctica o no lo compartimos a los demás. Si no lo compartimos se apaga junto con la persona que no lo comparte y finalmente no sirve para mejorar la sociedad y las condiciones de vida de la gente.

Como hemos podido observar en los párrafos anteriores, el estado del arte actual de las telecomunicaciones (teléfonos móviles, internet de banda ancha) no sería posible sin haber tenido el conocimiento profundo de la naturaleza de las ondas electromagnéticas. Pero hay

que anotar que dicho conocimiento no habría sido suficiente si paralelamente no se hubiera desarrollado la electrónica y particularmente la electrónica digital. La electrónica nos permite manipular las ondas electromagnéticas para lograr que transmitan la información deseada.

Se suele hacer una distinción entre electricidad y electrónica. En el primer caso es una fuente natural de energía originada por el flujo de electrones en los conductores eléctricos, generalmente de cobre, fenómeno con el cual se construyeron los primeros “dínamos” rotativos generadores de electricidad, que permitieron la iluminación comercial y el desplazamiento de las lámparas de aceite o las malolientes lámparas de gas de los hogares de Europa recién hacia 1882 (SIEMENS AG, 1997).

En tanto que la electrónica tiene que ver con la electricidad pero a niveles bajos de energía, como señales ya sean de información o de control. Por ejemplo electricidad es la energía con que funcionan las luces y los electrodomésticos de un hogar. Mientras que electrónica es el uso de las señales eléctricas en la reproducción de canciones MP3 o la información guardada en la computadora del hogar. A nivel tecnológico la electricidad deviene en electrónica a raíz del descubrimiento de los tubos de vacío que fueron utilizados para amplificar las débiles señales de radio en la década de 1920.

Luego se desarrolla el transistor, con lo cual se desarrollan los amplificadores de “estado sólido” (ya no el tubo de vacío que era de vidrio). En un tubo de vacío, similar a los focos incandescentes, se logra que un débil voltaje como el captado por la antena receptora, aumente su magnitud, es decir resulte “amplificado”. El factor de amplificación es lo que se denomina “ganancia”. Es decir si a la salida del tubo de vacío, el voltaje sale

amplificado 10 veces, se dice que su ganancia es 10. Si en este caso, a la entrada tenemos 0,5 voltios a la salida tendremos 5 voltios. Así de simple, y no importa si el amplificador ha sido construido con un transistor de estado sólido o con un tubo de vacío, el caso es que tiene ganancia de 10.

Sin embargo hay que notar que la señal de salida es copia fiel de lo que hay a la señal de entrada solo que con mayor amplitud de voltaje (análoga, es decir semejante). Y no ha habido entre la entrada y la salida ninguna otra manipulación que el de aumentar el nivel de la señal. Esto es lo que se conoce como electrónica analógica.

Las tecnologías analógicas (con electrónica o sin ella) en general son las que usan directamente las propiedades naturales de cualquier magnitud física, para conseguir el fin deseado. Los niños que hablan a través de dos vasos plásticos interconectados por un hilo, están realizando una comunicación de tipo analógica, ya que la vibración del hilo es **semejante** al sonido de sus vocecillas.

Por otra parte tenemos las tecnologías digitales y particularmente la electrónica digital. Tanto la una como la otra suponen la transformación de una magnitud natural (por ejemplo el sonido, la temperatura, la luz, etc.) en una secuencia de impulsos lógicos. Al hablar de impulsos lógicos, se hace necesario hablar de la codificación lógica. Como es bien sabido, cualquier señal se puede codificar. El ejemplo más sencillo es ponerse de acuerdo y decir que un golpe significa “sí” y dos golpes significan “no”. O que el foco prendido significa “sí” y el foco apagado significa “no”. Tenemos dos estados de iluminación asociados a un mensaje mínimo “sí” o “no”.

Como parte del programa de capacitación en microondas tendremos la oportunidad de profundizar en este tema tan importante. Por el momento definamos la electrónica digital como aquella que trabaja con señales cuya información o magnitud ha sido convertida previamente en impulsos eléctricos que responden a una cierta codificación, es decir a un código lógico que nos permitirá reconstruirla en otro sitio en cualquier momento. En la electrónica digital tiene mucha importancia el invento del transistor, el cual aparte de poder amplificar, tiene la particularidad de poder ponerse en dos estados de voltaje, como un interruptor en miniatura que puede estar abierto o cerrado, “on” u “off”.

Es frecuente en la actualidad oír hablar del mundo digital más que del mundo analógico. Pero hay que recalcar que el mundo digital es producto de la tecnología y está basado en la codificación y decodificación electrónica de los fenómenos naturales (analógicos) del mundo.

Como se puede observar, el contenido del “programa de capacitación en microondas” tiene sus complejidades, para poder ser enseñado de forma eficaz será necesario estructurarlo y secuenciarlo, recurriendo a las técnicas pedagógicas y didácticas más adecuadas, y basándonos en los siguientes principios generales enunciados por las ciencias de la educación:

a.- La educación es un acto social, entre seres humanos, dependiente del entorno. Por lo tanto se deberán recalcar procedimientos y comportamientos adecuados.

b.- El conocimiento se construye como un tinglado o andamio sobre los conocimientos precedentes. Es la base del constructivismo. (Aubert, Flecha, García, Flecha, & Racionero, 2013)

c.- El conocimiento no se encuentra en el profesor o en el instructor. El conocimiento le pertenece a la humanidad y se encuentra fundamentalmente en los libros y publicaciones ya sean impresos o en formato digital “pdf”.

d.- El conocimiento es una fortaleza en la carrera profesional de una persona y en su existencia misma.

A lo largo de todo el proceso educativo de una persona se va preparando el tinglado del conocimiento, pero este proceso depende mucho del entorno en el cual se desarrolla. No es solo cuestión de inteligencia, alguien muy inteligente puede aprender rápido y absorber lo que el entorno le proporciona, pero si el entorno es insuficiente, no le permitirá desarrollarse plenamente. Los docentes y las instituciones educativas son parte de ese entorno (Aubert et al., 2013).

Por lo tanto deberemos crear las condiciones más adecuada para la realización de un buen curso, haciendo demostraciones prácticas, resaltando los vínculos de los contenidos con la realidad que vivimos, en un buen ambiente, bien iluminado y ventilado, con los recursos tecnológico suficientes y creando un ambiente amistoso; procurando un entorno saludable, de confianza y estimulante.

Así como el conocimiento se construye en un individuo, también se construye en una sociedad, como un tinglado, pero la sociedad históricamente hablando. Posteriormente se realiza una remembranza de la educación técnica en nuestro país, a través de la historia de la fundación de la Escuela Politécnica Nacional. Los libros, las tesis, los artículos que escriben los individuos conforman el tinglado de conocimientos de su sociedad y son una forma de trascender.

Las propuestas mencionadas se basan también en lecturas de obras entre las que podemos citar las siguientes:

1.- Carlos Usbeck en su libro “El Ecuador y las Telecomunicaciones, una Historia Compartida”, nos señala el camino recorrido desde que el 9 de julio de 1876 se diera la primera transmisión telegráfica entre Quito y Guayaquil (Usbeck, 2012, pág. 45). Desde entonces muchos proyectos de telecomunicaciones se han instalado y los técnicos ecuatorianos hemos tenido la oportunidad no solo de trabajar sino también de aprender las tecnologías en uso en ese momento y aún más, con el paso de los años, observar cómo ha ido evolucionando. Hemos aprendido también la importancia que tiene para nuestro país la formación en ciencia y tecnología, para el desarrollo.

2.-Ares Roberto, en su libro “Manual de las Telecomunicaciones” (Ares, 1997) nos guía paso a paso por lo que hasta se momento eran consideradas las mejores tecnologías de comunicaciones desde la transmisión PDH (plesiochronous digilat hierarchy) hasta la transmisión SDH (synchronous digital hierarchy). El autor de este libro estuvo varias veces en Ecuador para impartir cursos de capacitación en telecomunicaciones en los cuales pudimos observar no solamente sus grandes dotes como capacitador y su dominio de los temas sino sus grandes cualidades como ser humano que lo hicieron merecedor a la amistad y aprecio de sus estudiantes.

Hoy en día los conocimientos que este libro contienen se refieren a tecnologías ya pasadas pero todavía se pueden apreciar y rescatar el estilo claro y ameno que lo caracterizó y la forma didáctica como se explicaron los temas. Es asombroso también que este importante ingeniero divulgador tecnológico sea también un reconocido ornitólogo de su país

Argentina, lo cual demuestra que una persona puede tener apasionamiento tanto por la tecnología como por la biología.

3.- La empresa Siae dispone de material de entrenamiento, en su publicación “Planning Criteria for Digital Radio Relay Networks” (SIAE Microelettronica S.p.A, 2015), nos lleva por una serie de actividades que permiten al personal fundamentar ideas y conceptos relativos al trabajo con equipos de microonda.

4.- La ya desaparecida empresa “Siemens Telecomunicazioni” (Milán –Italia) publicó en el año 2002 material didáctico en formato “power point” para la enseñanza de los conceptos más básicos de la comunicación por microondas (Siemens Telecomunicazioni, 2001). Ese material es todavía muy útil para ejemplificar conceptos generales. Es notorio que las empresas al ser obras hechas por seres humanos, muchas veces siguen un ritmo de vida similar. Nacen, crecen y mueren.

Pero es notorio también que los conocimientos profundos y las técnicas desarrolladas por estas empresas no se pierden ya que sus ex empleados pasan a formar parte de la nómina de nuevas empresas que están en camino ascendente hacia nuevos retos y éxitos. También con la compra y venta de patentes, los secretos tecnológicos no desaparecen y más bien pasan a formar parte de equipos sucesores, quizás, con una nueva marca.

5.- Es muy honroso nombrar en este trabajo al libro escrito en el ya lejano año de 1938 por Albert Einstein y Leopold Infeld “La Evolución de la Física” (Einstein & Infeld, 1986), libro recomendado para todo estudiante de ciencias y de ingenierías, porque a pesar de haber sido escrito hace muchos años sigue siendo útil ya que a través de sus páginas nos

muestra con elegancia, en lenguaje claro y ameno que el conocimiento se ha ido construyendo a lo largo de centurias y que es accesible a todo aquel que tenga interés de conocer la evolución de esta ciencia tan importante.

Los expertos en lectura crítica recomiendan enterarse acerca de quien escribe y del contexto en que escribe como una manera de contrastar la información obtenida. Pues bien, este libro es de coautoría del famoso científico Albert Einstein (con ayuda de su colega polaco Leopold Infeld), unos pocos años después de haber publicado su famosa “Teoría de la Relatividad” y de haber ganado el premio Nobel de 1921 por su descubrimiento del efecto fotoeléctrico. En este libro los autores explican al lector, en forma didáctica y cualitativa, los fundamentos del campo eléctrico, magnético y del electromagnetismo.

6.- Pejcinovic, B., & Campbell, R. L. (2013, October). Active learning, hardware projects and reverse instruction in microwave/RF education. In Radar Conference (EuRAD), 2013 European (pp. 259-262). IEEE.

Se dan una serie de elementos en los cuáles la afirmación central es acerca de la importancia de que los estudiantes aprendan los conceptos de microondas mediante la realización de experimentos de laboratorio y posteriormente presentaciones grupales. (Pejcinovic, B & Campbell, R. L., 2013). Recalca la importancia de aprender por medio de la prueba-error y la absoluta libertad de reconocer y corregir conceptos mal aprendidos.

7.- Bajwa, H., & Mulcahy-Ernt, P. (2012, March). Redesigning teaching approaches for undergraduate engineering classrooms. In Integrated STEM Education Conference (ISEC), 2012 IEEE 2nd (pp. 1-4). IEEE.

Destaca la importancia del aprendizaje de las ramas de ingeniería, utilizando métodos pedagógicos que promuevan la actividad, entre ellos el método de aprendizaje basado en la resolución de problemas en el cual se le presenta al estudiante un problema práctico real y se lo reta a resolverlo. Para ello, el estudiante, debe en primer término realizar una formulación del problema, hacer uso del conocimiento teórico precedente, debe colaborar con otros estudiantes y finalmente llevar a la práctica la solución encontrada. (Bajwa & Mulcahy, 2012) Por su parte el profesor deberá actuar como un facilitador, que provee en caso necesario el andamiaje, las fuentes y herramientas y la experticia necesaria. En suma, se realiza una aproximación pedagógica basada en la experimentación.

8.- Miranda, J. M., Sebastián, J. L., Sierra, M., & Margineda, J. (2002). Ingeniería de microondas. Técnicas experimentales. Madrid, Prentice Hall.

La base teórica de la tecnología en microondas es sumamente compleja. El estudio de las leyes que rigen el comportamiento de los campos eléctrico y magnético comprende una base matemática importante, donde se destaca el cálculo infinitesimal. Sin embargo los conceptos básicos son accesibles al público general ejemplificados con aparatos simples como son las bobinas y los condensadores. En este libro se encuentra la base teórica del funcionamiento de los equipos de microonda, para quien desee profundizar el tema científico. (Miranda, Sierra, & Margineda, 2002)

9.-Freire, P. (2014). *Pedagogía de la Esperanza*. Siglo XXI editores, Buenos Aires.

Concibe la educación como una herramienta útil para la transformación social, es también lo que se busca en este trabajo de tesis, mejorar el nivel de conocimientos del personal a fin de que mejoren sus oportunidades laborales. (Freire, 2014)

10.-Viedma, J. (2005). *Introducción al Cálculo Infinitesimal*. Editorial Norma, Cali.

Es muy interesante el enfoque que el autor le da a la enseñanza del cálculo. Concordamos completamente cuando afirma que “los problemas fueron antes que los métodos” y que “el martillar fue antes que el martillo” (Viedma, 2005, pág.11), en referencia al enfoque poco o nada práctico que se le da a la enseñanza de esta importante herramienta matemática. “No es fácil moverse dentro de ideas abstractas sin entrever por lo menos de donde fueron abstraídas”. “El desarrollo lógico del tema requiere dar definiciones abstractas y después ir demostrando las relaciones importantes entre los conceptos definidos...impecable desde el punto de vista lógico, pero inaccesible a los principiantes...” (Viedma, 2005).

El maestro se ha lucido, y ha demostrado a todos cuanto sabe (sobre todo a sí mismo), pero ha sido incapaz de facilitar a los principiantes el acceso a ese vasto mundo del cálculo infinitesimal, desde ya a muchos les ha creado una barrera emocional y psicológica que perjudicará su posterior desarrollo y uso de los conceptos revisados y no aprendidos. Tiene que haber una conexión a la razón de ser que motivó el desarrollo del cálculo infinitesimal como herramienta fundamental para el conocimiento de la física.

11.- Bilbao G., Fuertes J., Guibert J., (2006). *Ética para Ingenieros*. Universidad de Deusto. Bilbao.

Todas las profesiones deben regirse por unos principios y unas normas morales. En el caso de los ingenieros, distanciándose de ciertos espíritus de cuerpo, el ejercicio de su profesión debe tener en cuenta su responsabilidad dentro de un marco social, buscando un horizonte de justicia, y la búsqueda de una sociedad equitativa.

“Se ha considerado a la Ingeniería como la especialidad que une, por un lado, el poseer conocimientos del mundo físico y su naturaleza y, por otro, la capacidad de construir artefactos y utensilios. Se trata de la unión de dos formas de conocimiento. Uno, más teórico relacionado con lo que la ciencia aporta, especialmente las matemáticas y la física, y otro más práctico, relacionado con la capacidad de manipular el mundo físico” (Bilbao, Fuertes, & Guibert, 2006). “Así, los ingenieros de telecomunicaciones deberán conocer la teoría de los campos y ondas electromagnéticos...” (Bilbao et al., 2006, pág.38).

12.-Carrera P., Luque E., (2016). *Nos Quieren más Tontos*. Ed. El Viejo Topo, Barcelona.

Contiene reflexiones sobre el papel de la educación en la economía de mercado. Ya no importa el saber, lo que importa es el “saber buscar”, el “copia y pega” de la internet. Ya no importa el “saber”, basta con el “saber hacer”. Las personas entrenadas, no educadas.

“La nueva escuela se concibe como una institución dispensadora de servicios donde los clientes los compran en función de su capacidad económica. Para conseguir esa nueva escuela, la falta de reconocimiento social del profesorado, que ya no ostenta la

exclusividad en la transmisión del saber, es una de las claves. Al mismo tiempo es necesario desacreditar aquello que se relacione con el saber y el conocimiento. Se impone una visión lúdica y banal de la realidad. Por ello, Vicente Romano habla de la infantilización social” (Carrera & Luque, 2016, pág.27).

“...los sistemas de educación y formación contribuirán a la competitividad europea, siempre que se adapten a las características de la empresa del año 2000...La EU ha declarado que Europa y su economía deben convertirse en la economía del conocimiento más competitiva y dinámica del mundo, capaz de un crecimiento económico duradero...En esta línea, se han realizado múltiples encuentros ministeriales que pretenden normalizar el Espacio Europeo de Educación Superior como fue la conferencia interministerial de los signatarios de la Declaración de Bolonia el 14 y 15 de mayo del 2015...”(Carrera Pilar & Eduardo Luque, 2016, pag.31).

Con respecto a la implantación de las TIC (tecnologías de información y comunicación), los autores señalan que no es la “herramienta definitiva” para lograr el éxito escolar, sino solamente un instrumento más, que usado en forma conveniente, coadyuva para lograr el aprendizaje en los estudiantes. Cita el caso de los estudiantes de EE.UU “donde una generación y media ha hecho su recorrido de manos de las nuevas tecnologías pero que presentan unos niveles bajísimos de éxito escolar, como demuestran los informes Pisa” (Carrera & Luque, 2016, pág.37).

Analicemos por ejemplo el calificativo de “analfabeto digital” con que muchas veces se tilda a personas que desconocen las últimas tecnologías de información. Hace poco lo llamaron de esta manera a un ingeniero eléctrico jubilado del ex INECEL (instituto

ecuatoriano de electrificación), que había trabajado 40 años en la central hidroeléctrica de Paute desde su construcción. Toda una eminencia en electromagnetismo y actualmente escritor de poemas sobre la ancianidad y la enfermedad. Eso demuestra cómo esa frase descalifica injustamente a una persona solo por no conocer las tecnologías de moda y eso podría ser sesgado. Además una persona “alfabeta digital” debería conocer el álgebra de Boole, el sistema binario, la lógica digital y diseño de computadores, el proceso de conversión analógico/digital, etc. De lo contrario solo conoce la corteza, las aplicaciones de alto nivel, el producto final, como un consumidor de tecnología.

“Evidentemente, para saber hacer funcionar un ordenador, manejar un vídeo o el último trasto electrónico, para limpiar o vender, para manejar las armas en los modernos ejércitos, etc...no es necesario un alto nivel cultural. Las tareas importantes, aquellas que requieren conocimientos y formación han sido encomendadas a transnacionales de la información y la comunicación. La escuela, el instituto y la universidad en Europa se están convirtiendo en centros esenciales de la estructura económica, pero cada vez más imposibilitados de permitir el acceso al saber que nos conduzca a comprender el mundo y por consiguiente a transformarlo...” (Carrera & Luque, 2016, pág.52).

Posiblemente la desesperación de algunas empresas europeas y norteamericanas ante el avance de la industria china, ha llevado a convertir la educación en ciencia en una cuestión utilitaria. Pero esa posición agrava el hecho de la contaminación a nivel mundial ejemplificado en el reciente escándalo de una fábrica de vehículos que prefirió falsificar las lecturas (el firmware) del medidor de emisiones, antes que realmente controlarlas. Cuando se supo el fraude, el producto fue echado del mercado norteamericano.

“...En el Reino Unido, la empresa SERCO, ligada al sector de la fabricación de armamento, se ha hecho cargo de la gestión de numerosas escuelas, de la inspección y formación del profesorado. En Francia, el grupo Educinvest gestiona ya 250 escuelas privadas y realiza un volumen de negocio anual de 130 millones de euros. En Italia, la reforma Moratti (2006) entregó un cheque a las familias para que opten por la escuela privada...”(Carrera & Luque, 2016, pag.56).

“La UNESCO recibe el 70% de su presupuesto del Banco Mundial y está muy ligado a las directrices de esta institución... además el reconocimiento del Estado Palestino en 2012 provocó la retirada de la financiación de EEUU e Israel a dicha institución...” (Carrera & Luque, 2016, pág.61).

“...muchos mal interpretan la cuestión de las TIC, como si el conocimiento ya no fuera necesario, igual que no fueran necesarios el esfuerzo ni la utilización de la memoria...”(Carrera & Luque, 2016, pág.83).

“...Las propuestas de la Unión Europea encierran un profundo desprecio por todo conocimiento que no sea aplicativo e inmediato. No se apuesta por una enseñanza sino por un sistema de instrucción ligado al mercado en el que todo se compra y se vende...el saber y el conocimiento se han convertido en algo obsoleto...el saber se ha convertido, en nuestras sociedades y nuestras economías que evolucionan rápidamente, en un producto perecedero. Lo que aprendemos hoy estará obsoleto o será superfluo el día de mañana...así la cultura entendida en sentido amplio, al no tener aplicación inmediata en el mundo económico, es considerada como una rémora". "Así el conocimiento se convierte en anecdótico, lo que importa es saber movilizar los recursos instrumentales

independientemente de los conocimientos reales. Es determinante construir un PowerPoint, crear un blog, o manejarse en las redes sociales, pero no es importante saber con qué finalidad” (Carrera & Luque, 2016, pág.147).

Críticas muy interesantes que, aunque no las compartamos en su totalidad, nos hacen repensar la forma de impartir el conocimiento, sobre todo en este curso de comunicación por microondas en el cual hay mucha tecnología contenida, pero que el personal no sabe cómo funciona.

13.- Acaso M. (2013). Reduvolución. Revolución en la Educación. Paidós, Espasa Libros. Barcelona.

Interesante aporte sobre la educación en los tiempos de internet y de las redes sociales. Los sectores e industrias relacionados con la gestión del conocimiento no paran mientras que los sistemas educativos no están al mismo ritmo de evolución.

Mención aparte requieren los “mandamientos” que el profesor visto como un “coacher” o acompañante de sus estudiantes, debe observar para ser un buen maestro:

“Priorizarás la agenda de tus alumnos

Aprenderás a generar responsabilidad

No competirás con el teléfono móvil de tus alumnos, te aliarás con él.

No te rendirás al no obtener resultados inmediatos.

Valorarás la autoestima, la motivación, la confianza y otros aspectos emocionales de tus alumnos.

Tu objetivo como profesor ya no es tanto transmitir contenidos, sino ayudar a entrenar habilidades y actitudes

Actualizarás y adaptarás tus herramientas educativas permanentemente.

No dejarás que el proceso de evaluación formal condicione el proceso de aprendizaje.

Serás consciente de que lo que haces en el aula es mucho más importante que lo que dices.

Cuántas más conversaciones e interacciones generes, mejor” (Acaso, 2016, pág.80)

14.- Aubert, A. y otros. (2013). Aprendizaje Dialógico en la Sociedad de la Información. Hipatia Editorial. Barcelona.

Reflexiones sobre la concepción moderna de la educación. Excelente texto para reconocer las capacidades y limitaciones de los diferentes modelos pedagógicos, entre ellos el conductismo y constructivismo.

Por ejemplo, acerca del conductismo “Se trata de una enseñanza que fomenta la memorización mecánica de los contenidos, en detrimento de una memorización comprensiva, la reflexión y la creatividad. Esto está vinculado al hecho de que la motivación que se promueve es de tipo extrínseco, hay que aprender no por el conocimiento en sí mismo, sino por la recompensa (buenas calificaciones). Al poner frenos a la implicación activa de los y las estudiantes en el proceso, el aprendizaje resultante es de tipo memorístico y con poco sentido...” (Aubert et al., 2013, pág.43).

Parece que los autores estuvieran describiendo la educación técnica universitaria a inicios de los 90. Mientras más fielmente reproduzcas lo que te han enseñado, mejor premio y

promociones recibirás. Si por el contrario buscas una vía diferente, por ejemplo diseñas un amplificador de tres etapas empezando por la inicial y final y haciendo una etapa intermedia de acoplamiento, recibes un cero, por ¡creativo!, porque no fue así como te indicó el profesor.

Y es tanta la importancia de las notas como motivación extrínseca, que existe una práctica muy difundida entre los estudiantes de “conseguir” exámenes y pruebas de semestres anteriores para ir bien preparado. Pero se ha perdido el fin de la evaluación que originalmente persigue establecer el grado de asimilación de los conocimientos, para en base a eso hacer los ajustes necesarios y tomar correctivos si fuera necesario.

“En el campo de la psicología, las teorías constructivistas tienen su origen en los avances de la investigación psicológica que condujeron al abandono progresivo del conductismo y al paso a la psicología cognitiva cuya idea central es la implicación de la mente en el proceso de aprendizaje. Las teorías constructivistas, comparten el principio de actividad mental constructiva, que hace referencia a que el conocimiento se construye activamente por parte del estudiantado” (Aubert et al., 2013, pág.46).

El conocimiento no se adquiere, el conocimiento se construye. El profesor ayuda al estudiante en la tarea de construir ese conocimiento en base a lo que él ya sabe. Creando puentes hacia situaciones reales, que el estudiante puede verificar activamente por sí mismo ya sea en el aula o en el laboratorio.

“El paso de la asimilación a la construcción ha supuesto un cambio importante en el rol del alumnado en el aprendizaje, pasando de ser un sujeto pasivo que asimila, acumula y repite

a ser un sujeto activo que construye continuamente su propio conocimiento” (Aubert et al., 2013, pág.47).

En esta obra existe también una definición muy completa de lo que es el aprendizaje significativo: “Un proceso individual de construcción de significado y atribución de sentido, diferente en cada persona porque cada una tiene unos conocimientos y experiencias previas diferentes y una disposición diferente ante el aprendizaje...” (Aubert et al., 2013, pág.57).

Materias como la física pueden resultar muy estimulantes para quienes posean una imaginación poderosa y soñadora, pero en cambio materias como la matemática pueden resultarles muy áridas. Todos tenemos gustos y predisposiciones diferentes. Por eso el trabajo en equipo, entendido como colaboración, puede resultar muy beneficioso para todo el grupo. La diferencia entre cooperar y colaborar es bastante clara. Cooperar quien termina su parte y se dedica a descansar. Colabora quien termina su parte y pregunta a los demás si hay algo extra en que ayudar. Colaborar requiere de una consciencia de formar parte de un equipo y de una gran dosis de interés en el éxito del grupo, lo que actualmente se denomina ser proactivo.

“El constructivismo es un modelo pedagógico que valora los procesos, no solo los resultados... Desarrollos posteriores del constructivismo reconocen en mayor medida la influencia del contexto en el aprendizaje...” (Aubert et al., 2013, pág.63).

Hay mucho que decir en cuanto a procesos y resultados. Ciertos estudiantes de ingeniería, al inicio de la facultad, tuvieron la mala fortuna de contar con un maestro que tenía por

divisa calificar solo las respuestas, bajo el concepto de que ningún profesional puede cometer un error en la vida real, por ejemplo que un ingeniero civil no tendría justificación si el edificio que ha construido se cae. O que un médico opere y el paciente se muera. Por lo tanto el proceso no cuenta sino solo el resultado. En sus exámenes de dos preguntas, solo podía haber notas de 0, 10 o 20.

Ahora sabemos que el proceso es muy importante, porque mejorando procesos es como se llega a la mejora de resultados, por lo tanto hay que tomarlos en cuenta. Además existe un periodo, estimado de 4 a 5 años, en que todo egresado de una universidad se “profesionaliza”, es decir adquiere destrezas de la vida real una vez que ha circunscrito su actividad. Ningún médico realiza una operación seria apenas ha egresado de la universidad. Concepciones netamente conductistas que ocasionaron daño psicológico entre los estudiantes que sufrieron la interrupción momentánea de la carrera de una forma injusta porque valoraron el aprender no solo el pasar y por eso no hicieron trampa, no copiaron las respuestas, aunque pudieron haberlo hecho. Aquel maestro estaba equivocado y demostró con su actuación la poca vinculación con el ejercicio real de la profesión de ingeniero. Incluso existe la duda que conduce a un problema de ética, ¿ejerce la función de docente sin haberse capacitado para ello? ¿Y la institución, por qué permitía esa clase de abuso? ¿Mal entendida libertad de cátedra?

Y que el aprendizaje depende también del contexto, es otra oportuna contribución del constructivismo. En el sentido de que el medio estimula o desestimula el aprendizaje. Y es que el contexto es el entorno: circunstancias, instituciones, compañeros, familia, la sociedad que nos rodea, el transporte público, etc. Como dice Maturana, el medio y la persona se influyen mutuamente, somos producto de esa interrelación, el medio lo

conforman también las otras personas. Y nuestro país, ¿ofrece buenas oportunidades a los mejores cerebros? ¿O más bien los limita?

¿Y qué se puede exigir a maestros que cobraban su sueldo con tres meses de atraso? ¿O una institución en la cual su gremio de trabajadores, impagos, la cierra a la fuerza durante 5 semanas? ¿O cuando un ministro de defensa, supuestamente agredido por los estudiantes al pasar, ordena a más de 200 soldados y policías ingresar a la fuerza a los predios universitarios y apresar a cuanto estudiante se les cruce? Nuevamente es el entorno, la sociedad, el que pone las condiciones y los límites. Educarse y educar en ese ambiente fue cosa de héroes... pero, mejor es mirar juntos hacia el futuro.

Afortunadamente hay maestros de grandes cualidades científicas y humanas que, pese a las adversidades, modelan positivamente a sus estudiantes con su ejemplo, para ser excelentes profesionales y personas.

15.- Maturana, Humberto; Varela, Francisco (2003). El Árbol del Conocimiento, Ed. Lumen. Buenos Aires.

Un libro de epistemología que aborda el proceso cognitivo del lenguaje, desde sus orígenes. Se realiza la afirmación muy interesante de que el lenguaje es el origen de la hominización. Hace 2 o 3 millones de años, los grupos cazadores-recolectores cohabitaron en pequeños grupos en los cuales se proveían de alimento, seguridad y pareja. Lo homínidos en este ambiente empezaron a intercambiar una especie de lenguaje onomatopéyico, el cual con el transcurso de los siglos se fue convirtiendo en el motor que desarrolló las habilidades sociales. El lenguaje sería por tanto lo que nos hizo humanos.

Ahora bien, el lenguaje definido como “un fluir de acciones coordinadas, conductuales, consensuadas” (Maturana & Varela, 2003), puede ser también de orden gesticular no solo vocal. El lenguaje es nuestro instrumento cognoscitivo, nos permite reflexionar y nos lleva a la autoconsciencia. Sus biógrafos afirman que el libro favorito de Albert Einstein fue “Los Hermanos Karamazov” de Fiodor Dostoyevsky, ya que haciendo uso de un lenguaje literario el autor concibió situaciones explicables solo por la relatividad en el espacio y en el tiempo. En este punto cabe preguntarse también si Albert Einstein dedujo los principios de la Teoría de la Relatividad pensando en alemán o en inglés. Pero el idioma es más que la forma exterior del lenguaje, entendido como medio cognoscitivo; nos permite hablar a nosotros mismos y por lo tanto se convierte en parte de nuestra autoconsciencia y da forma visible a nuestra alma (personalidad).

Maturana va incluso más allá. El lenguaje no pudo haber surgido en un medio de pelea o de competencia. Tuvo que surgir en un medio de colaboración y mutua protección. Por eso afirma que el ser humano es fruto del lenguaje, es fruto del amor entendiendo amor biológico como ese mecanismo de mutuo cuidado y aprovisionamiento. Afirma que la relación fundamental entre los seres humanos es la colaboración y no la competencia. Desde este punto de vista, no existe el concepto de “sana competencia”, a menos que sea un modo de procurar el desarrollo de las capacidades grupales, esto es, elegir al mejor del grupo para que realice una tarea particular, en favor del grupo.

Si el humano es fruto del lenguaje y si necesitamos a los demás para conocer y perfeccionar el lenguaje, esto significa que para ser completamente humanos necesitamos a los otros. Es decir hay algo de lo humano que trasciende los límites del cuerpo físico en el que nos encontramos. El humano necesita a los demás para poder vivenciar su humanidad.

Estas consideraciones hacen que veamos en el “otro” un “otro” legítimo en la convivencia, no importa si apenas sabe leer y escribir o si se trata de un PHd. Consideraciones muy importantes por cierto en el ámbito de la docencia, porque es la raíz del respeto entre educadores y educandos.

Muy acertadamente a la temática del mencionado libro, el autor cita a San Juan que en el Evangelio inicia diciendo “Al Principio fue el verbo...”

16.- Tunnermann Carlos, La Educación Superior frente a los desafíos contemporáneos.

El autor reflexiona sobre el papel de la Universidad y de la educación superior. Nombra a la Universidad como “el hogar natural de la disidencia y de las nuevas ideas”, como la institución “más representativa de la inteligencia de un país”. En esta era de globalización, cuál debe ser el papel de la Universidad, de los sistemas educativos los cuales deben tener pertinencia, calidad y equidad, orientando el rumbo de la sociedad hacia el desarrollo humano sostenible. El conocimiento tecnológico, el manejo de la información, destrezas en innovación, permitirán a una sociedad insertarse favorablemente en el contexto mundial. El contexto actual es de una sociedad del conocimiento, pero un conocimiento de crecimiento acelerado, de mayor complejidad y con tendencia a una rápida obsolescencia, lo cual incide en el quehacer de la Universidad. (Tunnerman, 2011) Aquí viene la cuestión nuevamente, ¿es posible clasificar el conocimiento como de corto y de largo plazo? Podría pensarse que sí, en el entendido de que un conocimiento a largo plazo debería ser sembrado como una competencia del estudiante. En el caso de la ingeniería de telecomunicaciones este conocimiento podrían ser las bases de cálculo infinitesimal y sus conocimientos de electromagnetismo. Luego se puede sobreañadir conocimiento de corto

plazo, como contenido útil en ese momento, por ejemplo la destreza para usar una aplicación de teléfono inteligente. El equipo de planificación de una universidad debe establecer cuál será el perfil de su egresado en cuanto a competencias científicas, destrezas manuales (largo plazo) y contenidos de corto plazo (relacionados con la tecnología de ese momento). Posteriormente y en forma periódica, a través de la realimentación deberá monitorear y rastrear la calidad y eficacia de los egresados, y a la vez mejorar y ajustar el perfil del egresado a la realidad del entorno.

“La universidad, fiel a su propia esencia, debe seguir siendo el sitio de la búsqueda desinteresada del saber”. La universidad debe dilucidar acerca de las “megatendencias de la sociedad contemporánea” como son la cultura informática, las tecnologías inteligentes, las economías globalizadas (Tunnerman, 2011, pág.97).

Aprender a aprender. Como decía Ignacio de Loyola, “que la alegría de aprender se mantenga más allá de los años pasados en la institución educativa”.

La universidad, como centro de la inteligencia de un país no debería ser vista como un negocio lucrativo. No olvidemos que se deben a las sociedades y no a los mercados. Que de su buena o mala gestión depende el éxito o fracaso de seres humanos.

“La calidad educativa no debe confundirse con el éxito en el mundo laboral...la referencia para medir el éxito deben ser los valores profesados por la Universidad, su misión y su compromiso ético con la sociedad a la cual se pertenece...”. (Tunnerman, 2011, pág.101).

No hay que olvidar que la Declaración Mundial sobre Educación Superior (París 1998 y

2009) define a la educación superior como “un bien público social al servicio de la humanidad”. Este es el concepto ideal.

Como conclusión, hacer de la Universidad una comunidad en la que profesores y estudiantes construyan y distribuyan conocimiento. Parafraseando a Paulo Freire “educar no es transferir conocimiento sino crear las condiciones para su construcción” (Freire, 2014).

17.- Miranda, Francisco (1972). La Primera Escuela Politécnica del Ecuador. Editorial La Unión, Quito.

Fechas históricas para la enseñanza de ciencias en el Ecuador: 27 de agosto de 1869. Ese día, el Presidente Gabriel García Moreno, firma el decreto de creación de la Escuela Politécnica de Quito...Lunes 3 de octubre de 1870, sesión inaugural...felicitaciones a la República por esta nueva era de civilización y prosperidad...” (Miranda, 1972, pág.48)

“La universidad establecida en la capital del Estado, se convertirá en Escuela Politécnica, destinada exclusivamente a formar profesores de tecnología, ingenieros civiles, arquitectos, maquinistas, ingenieros de minas y profesores de ciencias...el poder ejecutivo dará de las rentas nacionales la suma necesaria para hacer venir del extranjero los profesores necesarios con quienes se hará contrata especial...la instrucción dada en la Escuela Politécnica será gratuita y en consecuencia no se cobrará a los estudiantes derecho alguno por su matrícula, exámenes ni títulos...” (Miranda, 1972, pág.49).

La Compañía de Jesús, históricamente, desde su fundación hacia el año 1450 por Íñigo de Loyola, ha dedicado especial atención a la educación, primero en escuelas, luego en

colegios y universidades alrededor del mundo. En años anteriores a la fundación de la Escuela Politécnica, el Presidente García Moreno había ya coordinado con esta comunidad religiosa para la búsqueda de eminentes profesores en Europa. Es así que el día 3 de octubre de 1870 arrancan los primeros cursos en esta institución con algunos científicos y sacerdotes alemanes e italianos entre los cuales se destacan: Juan Bautista Menten primer Decano Director, profesor de astronomía, geodesia e hidrotécnica, fundador del observatorio astronómico de Quito, (autor de las Tablas Logarítmicas y Trigonométricas con hasta 5 decimales, Quito 1874). Teodoro Wolf catedrático de geología, mineralogía e idiomas. Luis Sodiro, catedrático de botánica, fundador del jardín botánico. Luis Dressel, subdecano de la Politécnica, catedrático de Química, analizó el petróleo y las aguas del Ecuador. José Kolberg, catedrático de Arquitectura, ferrocarriles y puentes. Entre los primeros alumnos de este centro se destacan: José María Troya, autor de un tratado de Física Aplicada, José María Vivar autor de las Observaciones Industriales, Carlos Tobar autor del libro Consideraciones acerca de la Educación. Alejandrino Velasco, padre del futuro presidente José María Velasco Ibarra.

En junio de 1875, profesores de la Politécnica, instalan la primera luz eléctrica de Quito. Para ese año, son ya varios los profesores los que han llegado de Europa a compartir sus conocimientos. Lamentablemente el 6 de agosto de 1875, cae asesinado el presidente García Moreno. Luego de un último curso regular, el 15 de septiembre de 1876 se declara “cerrado el establecimiento de la Escuela Politécnica”; algunos profesores se ven obligados por las circunstancias a marcharse del país (Juan Bautista Menten S.J, primer Rector, muere de pulmonía en Popayán el 15 de mayo de 1900; Teodoro Wolf, fallece en Dresden-Alemania el 24 de junio de 1924; el Padre Luis Sodiro permanece en Ecuador hasta su muerte ocurrida en Quito el 15 de mayo de 1909).

Aunque la siembra fue dolorosa, la semilla no murió, fruto de la Politécnica fue una corriente científica, irreversible y netamente nacional (Miranda, 1972). En 1935 se da la reapertura y su afianzamiento definitivo en 1945 por decisión del presidente José María Velasco Ibarra hijo de uno de los primeros egresados de la Politécnica.

18.- Gómez, Jorge (1993). Las misiones pedagógicas alemanas y la educación en el Ecuador. Ediciones Abya Yala. Quito.

Al respecto de la primera Escuela Politécnica de Quito inaugurada en 1870. “Los profesores y científicos alemanes destinados a la enseñanza en la Escuela Politécnica Nacional, no solo eran los mejores en sus países de origen y en sus especialidades como lo destacan varios historiadores, sino también los más baratos, puesto que, al menos la Compañía de Jesús, los envió costeadando parte de sus gastos” (Gómez, 1993, pág.16).

“La clara perspectiva científica que guiaba a los profesores jesuitas alemanes condujo una y otra vez a divulgar el papel de la ciencia, no solo como instrumento del conocimiento, sino además como factor del desarrollo científico y técnico del país. Ellos subrayaban que toda carencia de investigación científica derivaba en importación de productos y recursos del exterior, lo que coartaba las posibilidades de una verdadera industria nacional” (Gómez, 1993, pág.31).

Era cierto en 1870 y lo sigue siendo cierto en 2018. El conocimiento científico nos da fuentes de trabajo a nosotros mismos y a la sociedad.

“En 1857 existían en el Ecuador 213 escuelas primarias de varones y 41 de mujeres...en 1873 existían 431 escuelas, de las cuales 255 eran públicas y 176 privadas” (Gómez,

1993). En la actualidad hay alrededor de 16.500 escuelas y colegios a nivel nacional. (Archivo Ministerio de Educación).

“Junto con el profesor de física, el padre Brugier, Kolberg realizó la primera instalación de luz eléctrica en Quito el 3 de junio de 1875, con 120 pares de pilas Bunser...” (Gómez, 1993, pág.39).

“Tal vez la limitada influencia que ejerció el magisterio de los pedagogos alemanes de la Politécnica disminuyó el impacto de su modelo educativo de corte pragmático y moderno a nivel de todo el país, donde la educación siguió siendo la más fiel muestra del atraso y del feudalismo luego de casi un siglo de vida republicana...” (Gómez, 1993, pág. 40).

“Con la fundación de la segunda Escuela Politécnica no solo se recordará y reformulará los principios de la Politécnica de 1870, sino que se repetirá a Alemania el pedido de profesores especializados. El 28 de febrero de 1935 el gobierno de José María Velasco Ibarra creó la segunda Escuela Politécnica Nacional a cargo de un grupo de siete profesores alemanes: los ingenieros Max Forter, Federico Hahn, Hans Sober, el geólogo Walter Sauer; el astrónomo Jean Odermatt; el matemático Peter Thullen y el físico Ernst Grossman” (Gómez, 1993).

Interesantes cuestiones históricas del Ecuador y el mundo, relacionadas con el desarrollo de la ciencia, que va la par con la historia y las vicisitudes de la humanidad.

Ya que este trabajo consiste en diseñar un programa de capacitación en una especialidad tecnológica que es el resultado de un trabajo científico de más de 150 años, es conveniente

también mostrar el lado humano de los científicos que dieron origen a estas modernas tecnologías, a través de las siguientes anécdotas biográficas:

ALBERT EINSTEIN

Cuenta uno de sus biógrafos que cuando el pequeño Albert tenía 8 años, recibía clases de griego como parte del programa de enseñanza escolar. Al no haber podido dar bien su lección, el profesor de esta asignatura irritado exclamó “¡este muchacho nunca llegará a nada!”

JAMES CLERCK MAXWELL

Cuentan sus biógrafos que en su juventud James entró a trabajar en un torno de su ciudad natal Edimburgo, para aprender algo de ese oficio que requiere mucha habilidad manual. Posteriormente James aplicó para ingresar en la Universidad de Cambridge a la que solo se admitían a los mejores estudiantes del Reino Unido y cuando fue aceptado tuvo que mudarse a Londres. Al saber esto, el dueño del torno exclamó: ¡qué lástima, ese chico pudo llegar a ser un gran tornero!

Al leer las biografías de estos grandes científicos, uno se pregunta cómo eran sus sociedades que desde hace 175 años ya ofrecían un entorno tan favorable a la educación científica. Cuáles eran los métodos pedagógicos que produjeron tan elevados intelectuales. Cuál es la ventaja estratégica actual de sus centros educativos para que sigan siendo países y sociedades altamente desarrolladas, siempre en la cumbre científica y tecnológica. Cómo

educan a sus niños, qué modelos pedagógicos usan, para que cuando crezcan esos niños, puedan mantener el ritmo de sus centros de investigación.

2.2.-BASES FILOSÓFICAS, PEDAGÓGICAS Y ÉTICAS DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

La enseñanza en ciencia y tecnología comparte los mismos principios de la enseñanza en general, desde la escuela y el colegio hasta la universidad, en el sentido que comparte una filosofía, unos modelos pedagógicos, uso de técnicas didácticas y por su puesto una ética profesional. Luego vendrán las particularidades en el caso de las ciencias exactas. La enseñanza de las ciencias es muy sensible del entorno, pues requieren rigurosidad y por ello demandan estabilidad y prosperidad social, sino veamos lo que afirmaba un científico norteamericano:

Quizás la ciencia nació muerta en ciertas sociedades.
Un problema básico en el actual Tercer Mundo (político), es que las clases educadas tienden a ser los hijos de los ricos, interesados en mantener el status quo, o bien no acostumbrados a trabajar con sus manos o a poner en duda la sabiduría convencional. La ciencia ha arraigado allí con mucha lentitud (Sagan, 2000, pág.186).

Para tener una perspectiva acerca de la importancia de la ciencia y tecnología, nos permitimos citar el siguiente manifiesto del gobierno Chino, emitido como directiva de las políticas de ese país hace ya más de 33 años:

...El nivel de educación pública en ciencia y tecnología es una señal importante del logro científico nacional. Es un asunto de la mayor importancia en el desarrollo económico, avance científico y progreso de la sociedad. Debemos prestar atención y potenciar esta educación pública como parte de la estrategia de modernización de nuestro país para conseguir una nación poderosa y próspera... (Sagan, 2000, pág 186).

Y podemos ver dónde está China en este momento. Actualmente es considerada una potencia mundial líder en la fabricación y diseño de tecnologías de información y comunicación. Lamentablemente también es uno de los países más contaminadores, se estima que el 33% de la contaminación mundial proviene de sus fábricas. Quizás olvidaron la educación integral de sus ciudadanos, olvidaron el respeto al medioambiente, la ética de las profesiones, en este caso de los ingenieros, no todo puede ser ánimo de lucro (Bilbao et al., 2006).

Para nuestro programa de capacitación, comencemos respondiendo a las preguntas ¿para qué educar y capacitar, cuál es el rol del docente o instructor, cuál es el rol del estudiante? Esto nos lleva a preguntarnos ¿cuál es nuestra filosofía de la educación?

2.2.1 Filosofía de la educación

Durante una conversación casual con un docente universitario, experto en su área científica, se le escuchó decir que la palabra “filosofía” le provocaba alergia y que creía que los miembros de su institución no necesitaban asistir a este tipo de charlas filosóficas. Después de haber asistido a la conferencia sobre Filosofías de la Educación, cambió de parecer y mencionó que a este tipo de conferencias debían asistir *principalmente* las autoridades, quienes llevan el timón de la nave. Empecemos con un cuento motivacional:

Parábola del Halcón



“Una vez un hombre iba de camino por senderos desconocidos para él, de pronto se encontró cara a cara con un halcón que estaba un poco herido. ¡Qué paloma tan extraña!, exclamó el caminante ...La metió dentro de una funda y al llegar a su casa, lo primero que hizo fue limar su pico, luego recortó sus alas y al final cortó las garras de aquella ave extraña. Satisfecho con su labor dijo solemnemente ahora si eres una paloma de verdad” (Tobar, 2016)

¿Cuál es el sendero desconocido? ¿Acaso es la educación?

Y es que la filosofía de la educación empieza por plantearnos preguntas verdaderamente complejas: ¿para qué educar?, ¿en qué educar?, ¿cuál es el rol del educador?, ¿cuál es el rol del estudiante?, ¿cuál es el rol de la institución educativa?

En palabras del pedagogo norteamericano John Dewey “La filosofía educativa es la teoría general de la educación”.

El examen filosófico de los temas más profundos requiere sin embargo del manejo de una terminología compleja:

Ontología: filosofía del ser, entre ellas la cosmología y la antropología.

Epistemología: teoría del conocimiento científico

Gnoseología: estudio filosófico del conocer y sus problemas

Lógica: ciencia de las reglas del pensamiento correcto

Axiología: teoría de los valores

Ética: filosofía moral

Estética: filosofía del arte

Deontología: teoría de los deberes de una profesión

Hermenéutica: ciencias del estudio de la interpretación de textos antiguos o sagrados

Heurística: el arte de inventar, usa el pensamiento creativo.

Como podemos ver, los términos no son muy conocidos, pero son necesarios para acceder a las altas cumbres del pensamiento humano. Porque la filosofía definida como “amor por la sabiduría”, se llega a convertir en la sabiduría misma. En el esfuerzo del ser humano por conocer el mundo que le rodea, las ciencias son subconjuntos de la filosofía. “... Mientras que para las ciencias el objeto de estudio son las realidades específicas, el método es la observación experimental y el propósito es la explicación de los hechos; para la filosofía el objeto es la realidad en su conjunto, el método es interpretativo racional y el propósito es la cosmovisión total” (Ayala, 2014).

¿En este contexto cuál es el concepto filosófico de educación y qué aspectos contiene?

Educación es todo esfuerzo deliberado por modificar, cambiar o desarrollar la conducta humana y comprende tres aspectos:

Un aspecto informativo, la transmisión del saber;

Un aspecto formativo, la formación de la persona

Y un aspecto transformativo, educación para el cambio (Ayala, 2014)

La filosofía al tratar de comprender que es la realidad, lo que es el hombre y lo que debería ser, influye en la filosofía de educación, a la cual orienta desde sus fundamentos a fin de marcar el rumbo de la misión educadora; desde este punto de vista, la filosofía educativa puede ayudarnos a contestar las preguntas iniciales para qué educar, sobre qué educar.

Al existir varias corrientes filosóficas (y no era para menos, pues tan diversos somos los seres humanos), se desprende que también existan varias corrientes de filosofía educativa, las cuales se diferencian unas de otras en sus concepciones fundamentales: Idealismo, Realismo, Pragmatismo, Marxismo, Existencialismo, Personalismo, Buen Vivir. (Tomado de Ayala, E, Fundamentos de Filosofía Educativa, presentación PPT para docentes de la Escuela Politécnica Nacional, Quito 2016)

El Idealismo

Tabla 2. El Idealismo

Representantes	Sócrates, San Agustín
La Realidad	Son las Ideas. El modelo perfecto de las cosas. El mundo material es una copia imperfecta de las cosas
El Conocimiento	Es anterior a la experiencia sensible. Conocer es recordar las Ideas tal como el alma las conoció antes de ser aprisionada en el cuerpo. Contraste entre doxa (opinión) y episteme (ciencia).
El Hombre	Es el alma. El fin del hombre es llegar a conocer la verdad a través de la filosofía, que es contemplación de las Ideas.
Fines de la	La formación del carácter moral del educando: a través de descubrir

Educación	la verdad y vivir de acuerdo con ella.
El currículo	Compendio de verdades eternas e inmutables, conservadas por la tradición. Las humanidades predominan en el currículo.
La metodología	Diálogo pedagógico para llegar al conocimiento de las verdades eternas e inmutables.
El Maestro	Modelo de vida buena para el alumno.

Fuente: (Ayala, 2014)

El Realismo Científico

Tabla 3. El Realismo Científico

Representantes	Francis Bacon, René Descartes
La Realidad	Universo material. Tiene existencia objetiva y concreta. Es captada por los sentidos y estudiada por las ciencias empíricas.
El Conocimiento	El conocimiento es resultado de la investigación científica. Conocer implica la interacción entre la mente y el mundo exterior.
El Hombre	Es razón: manifestación del desarrollo superior del cerebro y del sistema nervioso.
Fines de la Educación	Preparar al alumno intelectualmente, dándole a conocer las verdades científicas.
El currículo	Tiene predominio de las ciencias. Éstas determinan los cambios

	curriculares.
La metodología	Transmisión magistral del conocimiento. Recursos: textos y laboratorio.
El Maestro	Experto en su materia. Debe desarrollar las destrezas científicas en sus alumnos.

Fuente: (Ayala, 2014)

El Pragmatismo

Tabla 4. El Pragmatismo

Representantes	William James, John Dewey
La Realidad	Hay una única realidad, espiritual y material a la vez, en evolución constante: proporciona experiencias nuevas.
El Conocimiento	Conocer es solucionar problemas en base a la experiencia y la aplicación del método científico.
El Hombre	Libertad: capacidad de auto-controlar los impulsos y deseos por medio de la reflexión y sus propósitos.
El currículo	Es el conjunto de experiencias que vive el alumno. Encaminado a la solución de problemas.
La metodología	Proyectos y trabajo grupal.
El Maestro	Guía en el aprendizaje del alumno. Se recomienda el video (copiar y

	<p>pegar en el navegador):</p> <p>http://youtu.be/Vnan8SEwf1U</p>
--	---

Fuente: (Ayala, 2014)

El Marxismo

Tabla 5. El Marxismo

Representantes	Carlos Marx, Anton Makarenko
La Realidad	<p>La historia: la realidad humana que el hombre hace.</p> <p>Video recomendado:</p> <p>http://youtu.be/tHyKHB8PIg8</p>
El Conocimiento	Se verifica en la práctica. El conocimiento es teórico-práctico: científico. Es válido en la medida que soluciona problemas sociales.
El Hombre	Ser social. Se hace en sus relaciones con los demás a través del trabajo. Las relaciones económicas determinan el modo de ser el hombre.
Fines de la Educación	Determinados por las necesidades de la sociedad. La mejor manera de educar es el trabajo comunitario.
El currículo	Gran importancia a la ciencia, que es forjada mediante el trabajo colectivo.
La metodología	Clases magistrales. Valora al estudio y al trabajo.

El Maestro	Intérprete de las necesidades sociales y concientizador de ideas políticas.
------------	---

Fuente:(Ayala, 2014)

El Existencialismo

Tabla 6. El Existencialismo

Representantes	Soren Kiekegaard, Martin Heidegger, Jean Paul Sartre, Albert Camus.
La Realidad	El hombre como existencia. No es objetiva sino subjetiva. https://youtu.be/r4iHjjbhFrk
El Conocimiento	No hay verdades objetivas ni universales. Es verdadero lo que cada uno vive como verdadero. No puede sistematizarse.
El Hombre	Ser libre: el hombre no es pero tiene que ser. De ahí la responsabilidad de su autorrealización.
Fines de la Educación	Debe formar al hombre para que sea el mismo, impedirle la masificación, ayudarle a ser sujeto.
El currículo	No puede haber currículo establecido. El alumno es libre de escoger lo que desea y necesita aprender.
La metodología	El alumno es libre de escoger también la manera de aprender.
El Maestro	Proporciona al alumno un ambiente donde pueda desarrollar su libertad.

Fuente: (Ayala, 2014)

El Personalismo

Tabla 7. El Personalismo

Representantes	Paulo Freire, María Zambrano, Emmanuel Mounier
La Realidad	La persona. Las estructuras del universo de la persona. https://youtu.be/WypSsEbEX9Y
El Conocimiento	No es objetivo, ni subjetivo, sino intersubjetivo. Comprende al hombre, al mundo y a Dios.
El Hombre	Ser trascendente, libre y original. Trascendencia: apertura de la persona a lo infinito y absoluto.
Fines de la Educación	Crear ambientes que favorezcan el desarrollo personal. “No es hacer sino despertar personas.”
El currículo	Conjunto de actividades planeadas y encaminadas a crear un ambiente propicio para el desarrollo personal.
La metodología	Educación personalizada. Crear ambientes personalizantes. Individuo: tener /Persona: ser
El Maestro	Orientador, guía del alumno en el proceso de aprendizaje.

Fuente: (Ayala, 2014)

El Buen Vivir

Tabla 8. El Buen Vivir

Representante	Francois Hutart https://youtu.be/h4QoyPgqlB0?list=PLB2S8f3qlsykWUOGICIdzlyRkaYsX0TWb
La Realidad	Una, diversa y múltiple. Compleja y multidimensional
El Conocimiento	Es una traducción y reconstrucción, mediada por el lenguaje y el pensamiento. Riesgo del error.
El Hombre	Ser biológico, psíquico, social, afectivo y racional.
Fines de la Educación	Desarrollar la personalidad en la convivencia social. Fortalecer la identidad en la diversidad. Formar conciencia ciudadana y planetaria.
El currículo	Abierto y flexible. Asignaturas son herramientas para construir nuevos conocimientos.
La metodología	Centrada en el estudiante y su contexto Educación cognitiva y holística
El Maestro	Evaluar intereses y capacidades, gestionar el currículum, supervisar el PEA. Motivar y orientar al estudiante.

Fuente: (Ayala, 2014)

Una Filosofía Ecléctica para la enseñanza de la tecnología de Comunicación por
Microondas.

El eclecticismo es una forma de pensar en la que la filosofía adoptada es la suma de las mejores características de otras filosofías. Para este trabajo, realizamos la siguiente síntesis ecléctica:

Tabla 9. Eclecticismo

<p>La Realidad</p>	<p>La realidad está formada por los sujetos (lo subjetivo) y los objetos (lo objetivo). Dos partes indisolubles de una misma realidad. Lo subjetivo tiene en cuenta los afectos y desafectos de la persona, lo objetivo son los hechos. Por lo tanto, un criterio, un parecer, no puede ser objetivo 100%, lo que sí se puede es tratar de ser “riguroso”.</p> <p>El Ecuador, un país en vías de desarrollo, proporciona un medio y un contexto educativo no muy favorable al desarrollo de las ciencias. Tanto por su desarrollo histórico (Miranda, 1972) como por su posición en la economía mundial actual de país consumidor de tecnología. Sin embargo, no podemos cruzarnos de brazos, y al realizar cursos de capacitación y seminarios, estamos contribuyendo a elevar el nivel científico y tecnológico de nuestra población.</p>
	<p>Le pertenece a la humanidad porque ella lo ha construido a lo largo de su historia. Está en los libros y en las bibliotecas, en los repositorios</p>

<p style="text-align: center;">El Conocimiento</p>	<p>y campus universitarios. Es lo más valioso que tiene el ser humano, el conjunto de saberes que le permite entender el medio en el que existe y actuar en consecuencia. Los conocimientos de fondo, de los conceptos fundamentales dan competencias, los conocimientos de forma (tecnológicos sobre todo), dan habilidades. Los conocimientos de larga duración se refieren a los conceptos fundamentales de una disciplina, los conocimientos de corta duración se refieren a las tecnologías de esa disciplina.</p> <p>Todo método que nos lleve al conocimiento es valedero. Puede ser inductivo, deductivo, empírico, heurístico (informal, inventivo, creativo). El conjunto de conocimientos es infinito como lo es el universo. Siempre hay algo que aprender, es necesario ser humilde intelectualmente, lo contrario nos empequeñece. El conocimiento puede ser profundo o superficial. De largo plazo o de corto plazo. Las universidades deben reflexionar estos temas conceptuales a la hora de elaborar el currículo y el perfil de los egresados.</p> <p>Los docentes deben ser capacitados en el proceso cognitivo del ser humano. El conocimiento no se adquiere, se construye. (Aubert et al., 2013)</p>
<p style="text-align: center;">El Hombre</p>	<p>Es un producto del lenguaje, para ser completamente humano, necesitamos a los otros. La relación fundamental entre seres humanos es la colaboración, no la competencia (Maturana & Varela, 2003). El otro es un otro legítimo en la convivencia. Docente-estudiante en este</p>

	<p>caso, en un diálogo permanente para construir conocimiento.</p>
<p>Fines de la Educación</p>	<p>Un método efectivo para contribuir a la realización de las personas. No solamente para el éxito económico, la educación no es un negocio, es un bien sensible. La educación busca el progreso material y moral de la sociedad; la educación no es bancaria, no deposita conocimiento, lo construye (Freire, 2014), por lo tanto construye a la persona.</p>
<p>El currículo</p>	<p>Debe ser planeado cuidadosamente porque define las competencias de las que se quiere dotar a los estudiantes. Los contenidos y la secuencia deben ser actualizados periódicamente, en base a muchos factores como la realidad socio económica del medio y la opinión de los participantes (realimentación). En una institución educativa debe haber un consejo de planificación del currículo. En el caso del presente curso, debe tener en cuenta además la base de conocimientos del personal técnico para realizar una tarea de nivelación previa.</p>
<p>La metodología</p>	<p>La metodología de educación es la forma práctica de la filosofía educativa. En este caso optamos por el modelo constructivista orientado a facilitar el acceso al conocimiento de radiocomunicaciones del personal de instalaciones (Aubert et al., 2013), y tiene un fin social (Freire, 2014). Ya que se trata de un contenido técnico, se recurre a maquetas e instrumentos de prueba que permitan visualizar conceptos abstractos en relación a la práctica.</p>

	(Pejcinovic, B & Campbell, R. L., 2013), (Wankat & Oreovicz, 2015)
El Capacitador	Es un profesional experto en determinados contenidos que tiene habilidades y está capacitado para la enseñanza de los mismos. No es el poseedor del conocimiento. Lo que hace es ayudar a los estudiantes a construir un conocimiento específico sobre la base de lo que ya conocen. Este profesional debe conocer las prácticas de la ética del educador, respetando la individualidad de cada estudiante y debe conocer los procesos cognitivos del ser humano, cómo aprende, a fin de conseguir el aprendizaje significativo, que se quede en la memoria de largo plazo. El maestro debe propender la creatividad por medio de técnicas didácticas variadas. En el caso de este curso, el instructor debe seguir estas buenas prácticas como cualquier maestro y debe animar a los estudiantes a encontrar el gusto por aprender, de modo que al salir del aula sientan que hay un universo de conocimientos que los espera.

Elaborado por: Paco Ortiz

2.2.2 Modelos pedagógicos en la educación.

Son marcos teóricos educativos, están basados en las teorías psicológicas del aprendizaje, las cuales han identificado ciertos “paradigmas” o modelos a seguir, como medios más eficaces para lograr el aprendizaje en los estudiantes. Entre ellos tenemos el Método Tradicional, Conductismo, el Cognitivo, y el Constructivista.

Desde la perspectiva actual, sabemos que los modelos pedagógicos están relacionados con la época en que aparecieron, por ejemplo el conductismo salió a la luz en la época de la revolución industrial y se mantuvo mientras ese sistema de producción se mantuvo. Luego viene el constructivismo más acorde a los tiempos modernos, producto de la psicología del aprendizaje. Pensamos que los profesores tanto de Einstein como de Maxwell, más bien fueron expertos pedagogos que se hicieron con la práctica ya que un experto pedagogo tiene que demostrar su experticia enseñando, al igual que un ingeniero construyendo.

El profesional capacitador o docente aplicará en sus clases uno o más de los modelos pedagógicos a fin de conseguir el aprendizaje significativo de su materia en sus estudiantes. Esto redundará y definirá su estilo personal de enseñar. El producto que entrega el profesional capacitador a la sociedad es la preparación de sus estudiantes a quienes al promover de curso, certifica que tienen las mínimas competencias en la materia y que son capaces de demostrarlo a través de su desempeño posterior.

Veamos brevemente en qué consiste cada uno de los modelos mencionados:

El Modelo Tradicional

Es un modelo pedagógico asociado con la historia de la educación occidental. Aparece en Europa en el siglo XVII con el surgimiento del concepto y materialización de la escuela pública. Hace énfasis en la formación del carácter de los estudiantes en cuanto a virtud y disciplina. Los contenidos en su mayor parte fueron los clásicos griegos.

El conocimiento es más bien memorístico. El docente dicta y expone, el alumno escucha, repite y copia. De aquí el término alumno que significa “sin luz” (a, sin; lumen, luz). En épocas pasadas este modelo implicaba un cierto enciclopedismo por parte del maestro, quien debía saber acerca de todo, pues no solo en la escuela, sino también en todo el pueblo, la gente acudía a él a buscar sabiduría y consejo en los temas incluso personales y familiares.

Tabla 10. El modelo tradicional

Fines de la educación	Promover la virtud y la disciplina.
La metodología	Enseñar por repetición, al pie de la letra, sin reflexionar necesariamente lo aprendido.
Rol del profesor	El poseedor del conocimiento, quien establece las normas y las hace cumplir, es el centro de atención en la clase.
Rol del estudiante	Receptor pasivo, obedece todo lo que se le dice
Rol de la institución educativa	Lugar para adquirir el conocimiento, controlado y rígido donde se vigila a los alumnos.

Fuente: (Aubert et al., 2013)
Elaborado por: Paco Ortiz

El Conductismo

Es valioso por cuanto se trata de una de las primeras teorías que trata de entender cómo se desarrolla el aprendizaje humano. Se origina en los estudios del psicólogo norteamericano John Watson (1878-1958) y el médico ruso Iván Pavlov (1849-1936), los cuales estudiaron los estímulos condicionales y las respuestas que de ellos se obtienen.(Aubert et al., 2013).

Aplicado al conductismo en la educación de los seres humanos, se traduce en establecer que la conducta humana es un proceso observable y cuantificable que obedece a estímulos y refuerzos. La enseñanza se convierte en un proceso de “adiestrar-condicionar” para así almacenar (aprender).

Los principios conductistas pueden aplicarse con éxito a procesos necesariamente memorísticos como por ejemplo el aprendizaje de las tablas de multiplicar o al establecimiento de las normas de disciplina necesarias en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Pero el problema aparece por ejemplo cuando el niño sabe las tablas de multiplicar, pero no puede usarlas en una situación real que se le haya planteado (no hubo asimilación), se nota entonces que el método conductista puede ser útil pero no es suficiente para el proceso de construir aprendizaje significativo, en cierto modo es un método primario.

Técnicas didácticas aún recomiendan el modelo pedagógico conductista basado en el premio o castigo, pero aclarando que se trata de premiar o castigar el acto, jamás a la persona del estudiante. Entre los estímulos están los de tipo positivo (dar un privilegio) y los de tipo negativo (quitar el privilegio). A nuestras madres y abuelas muchas veces se les escuchó decir la frase “en una mano la miel y en otra la hiel”, lo cual refleja la utilización empírica del método conductista en la crianza de los hijos.

A primera vista parece un método apropiado para la educación de niños y jóvenes, también es utilizado en la educación de adultos. Por ejemplo, la entrega de un diploma de aprobación o certificado de asistencia a un curso, es un estímulo positivo. Pero el problema es que produce aprendizaje memorístico. Fue bueno quizás en una época de la humanidad, pero las teorías involucradas en la psicología del aprendizaje señalan que actualmente no es suficiente.

Según las ciencias de la psicología, cuando una persona es ejemplo para otra se dice que ha habido un proceso de “modelado”. Pero el modelado puede ser positivo o negativo. Cuando el estudiante desea parecerse a su profesor en la vida adulta o como profesional, se dice que ha habido un modelado positivo. Por el contrario, ha habido modelado negativo, cuando el estudiante dice “no quisiera ser como el profesor”.

Es decir la conducta del profesor modela la del alumno, ya no por premios o castigos sino por imitación, por razones subjetivas, es decir donde intervienen afectos y desafectos. Sin embargo, como dice Paulo Freire “la educación configura un mundo y los educandos confirmarán en su vivir el mundo en el que fueron educados” (Freire, 2014). Por ello un profesor tirano o maltratador de estudiantes podría contribuir a que alguno de ellos se convierta en un profesor maltratador o sarcástico. De la misma manera un profesor competente y gentil.

Tabla 11. El Modelo Conductista

Principales autores	Iván Pavlov, John Watson, Frederic Skinner
Fines de la	Enseñar mediante condicionamientos de conducta, premios y

educación	castigos.
La metodología	Generar estímulos, las estrategias de enseñanza parten de objetivos, los contenidos se transmiten utilizando medios didácticos pero en general es memorística y cuantitativa.
Rol del profesor	Guiar al estudiante hacia la consecución de un objetivo instruccional, también es el poseedor del conocimiento. No admite crítica por parte de los estudiantes.
Rol del estudiante	Receptor pasivo del conocimiento que debe acatar las normas y someterse a los procesos rígidos de evaluación de acuerdo a la mentalidad vigente.
Rol de la institución educativa	Depósito del saber, vigilante del proceso educativo, establece las normas y las hace cumplir tanto por los alumnos como por los docentes.

Fuente: (Aubert et al., 2013)
Elaborado por: Paco Ortiz

El Cognitivismo

Modelo pedagógico que surge en la década del sesenta como alternativa al conductismo. Está basado en el proceso cognitivo del ser humano que incluye la atención que pone el estudiante, la percepción que ya tiene de las cosas, la memoria y la inteligencia, la asimilación que es capaz de hacer en virtud de sus vivencias previas. Uno de los procesos cognitivos más evidentes es el de la lectura.

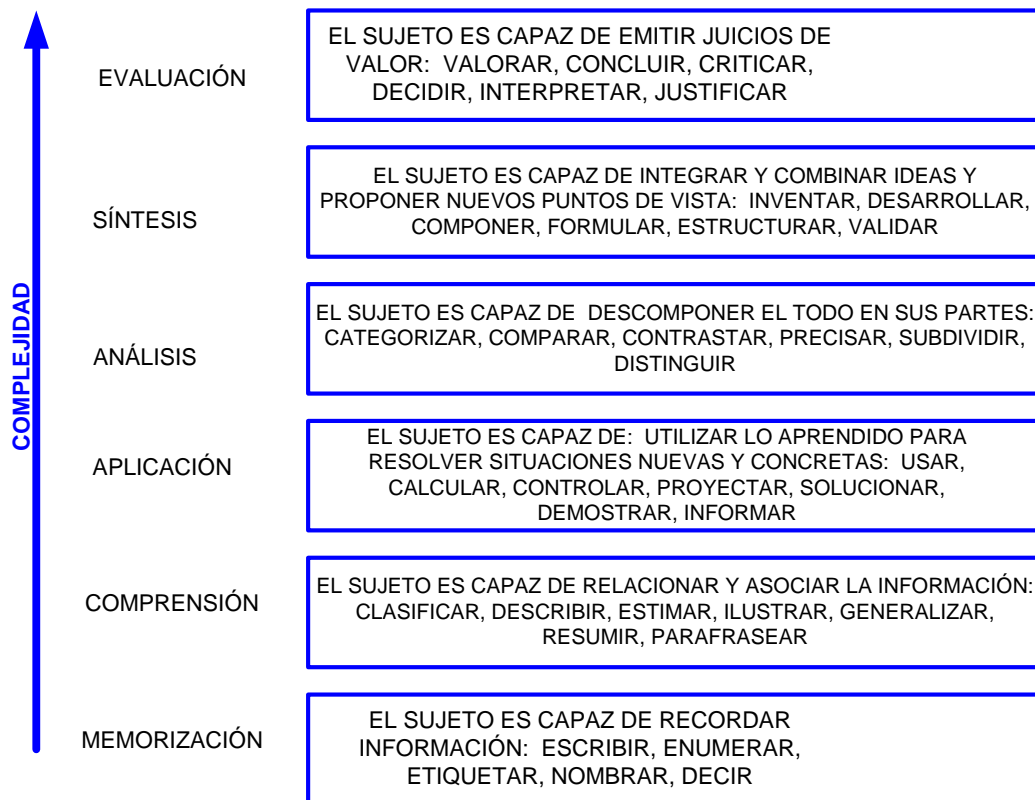
Antiguamente definida como la capacidad de decodificar el mensaje escrito en los símbolos del alfabeto, que luego se vio que oralizar la letra escrita no puede ser todo el proceso de lectura. Hace falta entender el significado de lo que el autor del escrito nos dice y en qué contexto lo hace; en ello participa también nuestra propia psicología y nuestras vivencias las cuales nos dan las percepciones del entorno y por lo tanto a lo que asociamos lo leído (Aubert et al., 2013).

Uno de los representantes más destacados de este modelo pedagógico es el psicólogo suizo Jean Piaget (1896-1980) quien sostuvo que lo que realmente se aprende es aquello que se descubre. Por este motivo el Cognitivismo propende el descubrimiento como principal metodología de aprendizaje ya que se requiere un alto grado de procesamiento de la información para que llegue a convertirse en el conocimiento de esa persona, y esto es diferente a la visión solamente reactiva del conductismo.

En este modelo pedagógico el psicólogo estadounidense Jerome Bruner (1915-2016) propone que en los seres humanos el sentido de descubrimiento es natural, pues en los niños ya se observa esta tendencia a la búsqueda de razones en el mundo que les rodea, es decir es una curiosidad natural, el sentido de descubrir proporciona placer.

Uno de los científicos más destacados en el proceso cognoscitivo del ser humano es el psicólogo estadounidense Benjamín Bloom (1913-1999) quien junto a un equipo investigador de la universidad de Chicago, desarrolló lo que se conoce como Taxonomía de Bloom, que constituye un esfuerzo por clasificar (esto es taxonomía) las etapas del proceso cognitivo, de acuerdo a sus niveles de complejidad. De allí tenemos la siguiente clasificación en base a los verbos (la acción del sujeto, en el principio fue el verbo según la Biblia):

Gráfico 1. Taxonomía de Bloom



Fuente: (Olivera, 2011)
Elaborado por: Paco Ortiz

Los autores de esta clasificación, con Benjamin Bloom a la cabeza, señalaron desde el principio que su trabajo no estaba “escrito en piedra” y que por lo tanto sería solamente una referencia en el estudio del desarrollo cognitivo del ser humano. Y es evidente que esta clasificación no tiene en cuenta elementos altamente influyentes en el proceso educativo de una persona como son su imaginación, su creatividad y aún su fortaleza (Dettmer, 2006). Evidentemente los niveles nombrados están en permanente interrelación entre ellos, prácticamente en un ir y venir de esfuerzos y actitudes por aprender. Se cita el caso de estudio del propio Albert Einstein, en el cual se aprecia que su capacidad imaginativa y de creación fantástica, fueron aún más importantes que su capacidad de adquirir conocimiento, como la clave de sus mayores éxitos científicos.

Tabla 12. El Modelo Cognitivista

Principales autores	Jean Piaget, Jerome Bruner, Anton Makarenko, Paulo Freire, David Ausubel, John Dewey, María Montessori
Fines de la educación	Los contenidos y los métodos son medios para desarrollar capacidades y valores. Más que saber contenidos resulta mejor dominar los procesos y herramientas para aprender.
La metodología	Se centra en el desarrollo de estrategias de aprendizaje orientadas a los objetivos cognitivos y afectivos
Rol del profesor	Facilitar el aprendizaje a sus alumnos, se centra en la confección de estrategias didácticas. Su papel deja de ser protagónico en beneficio de la participación cognitiva de los estudiantes.
Rol del estudiante	Es un actor de su propio aprendizaje, no es un receptor pasivo. Sujeto que aprende a aprender. Es modificable en lo cognitivo y afectivo.
La inteligencia	Existe en forma potencial, se puede desarrollar por medio de contenidos y métodos.
Limitaciones	Suele ser individualista

Fuente: (Aubert et al., 2013)

Elaborado por: Paco Ortiz

Constructivismo

La estructura cognoscitiva es la forma en que cada persona tiene organizado su propio conocimiento, el cual fue construyendo a lo largo de su experiencia como sujeto desde el momento que aprende a hablar. Este modelo pedagógico sostiene que el aprendizaje es la integración de nueva información a la estructura cognoscitiva del sujeto. Dicha estructura cognoscitiva depende también del entorno social en el que crece el individuo.

El entorno puede estimular o desestimular el crecimiento del andamiaje cognoscitivo de una persona. (Aubert et al., 2013). Entendiendo como entorno la suma de factores en los que se desenvuelve la persona desde su infancia: el hogar, la escuela, los compañeros de clase, la ciudad, las instituciones públicas, los medios de comunicación, la existencia de clubes y sociedades científicas, etc.

De poco servirá que una persona tenga capacidades intelectuales excelentes si ha crecido en un entorno deficiente. El popular juego de las damas chinas ofrece un buen ejemplo de entorno, no es suficiente ser un buen jugador pues la situación del tablero depende de lo que hagan los demás jugadores permitiendo o denegando oportunidades de juego.

Tabla 13. El Modelo Constructivista

Principales autores	Jean Piaget, David Ausubel, Jerome Bruner.
Fines de la	Formar sujetos activos capaces de tomar decisiones y emitir juicios

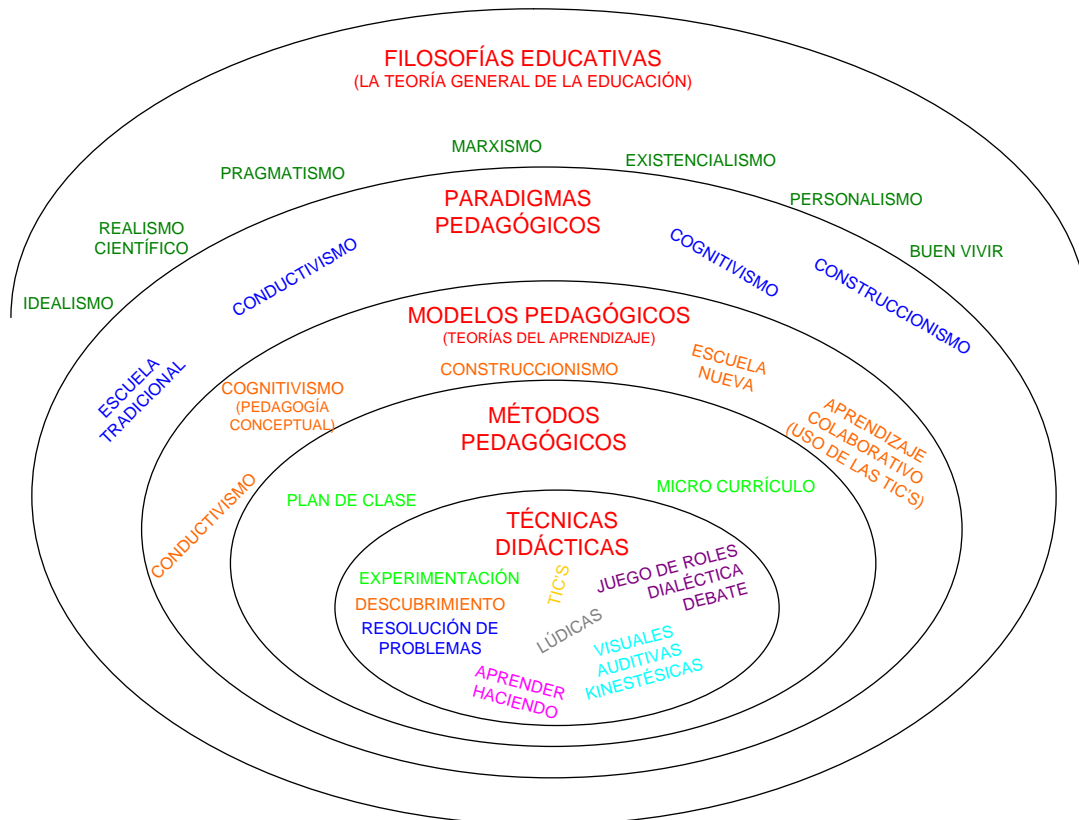
educación	de valor
La metodología	Participación activa entre profesores y estudiantes. Inter aprendizaje,
Rol del profesor	Quien facilita el acceso a los contenidos propiciando la inserción de los mismos dentro de la estructura de conocimientos que ya poseen los estudiantes, para ayudar a hacer crecer esa estructura y además prepararla para la adquisición de nuevos conocimientos.
Rol del estudiante	Sujetos activos que interactúan en el desarrollo de las actividades de clase para construir, crear, facilitar, criticar y reflexionar sobre todo nuevo contenido o información en proceso de convertirse en conocimiento.
Rol de la institución educativa	Estímulo a las actividades académicas, potenciación de laboratorios, creación de aulas-laboratorio, generación de cursos y seminarios, congresos, casas abiertas.

Fuente: (Aubert et al., 2013). (Wankat & Oreovicz, 2015)
Elaborado por: Paco Ortiz

Filosofías y modelos. Resumen.

La siguiente figura esquematiza los diferentes modelos pedagógicos en el marco más amplio de las filosofías educativas:

Gráfico 2. Filosofías, Paradigmas, Modelos y Métodos Pedagógicos.



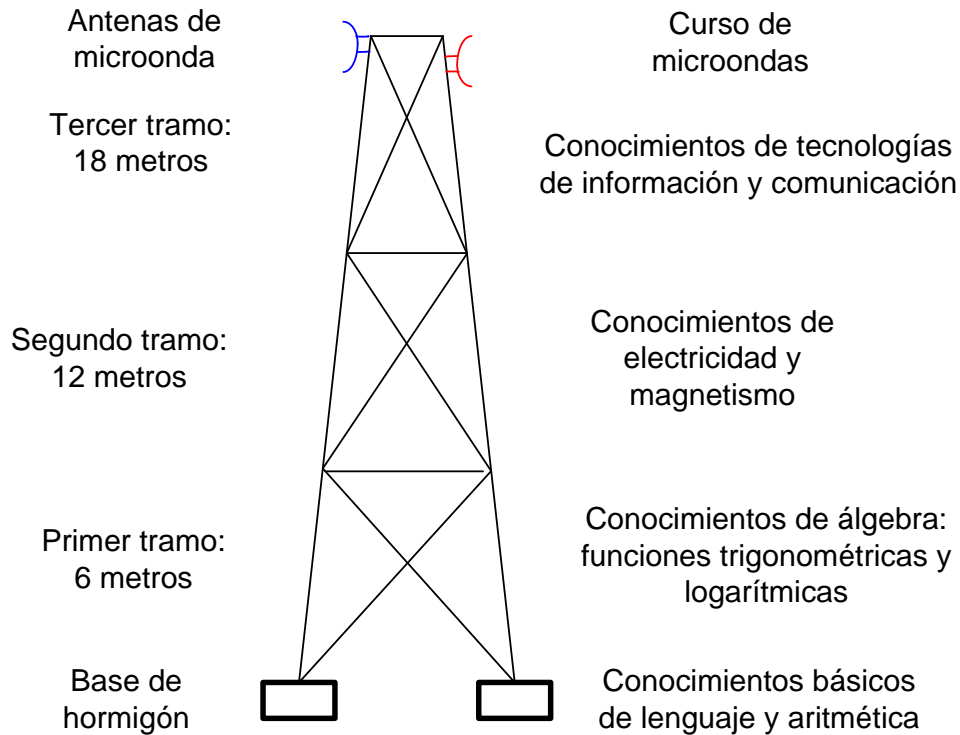
Fuente: (Aubert et al., 2013). (Wankat & Oreovicz, 2015)
Elaborado por: Paco Ortiz

Este programa de capacitación en microondas está basado mayoritariamente en el modelo constructivista y cognitivista. Cognitivista porque el instructor se define como un facilitador del acceso de los estudiantes hacia el descubrimiento de un contenido que son las tecnologías de microondas, y es constructivista porque se basa en los conocimientos que ya tienen los participantes, para ayudarles a construir su propio conocimiento mediante la reflexión y la práctica, y a partir de las encuestas realizadas, primero reforzar las bases cognitivas pertinentes.

El conocimiento en tecnologías de microondas se construirá como una torre de telecomunicaciones, primero la base de hormigón (los fundamentos), luego el primer tramo

con gruesos perfiles de hierro, luego el segundo tramo con perfiles más ligeros y así hasta alcanzar el objetivo:

Gráfico 3. El Conocimiento se va Construyendo Sobre la Base de Conocimiento Previo.



Elaborado por: Paco Ortiz

Construir Aprendizaje Significativo

El aprendizaje memorístico ocurre cuando la persona es capaz de repetir y utilizar mecánicamente un contenido pero sin llegar a entenderlo. Por el contrario el aprendizaje significativo de un cierto contenido, se da cuando éste ha sido incorporado en la estructura cognitiva del individuo, es decir se inserta en ella, forma parte de ella ya que ha habido un proceso de asociación con los conocimiento precedentes (Serrano, 2016).

Algo tiene significado cuando es capaz de evocar en nuestra mente una experiencia o un hecho. El aprendizaje significativo de un concepto debe irse construyendo poco a poco, un proceso de larga duración que tiene muchas ventajas, entre ellas, quedar en la memoria de largo plazo y que cuando un conocimiento ha sido incorporado, su poseedor lo puede usar de forma casi automática, ya sin reparar demasiado en él, menos dependiente del contexto (por lo tanto más abstracto), para proyectarse sobre la adquisición de un conocimiento nuevo. “El aprendizaje significativo también favorece el pensamiento abstracto el cual es una competencia de la mente que usa el solo entendimiento para a su vez construir más significado” (Serrano, 2016, pág.40).

Un buen profesor muy recursivo, tenderá a crear aprendizaje significativo utilizando todos los recursos didácticos que están a su alcance de acuerdo al contenido de su materia. Por su parte el estudiante, al conocer cómo funciona el mecanismo de aprendizaje significativo, participa activamente en la construcción de su propio conocimiento y hace todo el esfuerzo para realizar las actividades a él encomendadas. En el caso de la enseñanza de ciencia y tecnología, los laboratorios son el lugar apropiado para construir significado.

En el caso de las matemáticas se da un fenómeno interesante: se parte de lo concreto, se atraviesa lo semiconcreto y se llega a lo abstracto, pero una vez abstraído un concepto, éste se vuelve el insumo cuasi-concreto para elevar un nuevo ciclo de abstracción. Cada especialidad puede tener sus propias estrategias de aprendizaje significativo. El proceso de enseñanza-aprendizaje significativo (PEAS) en el caso de la teoría electromagnética, necesita de una sólida base matemática, orientada con anterioridad a su campo de acción

que son los fenómenos electromagnéticos, los cuales por su parte deben ser paralelamente vivenciados por los estudiantes en el laboratorio apropiado.

Solo el aprendizaje significativo, al contrario que el aprendizaje memorístico, posibilita la recursividad y la creatividad, es decir posibilita la construcción de conocimiento nuevo.

Creatividad implica iniciativa. Las instituciones de educación se nutren de los logros académicos de sus estudiantes, por lo tanto, deben propiciar, respetar y respaldar las iniciativas que por pequeñas que parezcan pueden dar origen a grandes ideas, muy significativas.

2.2.3 Ética del profesional de la docencia, del docente o capacitador.

Ética es una disciplina filosófica que trata de explicar qué es la moral, como se fundamenta y cómo se aplican sus principios a los diferentes ámbitos de la vida humana (Ayala, 2010, pág.23).

La moral por su parte son las normas que rigen el comportamiento de los integrantes de una sociedad, estableciendo que es lo permitido y que no lo es, a fin de lograr la convivencia armónica entre sus miembros. La moral por lo tanto puede variar de una sociedad a otra y de una era a otra. También existe la moralina, pero este en este caso más bien como una falsa moral, frívola, superficial y sesgada.

En este amplio marco de carácter filosófico se desarrolla la Edu-ética o ciencia que estudia las normas morales dentro de la actividad educativa, especialmente a ser tenidas en cuenta por todo docente.

Para un profesional de la enseñanza, ya sea docente o capacitador, la ética de la profesión establece una serie de principios a ser observados: universales, profesionales, docentes. Nos remitimos en este punto al autor Boris Tobar experto en la materia, tomando literalmente el siguiente apartado: (Tobar, 2016)

2.2.3.1.- Principios Universales

a. No maleficencia

RESPECTO A LA INTEGRIDAD DE LOS ESTUDIANTES

Tiene origen en el la máxima de la medicina “primun non nocere”

No causar daño moral (no calumniar ni difamar)

No causar daño psíquico-emocional. ¡Cuidar las palabras!

No causar daño físico, ¡No cabe la agresión física como método para algo...!

b. Beneficencia

BUSCAR EL APRENDIZAJE DEL ESTUDIANTE

Hacer el bien a toda persona que necesite de mis servicios.

Hacer todo lo que esté al alcance del docente para que el estudiante aprenda y se desarrolle como profesional, persona y sujeto social.

Hacer el bien desde la solidaridad, “ser un samaritano mínimo”.

(Si en una situación no está claro si el estudiante gana o no gana el puntaje en juego, el profesor por este principio, automáticamente concede).

c. Autonomía

“Respetar las decisiones del otro”

Que el estudiante se eduque en un clima de libertad y mínimo control externo.

Que en el pensar, sentir y actuar el estudiante actúe desde su conciencia y responsabilidad.

El estudiante debe tomar una decisión informada. “Haz por ellos lo que con ellos te has puesto de acuerdo en hacer”.

Una de las negaciones de este principio es el paternalismo autoritario.

d. Justicia

“Dar a cada uno lo que le corresponde” Ulpiano

Presupuesto: los recursos son limitados y existe hoy una desigual distribución de los mismos.

Cada persona debe tener acceso a los servicios (derechos) necesarios y un nivel de bienestar adecuado garantizado por el Estado.

Propiciar a todo estudiante las mismas condiciones y oportunidades educativas para las que fuera capaz y los medios para que la educación funcione adecuadamente. (Si el profesor le ayuda con un punto a un estudiante, tiene que darles la misma oportunidad a todos).

2.2.3.2. Del profesional en general

a. Legalidad

“La legalidad es el marco de referencia mínimo para la gestión académica”

El marco legal del Estado y de las normas internas de la institución es la cancha.....

No cabe la manipulación de la ley para el engaño a personas, instituciones o al Estado.

Si se considera que X reglamento o ley es injusta, se puede, levantar una crítica a ella e impulsar su reforma, pero mientras tanto se debe ser legal....

b. Idoneidad

“Ser sujeto capaz, perito y prudente”

El profesional es aquel que hace bien su trabajo ¡hacer bien el bien! con calidad académica, con capacidad de gestión didáctica y manejo de la prudencia-justicia en las decisiones.

La decisión prudente-justa debe buscar que el fin sea bueno y sincero, el fin sea bueno y permitido y por último que los efectos secundarios sean efectos y no medios.

c. Confidencialidad

La confidencialidad es el derecho a la protección de los datos de los actores del proceso educativo con el fin de evitar que se revele dicha información a terceros sin autorización de la persona implicada.

Manejar con cautela la información reservada.

No es privacidad, pues esta hace énfasis en lo jurídico con el fin de proteger-controlar la información personal.

d. Fidelidad a las responsabilidades asumidas

Se refiere a ejecutar con calidad y a tiempo las tareas previamente asumidas o asignadas por la institución.

La responsabilidad es una virtud humana, que se entiende como la habilidad para responder por una tarea frente a sí mismo (ser coherente) frente a la sociedad (ser profesional).

e. Buena fe

Se refiere a la franqueza y honestidad que deben anteceder a las acciones y decisiones.

El móvil de una acción o del conjunto del proceso educativo se debe realizar con recta intención.

La persona que hace hábito de este principio se constituye como alguien digna de crédito, se acredita por sus acciones.

La buena fe excluye, el engaño...

f. Evitar conflicto de intereses

En la toma de decisiones el criterio que se debe manejar es el del bien supremo del estudiante y evitar tomar decisiones motivadas por intereses personales, familiares o corporativos, afectivos, que lleven a perjudicar el bien específico de los estudiantes, la institución y del país.

En este sentido es necesario tomar decisiones marcados por criterios objetivables que eviten la discrecionalidad o arbitrariedad.

2.2.3.3 Ética para los docentes

a. Emocionalidad empática

No es simpatía ni antipatía que son expresiones primarias,

Es el vínculo emotivo-razón con el estudiante

El acto educativo está coloreado por la relación emocional.

La emocionalidad crea atmósfera de confianza, de libertad o de miedo y control.

b. Comunicación didáctica

El docente desarrolla sesiones pedagógico-didácticas para generar procesos de enseñanza-aprendizaje significativos PEAS:

Parte de conocimientos previos del estudiante,

Genera implicación emocional..

Desarrolla con claridad la tesis, argumentos, principios,

Incluye recursos para el aprendizaje kinestésico.

Realiza síntesis para que los estudiante generen conclusiones ..

c. Autoridad áulica

El docente tiene a cargo un grupo al que debe dirigir con orden y respeto.

Crear un ambiente apropiado para que se genere el proceso de enseñanza aprendizaje.

No se confunde con el autoritarismo, que es el abuso de autoridad.

Mantiene la tensión entre control y libertad.

d. Integridad

El docente -aunque no quisiéramos- es un referente moral de los estudiantes.

Por eso, está llamado a cultivar una conducta coherente entre lo que se piensa, siente y hace.

Se asocia a la rectitud y honradez, con ser correcto, congruente.

e. Creatividad recursiva

El uso de diversidad de recursos- visuales, audibles, dialecticos, experienciales y experimentales son claves.

El docente no puede ser plano, monocorde en el desarrollo del PEAS.

Es necesario cultivar la capacidad creativa para mantener el ritmo de la clase, para romper con la linealidad.

Incluir el humor en el aula es saludable.

f.- Buen juicio

Dar un juicio no solo desde la legalidad formal.

Juzgar no solo desde la situación coyuntural del sujeto.

Juzgar no solo desde la justicia universal

La sabiduría está en articular las tres dimensiones

Tabla 14.Ética del Docente.

Principios						
Universales	No maleficencia	Beneficencia	Autonomía	Justicia		
Exigencia profesional	Legalidad	Idoneidad	Confidencialidad	Fidelidad a las responsabilidades	Buena Fe	Evitar conflicto de interés
Exigencia docente	Emocionalidad empática	Comunicación didáctica	Autoridad áulica	Integridad	Creatividad, recursividad	Buen juicio

Fuente: (Tobar, 2016)

Durante un curso de capacitación para ingenieros, unos de los asistentes al curso era la persona que lo había organizado y contratado al instructor. Por mala fortuna esta persona tuvo actitudes que provocaban indisciplina en el curso. Después de pensarlo muy bien, el capacitador le llamó la atención, simplemente le dijo que si tenía algo que acotar pidiera la palabra y procediera. La situación no era fácil, pues llamó la atención a quien le pagaba, pero la ética del docente le exigía mantener la disciplina en el aula, no con abuso de autoridad, porque ello implica autoritarismo, al contrario, con firmeza y cortesía, pero debía hacerlo.

2.3 BASES TEÓRICAS Y PARTICULARIDADES DE LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA.

“...Los conceptos fundamentales de la ciencia y la ingeniería cambian lentamente mientras que la tecnología cambia rápidamente. Los métodos para enseñar ingeniería siguen siendo los mismos y siguen las mismas reglas; los conceptos fundamentales son tan verdaderos hoy como hace 25 años...” (Wankat & Oreovicz, 2015, pág.ix).

De hecho, la parte introductoria de este trabajo de tesis está fundamentada en el libro “La Evolución de la Física” escrita por Albert Einstein y Leopold Infeld por el año 1938 (por ejemplo la diferencia entre una onda longitudinal y una onda transversal). También citamos el tratado de Maxwell “A Treatise on Electricity and Magnetism” publicado en 1876. Esto muestra claramente cómo los conceptos fundamentales en electromagnetismo se mantienen y se mantendrán vigentes si bien la tecnología permite la manipulación de las ondas electromagnéticas a tal punto en la actualidad de poder enviar fotos y videos mientras nos desplazamos en el auto, lo cual era imposible en 1938 o peor en 1876.

Esto respondería también a otra de las interrogantes planteadas en la parte introductoria de este trabajo ¿se puede clasificar el conocimiento entre de largo plazo y de corto plazo?

La respuesta es sí. Conocimiento de largo plazo es aquel que se refiere a los conceptos fundamentales de una disciplina ya sea ciencia o ingeniería, la naturaleza de las ondas electromagnéticas en este caso. Conocimiento de corto plazo se refiere a los conocimientos de las tecnologías en boga en ese momento histórico. Por ejemplo la telefonía celular que pasó en el lapso de unos 15 años de 2G a 4G, y que en el año 2003

podía enviar correo e imágenes muy lentamente a unos 200 kbps y ahora en el 2017 puede llegar a 10 Mbps.

Un ingeniero muy experto en sistemas 2G llamados también GSM (global system mobile) al paso de pocos años, si no ha tenido la oportunidad de mantenerse vigente, tendría que reaprender la tecnología de la telefonía celular 4G, aunque el conocimiento fundamental siga siendo el mismo: las ondas de radio.

Por estos motivos, al diseñar un curso sobre radiocomunicaciones, deberemos separar los contenidos entre fundamentales y tecnológicos. Una base en lo fundamental más un desarrollo en competencias para lograr una capacitación completa al personal técnico.

Otra cuestión importante es aquella que pregunta si un buen ingeniero es también un buen profesor.

“...¿Si soy un buen investigador, automáticamente seré un buen profesor?” (Wankat & Oreovicz, 2015, pág.6).

“...El Instituto de Ingeniería de Australia recomienda a las escuelas de ingenieros desarrollar políticas para asegurar que su staff tome cursos formales de enseñanza aprendizaje...”(Wankat & Oreovicz, 2015, pág.6).

Una práctica común en las universidades de todo el mundo ha sido la creación del cargo de “ayudante de cátedra” por el cual un estudiante interesado en llegar a ser profesor puede aprender la profesión mediante la técnica “on the job training”, es decir aprender sobre la marcha, haciendo. Recordemos sin embargo que este trabajo de tesis está pensado para

proveer conocimientos básicos justamente al personal de las telecomunicaciones que aprende sobre la marcha y que no tuvo la oportunidad de asistir a clases formales en una universidad porque el “on the job training” no es suficiente para ellos. Es decir, al aprender sobre la marcha, el ayudante de cátedra estará expuesto a repetir los mismos errores que su mentor, y sobre la enseñanza, muchas cosas le quedarán siendo un misterio.

En la actualidad, los jóvenes que estudian electrónica, aprenden a programar un pequeño módulo llamado “Arduino”, el cual les permite crear secuencias de movimientos en un pequeño vehículo, dotado de procesador “ATmega” y de sensores ultrasónicos y controlados por “bluetooth”. En 1993 los estudiantes utilizaban un procesador que debía leer las instrucciones de una UVRAM (ultraviolet random Access memory), para lo cual era necesario tener el programador/borrador de tales memorias. Esto es un ejemplo de que el conocimiento sobre contenido tecnológico suele caducar, aunque el fin (mover el vehículo) siga siendo el mismo.

Otra cuestión, es la cuestión humana. Hace pocos años, un joven talentoso, experto programador y capacitador de “ATmega” sorprendió afirmando que los egresados de su universidad eran buenos profesionales porque, cuando estudiantes, los ¡maltrataron!

Una cuestión muy extraña. Seguramente un psicólogo podría encontrar el nombre del síndrome por el cual el maltratado agradece a su maltratador.

Si los profesionales egresados de un centro de educación superior son buenos profesionales es gracias a su talento excepcional y si no hubieran sido maltratados, posiblemente tendrían un desempeño profesional superior.

“Malditos estudios superiores, que me convirtieron en un ser inferior” decía un graffiti al interior de un prestigioso centro de educación. Posiblemente había demasiado maltrato psicológico. Y es grave, puesto que el maltrato de este tipo hace mella años después y baja la autoestima del profesional y genera un rencor difícil de olvidar hacia el maltratador que abusó de su poder y de la situación de vulnerabilidad en que se encuentra el estudiante. Además el maltrato psicológico a los estudiantes, a la larga afecta el desempeño del centro de estudios que lo permite, pues se crea un ambiente poco apto para la creatividad y la heurística tan necesarias para la verdadera innovación tecnológica.

En definitiva de un mal ambiente no pueden emerger ideas nuevas. Rigurosidad académica sí, mucha. Rigurosidad científica, ¡por supuesto! si la ciencia misma tiende a ser objetiva. Pero en un ambiente respetuoso y acogedor.

Estas reflexiones van más allá.

De acuerdo al código de ética para ingenieros de Estados Unidos: “...un ingeniero prestará servicios solamente en las áreas de su competencia. Enseñar cuando no es de su competencia puede entonces considerarse antiético...Ya que la enseñanza es un servicio profesional, enseñar cuando uno no es competente, posiblemente es antiético...”(Wankat & Oreovicz, 2015, pág.7).

“Deberes para con la propia profesión: se habla de la competencia profesional y su correlativa responsabilidad. Se trata de definir en términos generales qué es un buen profesional, delimitar el ámbito de actuación de la profesión, estableciendo las condiciones de acceso a la misma y descalificando el intrusismo” (Galo Bilbao et al., 2006, pág.283).

Y aún más allá.

¿Si soy un buen investigador y tengo un grado de Doctor (Philosophical Doctor en universidades americanas, Doctor simplemente en universidades europeas) automáticamente soy un buen profesor?

La respuesta es no. Automáticamente nadie puede ser bueno en una actividad para la cual no se ha preparado y en la cual aún no tiene experiencia.

Y qué decir del intrínquilis social. Profesores que más ganan mayor salario por poseer un título más alto, ¿menosprecian a sus colegas? ¿Aunque éstos tengan una trayectoria de 30 años en la docencia? Ideas prejuiciadas que no le hacen bien a la institución ni al ánimo de colaboración que debe regir en un centro de enseñanza superior. Toda actitud egoísta debe ser desterrada de un centro de educación superior. Recordemos que la universidad es la casa de las ideas, del libre pensamiento, de la creatividad. (Tunerman, 2011). Recordemos también que los animales compiten, los seres humanos colaboran. La relación fundamental entre seres humanos es la colaboración, no la competencia (Maturana & Varela, 2003).

Las sociedades y las instituciones cambian con el pasar de los años. Es necesario hacer ajustes. Los docentes de ingeniería y ciencias, deben potenciarse con la moderna psicología educativa y teorías del aprendizaje, en el proceso cognitivo del ser humano, a fin de lograr eficacia y eficiencia hacia el aprendizaje significativo y la creatividad.

Entonces, ¿a quién se considera “buen profesor”?

Tomando literalmente la clasificación presentada en la obra “Teaching Engineering” (Wankat & Oreovicz, 2015, pág.8) la cual señala dos dimensiones: intelectual e interpersonal.

La dimensión intelectual se considera la más importante. El buen profesor debe ser ante todo intelectualmente muy despierto. Debe dar claridad y organización a sus presentaciones las cuales a su vez deben ser actualizadas. Presentaciones aburridas pueden opacar el contenido más emocionante. Profesores de gran desempeño necesitan mostrar energía, entusiasmo, amor por el material presentado, usar lenguaje y pronunciación claros y comprometer a los estudiantes a involucrarse con el material del curso. Luego viene la dimensión del entendimiento interpersonal (rapport) que es desarrollada por profesores que muestran interés por sus estudiantes como individuos, conocen de ellos algo más que sus nombres y siempre los animan a tener pensamiento independiente aunque no coincida con el suyo propio. Tienen tiempo para atender sus consultas dentro y fuera de clase. Estas dos dimensiones interactúan para crear un cuadro comparativo donde se puede observar cuándo alguien puede ser considerado buen profesor:

Tabla 15. Dimensión Desempeño Intelectual.

	Dimensión1: Desempeño intelectual
Alto	Extremadamente claro y emocionante
Medio	Claro e interesante
bajo	Difuso y aburrido
Muy bajo	-----

Fuente: (Wankat & Oreovicz, 2015, pág.8)

Tabla 16. Dimensión Entendimiento Interpersonal.

	Dimensión 2: Entendimiento interpersonal
Alto	Acogedor, abierto, predecible, orientado al estudiante
Medio	Relativamente acogedor, alcanzable, democrático, predecible
bajo	Frío, distante, controlador, impredecible
Muy bajo	Atacante, sarcástico, desdenoso, controlador e impredecible

Fuente: (Wankat & Oreovicz, 2015, pág.8)

Muy interesante cuadro. Como ejercicio mental podemos pensar en nuestros propios maestros.

Tener un mayor grado académico no necesariamente implica ser buen profesor. Esto es una idea sin fundamento. Cualquier profesional (PhD, Magíster, ingeniero, médico, licenciado, etc.), que domine un área específica de conocimiento puede llegar a ser un buen maestro siempre y cuando se haya capacitado para ello o bien goce del muy raro don en forma innata. Ser gentil con los estudiantes en nada disminuye la tan mentada rigurosidad académica.

Actualmente existe una disposición en la Ley de Educación Superior, que indica que profesor universitario puede ser alguien que tenga al menos grado de Magíster pero con la limitante de que la maestría tiene que ser “afín” a la disciplina en la que se ejercerá la docencia. (Gobierno del Ecuador, 2010, LOES, pág.24). ¿Por qué? ¿Por qué ser experto en

un área específica de conocimiento parece implicar que sabrá llegar a los estudiantes y sabrá educarlos no solo con carácter informativo sino formativo y transformativo? Esta “afinidad” habría que revisar y complementarla con “preparación pedagógica adecuada”, por el bien de los estudiantes y por los logros científicos que toda institución de enseñanza superior anhela.

Entre las principales técnicas didácticas que se aplican a la enseñanza de las disciplinas ingenieriles y científicas tenemos las siguientes:

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Es una técnica clásica que sirve para asegurar el correcto entendimiento de los contenidos. Se pueden crear varios niveles de problemas a resolver: de rutina, de estrategia, de creatividad.

CONFERENCIAS

En este grupo están también las clases magistrales. Ha sido la forma más común de enseñar ingeniería, pero las modernas técnicas pedagógicas dicen que esta técnica debe ser minoritariamente usada para las clases de ciencias e ingeniería, pues promueven la actitud pasiva de los estudiantes de modo que se llega a un modelo conductista que no favorece la creatividad.

APRENDIZAJE ACTIVO

El estudiante debe ser instruido para que hacer algo referente a la clase, no sentarse en forma pasiva a escuchar una charla. Por ejemplo subrayar, manipular objetos didácticos, graficar, resumir, explicar, discutir. Cooperar en grupos de discusión.

APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS

Usar casos y problemas reales para someterlos al escrutinio dirigido de los estudiantes. Generalmente se los realiza como actividades grupales.

ENSEÑANZA CON TECNOLOGÍA.

Las calculadoras de bolsillo hace tiempo que son una herramienta básica de todo estudiante de ingeniería. También, aunque con menos impacto, lo son las computadoras y el software asociado a los cálculos matemáticos y a programas de simulación.

Se incluye la televisión, videos y cursos online. Útiles como refuerzos, el material debe ser bien seleccionado por el profesor. Es muy importante usar elementos de calidad que provean de buen audio y buena claridad de video.

DISEÑO Y LABORATORIO

“Si le quitamos los laboratorios y el diseño a la carrera de ingeniería, bien podríamos cambiar el título profesional por el de matemáticas aplicadas. Y no es que haya algo de

malo en un título de matemáticas aplicadas, pero no es lo que el estudiante y las compañías andaban buscando”(Wankat & Oreovicz, 2015, pág.213).

Por este motivo es que las carreras de ingeniería no pueden ser enseñadas plenamente en cursos a distancia por internet. Necesitan de los laboratorios para poner en práctica los conceptos vistos en la teoría. Así como el ser humano es una compleja interrelación entre lo emocional y lo racional, así también la ingeniería es una interrelación entre la teoría y la práctica.

Y es que las actividades en un laboratorio pueden incluir todas las técnicas didácticas anteriormente vistas: resolución de problemas, conferencia, trabajo en grupo, proyectos, etc. El laboratorio es por excelencia el lugar donde se realizan los vínculos entre la teoría y la práctica. El estudiante aprende a tener cuidado con los instrumentos que usa, aprende a observar normas de seguridad, a trabajar en equipo, a estar en contacto con la realidad, en un ambiente controlado y dirigido por el profesor de laboratorio. El laboratorio es el lugar donde lo abstracto se torna concreto y donde el estudiante adquiere habilidades experimentales. (Wankat & Oreovicz, 2015, pág.231)

Las clases de laboratorio además desarrollan ciertas habilidades en el estudiante que con solo las clases teóricas no podría aprender. Por ejemplo adquiere destrezas sicomotoras, coordinación ojo-mano.

Por ejemplo en un laboratorio puede suceder que el equipo de pruebas no funcione y el estudiante tenga que darse modos para tratar de cumplir. O puede ser que los insumos necesarios se hayan agotado, por ejemplo los resistores o los transistores. O pueden ocurrir situaciones reales que el mejor de los simuladores no simula, por ejemplo al diseñar un

circuito electrónico en una baquelita real pueden darse capacitancias parásitas que en el simulador no suceden, o por ejemplo un interruptor real puede sufrir de micro rebotes de contacto que se controlan por medio de colocar un capacitor en paralelo.

Otras habilidades que se desarrollan en un ambiente de laboratorios están: trabajo en equipo, relaciones interpersonales, necesidad de acudir a nuevas fuentes, nexos con otros profesores y estudiantes, contacto con el mundo real para distinguir entre lo teórico y lo práctico, capacidad de improvisación positiva y autogestión, reglas de seguridad tanto de los bienes como de las personas.

Es importante que la institución mantenga laboratorios en buenas condiciones, bien equipados y bien mantenidos. Pero eso demanda costos y hace necesario compartir los instrumentos por grupos de estudiantes.

Antes de ir al laboratorio, es importante que los estudiantes hayan realizado una preparación previa de acuerdo al tipo y los objetivos de la práctica. Algunas prácticas pueden ser de las más sencillas 100% guiadas, como seguir una receta de cocina (Wankat & Oreovicz, 2015), pero también hay prácticas que demandan habilidades heurísticas que implican diseño e invención.

Naturalmente una clase de laboratorio debe ir en consonancia con las clases teóricas. Si solo se queda en lo teórico, se queda en el mundo de las ideas, con lo cual el filósofo Platón estaría muy de acuerdo. Pero el mundo real es pragmático y las disciplinas ingenieriles son disciplinas que combinan lo teórico con lo práctico; sus profesionales deben ser capaces de construir cosas que funcionen.

Como anécdota de lo que no se debe hacer: estudiar circuitos eléctricos durante un año y medio, sin haber construido ni una sola vez un circuito LC (inductor, capacitor). Solo “aprenderse” las fórmulas del libro de la serie Schaum. La ciencia reducida a recetario.

2.3.1 Enseñanza de la Teoría Electromagnética

Existe una materia en toda carrera de ingeniería eléctrica o electrónica que lleva el nombre de **Teoría Electromagnética** y que se supone debe ser donde se aprendan los conceptos fundamentales de los campos eléctrico y magnético.

Empezando por el nombre de esta disciplina, por neurolingüística, sabemos que existe una especie de bloqueo mental al suponer que no debe haber un laboratorio para ésta. Como su nombre al parecer lo estaría indicando, es pura teoría. Craso error. Por pensar de esta forma es que el maravilloso mundo de la electricidad y el magnetismo no ha sido bien comprendido por generaciones de estudiantes ecuatorianos.

En el ejercicio profesional existe la oportunidad de hacer buena amistad con ingenieros de otras latitudes. Por citar un caso, de un ingeniero italiano con quien se instaló un proyecto de radio enlaces en la República Dominicana, que narró a los amigos cómo, durante su periodo estudiantil diseñó y construyó un transmisor de FM cuya antena fue instalada en el campanario de la iglesia de su pueblo natal Savona a cambio de pasar las misas dominicales. Su tesis de grado consistió en la construcción de una antena de lóbulo orientable, construida con una matriz de diodos. Esto da una idea acerca de cómo para él la teoría electromagnética era algo familiar y bien comprendido...al contrario que para quienes lo escuchaban, profesionales ecuatorianos que no llegaron a entender bien de que

se trata la materia. Esto empezó seguramente cuando el profesor de matemáticas avanzadas, un “matemático puro” sin formación como profesional de la docencia, se encargó de mostrar lo difíciles que son las integrales triples, el operador nabla, la divergencia, el rotacional, enseñando con un divorcio tal de la realidad que al llegar a la teoría electromagnética en el siguiente semestre, simplemente hubo que abandonar toda esperanza de entender.

La típica pregunta del examen, escribir las 10 ecuaciones de Maxwell. Sin haber tenido experimentado nunca un campo eléctrico estático, sin haber construido un solenoide, sin haber calculado y medido un flujo magnético. Por lo menos haber enrollado alambre en torno a una brújula y ver cómo se desvía la aguja.

Como recomendación para las instituciones aludidas: se debe enseñar teoría electromagnética en paralelo a un laboratorio. De lo contrario esta área del conocimiento seguirá siendo una laguna mental para los egresados. Se debe terminar con la mediocridad de la enseñanza superior conductista, memorística, pasiva, orientada a las notas, no al placer de entender algo. De seguro que James Clerck Maxwell, se sentiría orgulloso al saber que su teoría, casi 150 años después, es bien comprendida.

Gráfico 4. Generador de Campo Electrostático Construido para el Programa de Capacitación en Microondas. Los Hilos de Nylon se Separan (izq.); La Bolita Metálica es Atraída (der.)



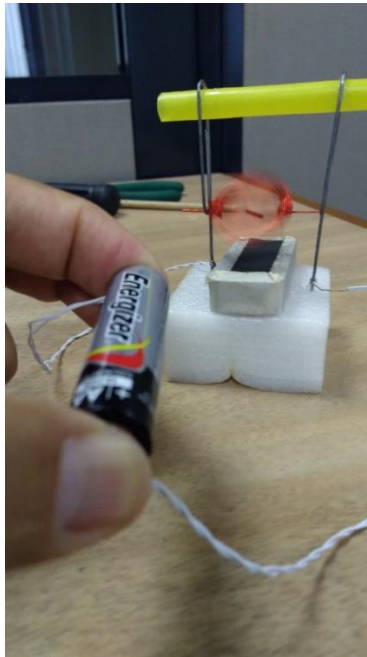
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 5. Solenoide Construido para el Programa de Capacitación en Microondas. La Aguja de la Brújula se Desvía del Norte.



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 6. Motor Eléctrico Básico Construido para el Programa de Capacitación en Microondas.



Elaborado por: Paco Ortiz

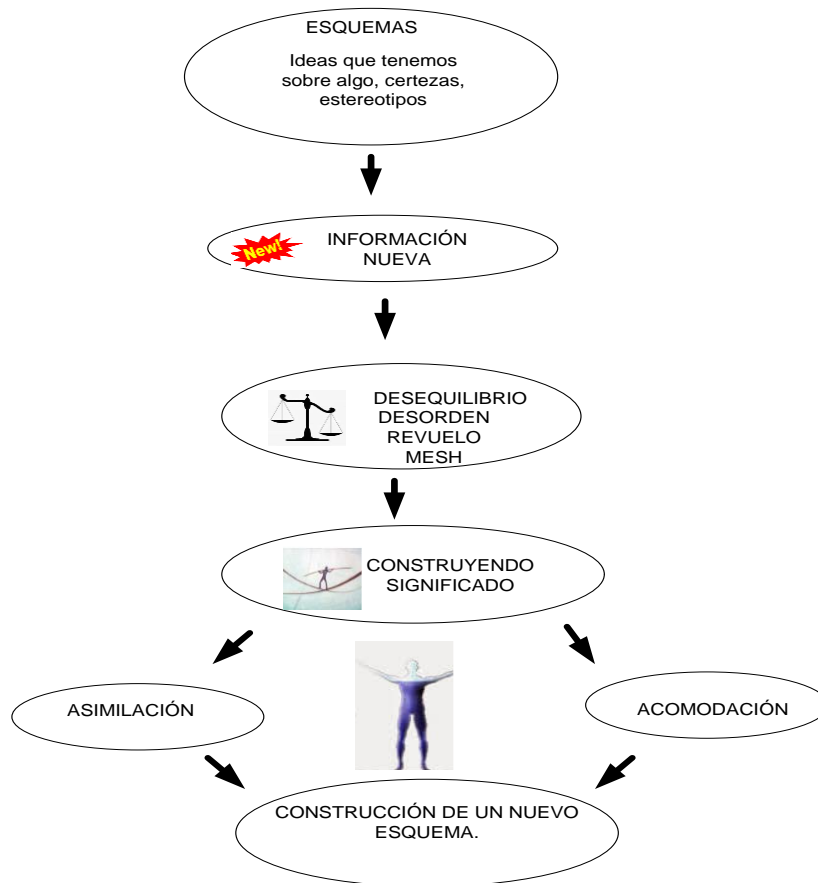
2.3.2 El Ciclo del Aprendizaje Científico

Es de suma utilidad revisar este ciclo, el cual ha sido desarrollado en base a la teoría del constructivismo de Jean Piaget, y que se utiliza como un buen método para la enseñanza de las disciplinas ingenieriles y científicas, entre ellas la teoría electromagnética (Wankat & Oreovicz, 2015, pág.360).

Como sabemos el constructivismo indica que ningún alumno es una hoja en blanco en la que llega el profesor a escribir. Al contrario, el alumno ya sabe ciertas cuestiones extraídas de sus vivencias y estudios anteriores. Además en la hoja, que no está en blanco, escribirá él mismo, no el profesor.

El constructivismo implica mover esquemas para construir significado.(Lehmann, 2015).

Gráfico 7. Desequilibrio Cognitivo

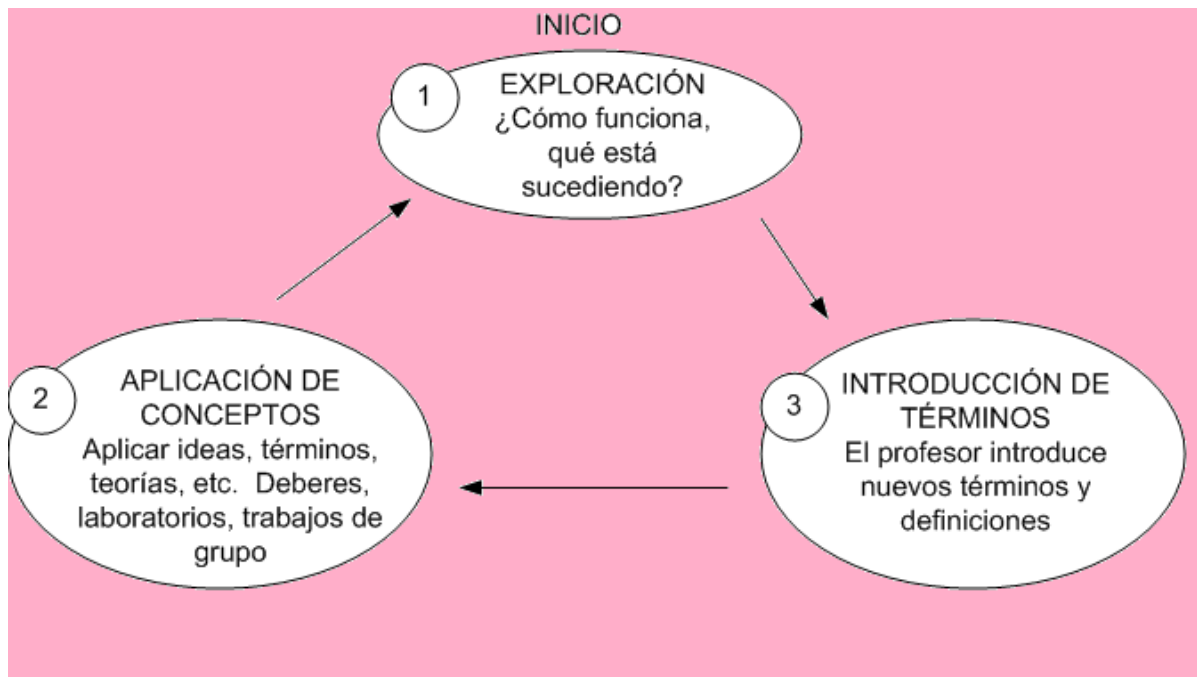


Fuente: (Lehmann, 2015)

Elaborado por: Paco Ortiz

Basándose en el desequilibrio cognitivo que propone el modelo pedagógico del constructivismo, se ha diseñado un ciclo de aprendizaje de la ciencia:

Gráfico 8. Ciclo del Aprendizaje Científico.



Fuente: (Wankat & Oreovicz, 2015, pág. 361)
Elaborado por: Paco Ortiz

Por ejemplo. Se fabrica un solenoide enrollando cien vueltas de alambre de bobina # 24 en un tubo de PVC de 2 pulgadas. Se conecta una pila a los extremos del alambre y se acerca una brújula al solenoide. Qué sucede, el solenoide ha desviado la aguja de la brújula. El profesor introduce el concepto acerca de que toda corriente eléctrica produce un campo magnético y explica que campo magnético es la zona próxima a un imán donde los objetos metálicos experimentan una fuerza. Los alumnos son requeridos de explicar los términos aprendidos y nombrar otros casos en que se haya experimentado una fuerza magnética. Incluso alguien muy despierto propone acercar limallas de hierro para poder ver las forma que tiene el campo magnético así generado. Finalmente el hecho natural queda impreso dentro de los esquemas de conocimiento de los estudiantes.

2.3.3 Particularidades de la enseñanza de la comunicación por microondas en el programa de capacitación en comunicación por microondas.

En coherencia con lo expresado en el apartado precedente, al ser el contenido parte de una disciplina de carácter científico y tecnológico (ingenieril), el programa de capacitación en microondas para empleados y trabajadores de la empresa SIAE, deberá contemplar todas las directivas anteriormente nombradas siguiendo los métodos pedagógicos mencionados.

El curso deberá ser teórico-práctico. La parte teórica son los conceptos fundamentales sobre los que deberemos averiguar en qué estatus se hallan los trabajadores a través de encuestas de conocimientos. Entre los conceptos fundamentales están los conceptos básicos de aritmética, álgebra y trigonometría. Entre los fundamentos de física están los sistemas de unidades, la conversión entre sistemas, la electricidad y el magnetismo, los circuitos eléctricos.

Vamos a diseñar una serie de maquetas de bajo costo y con materiales fáciles de adquirir para reforzar las explicaciones teóricas: campo eléctrico y magnético, antenas parabólicas, elipsoides y patrones de radiación. La descripción y uso de este material se verá en el desarrollo de la propuesta.

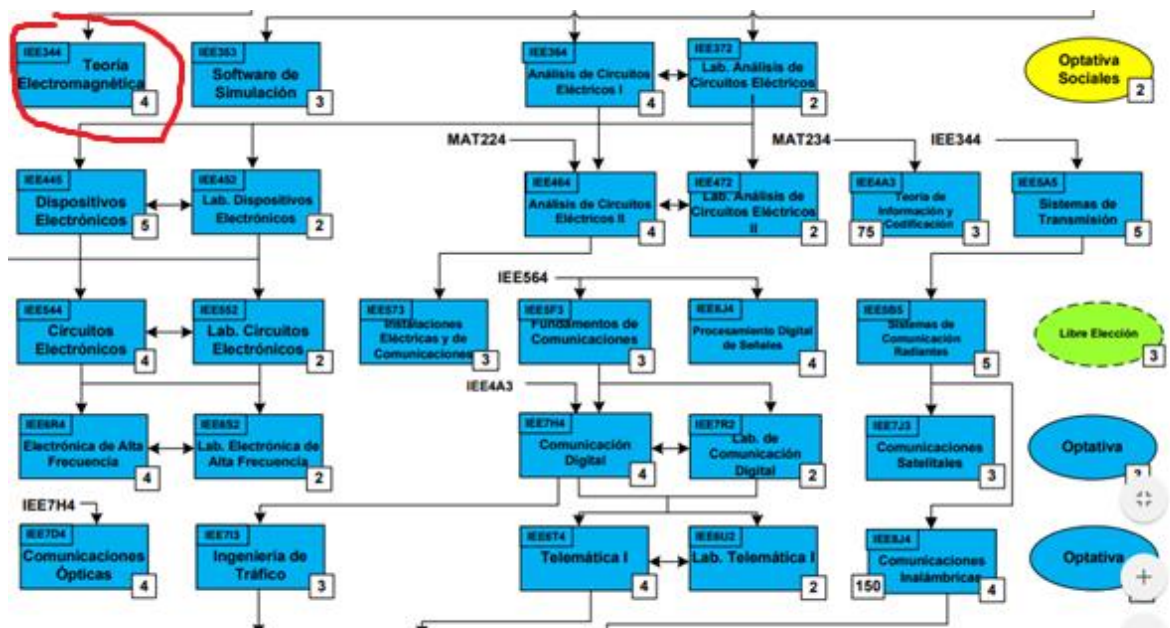
También se realizarán demostraciones con instrumentos de medición como son el generador de barrido de radio frecuencia, el analizador de espectros, el osciloscopio. Se realizarán algunas prácticas por parte de los estudiantes, por ejemplo la obtención de la respuesta de frecuencia de un filtro de RF (radio frecuencia).

2.3.4 Instituciones para la enseñanza de comunicación por microondas en el Ecuador

La comunicación por microondas y la teoría electromagnética generalmente son parte de la carrera de ingeniería en electrónica y telecomunicaciones. Por lo tanto para realizar estos estudios a nivel superior se cuenta a nivel nacional con las siguientes instituciones:

a.- Escuela Politécnica Nacional. Ingeniería electrónica y de telecomunicaciones.

Gráfico 9. Escuela Politécnica Nacional. Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones.



Fuente: Malla curricular EPN

Elaborado por: Paco Ortiz

b.- Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Ingeniería de telecomunicaciones.

Gráfico 10. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Ingeniería de telecomunicaciones.

V CICLO		ELECTRONICA II(4.00c)	ESTUDIOS CONTEMPORANEOS(3.00c)	PLANTA EXTERNA(3.00c)
		DIGITALES I(4.00c)		ANTENAS Y PROPAGACION(4.00c)
		LABORATORIO DE ELECTRONICA(4.00c)		ANALISIS DE SEÑALES Y SISTEMAS(3.00c)
VI CICLO	MATEMATICAS FINANCIERAS(3.00c)	DIGITALES II(4.00c)		OPTATIVA II(3.00c)
		LABORATORIO DE DIGITALES(4.00c)		CONMUTACION Y TRAFICO TELEFONICO(3.00c)
		MICROCONTROLADORES(4.00c)		FUNDAMENTO DE COMUNICACION(4.00c)
				PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES(3.00c)
CAMPO DISCIPLINARIO		CAMPO HUMANISTICO	CAMPO HUMANISTICO	CAMPO INVESTIGACION
CIENCIAS BASICAS		ESTUDIOS GENERALES	INGLES	TELECOMUNICACIONES
VII CICLO		INGLES TECNICO I(3.00c)	INVESTIGACION OPERATIVA(3.00c)	
			COMUNICACIONES INALAMBRICAS(3.00c)	
			LINEAS DE TRANSMISION(3.00c)	
			INSTRUMENTACION VIRTUAL(3.00c)	
			SISTEMAS TELEMATICOS (4.00c)	
			PRACTICA PREPROFESIONAL I: PLANTA EXTERNA(8.00c)	
VIII CICLO	ECONOMIA(3.00c)	INGLES TECNICO II(3.00c)	OPTATIVA III(3.00c)	
			SISTEMAS SATELITALES(3.00c)	

Fuente: malla curricular
Elaborado por: Paco Ortiz

c.- Universidad Técnica Particular de Loja. Electrónica y telecomunicaciones.

Gráfico 11. Universidad Técnica Particular de Loja. Electrónica y telecomunicaciones.

• PROGRAMA FORMATIVO UTPL-ECTS-1C

X	Proyecto fin de carrera 28C		Proyectos de ingeniería 4C	Interconexión de servicios de telecomunicación 4C	COMPLEMENTARIAS (14 CRÉDITOS)	FORMACIÓN BÁSICA (28 CRÉDITOS)	LIBRE CONFIGURACIÓN (28 CRÉDITOS)
IX			Comunicaciones ópticas 4C	Tecnologías inalámbricas de comunicación 6C			
VIII	GP 3 14C	Telefonía fija y móvil 4C	Propagación de ondas 4C	Seguridad de redes 4C			
VII		Micronondas 4C	Transmisión de datos 4C	Estructura de redes de comunicación 4C			
VI	GP 2 8C	Electrónica de radiofrecuencia 4C	Antenas 5C	Teoría de control automático 4C			
V		Radiación y guías de onda 4C	Instrumentación 4C	Sistemas de comunicación 4C			

Fuente: malla curricular
Elaborado por: Paco Ortiz

d.- Universidad Nacional de Chimborazo. Ingeniería electrónica y de telecomunicaciones.

Gráfico 12. Universidad Nacional de Chimborazo. Ingeniería electrónica y de Telecomunicaciones.

Período Académico Abril - Agosto 2015 / Facultad de Ingeniería / Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones / Sexto Semestre

Buscar cursos: Ir

- SISTEMAS DE CONTROL**
- SISTEMAS DE MICROONDAS Y LABORATORIO**
- COMUNICACIÓN DIGITAL Y LABORATORIO**
Profesor: CIRO DIEGO RADICELLI GARCIA
- INGENIERÍA ECONÓMICA Y FINANCIERA**
- MICROPROCESADORES Y LABORATORIO**
- ELECTRÓNICA DE ALTA FRECUENCIA Y LABORATORIO**

Fuente: malla curricular
Elaborado por: Paco Ortiz

e.- Escuela Politécnica del Chimborazo. Ingeniería electrónica en telecomunicaciones y redes.

Gráfico 13. Escuela Politécnica del Chimborazo. Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes.

			AUTONOM.		
IT06EO1	LABORATORIO DE ELECTRÓNICA II	32	32	2	IT05EO1 IT05EO2
IT06EO2	MICROCONTROLADORES	64	64	4	IT05EO3
IT06EO3	ELECTRÓNICA II	64	64	4	IT05EO2
IT06PO4	RADIO ENLACES	64	64	4	IT05PO5
IT06PO5	COMUNICACIONES II	64	64	4	IT05PO4 IT04BO1
IT06PO6	REDES DE COMPUTADORAS	64	64	4	
IT06BO7	INVESTIGACIÓN OPERATIVA	64	64	4	
TOTAL		416	416	26	
NIVEL 7					
CÓDIGO	ASIGNATURAS	H/S PRES.	H/S AUTONOM.	CRÉDITOS	PREREQUISITO
IT07PO1	PROGRAMACIÓN DE REDES	48	48	3	IT06PO6

Fuente: malla curricular
Elaborado por: Paco Ortiz

f.- Universidad Estatal Península de Santa Elena. Electrónica y telecomunicaciones.

Gráfico 14. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Electrónica y Telecomunicaciones.

II Semestre

Cálculo de varias variables	Álgebra Lineal	Programación Avanzada	Física II	Epistemología de la Investigación	Expresión Oral y Escrita
-----------------------------	----------------	-----------------------	-----------	-----------------------------------	--------------------------

III Semestre

Ecuaciones Diferenciales	Probabilidad y Estadística	Métodos Numéricos	Circuitos Electrónicos I	Metodología de la Investigación I
--------------------------	----------------------------	-------------------	--------------------------	-----------------------------------

IV Semestre

Circuitos Electrónicos II	Análisis de Señales y Sistemas	Teoría Electromagnética I	Software de Simulación	Ecología y Medio Ambiente
---------------------------	--------------------------------	---------------------------	------------------------	---------------------------

V Semestre

Electrónica I	Sistemas Digitales I	Maquinarias Eléctricas I	Metodología de la Investigación II	Cultura Local y Regional
---------------	----------------------	--------------------------	------------------------------------	--------------------------

VI Semestre

Electrónica II	Sistemas Digitales II	Maquinarias Eléctricas II	Control Continuo	Ingeniería Económica
----------------	-----------------------	---------------------------	------------------	----------------------

VII Semestre

Electrónica III	Microcontroladores	Control Discreto	Electrónica de Potencia I	Realidad Socioeconómica
-----------------	--------------------	------------------	---------------------------	-------------------------

Fuente: malla curricular
Elaborado por: Paco Ortiz

g.- Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ingeniería telemática.

Gráfico 15. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ingeniería Telemática.

PERIODO ACADÉMICO	I SEMESTRE	II SEMESTRE	III SEMESTRE	IV SEMESTRE	V SEMESTRE	VI SEMESTRE	VII SEMESTRE	VIII SEMESTRE	IX SEMESTRE
MODULO	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9
	MATEMÁTICAS PARA LA INGENIERÍA (5)	ÁLGEBRA LINEAL (5)	PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA (4)	ECUACIONES DIFERENCIALES (4)	CIRCUITOS DIGITALES (4)	FORMACIÓN DE LÍDERES (3)	ÉTICA PROFESIONAL (3)	IMPACTO AMBIENTAL (3)	
	MECÁNICA DE LO COTIDIANO (4)	PRESIÓN Y TEMPERATURA (5)	ELECTROMAGNETISMO (4)	SISTEMAS DIGITALES (5)	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES (4)	HARDWARE DE REDES (4)	INTERACCIÓN HOMBRE MÁQUINA (4)	TELEFONÍA Y CONMUTACIÓN (5)	TALLER DE TESIS (3)
	LOGICA MATEMÁTICA PARA LA INGENIERÍA (4)	CÁLCULO DIFERENCIAL (5)	CIRCUITOS ELÉCTRICOS (5)	ELECTRÓNICA BÁSICA Y LABORATORIO (5)	SEGURIDADES (5)	TELEMÁTICA (5)	APLICACIONES TELEMÁTICAS (4)	PROYECTOS DE TELECOMUNICACIÓN (5)	ANTENAS Y PROPAGACIÓN (5)
UNIDADES DE APRENDIZAJE	DESARROLLO DEL PENSAMIENTO ANALÍTICO (4)	ALGORITMOS (4)	ÁRBOLES Y TEORÍA DE JUEGOS (4)	CIRCUITOS ANALÓGICOS (4)	GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO (3)	SISTEMAS OPERATIVOS DE RED (4)	POLÍTICAS Y REGULACIONES DE TELECOMUNICACIONES (4)	MARKETING DE SERVICIOS (3)	ROUTING AVANZADO (5)
	FUNDAMENTOS DE COMPUTACIÓN (4)	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN (4)	PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA (4)	PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS (4)	SISTEMAS OPERATIVOS (4)	INTRODUCCIÓN AL INTERNETWORKING (4)	ROUTING BÁSICO (4)	SWITCHING AND ROUTING INTERMEDIO (5)	
	TÉCNICAS DE EXPRESIÓN ORAL Y ESCRITA (4)	INGLÉS ELEMENTAL (2)	CÁLCULO INTEGRAL (4)	INGLÉS INTERMEDIO (2)	COMUNICACIÓN DE DATOS (4)	SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES (4)	TELECOMUNICACIONES AVANZADAS (4)	FUNDAMENTOS DE ROBOTICA (4)	
	OFIMÁTICA (2)	BASE DE DATOS (2)	INGLÉS BÁSICO (2)	DISÑO DE PÁGINAS WEB (4)	INGLÉS PRE TÉCNICO (2)	INGLÉS TÉCNICO BAJO (2)	INGLÉS TÉCNICO SUPERIOR (2)	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA(4)	ROBOTICA (4)
					PROGRAMACIÓN DE BASE DE DATOS (4)	PROGRAMACIÓN DE MICROCONTROLADORES (4)	SISTEMAS CAD / CAM (4)		

Fuente: malla curricular
Elaborado por: Paco Ortiz

h.- Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Ingeniería electrónica y de telecomunicaciones.

i.- Universidad Israel. Ingeniería en electrónica digital y telecomunicaciones.

Gráfico 16. Universidad Israel. Ingeniería en Electrónica Digital y Telecomunicaciones.

6to. NIVEL	EXAMENES DE RESULTADOS INTEGRALES DEL APRENDIZAJE		7mo. NIVEL	8vo. NIVEL	9no. NIVEL
			Procesamiento Digital de Señales	Comunicaciones Inalámbricas	Comunicaciones Móviles
			EE-7-PP-31 4 h	EE-8-PP-36 4 h	EE-9-PP-41 4 h
Electrónica II			Electrónica de Potencia	Microcontroladores	Televisión Digital
EE-6-FT-26 4 h			EE-7-FT-32 4 h	EE-8-FT-37 4 h	EE-9-PP-42 4 h
Electrónica Digital II			Comunicaciones I	Comunicaciones II	Comunicaciones Ópticas
EE-6-FT-27 4 h			EE-7-FT-33 4 h	EE-8-FT-38 4 h	EE-9-PP-43 4 h
Teoría Electromagnética			Propagación y Antenas	Electrónica de RF	Tx-Rx
EE-6-FT-28 4 h			EE-7-FT-34 4 h	EE-8-PP-39 4 h	EE-9-PP-44 4 h
Estadística y Procesos Estocásticos			Redes de Datos I	Redes de Datos II	Telefonía
EE-FT-29 4 h			EE-7-PP-35 4 h	EE-8-PP-40 4 h	EE-9-PP-45 4 h
Matemática Superior IV					

Fuente: malla curricular
Elaborado por: Paco Ortiz

j.- Universidad de Cuenca. Ingeniería electrónica y de telecomunicaciones.

Gráfico 17. Universidad de Cuenca. Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones.

NIVEL 6	
Materia	Créditos
ELECTRÓNICA ANALÓGICA II	6
COMUNICACIONES ANALÓGICAS Y DIGITALES	6
ELECTROMAGNETISMO II (MICROONDAS)	4
IMPACTOS AMBIENTALES	2
SISTEMAS HIDRAÚLICOS-NEUMÁTICOS	4
PROGRAMACIÓN I	6
NIVEL 7	
Materia	Créditos
SENSORES Y TRANSDUCTORES	4
MICROCONTROLADORES I	6
SISTEMAS Y REDES DE TELECOMUNICACIONES	5

Fuente: malla curricular
Elaborado por: Paco Ortiz

k.- Universidad del Azuay. Ingeniería electrónica.

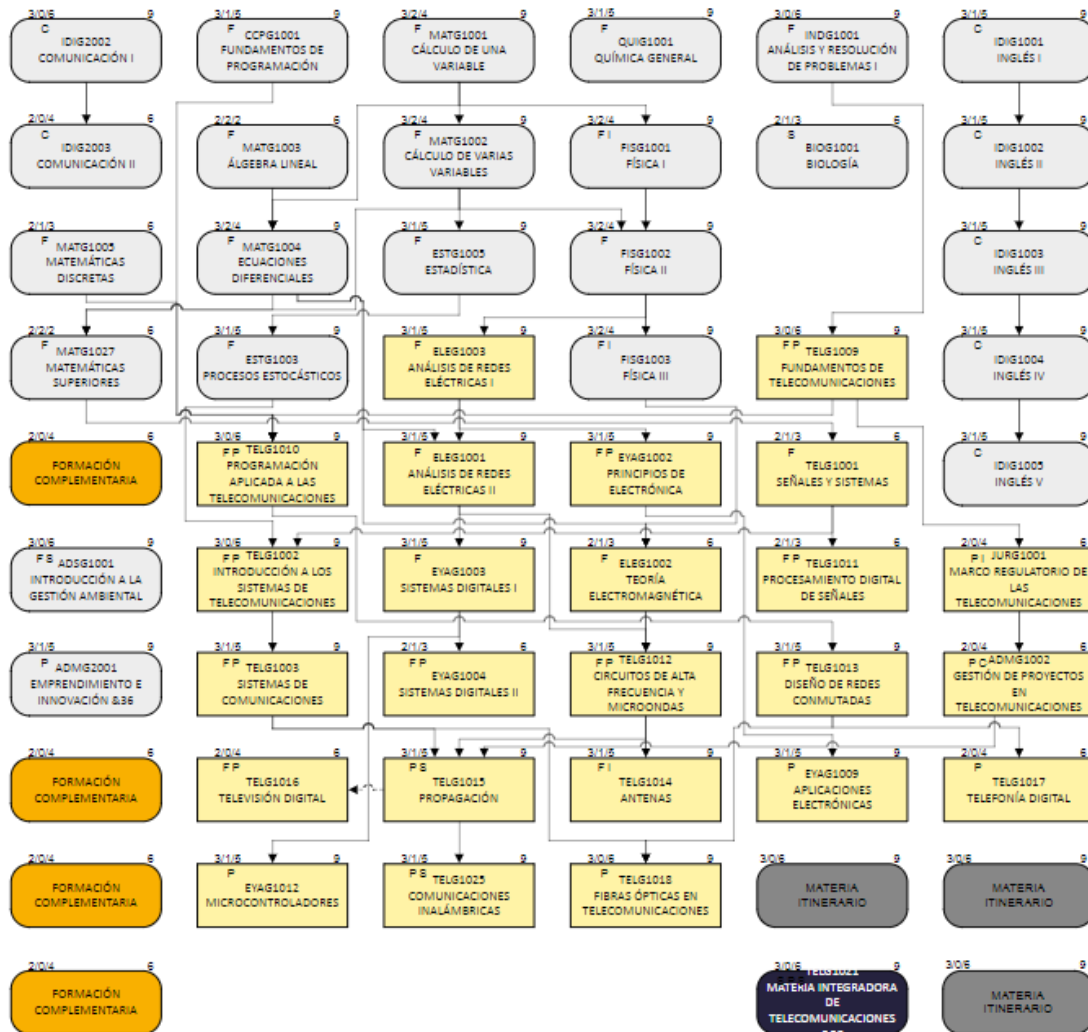
Gráfico 18. Universidad del Azuay. Ingeniería Electrónica.

CICLO 8 (26 CRÉDITOS)		
TEORÍA DE LA INFORMACIÓN Y LA CODIFICACIÓN	MICROONDAS	BASE DE DATOS Y SERVIDORES
6786 4 créditos	6791 4 créditos	6792 4 créditos
	COMUNICACIONES DIGITALES	LABORATORIO DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN
	6793 4 créditos	6795 2 créditos
REDES NEURONALES	ORGANIZACION Y EVALUACION DE PROYECTOS (MALLA MODERNA _2013)	
6796 4 créditos	10501 4 créditos	

Fuente: malla curricular
Elaborado por: Paco Ortiz

1.- Escuela Politécnica del Litoral. Ingeniería en telecomunicaciones.

Gráfico 19. Escuela Politécnica del Litoral. Ingeniería en Telecomunicaciones.



Fuente: malla curricular
Elaborado por: Paco Ortiz

m.- Universidad Técnica de Ambato

Gráfico 20. Universidad Técnica de Ambato.

CUARTO		QUINTO		SEXTO		SÉPTIMO		OCTAVO	
19	760	18	800	19	760	20	920	20	800
FISEI/T/MP/P/04/01	3 120	FISEI/T/MP/P/05/01	4 160	FISEI/T/MP/P/06/01	4 160	FISEI/T/MP/P/07/01	4 160	FISEI/T/MP/P/08/01	3 120
Métodos Numéricos		Sistemas Lineales		Comunicación Analógica		Comunicación Digital		Telefonía Digital	
FISEI/T/MP/B/03/04		FISEI/T/MP/P/05/02		FISEI/T/MP/P/05/01		FISEI/T/MP/P/07/03		FISEI/T/MP/P/08/04	
FISEI/T/MP/B/03/04		FISEI/T/MP/B/03/01		FISEI/T/MP/P/05/04		FISEI/T/MP/P/06/01		FISEI/T/MP/P/07/01	
FISEI/T/MP/P/04/02	2 80	FISEI/T/MP/P/05/02	3 120	FISEI/T/MP/P/06/02	4 160			FISEI/T/MP/P/08/02	4 160
Ingeniería Económica y Administrativa		Procesos Estocásticos		Procesamiento Digital de Señales				ITINERARIO A2/B2	
FISEI/T/MP/B/03/04		FISEI/T/MP/P/05/01		FISEI/T/MP/P/05/01				FISEI/T/MP/P/07/04	
FISEI/T/MP/B/03/04		FISEI/T/MP/P/04/01		FISEI/T/MP/P/05/02					
FISEI/T/MP/P/04/03	4 160	FISEI/T/MP/P/05/03	1 40	FISEI/T/MP/P/06/03	3 120	FISEI/T/MP/P/07/02	4 160	FISEI/T/MP/P/08/03	4 160
Electromagnetismo		Ética Profesional		Lineas de Transmisión		Antenas		Propagación	
FISEI/T/MP/B/04/05									
FISEI/T/MP/B/03/03		Aprobar 79 horas de docencia		FISEI/T/MP/P/04/03		FISEI/T/MP/P/06/03		FISEI/T/MP/P/07/02	
FISEI/T/MP/B/02/01									
FISEI/T/MP/P/04/04	6 240	FISEI/T/MP/P/05/04	5 200	FISEI/T/MP/P/06/04	2 80	FISEI/T/MP/P/07/03	4 160	FISEI/T/MP/P/08/04	5 200
*Análisis de Circuitos		Circuitos Electrónicos		Emprendimiento		*Comunicaciones Ópticas		*Sistemas Inalámbricos y Comunicaciones Móviles	
FISEI/T/MP/B/04/05		FISEI/T/MP/B/05/06		FISEI/T/MP/P/06/05		FISEI/T/MP/P/07/01		FISEI/T/MP/P/08/03	
FISEI/T/MP/B/02/01		FISEI/T/MP/P/04/04		FISEI/T/MP/B/03/02		FISEI/T/MP/P/06/03		FISEI/T/MP/P/07/03	
FISEI/T/MP/B/03/03								FISEI/T/MP/P/07/01	

Fuente: malla curricular
Elaborado por: Paco Ortiz

Las mallas curriculares han sido extraídas de los correspondientes sitios web. Podemos observar la presencia generalizada de las asignaturas Teoría Electromagnética y Comunicación por Microondas.

2.4.-MARCO REGULATORIO DE LAS TELECOMUNICACIONES

2.4.1 Instituciones regulatorias nacionales

En primer lugar tenemos la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, publicada en el registro oficial el 18 de febrero de 2015. (Asamblea Nacional, 2015).

En ella consta en general el marco jurídico ecuatoriano para la administración, control y regulación de los servicios de telecomunicaciones inventados o por inventarse, estableciendo los deberes y derechos tanto para prestadores como para usuarios de los servicios.

La ley de telecomunicaciones, define lo que es el espectro electromagnético:

Espectro radioeléctrico.- Conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin necesidad de guía artificial utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora y televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, entre otros. Su utilización responderá a los principios y disposiciones constitucionales. (Asamblea Nacional, 2015)

El espectro radioeléctrico constituye un bien del dominio público y un recurso limitado del Estado, inalienable, imprescriptible e inembargable. Su uso y explotación requiere el otorgamiento previo de un título habilitante emitido por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, de conformidad con lo establecido en la presente Ley, su Reglamento General y regulaciones que emita la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.(Asamblea Nacional, 2015)

Por lo tanto, en el Ecuador la institución que norma las actividades técnicas de las telecomunicaciones es la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) está adscrita al Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.

Es la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes. (Arcotel, 2017)

El control y autorización para uso del espectro electromagnético es de vital importancia debido a que técnicamente el espectro es un recurso natural de ocupación limitada en una

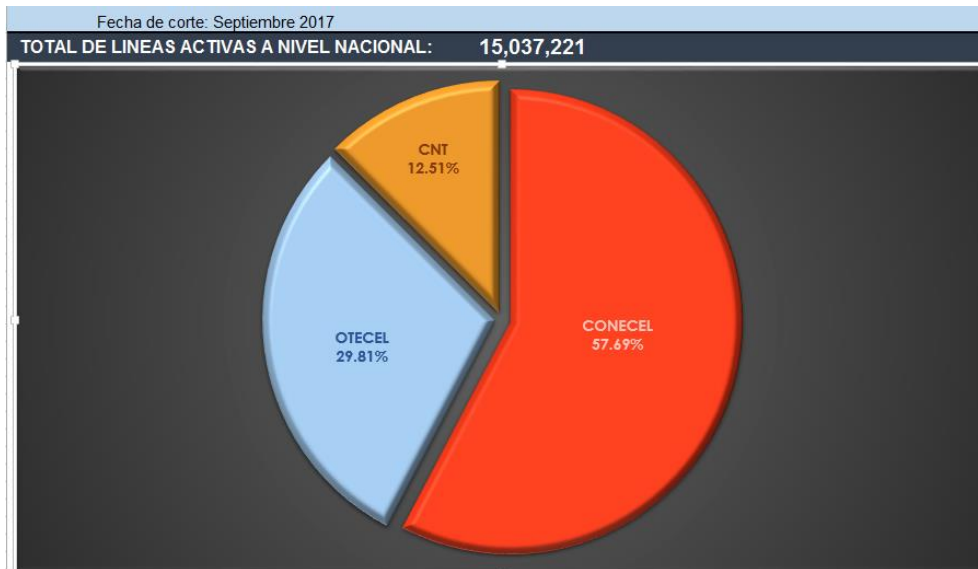
misma área geográfica, no se agota en el sentido de terminarse para siempre (como por ejemplo los recursos naturales no renovables como el petróleo), se agota en el sentido de uso exclusivo dado que en una misma ubicación geográfica no pueden haber dos o más emisiones usando la misma frecuencia a la vez porque se produce **interferencia** con lo cual no funciona bien ni la una ni la otra.

Por ello la ARCOTEL concede el uso de frecuencias a los diversos operadores dependiendo del servicio de telecomunicaciones que quieran brindar y la zona del país que quieran cubrir.

También la ARCOTEL desempeña un papel de control de calidad de los servicios ofrecidos, estableciendo fuertes multas cuando los operadores incumplen los contratos de concesión, de cobertura y los objetivos de disponibilidad, esto es el porcentaje que se mantienen totalmente operativos durante el año.

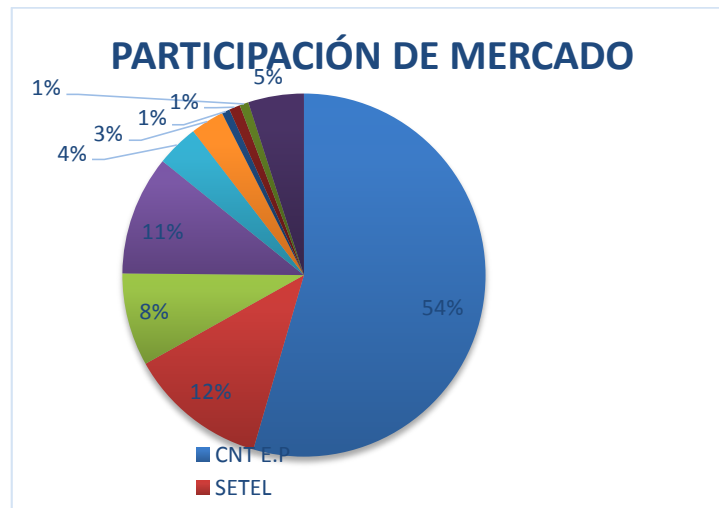
Veamos algunas estadísticas que pueden encontrarse en la página web de la institución (<http://www.arcotel.gob.ec>):

Gráfico 21. Estadísticas de Líneas Celulares en el Ecuador.



Fuente: (Arcotel, 2017)

Gráfico 22. Participación en el Mercado de Internet Fija Nacional.



Fuente: (Arcotel, 2017)

Gráfico 23. Estadística de Internet Móvil a Nivel Nacional



Fuente: (Arcotel, 2017)

2.4.2 Instituciones regulatorias internacionales

El Ecuador ha suscrito convenios con diversas organizaciones internacionales que regulan los servicios de telecomunicaciones, particularmente el uso del espectro radioeléctrico.

Entre ellas tenemos:

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones. Ginebra 1992.

Anteriormente llamada CCITT Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico.

La UIT emite una serie de “recomendaciones” a fin de regular los servicios de telecomunicaciones a nivel mundial. Sus directivas aparentemente no son más que

recomendaciones, pero en la práctica todos los países y todos los fabricantes las observan fielmente a fin de evitar conflictos de interconectividad de redes.

Las normas de la UIT se dividen en UIT-T para las telecomunicaciones en general u UIT-R para la regulación del espectro de radio.

Como ejemplo veamos algunas normas de la serie “G”:

G.703: regula la forma de los impulsos eléctricos a fin de asegurar la compatibilidad a nivel eléctrico de las señales de comunicación, esto es impedancia, amplitud, frecuencia.

G.821: establece las normas para el control de los objetivos de calidad en un enlace digital, a saber tasa de errores de bit, segundos indisponibles, segundos errados, segundos severamente errados y minutos degradados.

G.811: establece las normas de estabilidad y deriva de frecuencia para relojes de referencia primarios, basados generalmente en la oscilación del átomo de cesio.

Por su parte las normas de la serie F, regulan el espectro de microondas:

UIT-R. F384-6: Portadoras, espaciamiento y guardas en las que se subdivide la banda de 6GHz para su uso en enlaces de microonda.

Gráfico 24. Banda de 6 GHz

No. Canal	Frecuencias Tx (MHz)	Frecuencias Rx (MHz)
1	5945.2	6197.24
2	5974.85	6226.89
3	6004.5	6256.54
4	6034.15	6286.19
5	6063.8	6315.84
6	6093.45	6345.49
7	6123.1	6375.14
8	6152.75	6404.79

Fuente: (Arcotel, 2017)
Elaborado por: Paco Ortiz

Hay que tener en cuenta que la industria de las telecomunicaciones es muy dinámica y muchas veces las empresas fabricantes de equipos desarrollan normas propias que con el tiempo, debido a su utilidad probada y a su aceptación en el mercado, la UIT las recoge y les da estatuto formal.

-ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE. 2002.

-PRINCIPIO DE RECIPROCIDAD EN SISTEMAS SATELITALES ANDINOS

-ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE TELECOMUNICACIONES ANDINAS (ASETA)

-CONVENIO INTERAMERICANO DE RADIOCOMUNICACIONES.

Y otras más antiguas o de menor interés.

CAPÍTULO 3

3. MARCO METODOLÓGICO PREVIO AL DISEÑO DEL PROGRAMA DE CAPACITACIÓN DE RADIOCOMUNICACIONES, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.1 DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Técnicas cualitativas y cuantitativas han sido empleadas en el diseño de esta propuesta de capacitación. Si bien el contenido de un programa de capacitación en microondas y de radiocomunicaciones en general, está bien definido, es muy importante saber cómo están los conocimientos básicos de los participantes.

Entre las técnicas cualitativas que hemos utilizado está la encuesta de interés para conocer la predisposición de los trabajadores a capacitarse y algunas charlas personales informales para conocer un poco a las personas a quienes dirigimos la capacitación.

En la parte cuantitativa, se ha recurrido a dos herramientas principales: las encuestas y los cursos piloto. Las encuestas están concebidas para conocer si el participante sabe o domina las herramientas elementales necesarias. Por ejemplo para explicar lo que significa un decibelio (que es la unidad de medida más común en radiocomunicaciones) primero hay que saber lo que es el logaritmo de un número.

Una vez que se han realizado las encuestas a un grupo de trabajadores se procede a diseñar los cursos básicos en una primera aproximación. Durante el desarrollo de los cursos piloto,

surgen muchas inquietudes y dudas por parte de los asistentes de lo cual se ha tomado nota, para incluir esos temas en un siguiente curso piloto. Como una interacción entre las encuestas y los cursos piloto, recogiendo experiencias, se llega a la elaboración de una versión final, tanto de los cursos básicos como del curso central.

Es una investigación proyectiva por cuanto, partiendo de un diagnóstico, se elabora una propuesta para el programa de capacitación en microondas a los empleados de la empresa SIAE. Esta propuesta tiene en cuenta las particularidades del contenido a impartir relacionado con los conceptos fundamentales de la ciencia del electromagnetismo y con sus aplicaciones tecnológicas como medio de transporte de información.

El resultado es un programa amigable que cuenta con maquetas y material impreso para estudio y consulta de los trabajadores y empleados. El programa de capacitación consta de tres cursos básicos de 8 horas de duración cada uno y de un curso central de 16 horas, haciendo un diseño total de 40 horas.

Cuando arribe nuevo personal a la empresa SIAE (lo cual depende del volumen de trabajo en cada año) se podrá implementar nuevamente el programa de capacitación, iniciando con la encuesta de conocimientos. Este programa también puede ser usado para ingenieros en fase de profesionalización ya que si bien sus conocimientos posiblemente superen los contenidos de este programa, si es útil para afianzarlos en el sentido de hallar aplicaciones reales y descubrir puntos de vista prácticos extraídos de la experiencia en campo.

3.2 UNIDAD DE ESTUDIO (POBLACIÓN/MUESTRA, ESCENARIOS/SUJETO, INFORMANTE CLAVE)

La población donde se han realizado las encuestas y los cursos piloto, son los trabajadores, empleados y proveedores de la empresa SIAE, los cuales al momento suman 20 personas. En este caso, la población es igual a la muestra.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

En la parte cualitativa se realizaron charlas informales con algunos trabajadores para conocer un poco de sus vivencias y de la forma en que llegaron al área laboral de las telecomunicaciones. Posteriormente se realizó también una encuesta a fin de determinar el grado de interés que los trabajadores tendrían en recibir esta capacitación.

En la parte cuantitativa, se realizaron dos cursos cortos a modo de experimento, estos los llamamos cursos piloto. Paralelamente se elaboraron encuestas informales y/o verbales para medir el conocimiento de los temas. Posteriormente tenemos la elaboración de encuestas estructuradas para evaluar conocimientos básicos en matemáticas, encuesta de conocimiento básico en física, encuesta de conocimiento básico en ondas electromagnéticas.

Finalmente se realizó una encuesta de satisfacción acerca del curso recibido y las sugerencias que tuvo el personal para mejorar tanto los contenidos como la ejecución. Esto se verá en la parte de conclusiones y recomendaciones.

3.4 TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RESULTADO

Los datos cualitativos nos sirven para orientar los cursos hacia las personas involucradas, generar un ambiente de calidez y de confianza.

Con las encuestas de carácter evaluativo inicial, se realizará un análisis de información cuantitativo a fin de determinar el contenido de los cursos básicos donde se requieren los mayores refuerzos. Los cursos piloto sirven para ajustar contenidos y tiempos en base al desarrollo real en el que influyen limitantes personales, materiales y de tiempo ya que muchas veces los trabajadores acuden a la capacitación haciendo un esfuerzo muy grande después de un día de trabajo.

3.5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS CUALITATIVOS

Como se había indicado en la parte introductoria de este trabajo, el curso está dirigido al personal y trabajadores los cuales ingresan a esta actividad laboral casi por casualidad y aprenden el oficio sobre la marcha. Veamos algunos casos representativos de esta realidad humana:

ANÍBAL

Su madre trabajaba como empleada doméstica en la casa de una familia pudiente. Uno de los hijos de dicha familia estudió en la Politécnica y con el transcurrir del tiempo puso una empresa de instalaciones de equipos de telecomunicaciones. Tendría Aníbal unos 18 años cuando le solicitaron se incorpore informalmente a trabajar en la empresa, primero

haciendo labores de mensajería, llevando y trayendo materiales y luego ayudando en las labores de instalación. Aníbal no terminó el colegio, a los 17 años empezó a trabajar en una lubricadora de carros y de allí pasó a la empresa de telecomunicaciones.

Aníbal es un chico muy inteligente, vive en el corazón de Carapungo. A través de él otros chicos afro ecuatorianos de su barrio llegaron también al mundo de las telecomunicaciones a trabajar como técnicos. Uno de ellos puso una empresa y le va muy bien, incluso ha llevado personal a la Argentina.

Después de más de diez años en el área, Aníbal ha logrado aprender el oficio, pero como revela su encuesta, desconoce muchos de los principio técnicos, al contrario de lo que podría parecer. Actualmente tiene 30 años y está por salir a Haití, donde existe un proyecto para la instalación de 1500 nodos “B”, si todo va bien él y los 8 técnicos que lo acompañan planean quedarse tres años.

EDWIN

Vive en un barrio periférico al sur de la ciudad de Quito. Cuenta que su padre los abandonó cuando eran pequeños. Vivieron de lo poco que lograba ganar su madre trabajando en el lavado de ropa. Cuenta que cerca de la casa había terrenos baldíos donde se daban zapallos de forma abundante. Esa era la principal comida de la familia. Con el paso del tiempo terminó el colegio y se puso a trabajar en el área de las telecomunicaciones gracias a un amigo que le llevó a ayudar. Gracias a este trabajo mejoró su situación económica. Ahora es casado y tiene un hijo. Manifiesta que ahora puede comer los mariscos que le gustan tanto y que de pequeño no lo podía hacer.

ADOLFO

Adolfo vive en el Comité del Pueblo. Cuenta que andaba sin trabajo hasta que un día vio desde su casa que había trabajadores pintando la torre de telecomunicaciones que había en el terreno vecino. Les gritó a los trabajadores si no habría algo en que ayudarles. Le contestaron que sí. De esta manera ingresó al mundo de las telecomunicaciones pintando torres por todo el país. Pero a pesar de no tener mayores conocimientos técnicos, su gran inteligencia y habilidad estética para dejar los cables bien “peinados” le permitió aprender el resto de labores de la instalación de modo que cuando finalizó el trabajo de pintura pasó al de instalación. Luego aprendió el arte manual de trabajar con las fibras ópticas y actualmente se desempeña mucho en esa actividad.

SAMUEL

Trabajó en teñido de ropa. Los productos químicos que usaban en esa labor empezaron a hacerle mal así que empezó a buscar otro trabajo. Su cuñado que ya estaba en esta área le dio actividades temporales. Se distinguió en el duro trabajo de instalación de cables y antenas en la torre, es decir “torrista”. Pasaron los años y se dio cuenta que la mejor manera de ganar dinero era poner una empresa de instalaciones, que como instalador nunca podría ganar lo suficiente. Así lo hizo y es hoy un empresario de las telecomunicaciones.

RICHARD.

Empezó como ayudante de un torrista muy bueno. Aprendió los secretos del oficio de la instalación de guías de onda y de antenas parabólicas de más de 3 metros de diámetro y

300 kg de peso. Su buen trabajo y responsabilidad le permitieron viajar al Caribe a realizar estas mismas tareas y formarse un capital. Se unió con tres ingenieros para formar una empresa de instalaciones y les fue muy bien hasta que unos malos negocios casi llevaron a la quiebra a la empresa, la cual en su época de auge llegó a tener 45 empleados y poseer 15 camionetas. Actualmente con personal reducido lucha por salir nuevamente adelante.

FERNANDO

Trabajaba como pintor de carros en su ciudad natal. Pero los vapores de la pintura comenzaron a afectar sus pulmones, por eso decide venir a Quito a buscar trabajo, dejando a la familia. Encuentra un trabajo temporal como empleado de un señor pudiente el cual le da una habitación en el patio de la casa para que la cuide. El hijo de este señor es ingeniero electrónico, gerente de una empresa suministradora de equipos de microondas. Fernando es inmediatamente llevado a trabajar en esta empresa por su honradez y afán de servicio. Actualmente se desempeña como ayudante técnico.

3.6.-DESCRIPCIÓN DE LAS ENCUESTAS APLICADAS A LOS TRABAJADORES

Tal como fue analizado en el marco teórico, un programa de capacitación en microondas, al ser un contenido de carácter científico-técnico, puede ser enfocado desde el modelo constructivista, particularmente siguiendo el “ciclo del aprendizaje científico” también ya revisado.

Por lo tanto, para ayudar a los trabajadores a construir el conocimiento deseado, es necesario saber en qué estado actual se encuentran sus habilidades en las matemáticas, la

física y la ciencias necesarias como prerequisites para abordar la tecnología de comunicación por microondas.

Con este objeto, se han realizado 4 encuestas diferentes: conocimientos generales básicos de matemáticas y física, conocimientos básicos de electricidad, conocimientos básicos en microondas y una encuesta adicional para conocer el grado de interés que despertaría el programa de capacitación. El contenido de estas encuestas se ha determinado en base a la experiencia de capacitaciones anteriores y en base a los dos primeros cursos piloto que fueron realizados en meses pasados y que aunque no se completaron, si sirvieron de base para la elaboración del tercer curso piloto el cual si fue terminado y permitió ajustar el contenido y la orientación del programa de capacitación.

Los formatos de las encuestas se encuentran en el anexo 1.

3.7.- PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS

3.7.1 Encuesta conocimientos básicos de matemática y física.

Las estadísticas y gráficos se encuentran en el anexo 2.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En base a estas encuestas y a la experiencia de los cursos piloto, se necesita realizar una introducción acerca del álgebra y del concepto de función matemática $y=f(x)$, identificando

la variable dependiente y la variable independiente y su forma gráfica en el plano cartesiano.

Principalmente, es necesario realizar una introducción a la función logaritmo $y = \log(x)$.

Como se verá más adelante en el desarrollo del curso la unidad de medida para las potencias de las señales radioeléctricas es el decibelio (dB), sin embargo la definición de esta unidad necesita antes el concepto de logaritmo y de su par el antilogaritmo.

Durante el desarrollo de los curso piloto, se ha notado además la necesidad de realizar un repaso de los ángulos y sus unidades de medida: grados y radianes; las funciones trigonométricas seno, coseno y tangente: $y = \text{sen}(x)$, $y = \text{cos}(x)$, $y = \text{tan}(x)$. También de la definición geométrica de círculo y elipse.

Especial interés tendrá la función $y = \text{sen}(x)$ ya que en base a ella se definirán más adelante los parámetros de las ondas como son la amplitud, la frecuencia, el periodo, la longitud de onda y la fase. Esta función es muy útil para una comprensión clara de los fenómenos oscilatorios de la naturaleza.

Para el correcto entendimiento de la antena parabólica, se necesitará también un repaso de la función cuadrática en la forma $y^2 = 4px$

En cuanto a las magnitudes físicas, se realizará un repaso acerca de las unidades del SI (sistema internacional de medidas) y una explicación de la forma práctica de conversión de unidades desde y hacia el sistema inglés.

3.7.2 Encuesta conocimientos básicos de electricidad

Las estadísticas y gráficos se encuentran en el anexo 3

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Es necesario realizar un repaso de electricidad básica. La ley de ohm.

Diferencias entre corriente alterna y corriente continua

Concepto de tierra eléctrica ya que hay mucha confusión al respecto.

Conceptuar campo magnético.

Conceptuar campo eléctrico.

Concepto y cálculos de la potencia eléctrica.

Interacciones entre la electricidad y el magnetismo como dos manifestaciones externas de una misma naturaleza.

3.7.3 Encuesta conocimientos básicos de radiocomunicaciones

Las estadísticas y gráficos se encuentran en el anexo 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este es el núcleo del curso a diseñar. En general los conocimientos son vagos en esta área.

Es necesario establecer las definiciones y los conceptos sobre todo de las ondas electromagnéticas, espectro radio eléctrico, unidades de frecuencia, conceptos de longitud de onda, zona de Fresnel, banda base, modulación, etc. Todos estos conceptos básicos serán estudiados durante el curso como tal.

3.7.4 Diagnóstico de interés

Las estadísticas se encuentran en el anexo 5.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resulta motivante saber que un alto porcentaje de los trabajadores encuestados manifiesta el gusto por aprender a manejar los equipos de comunicaciones y conocer la técnica que está detrás de ellos.

Si bien para muchos la principal motivación es económica, la gran mayoría expresa que simplemente le gusta su trabajo. Hay un atractivo especial en la tecnología de las telecomunicaciones, instalando equipos, solucionando problemas, comunicando gente. Este trabajo hace que los técnicos de telecomunicaciones se sientan útiles al país y a los demás.

3.7.5 Diagnóstico de resultados de los cursos piloto

En base a las encuestas y a la experiencia profesional, particularmente de capacitaciones impartidas y recibidas en ocasiones anteriores, se ha diseñado el contenido de cursos piloto los cuales de manera general han permitido palpar la situación de capacitación de los trabajadores de manera real. El contenido del curso piloto se ha ido también puliendo, llegando en su tercera versión a la forma que a continuación se expresa (ver anexo 6).

A diferencia del primer curso piloto, la realización de éste se ve totalmente enriquecida con las demostraciones experimentales gracias a que se dispone de instrumentos de prueba como son el generador de RF (radio frecuencia), osciloscopio, analizador de espectros,

generador de audio frecuencia, a parte de las maquetas que fueron utilizadas en los primeros cursos (elipsoides, antena parabólica, bobina electroimán y motor eléctrico). En esta nueva versión de curso piloto, por pedido de los asistentes anteriores, también se ha realizado una introducción a la tecnología digital de comunicaciones, la cual está muy difundida actualmente en el mundo.

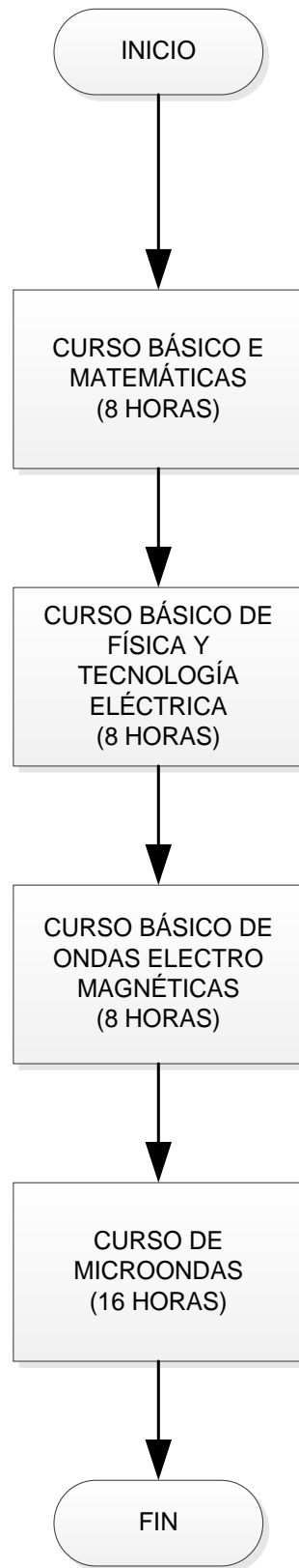
En el anexo 6 se presenta el contenido del último curso piloto que fue llevado a cabo con un grupo de 10 asistentes, trabajadores de la empresa SIAE.

CAPÍTULO 4

4. PRESENTACIÓN DE PROPUESTA PARA LA REALIZACIÓN DE UN CURSO DE COMUNICACIÓN POR MICROONDAS DIRIGIDO A LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA SIAE.

En base a los resultados obtenidos y mostrados en el capítulo anterior, se diseña y estructura el programa de capacitación en microondas compuesto de un curso básico de matemáticas, curso básico de física y tecnología eléctrica, curso básico ondas electromagnéticas y finalmente el curso de microondas.

El programa de cada curso se lo realiza utilizando como base el diseño “microcurricular” (Ríos, 2014).

Gráfico 25. Programa de Capacitación en Microondas

Elaborado por: Paco Ortiz

4.1 DISEÑO DEL CURSO BÁSICO DE MATEMÁTICAS

**PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN MICROONDAS PARA
TRABAJADORES DE SIAE**

PROGRAMA DE CURSO

A.- DATOS INFORMATIVOS:

CURSO:	BÁSICO DE MATEMÁTICAS
CÓDIGO:	BM
PROGRAMA:	CAPACITACIÓN EN MICROONDAS
No. HORAS	8

B.- DESCRIPCIÓN DEL CURSO:

Este curso debe preparar a los asistentes en los conceptos básicos de las matemáticas que se han determinado como indispensables previo a las explicaciones de la tecnología de microondas.

C.- PRERREQUISITOS

PRERREQUISITOS	
CURSO	CÓDIGOS
NINGUNO	NINGUNO

D.- OBJETIVO GENERAL:

Recordar, definir, re significar conceptos básicos de matemáticas a fin de que los asistentes puedan continuar con los cursos básicos subsiguientes hasta llegar debidamente preparados al curso de microondas.

E.- RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al completar en forma exitosa este curso, los estudiantes deben ser capaces de:

RESULTADO DE APRENDIZAJE DEL CURSO	NIVEL DE DESARROLLO INICIAL/MEDIO/ALTO
Álgebra y funciones lineales	alto
Gráfico de funciones en el plano cartesiano	alto
Función cuadrática. Estudio de la parábola.	alto
Funciones trigonométricas	alto
Función logarítmica	alto
Sistema binario	medio

F.- CONTENIDOS

1. ÁLGEBRA Y FUNCIONES

- 1.1. Concepto de álgebra y funciones.
- 1.2. Variables dependientes y variables independientes
- 1.3. La función lineal

2. GRÁFICO DE FUNCIONES

- 2.1. Definición del plano cartesiano
- 2.2. Gráfico de funciones en el plano cartesiano

3. FUNCIONES MAS USADAS EN TELECOMUNICACIONES

- 3.1 Funciones trigonométricas
- 3.2 Función logaritmo y antilogaritmo
- 3.3 Propiedades de los logaritmos

4. SISTEMA BINARIO Y LÓGICA DIGITAL

- 4.1 Numeración en base 10
- 4.2 Numeración en base 2.
- 4.3 Lógica digital

G.- METODOLOGÍA, RECURSOS:

Las clases son un repaso de las matemáticas básicas de secundaria. Se hace siempre referencia a situaciones cotidianas donde se extraen ejemplos prácticos. Se realiza una actividad lúdica para ejercitar el concepto de función. Se realizan ejercicios en clase. Los asistentes dibujarán funciones en el plano cartesiano en sus cuadernos y en la pizarra.

4.1.1 Propuesta curso básico de matemáticas.

Álgebra.

La **aritmética** es la ciencia que estudia los números y las operaciones que se pueden realizar entre ellos.

Por ejemplo entre dos números cualquiera, el 7 y el 3, podemos establecer las cuatro operaciones básicas:

Suma: $7+3 = 10$

Resta: $7-3 = 4$

Multiplicación: $7 \times 3 = 21$ (la operación de multiplicación usa como su signo la “x”, o el punto “.”, o el “*”), por ejemplo $7.3 = 21$

División: $7/3 = 2.33$

Y otras operaciones más complejas:

Potenciación: $3^2 = 3 \times 3 = 9$ (que se lee tres al cuadrado igual 9)

Radicación: $\sqrt{81} = 9$ (que se lee raíz cuadrada de 81 igual a 9, porque 9^2 es 81).

Por su parte el **álgebra** (invento y palabra árabe) es la ciencia matemática que generaliza las operaciones aritméticas. Para ello, en lugar de colocar valores numéricos particulares, utilizamos letras del alfabeto para lograr la generalización, de esta manera las operaciones anteriores quedarían de la siguiente manera:

Suma: $a + b = c$

Resta: $a - b = d$

Multiplicación: $a \times b = e$

División: $a / b = f$

Potenciación: $a^b = c$ (que se lee a elevado a b es igual a c)

Radicación: $\sqrt{a} = b$ (que se lee la raíz cuadrada de a es igual a b)

Posteriormente, con el uso de paréntesis, se pueden realizar operaciones combinadas:

$a = 2 \cdot (b + 3)$ (que se lee a es igual a 2 veces el resultado de la sumar b más 3)

La operación que está dentro del paréntesis se hace primero.

$y = x + 1$ (que se lee y es igual a $x + 1$).

Por ejemplo la expresión:

$$y = 2 \cdot x + b$$

expresión §1

Si $x = 2$, $b = 10$, nos da como resultado $y = 2 \cdot 2 + 10 = 14$

Si $x = 5$, nos da como resultado $y = 2*5 + 10 = 20$, manteniendo el b fijo en 10.

Es decir, la expresión §1, nos da valores para “ y ” dependiendo de los valores de x y de b .

Funciones

En matemáticas es muy útil el concepto de función para expresar que el valor de una variable cualquiera Y , depende del valor que tome otra variable X . En este caso, se dice que Y es función de X , lo cual se escribe como $Y = f(X)$ (se lee Y igual efe de X).

El concepto de función nace de la vida cotidiana. Parafraseando al profesor de matemáticas Juan Viedma: “*el martillar fue antes que el martillo*”, queriendo decir con esto que todo concepto matemático, por abstracto que parezca tiene su origen en la realidad común de la gente (Viedma, 2005).

Citemos unos ejemplos:

Para un productor rural, el precio del queso está en función del precio de la leche.

El nivel del agua de un río depende (está en función de) los aguaceros de las 24 últimas horas.

La sensación de hambre, está en función de las horas del día.

La cantidad de dinero que queda al fin del mes está en función a la cantidad de dinero que haya gastado. Pero en este caso es una función inversa ya que mientras menos haya gastado, más dinero me queda al fin del mes.

Hay muchísimas funciones en matemáticas, pero vamos a estudiar solamente las que más nos interesan para el curso de radiocomunicaciones.

Función lineal

Por ejemplo

$$y = 2x + 1$$

expresión §2

Los valores que tome y , dependerán de los valores que tome x .

Construyamos una tabla de valores para la expresión §2:

Tabla 17. Ejemplo de Función Lineal.

x	$2x$	$y = 2x + 1$
0	0	1
1	2	3
2	4	5
3	6	7
4	8	9
5	10	11

Elaborado por: Paco Ortiz

Se puede observar cómo del valor que le demos a la “variable” x , dependerá el valor de la “variable” y .

Claramente podemos advertir que x puede tomar cualquier valor, ya sea entero o decimal.

Positivo o negativo. Tan grande o tan pequeño como queramos. Y siempre el valor de y le quedará determinado por la función $y = 2x + 1$

De acuerdo a lo expresado denominamos a x como la variable “**independiente**” y a la variable y la podemos nombrar como la variable “**dependiente**” debido a la relación que hemos visto, hay entre ellas.

ACTIVIDAD LÚDICA

Ud. puede asombrar a sus amigos diciendo que es capaz de adivinar cualquier número entre 1 y 10 que ellos piensen, con solo seguir sus indicaciones y preguntar al final “cuánto le sale”.

Por ejemplo, usando la función definida por la expresión §2:

-Piensa un número del 1 al 10, pero no me lo digas.

-Multiplícale por 2

-A esto súmale 1

-¿Cuánto te sale? (sería y)

Bastará con recurrir a los resultados de la tabla #17. Y podrás saber cuál fue el número pensado (el x).

En realidad no es necesario crear una tabla de valores para cada función. El juego puede hacerse usando cualquier función lineal sencilla y “despejando” la variable x es decir el número pensado. Por ejemplo:

Sea la función $y = 5x + 2$

Para despejar x , debo primero dejarla sola en un lado del igual (o de la **ecuación** también se dice) con la simple regla que los términos de una **ecuación** pueden pasarse al otro lado

del igual, pero a realizar la operación contraria: si está sumando pasa a restar; si está multiplicando pasa a dividir. Y viceversa.

Entonces

$$y - 2 = 5x$$

Por lo tanto

$$x = (y-2)/5 \qquad \text{expresión §3}$$

En el caso de querer asombrar a alguien con esta función quedaría:

-Piensa un número del 1 al 10 (el valor de x)

-Multiplícale por 5

-A esto súmale 2

-Cuánto te sale (el valor de y)

Por ejemplo si pensó el número 2 (secreto) te dirá que le sale 12.

Usando la expresión §3, te dará el $x = (12-2)/5 = 2$

Anímate a hacer este juego y asombrar a alguien con las siguientes funciones:

$$y = 3x + 3$$

$$y = 10x + 1$$

Función cuadrática. La parábola.

A diferencia de la función lineal, la función cuadrática tiene entre sus términos a una de las variables elevada al cuadrado. Por ejemplo, son funciones cuadráticas:

$$y = x^2 \text{ (que se lee y es igual a } x \text{ al cuadrado, es decir } x \text{ por } x\text{)}$$

$$y = 2x^2 + 3$$

$$y = x^2 + x + 1$$

$$y^2 = 4.p.x \text{ (que se lee y cuadrado es igual a 4 por } p \text{ por } x\text{)}$$

Sin el punto para indicar multiplicación:

$$y^2 = 4px$$

expresión §4

Donde p es un número cualquiera, pero fijo, es decir no cambia de valores como lo podrá hacer x .

Tomemos como ejemplo la expresión §4 y creemos una tabla de valores, pero antes es necesario despejar y en función de x

Para ello, sacamos la raíz cuadrada a ambos lados de la ecuación

$$\sqrt{(y^2)} = \sqrt{(4.p.x)}$$

$$y = \sqrt{(4.p.x)}$$

(Estrictamente hablando $y = \pm\sqrt{(4px)}$, ya que tanto el valor positivo como el valor negativo elevados al cuadrado nos dan lo mismo)

Supongamos que $p = 4$ centímetros, la función se reduce a

$$y = \sqrt{(4 \cdot 4 \cdot x)} = \sqrt{(16 \cdot x)} = \sqrt{16} \cdot \sqrt{x}$$

$y = 4 \cdot \sqrt{x}$ (que se lee y es igual a 4 por raíz de x) Ésta la vamos a graficar oportunamente, mientras tanto creemos su tabla de valores:

Tabla 18. Función Cuadrática.

x	\sqrt{x}	$y = 4 \cdot \sqrt{x}$
0,25	0,5	2
0,5	0,71	2,84
1	1	4
2	1,41	5,64
3	1,73	6,92
4	2	8
5	2,24	8,96

Elaborado por: Paco Ortiz

La función $y^2 = 4px$ es de especial importancia en el curso de microondas ya que es conocida como la ecuación de la “parábola” con cuyas propiedades se han diseñado y construido las antenas parabólicas. Esto lo veremos más adelante, antes es necesario aprender a graficar una función.

La recta numérica y el plano cartesiano

Una recta numérica es una línea a la que se subdivide en segmentos iguales, asignando a cada uno de ellos un número entero. Sirve para visualizar de alguna manera la naturaleza y orden de los números en general.

Gráfico 26. Recta Numérica Horizontal.

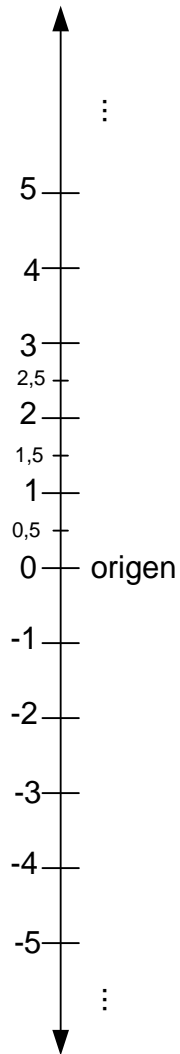


Elaborado por: Paco Ortiz

Naturalmente, el origen es el cero. Hacia la derecha crecen los números positivos y hacia la izquierda decrecen los negativos. El gráfico #26 muestra una recta numérica horizontal segmentada a escala de 1 centímetro por división. Pero la escala la escoge uno de acuerdo a su conveniencia. La línea punteada significa que crece hasta el infinito. Obviamente entre cada número existen también infinidad de fracciones, pero por facilidad no las hemos dibujado aquí.

También podríamos haber escogido una recta vertical, en ese caso tendríamos la siguiente figura:

Gráfico 27. Recta numérica vertical.



Elaborado por: Paco Ortiz

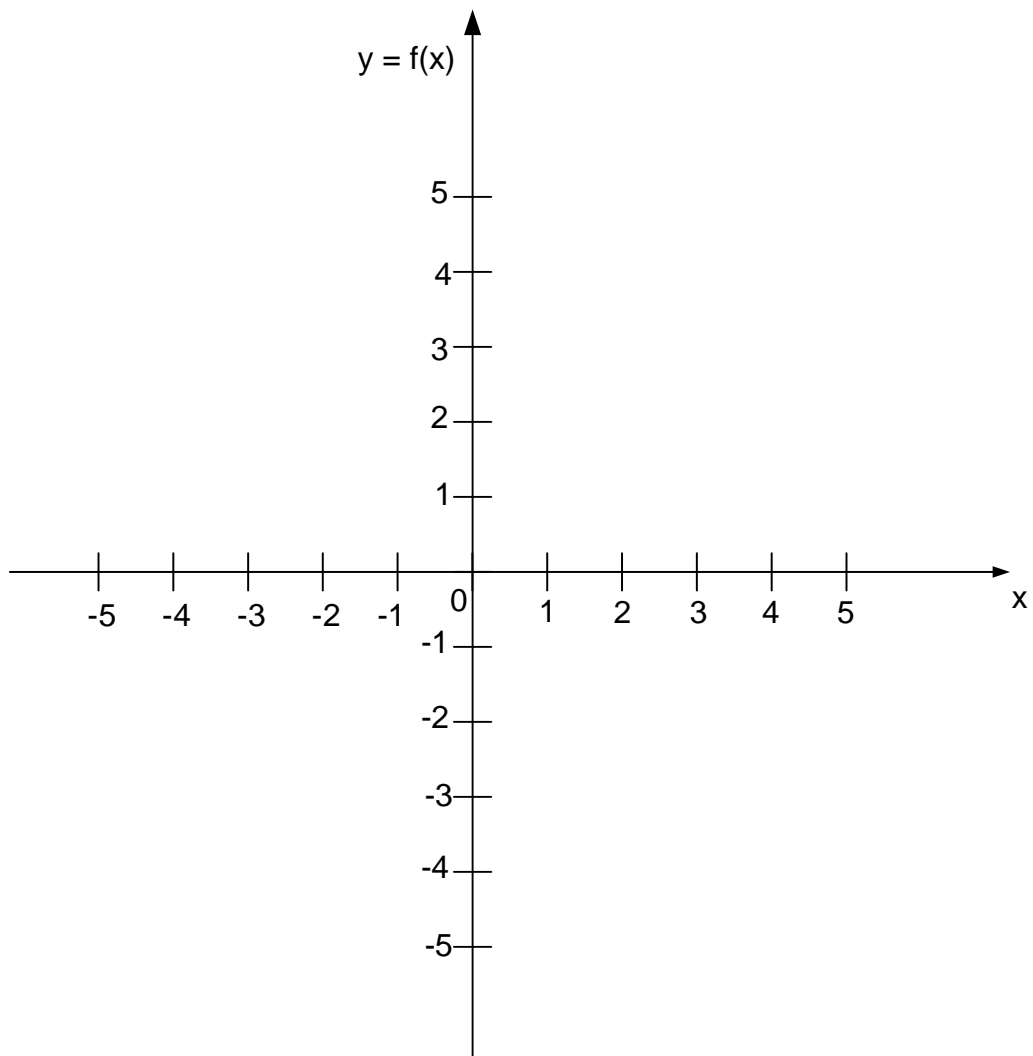
En este caso, se han “ploteado” los números en una recta vertical, a la misma escala que la recta horizontal, es decir cada segmento tiene un tamaño de 1 centímetro.

La genialidad del matemático francés René Descartes (1596 – 1650) fue cruzar las dos rectas numéricas de los gráficos #26 y #27 y crear de esta manera un plano. Este plano se conoce con el nombre de plano “cartesiano” en honor de su inventor y sirve para visualizar el comportamiento de las funciones; para ello se “plotean” los números que tome la

variable independiente x en la línea (o eje) horizontal y los valores obtenidos, mediante la función

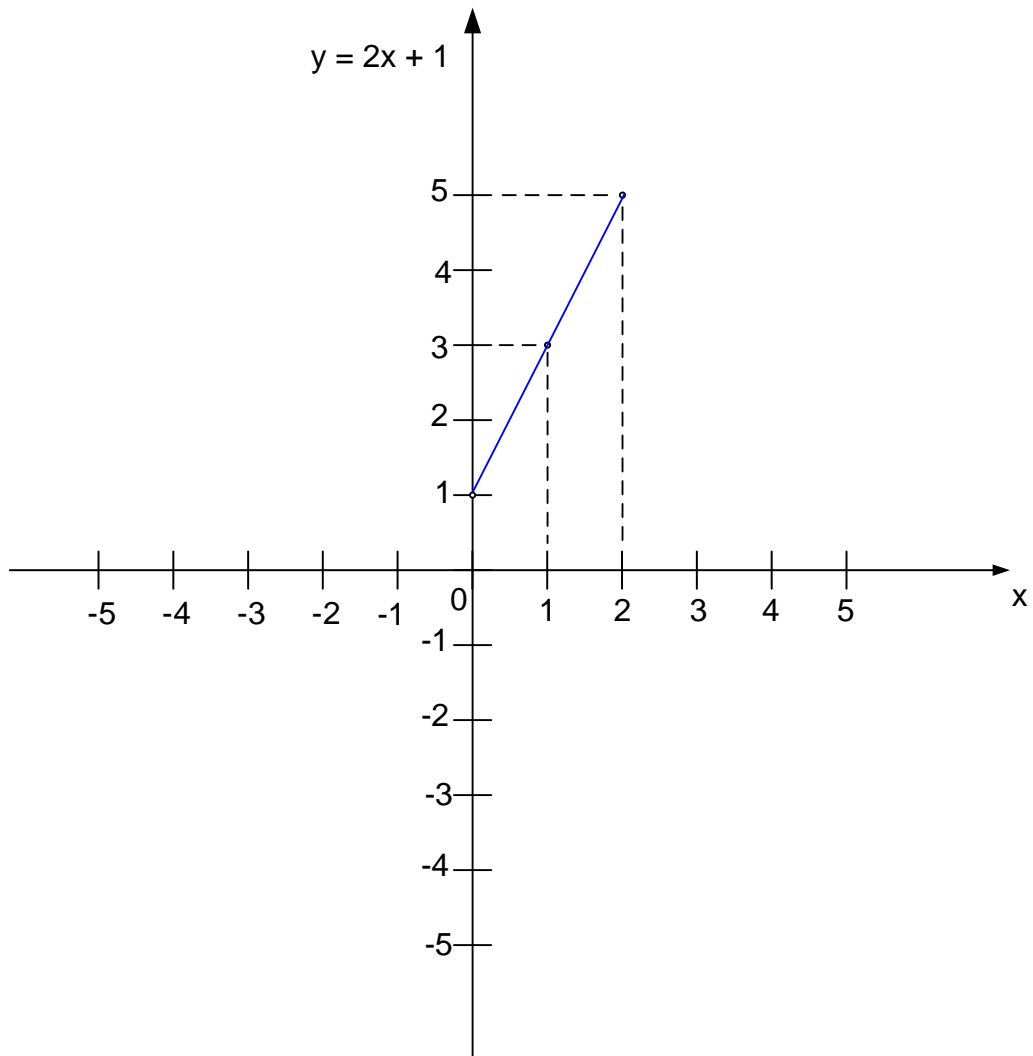
$y = f(x)$, para la variable dependiente y , en el eje vertical.

Gráfico 28. Plano Cartesiano



Elaborado por: Paco Ortiz

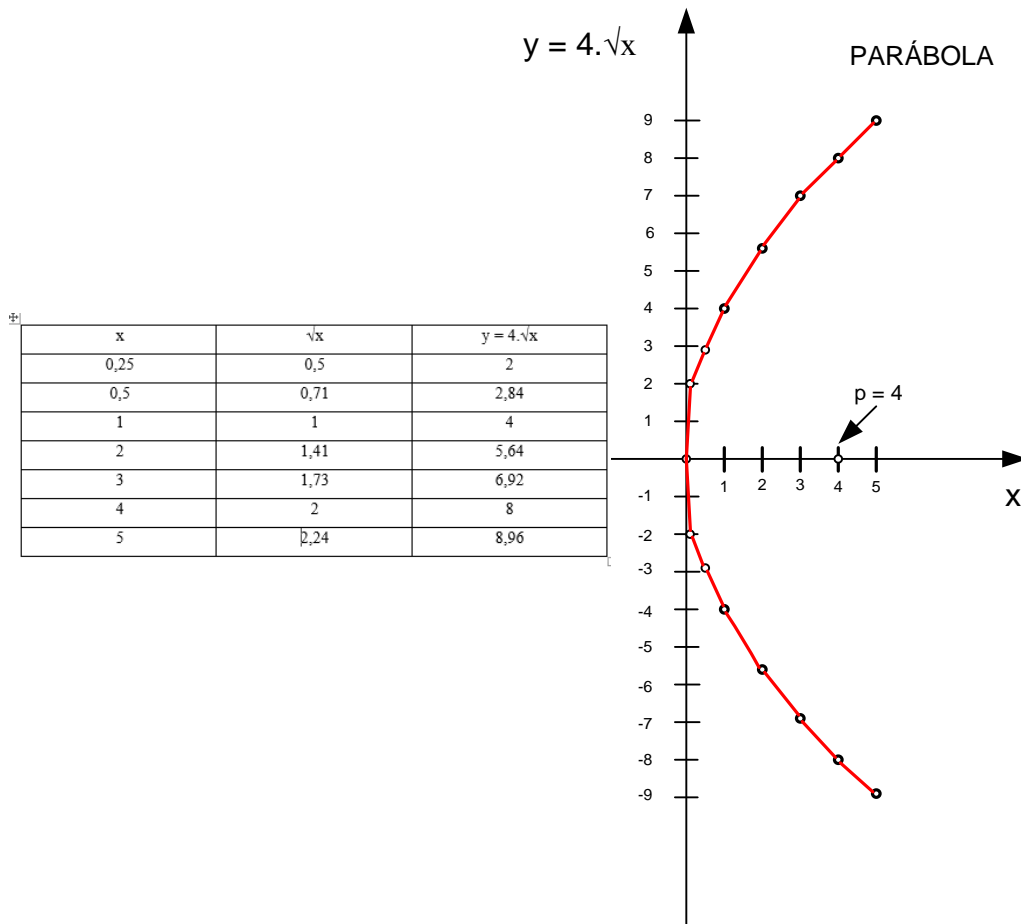
Por ejemplo, dibujemos en el plano cartesiano los valores obtenidos en la tabla #17.

Gráfico 29. Función lineal $y = 2x + 1$ 

Elaborado por: Paco Ortiz

Como podemos apreciar, al unir los puntos, nos surge la figura de una línea recta, de allí el nombre de función lineal que se le ha dado.

Ahora grafiquemos los valores obtenidos para la función cuadrática $y^2 = 4px$, con $p = 4$, cuyos valores constan en la Tabla 18.

Gráfico 30. Parábola $y^2 = 16x$ 

Elaborado por: Paco Ortiz

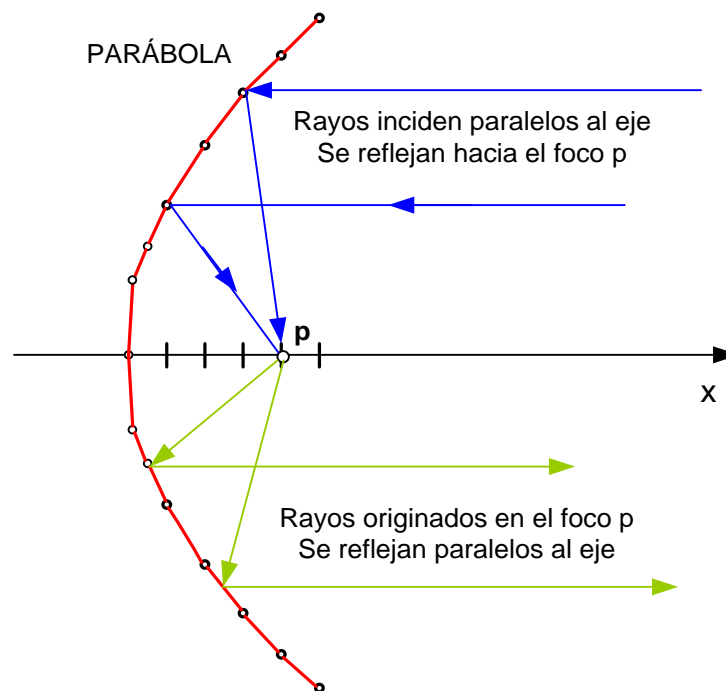
Uniendo los puntos y versus x , se obtiene la curva característica conocida con el nombre de **parábola**, cuyo “foco” se halla en el punto p . Podemos observar también que la curva es simétrica respecto al eje x , es decir lo que está por arriba del eje horizontal es idéntico a los que está por debajo de él. Este eje de simetría es conocido como eje principal.

Esta figura es muy importante dentro del mundo de las telecomunicaciones tanto por microondas como satelitales, ya que las antenas parabólicas obedecen a esta construcción, debido a la siguiente propiedad:

Propiedad reflectora de la parábola

En toda parábola se cumple que **“un rayo que cruza por el foco e incide en la parábola, se refleja paralelo al eje principal, y viceversa un rayo que incide en la parábola paralelo al eje principal se reflejará pasando por el foco”**

Gráfico 31. Propiedad reflectora de la parábola



Elaborado por: Paco Ortiz

Debido a esta propiedad, si consideramos los rayos de microonda de la misma manera que los rayos de luz, es decir rectos, tenemos una herramienta perfecta para captarlos o para emitirlos colocando el receptor y/o el transmisor en el foco de la parábola.

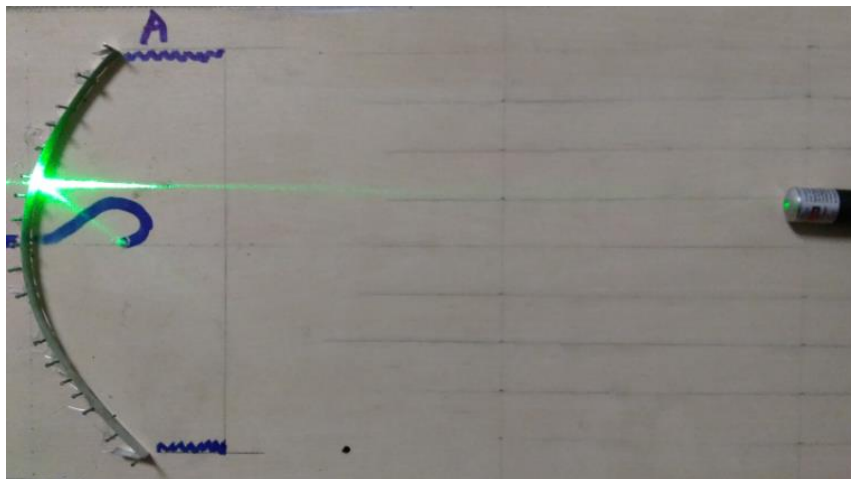
ACTIVIDAD PRÁCTICA.

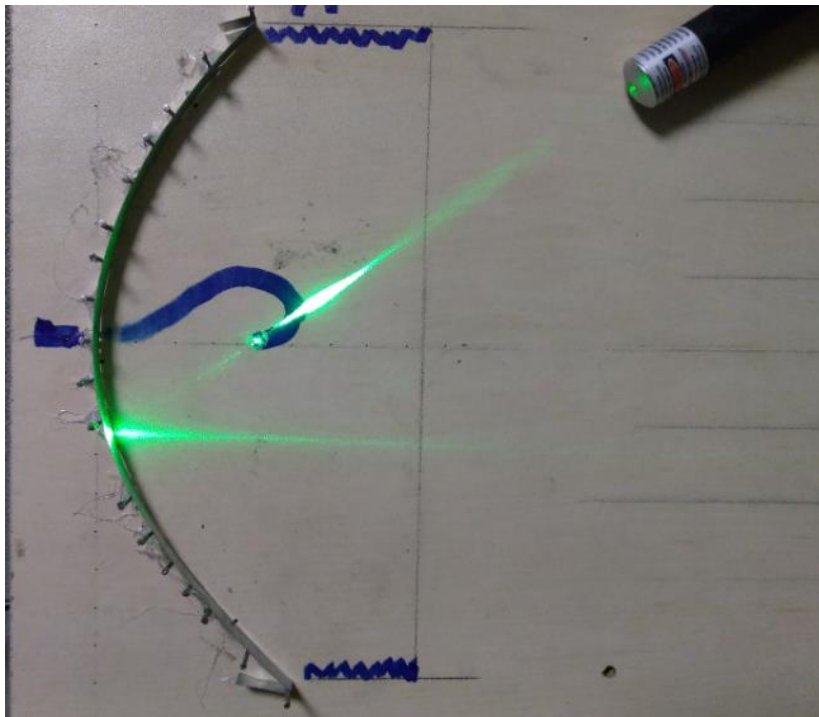
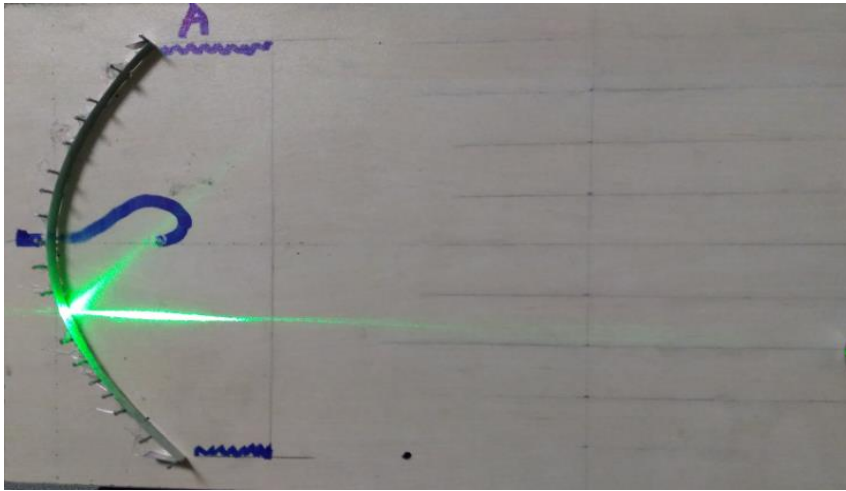
La maqueta M1 ha sido construida mediante un trozo de tabla tríplex alisada de 60x30 cm, en la cual se han dibujado las mismas curvas vistas en el gráfico #30, una en frente de otra. Se ha colocado una pequeña cinta de hojalata pulida de modo que tome la forma de la curva y refleje la luz. Con un puntero láser, emitimos un rayo paralelo al eje y vemos que se refleja por el foco, sin importan a que parte de la curva apuntemos.

Y viceversa, con el puntero láser emitimos un rayo que cruce en su camino hacia la hojalata, por el foco. Vemos que se refleja paralelo al eje principal.

FOTOGRAFÍA DE LA MAQUETA

Gráfico 32. MAQUETA#1, cinta parabólica.





Elaborado por: Paco Ortiz

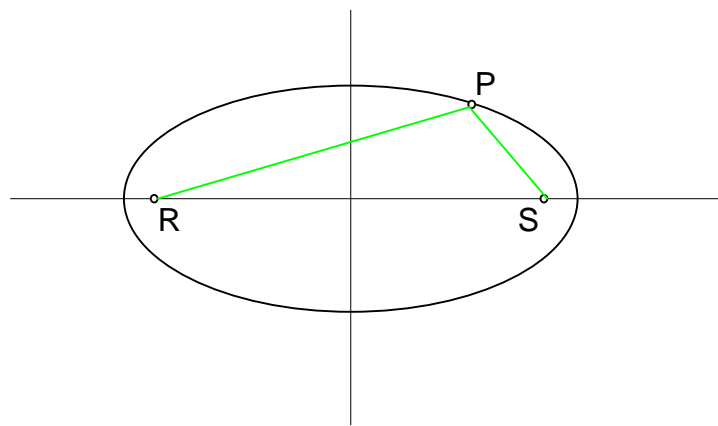
Y hasta allí la función cuadrática.

La elipse.

Es una figura geométrica muy importante dentro del mundo de las telecomunicaciones por lo cual realizaremos una definición geométrica.

“La elipse es el lugar geométrico de todos los puntos de un plano cuya suma de distancias a dos puntos fijos llamados focos, es constante”

Gráfico 33. Definición geométrica de elipse.



Elaborado por: Paco Ortiz

De acuerdo a la definición, para cualquier punto P del plano contenido en los ejes x e y, se tiene que

$$PR + PS = \text{constante}$$

Donde R y S son dos puntos fijos sobre el eje llamados “focos” de la elipse.

Uno de los ejemplos más conocidos en la naturaleza es la órbita del planeta Tierra que, en su viaje de traslación, describe una elipse en uno de cuyos focos está el Sol. Este fue un descubrimiento revolucionario hacia el año 1600, en una época en que no se sabía a ciencia

cierta si el Sol gira en torno a la Tierra o la Tierra gira alrededor del Sol. Actualmente se lo conoce como una de las leyes de Kepler, en honor a este astrónomo alemán.

Otro concepto natural donde se aplican las propiedades geométricas de la elipse es la propagación de ondas radioeléctricas, como más adelante se verá al describir las zonas de Fresnel.

MAQUETA # 6

Construcción de una elipse.

En una tabla tríplex de 40x30 cm, dibujamos los ejes cartesianos. Sobre el eje X situamos dos puntos fijos, F1 y F2, los cuales serán los focos. En estos focos clavamos dos pequeños clavos. Con una cuerda unimos los puntos F1 y F2 de modo que la longitud de la cuerda sea visiblemente mayor que la distancia entre los focos.

Con ayuda de un lápiz tensamos la cuerda y trazamos sobre la madera tríplex. La figura que resulta es una elipse con focos F1 y F2.

Gráfico 34. Construcción de una elipse



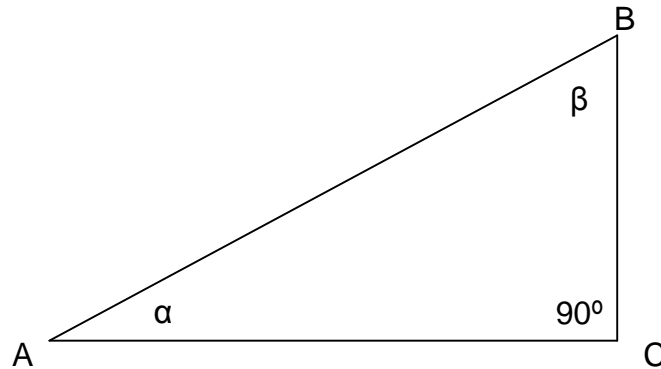
Elaborado por: Paco Ortiz

Funciones trigonométricas

En telecomunicaciones es muy importante conocer bien estas funciones, que en su definición son muy sencillas, pero que encuentran aplicación en situaciones complejas.

Etimológicamente la palabra trigonometría significa mediciones de tres ángulos. Esto es debido a LAS FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS se definen en un sencillo triángulo uno de cuyos ángulos es de 90° (ÁNGULO RECTO)

Gráfico 35. Triángulo rectángulo

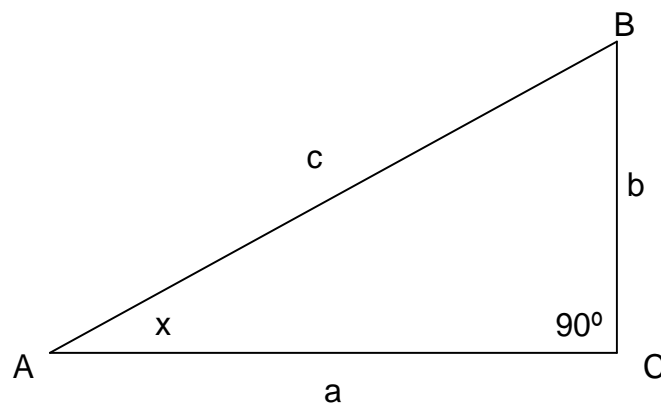


Elaborado por: Paco Ortiz

Hay que destacar que en todo triángulo, la suma de sus ángulos es igual a 180° . En este caso podemos afirmar que la suma de los ángulos alfa + beta nos debe dar 90° .

Definamos los nombres de los lados del triángulo como a, b y c. Y llamemos x al ángulo sobre el cual vamos a definir las funciones trigonométricas.

Gráfico 36. Triángulo rectángulo



Elaborado por: Paco Ortiz

Es notorio que el lado b está opuesto al ángulo x en cuestión. Y es notorio que el lado a se encuentra adyacente al ángulo x . El lado c es conocido como hipotenusa y sería el lado opuesto al único ángulo cuyo valor se conoce y es fijo en 90° .

Aquí aprovechamos para introducir el famoso **teorema de Pitágoras** el cual establece que en todo triángulo rectángulo se cumple que “la suma de los cuadrados de los catetos es igual al cuadrado de la hipotenusa”. Se conoce que diferentes culturas, en diferentes épocas han notado esta propiedad y la han logrado demostrar, por ejemplo los chinos en el siglo XIV y los griegos en el siglo III.

$$a^2 + b^2 = c^2$$

expresión § 5

Entonces se pueden ya definir las funciones trigonométricas.

FUNCIÓN SENO

$$Y = \text{sen}(x)$$

$$\text{Sen}(x) = b/c$$

Es decir cateto opuesto dividido para la hipotenusa

FUNCIÓN COSENO

$$Y = \text{Cos}(x)$$

$$\text{Cos}(x) = a/c$$

Es decir cateto adyacente dividido par hipotenusa

FUNCIÓN TANGENTE

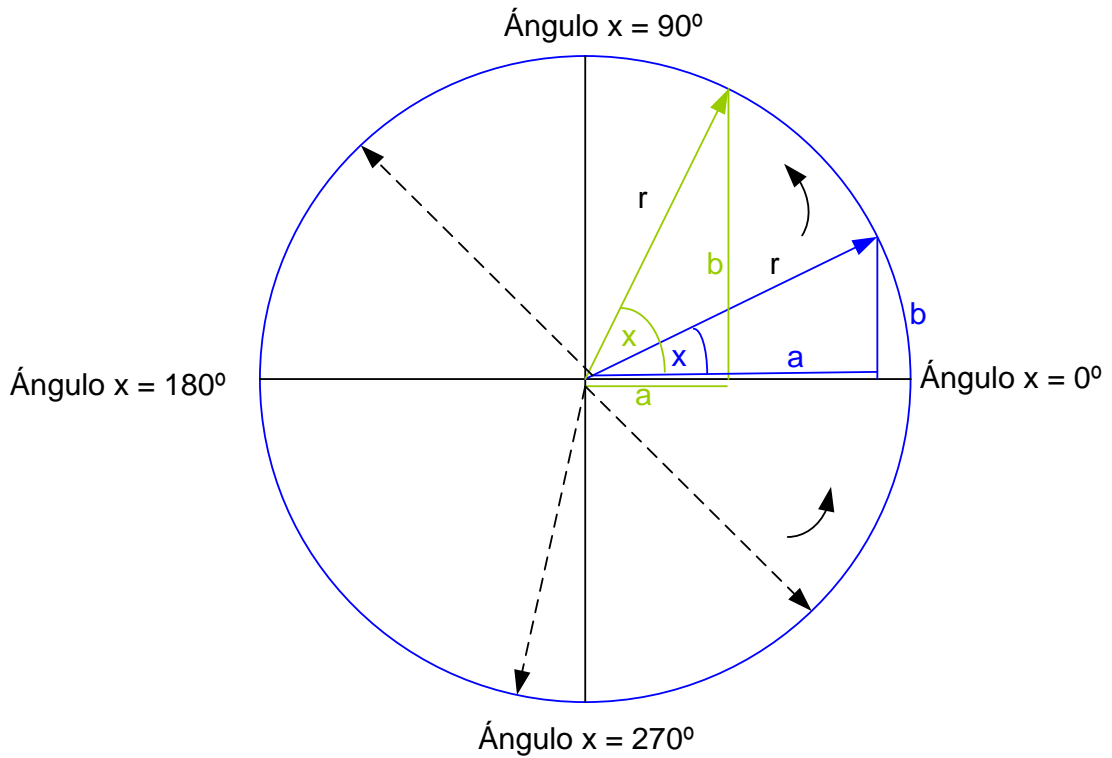
$$Y = \text{Tan}(x)$$

$$\text{Tan}(x) = b/a$$

Es decir lado opuesto sobre lado adyacente.

Así de simples son las definiciones de las funciones trigonométricas.

Para ampliar mejor estas definiciones, dibujemos el triángulo rectángulo inscrito en una circunferencia cuyo radio sea la hipotenusa. Imaginémonos que es la rueda de una bicicleta de carreras uno de cuyos radios (esos alambritos delgados pero fuertes) lo tomamos para hipotenusa:

Gráfico 37. Funciones trigonométricas definidas en el círculo de radio r 

Elaborado por: Paco Ortiz

En el gráfico #37, podemos visualizar varias cuestiones por ejemplo que el ángulo x puede tomar valores solo entre 0° y 360° , y que a partir del 360° , se repite lo mismo.

Si el ángulo x crece, crece el cateto b , pero el a disminuye.

Cuando x es 0° , b vale cero y a es igual al radio r .

Cuando x es 90° , b se iguala al radio r y a vale cero.

Cuando x es mayor que 90° los valores de a son negativos.

Cuando x es mayor que 180° , los valores de b son negativos.

Cuando x es mayor que 270° , los a son positivos y los b siguen negativos.

Estas cuestiones inciden en que el seno de x pueda ser positivo o negativo.

También, de acuerdo a la definición $\text{seno}(x) = b/r$ tenemos que

$$\text{Sen } 0^\circ = 0$$

$$\text{Seno } 90^\circ = 1 \text{ ya que en ese ángulo } b=r$$

$$\text{Seno } 180^\circ = 0$$

$$\text{Seno } 270^\circ = -1$$

$$\text{Seno } 360^\circ = 0$$

Y así sucesivamente. Posteriormente, con estos valores y otros que obtengamos, vamos a proceder a graficar la función $y = \text{sen}(x)$

Como podemos ver, una vuelta completa equivale a decir 360° .

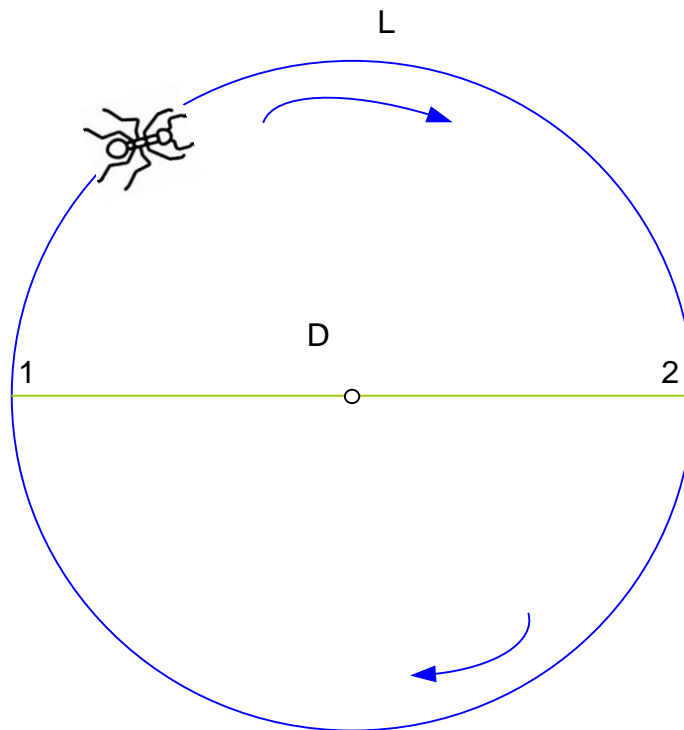
En el lenguaje común también se escucha decir que alguien dio un viraje de 180° cuando toma la dirección opuesta.

DEFINICION DEL NÚMERO PI (π)

Otra de las genialidades de los matemáticos antiguos, especialmente los griegos, es haberse dado cuenta que la división de la circunferencia para su propio diámetro da un valor constante. Es decir sale siempre lo mismo, sin importar el tamaño de la circunferencia.

Como sabemos diámetro es la línea que divide a la circunferencia en dos mitades iguales ya que pasa por su centro. Y además que un diámetro es dos veces el radio. Veamos la llanta de la bicicleta nuevamente:

Gráfico 38. Circunferencia L y diámetro D



Elaborado por: Paco Ortiz

Si la pequeña hormiga va del punto 1, al punto 2 y vuelve del punto 2 al punto 1 siguiendo la trayectoria azul, habrá recorrido la circunferencia L. Si la hormiga va desde el punto 1 al punto 2 siguiendo la línea recta verde, habrá recorrido el diámetro.

Si la hormiga puede contar los milímetros tanto de L como de D, está en capacidad de descubrir algo muy interesante: al dividir L/D le sale 3,1416...

Es decir, el número π es la relación entre la circunferencia a su propio diámetro.

EJERCICIO EN CASA. Como actividad práctica obtener el número π , con ayuda de un hilo y una cinta métrica, de una llanta de bicicleta y de una moneda. Se podrá comprobar que siempre sale 3,1416 sin importar el tamaño de la llanta o de la moneda usada.

Ahora bien, ya que el diámetro es igual a 2 radios tenemos que la longitud de la circunferencia L es igual a $2 \pi.r$

$$L/D = \pi$$

$$L = \pi.D = \pi.(2.r)$$

$$L = 2\pi r$$

Por este motivo se puede también definir como medida del ángulo el radián que no es más que $360^\circ = 2. \pi$ radianes.

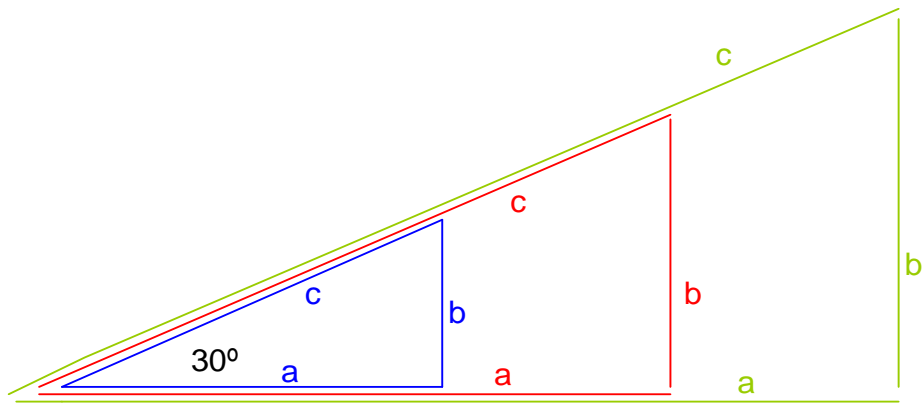
180° serían π radianes

90° serían $\pi/2$ radianes

Y así sucesivamente (posteriormente ampliaremos el concepto de radián)

Al igual que en la circunferencia, la razón entre su longitud y el diámetro es constante, en un triángulo rectángulo, una vez definido el ángulo, el valor de seno, coseno y tangente queda fijado sin importar el tamaño del triángulo:

Gráfico 39. Seno de un ángulo no depende del tamaño del triángulo en el que se halla.



Elaborado por: Paco Ortiz

Así por ejemplo, $\text{seno}(30^\circ) = \frac{b}{c} = \frac{b}{c} = \frac{b}{c} = 0,5$

Igualmente para las otras funciones trigonométricas.

GRÁFICO DE LA FUNCIÓN SENO(X)

En un triángulo rectángulo en el cual el lado a es igual al lado b se cumple que $x = 45^\circ$ y

que $\text{sen}(45^\circ) = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707$

Con estos valores procedemos a crear una tabla, variando el ángulo x en pasos de 45° :

Tabla 19. Valores de $\text{sen}(x)$

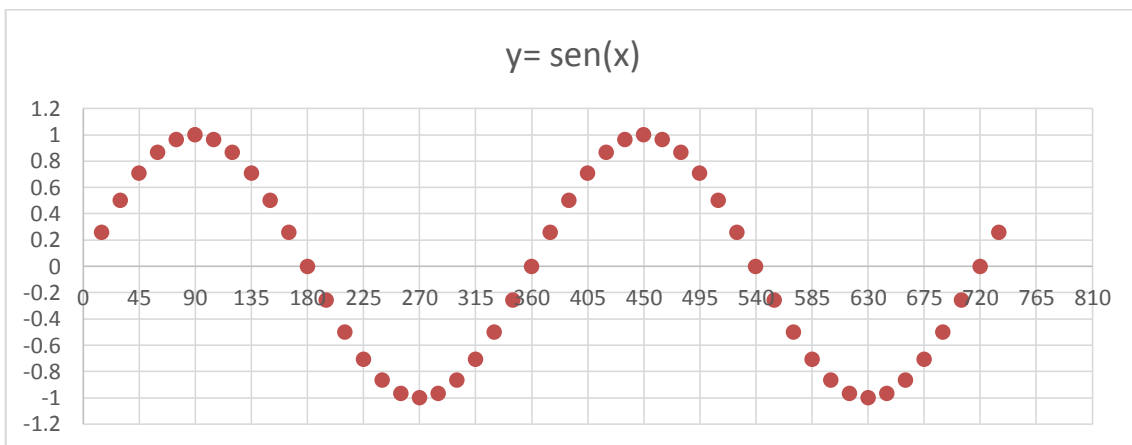
x	Sen (x)
0°	0
45°	0,71
90°	1
135°	0,71

180°	0
235°	-0,71
270°	-1
315°	-0,71
360°	0
405°	0,71
450°	1
495°	0,71
540°	0

Elaborado por: Paco Ortiz

Que, graficando con ayuda del Excel, resulta la siguiente figura:

Gráfico 40. La función $y = \text{sen}(x)$



Elaborado por: Paco Ortiz

De donde podemos observar que la función seno, se repite cada 360° hasta el infinito.

Ya que adopta los mismos valores cada 360° (cada vuelta) se denomina una función periódica, es decir que presenta los mismos valores de una manera cíclica, siempre variando entre +1 y -1.

La función seno o función senoidal es muy común en la naturaleza y sirve para representar de alguna manera todos los movimientos oscilatorios entre los que podemos citar el péndulo de un reloj, el columpio del parque infantil, el giro de la rueda de bicicleta, una cuerda que se agita desde un extremo, las ondas que produce en la superficie del agua al caer una pequeña piedrecilla, el voltaje alterno en los toma corrientes de las casas, y una onda que es fundamental para las telecomunicaciones: la onda electromagnética.

EJERCICIO EN CASA: Graficar graficar las funciones Coseno(x) y Tangente(x), para ello se recomienda hacer uso del Excel, creando una tabla con los valores de X cada 15° .

La función logaritmo

Se escribe como $y = \log_{10}(x)$. Se lee y es igual al logaritmo en base 10 de x

Antes de entrar en la definición de esta función, primero familiaricémonos con la potenciación.

Ya hemos visto la función cuadrática $y = x^2$

Por ejemplo $3^2 = 3 \times 3 = 9$

O por ejemplo $10^2 = 10 \times 10 = 100$

Pero también hay la función cúbica $y = x^3$

Por ejemplo $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$

O por ejemplo $10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$

Y así sucesivamente.

Centrémonos en la potenciación cuando la base es 10, por ejemplo 10^2 o 10^3

Esta potenciación con base 10 la podemos generalizar como

$$Y = 10^x$$

Que se lee y es igual a 10 elevado a la x . Los ejemplos ya los hemos visto 10^2 y 10^3

Pero en general x puede ser cualquier valor entero o decimal, positivo o negativo.

Con los ejemplos citados 10^2 que da cien y 10^3 que equivale a mil, surge una pregunta muy ingeniosa: ¿a qué número tengo que elevar la base que es 10, para obtener 100 y 1000? La respuesta sería a 2 y a 3 respectivamente.

Veamos otro ejemplo:

¿A qué número tenemos que elevar la base (10) para obtener 10.000?

La respuesta sería a 4 porque $10^4 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10.000$

Generalizando el concepto diremos que: **el logaritmo de un número x , es otro número y , al cual deberemos elevar la base para obtener el número x .**

Se escribe $y = \log_{10}(x) = \log(x)$ ya que la base 10 está sobreentendida, ya no es necesario colocarla como subíndice.

Por lo tanto si $y = \log(x)$

Esto significa que $x = 10^y$

Ejemplo: con la ayuda de una calculadora podemos obtener que

$$\text{Log}(2) = 0,3 \text{ ya que } 10^{0,3} = 2$$

Para resumir el concepto de logaritmo, realicemos una tabla de valores:

Tabla 20. Logaritmos de algunos números notables

x	Y = log (x)	Porque $10^y = x$
10	1	$10^1 = 10$
100	2	$10^2 = 100$
1.000	3	$10^3 = 1000$
10.000	4	$10^4 = 10.000$
100.000	5	$10^5 = 100.000$
1'000.000	6	$10^6 = 1'000.000$
Otros ejemplos		
1	0	$10^0 = 1$
0,1	-1	$10^{-1} = 0,1$
0,01	-2	$10^{-2} = 0,01$
0,001	-3	$10^{-3} = 0,001$
Un ejemplo especial		
2	0,3	$10^{0,3} = 2$

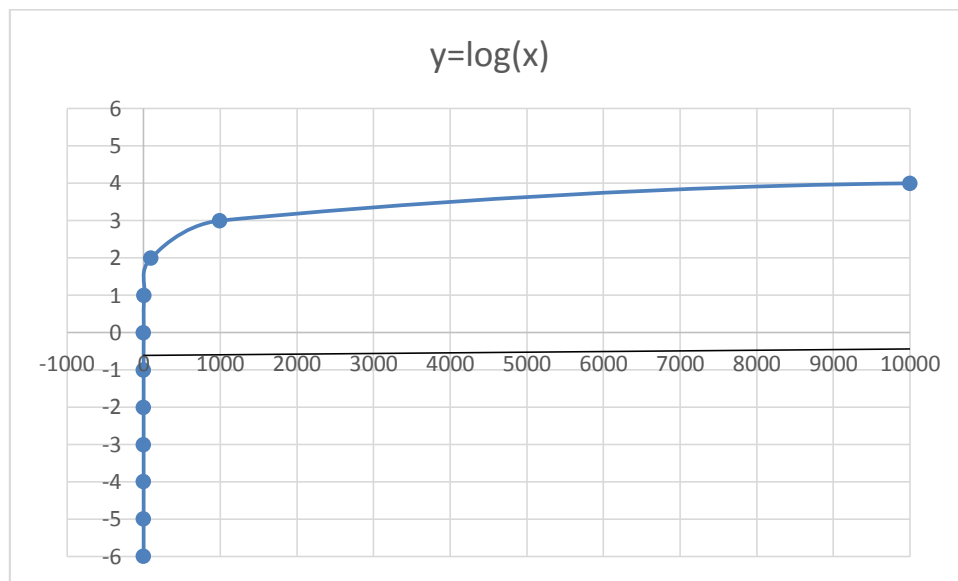
Elaborado por: Paco Ortiz

Como puede notarse, el logaritmo es una transformación matemática que nos da una manera de expresar números muy grandes o muy pequeños bajo la forma de números pequeños y manejables. Por ejemplo el número cien mil lo expresamos por su logaritmo que es 5.

Otro ejemplo: mientras que x varía entre 10 y 1'000.000, sus logaritmos varían entre 1 y 6.

En base a la tabla #20, podemos construir la gráfica del logaritmo, ayudándonos del Excel:

Gráfico 41. Función logaritmo



Elaborado por: Paco Ortiz

Propiedades de los logaritmos.

Es muy importante para el curso de telecomunicaciones conocer algunas de las propiedades de esta “transformación matemática” que son los logaritmos:

- a.- El logaritmo del producto de dos números A y B es igual a la suma de los logaritmos de A y B.

$$\log(A * B) = \log A + \log B$$

Por ejemplo, sabiendo que el $\log(2)=0,3$, calculemos el logaritmo de 20

$$\log(20) = \log(2 * 10) = \log(2) + \log(10)$$

$$\log(20) = 0,3 + 1 = 1,3$$

Esta propiedad facilita los cálculos matemáticos ya que los logaritmos convierten una multiplicación en una suma

b.- El logaritmo de la división de dos números A y B es igual a la resta de los logaritmos de A y B

$$\log\left(\frac{A}{B}\right) = \log A - \log B$$

Por ejemplo:

$$\log(50) = \log\left(\frac{100}{2}\right) = \log(100) - \log(2)$$

$$\log(50) = 2 - 0,3 = 1,7$$

Esta propiedad facilita los cálculos matemáticos ya que los logaritmos convierten una división en una resta.

c.-El logaritmo de un exponente A^b

$$\log(A^b) = b * \log(A)$$

Por ejemplo, calculemos el $\log(8)$

$$\log(8) = \log(2^3) = 3 * \log(2)$$

$$\log(8) = 3 * 0,3 = 0,9$$

Sistema binario

Hasta el momento hemos hecho un uso natural del sistema de numeración basado en los 10 dígitos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9

En total son 10 dígitos con los cuales podemos escribir todas las cantidades desde las más grandes hasta las más pequeñas.

Pensemos en los agricultores de la prehistoria. Si querían contabilizar cuantos bueyes tenían, o cuantas hachas encontraban, entonces tenían que usar los dedos de las manos para indicar a los otros las cantidades. Incluso en la actualidad nos servimos de los dedos de las manos para hacer sumas y restas. De allí que a los 10 números que nombramos se les conozca con el nombre de dígitos, porque vienen de los dedos.

Y como tenemos 10 dedos, lo natural es que contemos de diez en diez.

Una treintena son 3 decenas. Una centena son diez decenas.

Un mil son 10 centenas. Y así hasta el infinito, de diez en diez.

Pero, ¿qué sería del sistema de numeración si solo hubiésemos tenido dos dedos, uno en cada mano? Pues simplemente, contaríamos en sistema binario ya no decimal. De dos en dos. Los dígitos solamente serían el 0 y el 1. Y a partir de estos dos dígitos tendríamos que contar de dos en dos, ya no de diez en diez.

Y si hubiésemos nacido con 4 dedos en cada mano. El sistema sería octal, que cuenta de 8 en 8. Y si hubiésemos nacido con 16 dedos, 8 en cada mano; el sistema sería hexadecimal, cuenta de 16 en 16, y sus dígitos serían: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.

De estas varias bases, la que más nos interesa en este curso es la base binaria ya que es la clave para el paso de tecnologías analógicas a tecnologías digitales (otra vez los dedos), como veremos posteriormente.

En la naturaleza existen muchas situaciones que, por lógica, se pueden clasificar en dos estados. Por ejemplo un bombillo incandescente, está prendido o está apagado. El viernes por la tarde, me voy al cine o me quedo en casa. La bocina de un vehículo, o pita o está en silencio. Es de día o es de noche. Y así por el estilo.

Todo esto tiene relación con el sistema binario, porque para representar los dos únicos estados de una situación, tenemos precisamente los dos dígitos 0 y 1.

Por ejemplo foco apagado es 0 y foco prendido es 1.

Cualquier número expresado en base decimal puede convertirse en base binaria. Y viceversa. Veamos los más elementales:

Tabla 21. Equivalencia entre decimal y binario.

Base 10	Base 2
0	0000
1	0001
2	0010

3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111
...	...

Elaborado por: Paco Ortiz

Un ejemplo simple extraído de esta tabla, cuento con los dos dedos el rebaño e informo a los demás que tenemos 1111 bueyes y somos 0101 propietarios, nos toca a 0011 bueyes cada uno.

Todas las operaciones aritméticas como la suma, resta, multiplicación y división, se pueden hacer en sistema binario. De hecho, los circuitos electrónicos de las computadoras manejan solo dos estados de voltaje que se denominan TTL (lógica transistor transistor) en la cual el 1 se asocia con la presencia de un voltaje de 5 voltios y el estado 0 se asocia con los 0 voltios. Es así como intercambian datos entre los “chips” para realizar las diversas operaciones. De hecho, se denomina “bit” a unos de los dos estados 0 o 1. Un grupo de 8 “bits” se denomina un “byte”.

Ya que solo se dispone de solo dos estados de voltaje para representar las cifras, se realiza también una operación de codificación para que, con el objetivo de manejar información, los circuitos puedan transmitirse no solo cifras sino también texto unos a otros. Aunque parece complicado, la operación de codificación es un ejercicio intelectual muy sencillo, tanto que incluso los niños pequeños lo juegan. Por ejemplo se ponen de acuerdo entre ellos y dicen “un golpe es si y dos golpes es no”.

Es así como nace el ASCII (american standard code for information interchange). Este código es el que arroja la tecla “ALT” de cualquier teclado. Por ejemplo para obtener el símbolo de arroba podemos presionar “ALT 64”.

La siguiente tabla resume los códigos ASCII para los caracteres de texto, agrupados en 8 bits unos o ceros. Por ejemplo el carácter A ha sido representado con la secuencia de bits 0100 0001. Podemos reconocer que en los primeros 4 bits está el número 4 y en el segundo grupo de cuatro bits está el 1. Hablando en hexadecimal, el carácter A es el 41, que convertido a decimal es 65, se obtiene entonces presionando la combinación “ALT 65”. ¡Haga la prueba!

Tabla 22. Código ASCII.

Carácter	ASCII	Carácter	ASCII
A	0100 0001	W	0101 0111
B	0100 0010	X	0101 1000
C	0100 0011	Y	0101 1001
D	0100 0100	Z	0101 1010
E	0100 0101	0	0011 0000
F	0100 0110	1	0011 0001
G	0100 0111	2	0011 0010
H	0100 1000	3	0011 0011
I	0100 1001	4	0011 0100
J	0100 1010	5	0011 0101
K	0100 1011	6	0011 0110
L	0100 1100	7	0011 0111
M	0100 1101	8	0011 1000
N	0100 1110	9	0011 1001
O	0100 1111	+	0010 1011
P	0101 0000	-	0010 1101
Q	0101 0001	*	0010 1010
R	0101 0010	:	0011 1010
S	0101 0011	=	0011 1101
T	0101 0100	<	0011 1100
U	0101 0101	;	0011 1011
V	0101 0110		

Fuente: ascii codes
Elaborado por: Paco Ortiz

Resumiendo, todo tipo de información, ya sea texto, cifras, visual, auditiva, etc, se puede expresar en secuencias de binarias de unos y ceros lógicos. Volveremos más adelante sobre este importante punto ya que es el secreto de las tecnologías digitales tan en boga en el mundo actual.

Lógica digital

Anteriormente vimos que cuando una variable y depende de otra variable x , se dice que y está en función de x , es decir $y = f(x)$. Esto aplica también para las cantidades x e y expresadas en números binarios.

Sin embargo, existe un álgebra que se basa justamente en el hecho de que una variable X o una variable Y, pueden tomar solo dos estados lógicos 0 o 1 (o Verdadero y Falso).

A ésta se la conoce como el álgebra de Boole o “álgebra booleana”, en honor del científico inglés George Boole (1815-1864) que fue quien la desarrollo.

Revisaremos únicamente las operaciones lógicas más simples “negación”, “y” y “o” a las cuales expresadas en inglés para mejor comprensión serían: “NOT”, “AND y “OR”.

OPERACIÓN “NOT”

Es la más simple de las operaciones lógicas y consiste en obtener el valor contrario de una variable lógica.

Por ejemplo si $X=1$, $\text{NOT}(X) = 0$

Y viceversa, si $X=0$, $\text{NOT}(X) = 1$.

Resumiéndolo en una tabla quedaría:

Tabla 23. Operación not

X	Y = NOT (X)
1	0
0	1

Elaborado por: Paco Ortiz

O expresando los valores como Verdadero (V) y Falso (F):

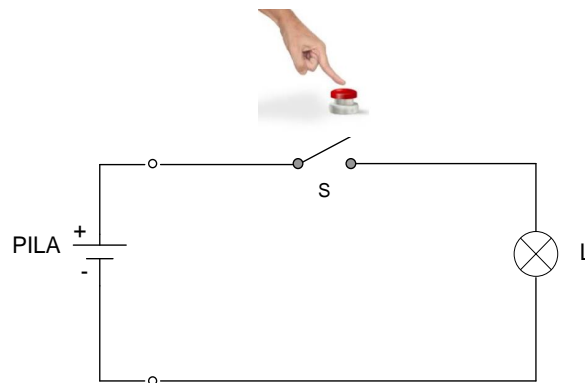
Tabla 24. Operación not

X	Y = NOT (X)
V	F
F	V

Elaborado por: Paco Ortiz

Asociemos esta función lógica básica a un circuito muy simple compuesto por un switch S y un foco L:

Gráfico 42. Función lógica not asociada a un circuito simple.



Elaborado por: Paco Ortiz

Asociemos los valores de verdadero "V" al switch S cuando está cerrado. Y el valor "F", es decir falso, cuando está abierto.

Y los valores de verdadero "V" al foco L cuando está encendido (ON) y de falso "F" cuando está apagado (OFF).

Tabla 25. Operación not, asociación de valores.

S	L
CERRADO	ON
ABIERTO	OFF

Elaborado por: Paco Ortiz

Por lo tanto, de acuerdo a la operación NOT:

Tabla 26. Operación not, asociación de valores.

NOT(S)	L
ABIERTO	OFF
CERRADO	ON

Elaborado por: Paco Ortiz

OPERACIÓN LÓGICA “AND”

Entre dos variables p y q, puede establecerse una relación lógica de modo que una variable dependiente r, sea verdadera si tanto p como q son verdaderas. Veamos la siguiente tabla de verdad que contiene las 4 posibilidades:

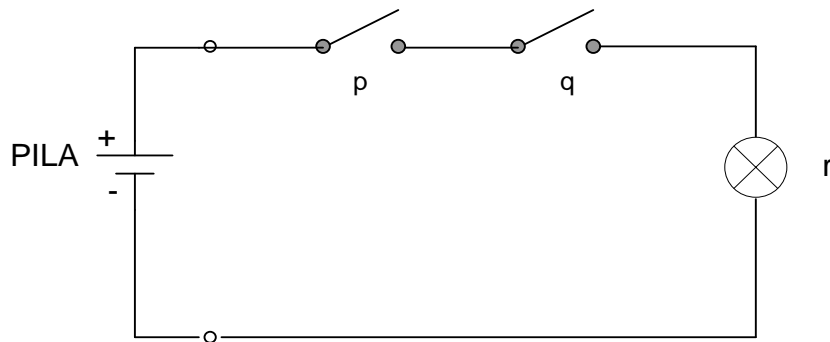
Tabla 27. Operación lógica AND

p	q	r = p (AND) q
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	F

Elaborado por: Paco Ortiz

Esto puede asociarse a la siguiente conexión en serie de los switches p y q:

Gráfico 43. Circuito que representa la operación AND.



Elaborado por: Paco Ortiz

Puede observarse que, efectivamente, solo cuando ambos switches p y q están cerrados (verdaderos ambos), enciende el foco r (se pone en estado Verdadero).

OPERACIÓN LÓGICA “OR”

Entre dos variables lógicas p y q, puede establecerse una función r, para la cual, basta que una de las dos variables independientes p, q esté en estado Verdadero para que también la variable dependiente r sea Verdadera. Veamos la siguiente tabla de verdad:

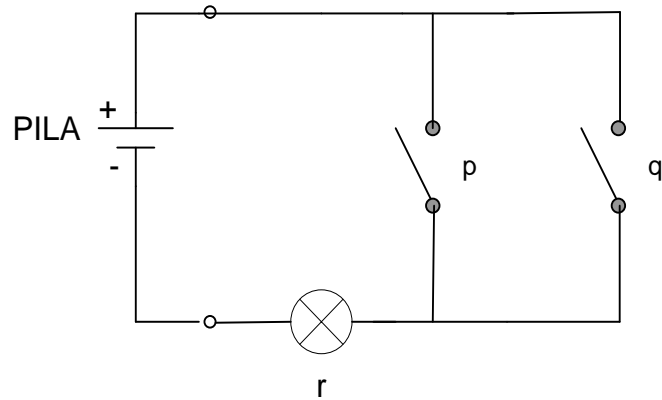
Tabla 28. Operación lógica OR

p	q	r = p (OR) q
V	V	V
V	F	V
F	V	V
F	F	F

Elaborado por: Paco Ortiz

La función OR puede asociarse a un circuito cuyos switches p y q estén conectados en paralelo:

Gráfico 44. Representación en circuito de la operación lógica “OR”.



Elaborado por: Paco Ortiz

Efectivamente, podemos observar que el foco r se apaga solo cuando tanto el switch p como el switch q, están abiertos.

En lógica digital hay funciones más complejas que las tres que hemos revisado, sin embargo, muchas de ellas son derivadas de las funciones básicas que hemos visto, por ejemplo, sea la función $r = (p \text{ AND } q) \text{ OR } (\text{NOT}(s))$

Su tabla de verdad sería:

Tabla 29. Tabla de verdad

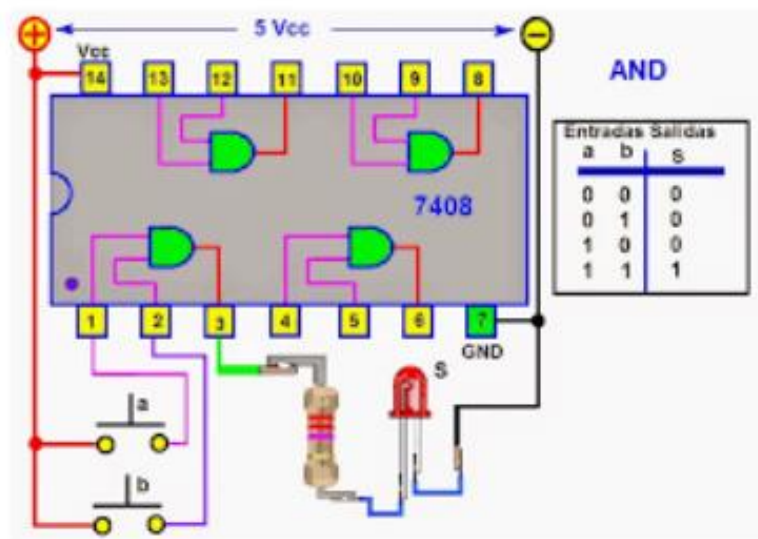
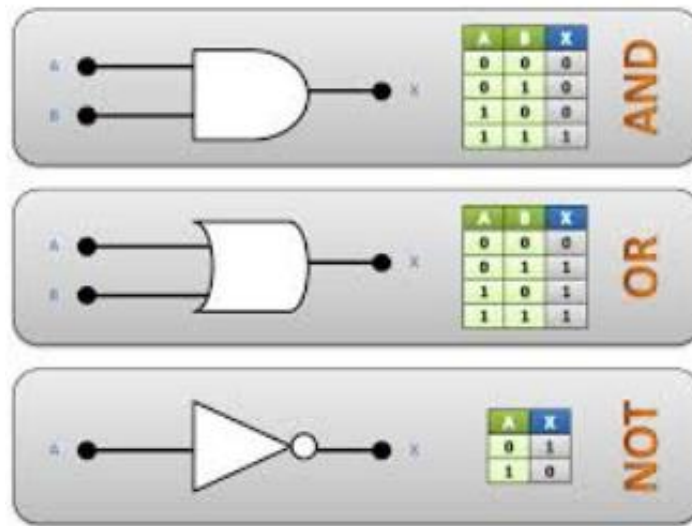
p	q	s	p AND q	NOT (s)	r
V	V	V	V	F	V
V	V	F	V	V	V
V	F	V	F	F	F
V	F	F	F	V	V

F	V	V	F	F	F
F	V	F	F	V	V
F	F	V	F	F	F
F	F	F	F	V	V

Elaborado por: Paco Ortiz

En electrónica, con el uso de transistores, se implementan las compuertas AND y las compuertas OR las cuales realizan las operaciones vistas, admitiendo ceros (0 voltios) y unos (5 voltios) en sus entradas lógicas p y q:

Gráfico 45. Circuitos integrados de compuertas lógicas.



Fuente: (national instruments, 2012)
Elaborado por: Paco Ortiz

La importancia de la lógica digital (basada en el álgebra de Boole) es que allí radica el diseño de los computadores digitales.

Con esto finalizamos la introducción matemática a nuestro curso de radiocomunicaciones.

Lo que sigue es la introducción a la electricidad y el magnetismo.

4.2 DISEÑO DEL CURSO BÁSICO DE FÍSICA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

**PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN MICROONDAS PARA
TRABAJADORES DE SIAE**

PROGRAMA DE CURSO

A.- DATOS INFORMATIVOS:

CURSO:	BÁSICO DE FÍSICA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
CÓDIGO:	BFTE
PROGRAMA:	CAPACITACIÓN EN MICROONDAS
No. HORAS	8

B.- DESCRIPCIÓN DEL CURSO:

En este curso se hace un repaso de las principales unidades de medida en el marco del Sistema Internacional de unidades (SI) y sus equivalente en el sistema Inglés que todavía se usa. Se hace énfasis en la conversión de unidades. Se trata con los múltiplos y submúltiplos así como sus prefijos. Se hace una introducción a la electricidad y el magnetismo. Se repasan conceptos de circuitos eléctricos.

C.- PRERREQUISITOS

PRERREQUISITOS	
CURSO	CÓDIGOS
BÁSICO DE MATEMÁTICAS	BM

D.- OBJETIVO GENERAL:

Repasar los sistemas de unidades de medida siempre en relación con el objetivo final que es el curso de microondas.

Se revisan también los conceptos de electricidad y magnetismo, procurando realizar experimentos sencillos para familiarizar a los alumnos con el concepto. También se destaca el concepto de “tierra” desde el punto de vista de la electricidad y de las telecomunicaciones.

E.- RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al completar en forma exitosa este curso, los estudiantes deben ser capaces de:

RESULTADO DE APRENDIZAJE DEL CURSO	NIVEL DE DESARROLLO INICIAL/MEDIO/ALTO
Sistemas de unidades	alto
Electricidad y magnetismo	medio

Circuitos eléctricos	medio
Tierra eléctrica	alto
Diferencia entre corriente alterna y continua	alto

F.- CONTENIDOS

1. UNIDADES DE MEDIDA

- 1.1. Longitud, peso, tiempo. Conversiones.
- 1.2. Voltaje, corriente
- 1.3. Tiempo, frecuencia
- 1.4. Múltiplos y submúltiplos. Prefijos más comunes.

2. ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

- 2.1. Definiciones
- 2.2. Maqueta generador electrostático
- 2.3. Maqueta electroimán
- 2.4. Maqueta motor eléctrico

3. CIRCUITOS ELÉCTRICOS

- 3.1 Voltaje, corriente, potencia
- 3.2 Tierra eléctrica
- 3.3 Visualización en un osciloscopio de la diferencia entre corriente alterna y corriente continua.

G.- METODOLOGÍA, RECURSOS:

De la explicación pasamos directamente a realizar ejercicios de conversión de unidades poniendo ejemplos relacionados a la actividad laboral.

Ayudamos al estudiante a crear conocimiento por medio del “ciclo de aprendizaje de la ciencia”, que como vimos consiste en presentar una situación y pedir que los estudiantes la traten de explicar. Por ejemplo ponemos a funcionar el motor eléctrico casero y requerimos la explicación acerca de lo que está sucediendo. Luego de analizados los conceptos básicos del electromagnetismo, el instructor vuelve sobre la maqueta del motorcillo y explica ahora sí a los estudiantes. Luego vuelve a pedir a alguien que explique a los demás.

Lo mismo con las maquetas demás maquetas construidas para este curso.

Posteriormente, hacemos uso de instrumentos de medición como el voltímetro y el osciloscopio a fin de aclarar los conceptos, sobre todo la diferencia entre AC y DC.

4.2.1 Propuesta curso básico de física y tecnología eléctrica.

Continuando con la parte introductoria tenemos que abordar la temática relativa a los sistemas de medida y a los conocimientos básicos acerca de la electricidad y el magnetismo.

Unidades y sistemas de medida

Existen en la naturaleza distintas magnitudes físicas, las cuales el hombre ha podido cuantificar a lo largo de un proceso de siglos.

Una de las primeras cantidades susceptibles de medida es la longitud. Históricamente el hombre ha comparado el tamaño y la longitud de las cosas que le rodean, con su propio cuerpo. De allí nacen las medidas en brazas, codos, pies, palmos, cuartas, etc.

Al llegar la revolución francesa se produjo un movimiento que pretendía uniformizar las medidas básicas, sobre todo de longitud. Es conocida la historia de la misión de “sabios franceses” que llegó a estas tierras con objeto de medir el arco del meridiano terrestre ya que de allí surgió la definición de metro como unidad de medida de longitud.

En el museo “Arts et métiers” de París existe una sala dedicada a la historia de las unidades de medición. En dicha sala se refiere a que en los años posteriores a la revolución (poco después de 1789) tres misiones salen a diferentes partes del mundo a verificar el tamaño del arco del meridiano terrestre. Una se queda en Europa entre Francia y España. Otra va al África. Y finalmente, dice el documento, otra misión sale hacia el virreinato del Perú, a la línea equinoccial. Esa precisamente es la que quedó marcada en nuestra historia y de la cual se conocen muchos detalles debido a que aquellos ingenieros franceses, como cualquier ser humano, entablaron relaciones de amistad y hasta de parentesco con los criollos de Quito, Riobamba y Cuenca. Un riobambeño ilustre, Pedro Vicente Maldonado, les acompaña en sus recorridos y colabora con las actividades de agrimensura. Pedro

Vicente luego viaja a Francia donde es aceptado como miembro de la Academia de Ciencias de París (Casa de la Cultura ecuatoriana, 2004).

También el peso era una cantidad que fue tempranamente cuantificada. De allí tenemos la libra y la onza romanas, la fanega y el quintal español, etc.

Y el tiempo. La idea del tiempo surge de la duración del día y de la llegada de las estaciones del año. En muchas culturas, a través de la historia, se ha definido la duración tanto del día como del mes y del año y a menor escala las horas, los minutos hasta llegar al segundo.

En la actualidad la ciencia está muy adelantada en cuanto a la definición de las magnitudes básicas. Al presente existen principalmente dos sistemas de unidades de medida que afectan directamente nuestro desenvolvimiento como técnicos de telecomunicaciones: el sistema internacional (SI) y el sistema inglés (también llamado sistema imperial, aunque esta palabra resulte anacrónica).

Veamos en la siguiente tabla las unidades de medida fundamentales de ambos sistemas (entre paréntesis el símbolo que le corresponde)

Tabla 30. Sistemas de unidades Internacional e Inglés.

	SI	Inglés
Longitud	Metro (m)	Pie (')
	Centímetro (cm)	Pulgada (")

Peso	Kilogramo (kg)	Libra (lb)
	Gramo (g)	Onza (oz)
Tiempo	Segundo (s)	Segundo (s)
Voltaje	Voltio (V)	Voltio (V)
Corriente	Amperio (A)	Amperio (A)
Frecuencia	Hertz (1/s)	Hertz (1/s)

Elaborado por: Paco Ortiz

Tabla 31. Ejemplo de equivalencias entre SI e inglés

1 metro	3,28 pies
2,54 cm	1 pulgada
1 kg	2,2 libras
28 gramos	1 onza

Elaborado por: Paco Ortiz

También existen magnitudes derivadas como la velocidad que se mide en m/s, km/h o pies/segundo.

La densidad de la materia se mide en gramos/cm^3

O la potencia eléctrica que se mide en voltios x amperios y que se conoce como Watt.

Los libros de física generalmente traen un apéndice muy completo para el estudio de las diferentes magnitudes. Se recomienda el libro Física para la Ciencia y la Tecnología de Tipler y Mosca (Tipler & Mosca, 2010).

Especial interés tenemos en esta introducción al curso de telecomunicaciones en la conversión de unidades. Por experiencia sabemos que muchos manuales de antenas, torres, pasa muros, pueden venir de Europa u de Estados Unidos. Si vienen de Europa, puede ser que vengan de Inglaterra o Escocia en cuyo caso usarán el sistema inglés.

Los productos provenientes del Asia, especialmente China, generalmente usan el Sistema Internacional. En Ecuador, en la práctica, se usa mayoritariamente el SI, pero aún persisten (estimando) un 30% de casos en los que se usa el sistema inglés: las llaves de tuercas expresadas en fracciones de pulgada es un ejemplo de ello.

Para convertir de una unidad a otra partimos del hecho que al multiplicar cualquier cantidad por 1, ésta no se altera.

Una forma de escribir el 1, es escribir a/a, expresando así que una cantidad dividida para sí misma nos da siempre 1.

En conversión de unidades por ejemplo:

$$1 = \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}}$$

$$1 = \frac{1 \text{ kg}}{2,2 \text{ lb}}$$

Por ejemplo, para convertir el peso de una persona que pesa 75 kg en libras, lo hacemos de la siguiente manera:

$$75 \text{ kg} * \frac{2,2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}}$$

Simplificando kg con kg, nos queda $75 \times 2,2$ libras = 165 lb

Otro ejemplo, el municipio de una ciudad multa por circular a más de 50 km/h. Se desea saber a cuantos m/s equivale esta velocidad:

$$50 \frac{\text{km}}{\text{h}} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

(Multiplicamos dos veces por uno, pero acomodando la fracción para que sea posible la simplificación de unidades)

Simplificamos km con km y h con h, y nos queda

$$50 * \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}$$

Es decir la multa aplica a partir de los 13,9 m/s. La respuesta no es trece punto nueve. La respuesta es trece punto nueve metros por segundo. **Recuerde, el buen técnico de telecomunicaciones, siempre detalla las unidades en las que obtiene sus resultados.**

Otro ejemplo: un equipo de técnicos debe instalar una antena parabólica de marca Andrew de procedencia inglesa. De acuerdo al manual, la antena tiene un diámetro de 10 pies y pesa 650 libras. El cliente desea saber estas características pero expresadas en el sistema internacional.

Empezamos con el tamaño de la antena:

$$10 \text{ pies} * \frac{0,3048 \text{ m}}{1 \text{ pie}}$$

Simplificando las unidades pie con pie, el resultado es diámetro igual a 3,048 metros.

Y en cuanto al peso:

$$650 \text{ lb} * \frac{\text{kg}}{2,2 \text{ lb}}$$

Simplificando libra con libra nos resulta 1 peso en 295,4 kg

Resumiendo y aproximando, decimos al cliente que es una antena de 3 metros y que pesa 295 kg.

Medidas de tiempo y de frecuencia.

Como ya anotamos, la unidad fundamental de medida del tiempo es el segundo. Una unidad derivada del concepto de tiempo es la frecuencia.

No es extraño el término frecuencia en la vida cotidiana. Por ejemplo

¿Con qué frecuencia va Ud. a misa?

El motor gira a 3000 revoluciones por minuto.

La gente usualmente come con una frecuencia de tres veces al día.

Ya podemos ver que la frecuencia es algo que sucede en un periodo de tiempo y se repite luego exactamente igual en el siguiente periodo.

Los discos de acetato antiguos giraban a una frecuencia de 45 rpm (revoluciones por minuto). De allí el grupo de cantantes famosos de los 80' "stars on forty five".

La unidad de frecuencia en el Sistema Internacional es el Hertz o Hercio. Nombrado así en honor al científico alemán Heinrich Hertz y es el inverso del segundo

$$1 \text{ Hertz} = \frac{1}{s}$$

Un Hertzio aplica a cualquier evento que suceda ¡una vez por segundo!

En el ejemplo citado, si el motor del vehículo está girando a 3000 rpm, como ejercicio convirtamos esta cantidad a Hertz:

$$3000 \frac{rev}{min} * \frac{1 min}{60s} = 50 \frac{rev}{s} = 50 Hz$$

Es decir el motor está rotando a razón de 50 veces por segundo.

Otro ejemplo, la corriente alterna que alimenta de energía eléctrica los hogares tiene un voltaje de 120 Voltios con una frecuencia de 60 Hz. Esto quiere decir que la polaridad del voltaje se invierte 60 veces por segundo.

Más adelante en este curso daremos muchos ejemplos de esta magnitud llamada frecuencia debido a que es una característica fundamental de las señales radioeléctricas.

Múltiplos y submúltiplos de las unidades de medida

En el caso de la longitud, la unidad fundamental es el metro. Pero, para las distancias grandes como es el caso de la distancia entre Quito y Guayaquil, es más conveniente

utilizar un múltiplo de metros, en este caso el kilómetro (que se abrevia km) que equivale a mil metros.

Para medir distancias pequeñas, como es el caso del espesor de los cables de corriente eléctrica, el metro resulta ser demasiado grande como unidad de medida. Por ello se recurre al milímetro (se abrevia mm) que equivale a una milésima de metro.

Igual resulta para todas las medidas que, dependiendo del orden de magnitud, se usan mejor los múltiplos o los submúltiplos, los cuales se simbolizan con una letra que precede a la magnitud fundamental y expresa la cantidad de veces que ésta ha sido aumentada o disminuida. En la siguiente tabla anotamos los prefijos más usados en telecomunicaciones:

Tabla 32. Múltiplos y submúltiplos de las unidades fundamentales.

Prefijo	Denominación	Representa	Matemáticamente	Ejemplo	Se lee
p	pico	Millonésima de millonésima	10^{-12}	ps	Pico segundo
n	nano	Mil millonésima	10^{-9}	ns	Nano segundo
u	micro	millonésima	10^{-6}	um	Micrómetro
m	mili	milésima	10^{-3}	mm	milímetro
k	kilo	Mil veces	1000	km	kilómetro
M	mega	Un millón	1'000.000	MHz	Mega hertz

G	giga	Mil millones	10^9	Gb	Giga bit
T	tera	Millón de millones (billón)	10^{12}	TB	Tera byte

Elaborado por: Paco Ortiz

Electricidad y magnetismo

Esta es una rama muy interesante de la física general. En el dominio de estos dos fenómenos se basa en gran parte el estado actual tecnológico que vive nuestro planeta.

Veamos un recuento histórico.

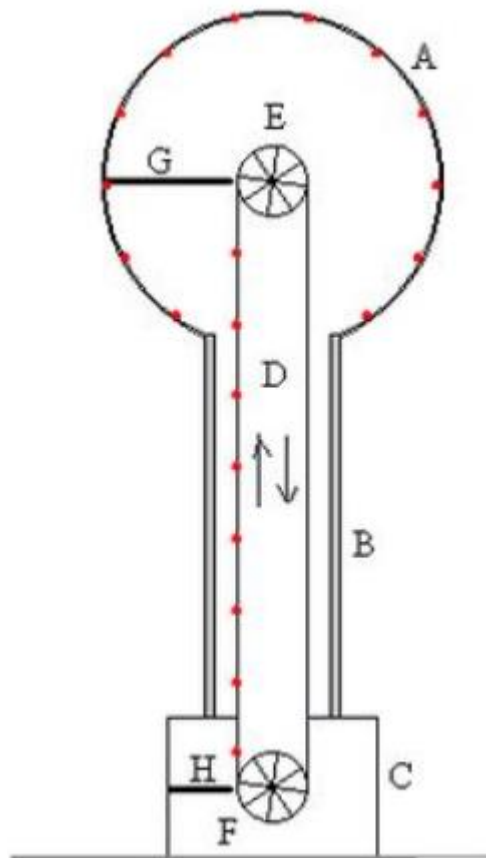
La palabra electricidad proviene del griego “elektron” que significa ámbar. El ámbar es un material que se encuentra en la naturaleza y que frotado con un tejido de lana, provoca la atracción de pequeños objetos como trocitos de papel. Los griegos fueron los primeros en dar cuenta de este curioso fenómeno. También nosotros cuando escolares frotamos un bolígrafo de plástico con nuestro cabello y vimos que atrae pequeños trozos de papel.

Por su parte la palabra magnetismo proviene también de la región griega de “magnesia” donde existe una piedra natural (llamada magnetita) que tiene la propiedad de atraer metales como el hierro.

En el libro escrito por Albert Einstein (que se puede bajar de internet) “La evolución de la Física” (Einstein & Infeld, 1986), consta un interesante recuento que los amantes de la ciencia, sean o no técnicos, pueden disfrutar por el lenguaje ameno en que el sabio autor lo escribió en ¡1938!

En esa época los griegos no lo sabían, pero lo que estaba sucediendo es que al frotar el ámbar con la lana, el ámbar quedaba eléctricamente cargado y por su parte los pequeños trozos de papel eran atraídos por el “campo” eléctrico que se formaba alrededor del ámbar. Para ejemplificar el concepto de campo eléctrico se dispone de una MAQUETA #2. Consiste en el llamado Generador de Van der Graaf. Lo que hace es hacer correr una pequeña banda de tela entre dos rodillos de plástico y de vidrio, de modo que se cargue la esfera de cobre:

Gráfico 46. Generador de Van der Graaf.

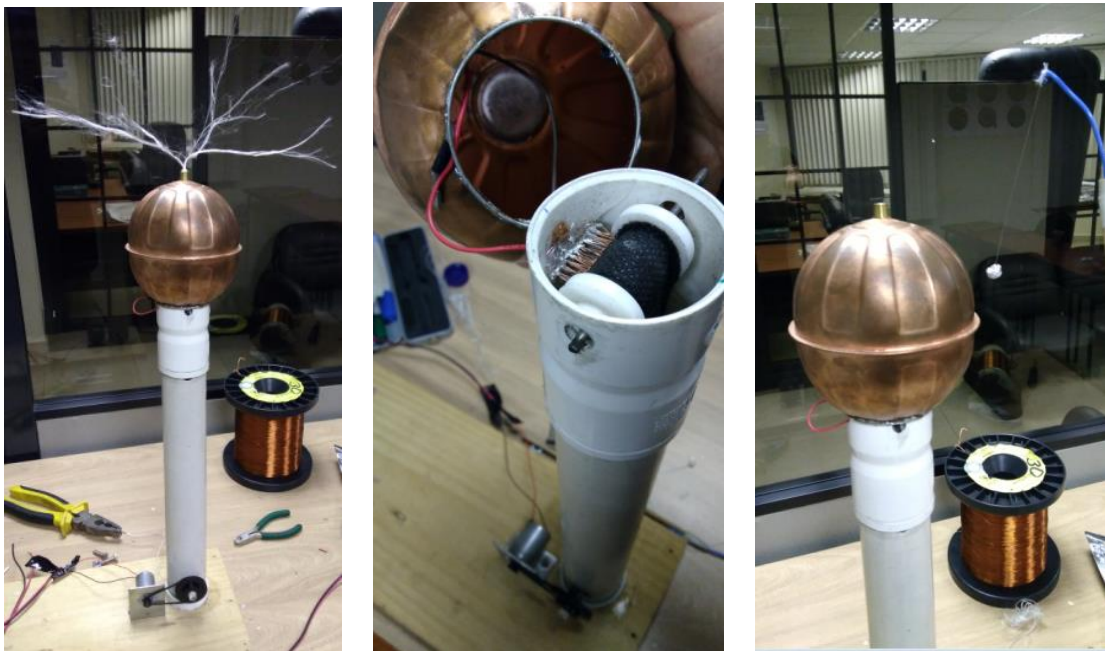


Fuente: (Tipler & Mosca, 2010)
Elaborado por: Paco Ortiz

H y G son escobillas. F eje de vidrio. E es eje de teflón o de plástico. B es tubo aislante.

D es la banda de tela. C es una base aislante de madera.

Gráfico 47. MAQUETA #2, generador electrostático artesanal.



Elaborado por: Paco Ortiz

Generador de Van der Graaf casero, construido a un costo inferior a los 20 dólares. Sirve para generar electricidad estática. En las fotografías se puede observar los hilos de nylon repelerse entre sí, o atraer una pequeña bolita hecha con el papel aluminio del envoltorio de un chocolate.

Con esta maqueta podemos visualizar la existencia real del campo eléctrico y notar cómo su poder de atracción disminuye con la distancia. Podemos visualizar que existen cargas positivas y negativas, que se repelen cuando son del mismo signo y que se atraen cuando son del signo contrario. Podemos también hacer carga por inducción.

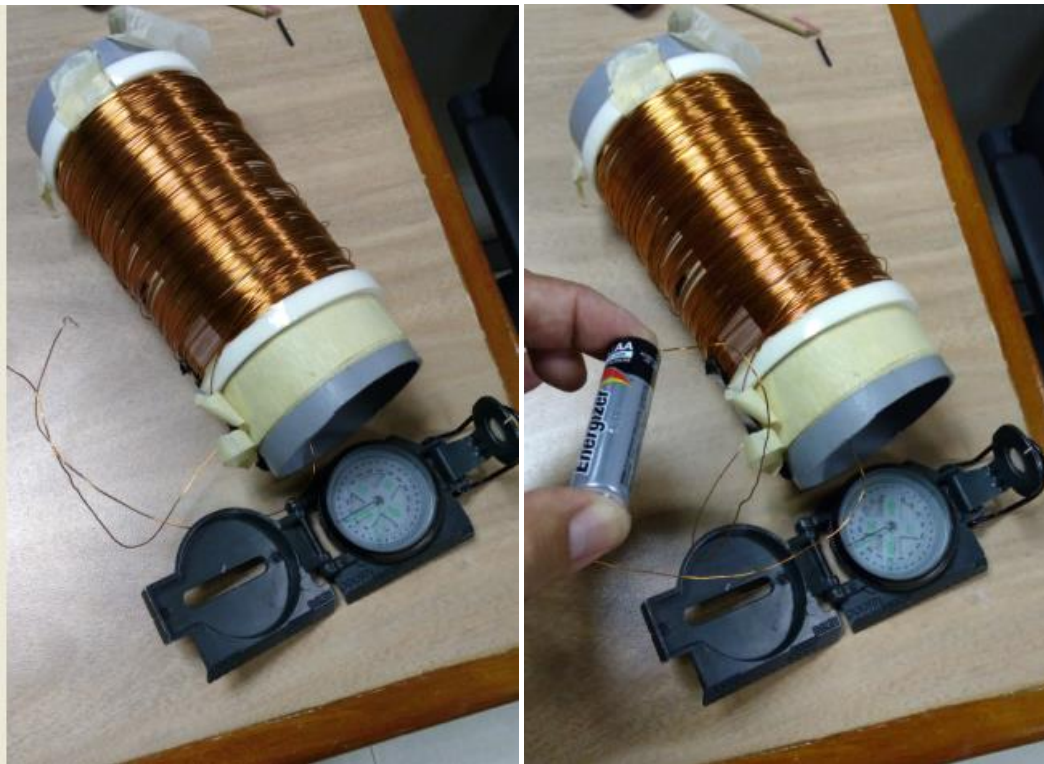
Otro experimento muy simple es demostrar que toda corriente eléctrica genera un campo magnético a su alrededor. Para esto simplemente enrollamos en un cilindro de PVC alrededor de 100 vueltas de alambre de cobre aislado, con ello hemos formado una pequeña bobina que suma los campos magnéticos a lo largo del eje cilíndrico de cada una de las espiras (vueltas) del alambre. Para notar el efecto nos ayudamos de una brújula. En

la fotografía de la izquierda la brújula apunta al Norte del planeta. En la fotografía de la derecha, una vez que hemos conectado la pila de 1,5 Voltios, vemos que la brújula se ha reorientado hacia el eje del cilindro (la bobina).

Este sencillo experimento es clave para demostrar la naturaleza yuxtapuesta entre la electricidad y el magnetismo. Que se resume en la siguiente frase:

“Toda carga eléctrica en movimiento produce un campo magnético y viceversa todo campo magnético en movimiento produce carga eléctrica”

Gráfico 48. MAQUETA #3, solenoide



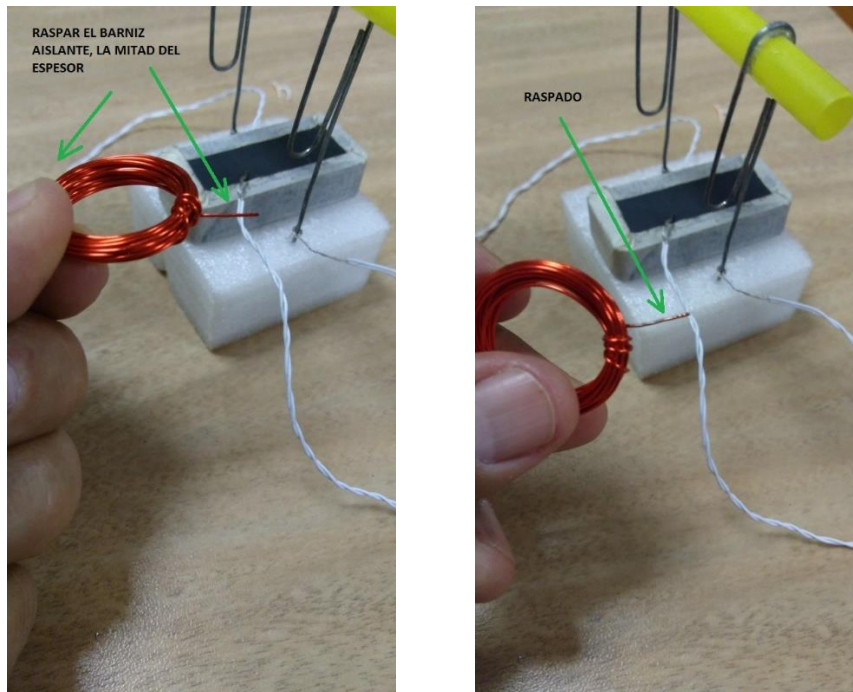
Elaborado por: Paco Ortiz

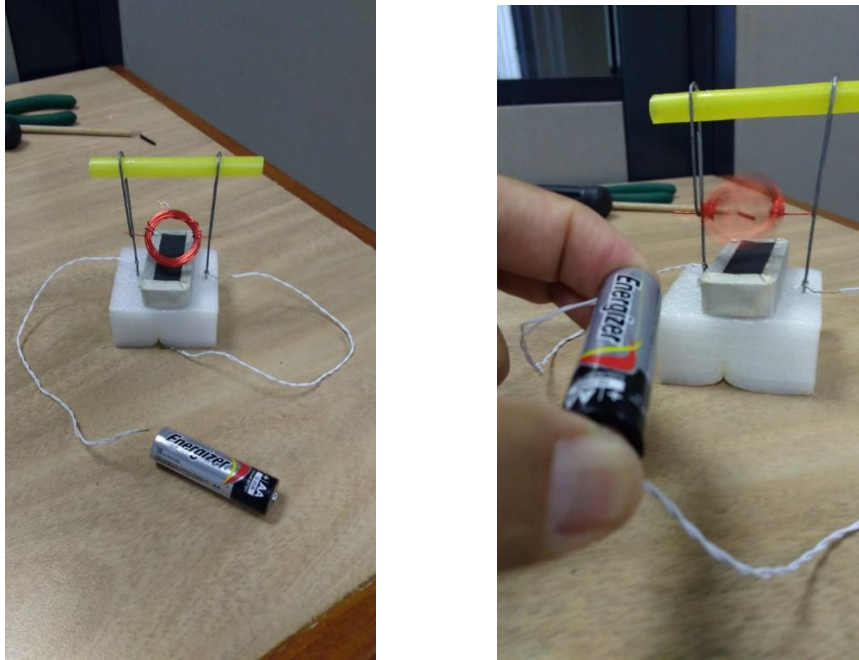
Los principios naturales citados, nos llevan a la construcción de una CUARTA MAQUETA:

Construimos una bobina de cobre achatada que contiene 50 vueltas de alambre arrollándolos juntos en un palo de escoba, lo colocamos entre dos clips grandes y lo sujetamos a una base de espuma flex, como se ve en la fotografía. Ponemos un trozo de sorbete plástico como travesaño para darle estabilidad. Colocamos un imán permanente debajo de la bobina, cerca pero sin rozarla y, aplicamos la electricidad con una pila. La bobina gira apoyada en los clips. ¡Hemos construido un motor eléctrico!

El secreto es que el esmalte del alambre de cobre que descansa apoyado en los clips, debe estar raspado, es decir quitado el aislamiento en un 50%, solo para que haga contacto eléctrico con el clip.

Gráfico 49. MAQUETA #4. Motor eléctrico básico.





Elaborado por: Paco Ortiz

Lo que está sucediendo es muy simple. Al circular corriente de la pila, la bobina se torna en imán. Al ser imán, se reorienta con el imán permanente que está bajo ella. Al reorientarse se mueve, gira. Pero cuando esto sucede pierde contacto eléctrico con los clips (recuerden que está raspada solo la mitad del aislamiento), al suceder esto deja de ser imán y cae por su propio peso hasta quedar de nuevo vertical como al principio, pero justo en ese momento vuelve a hacer contacto eléctrico con los clips y nuevamente se torna imán y así sucesivamente...

Estos sencillos experimentos nos permiten apreciar de manera objetiva el aspecto electro-magnético del mundo que nos rodea.

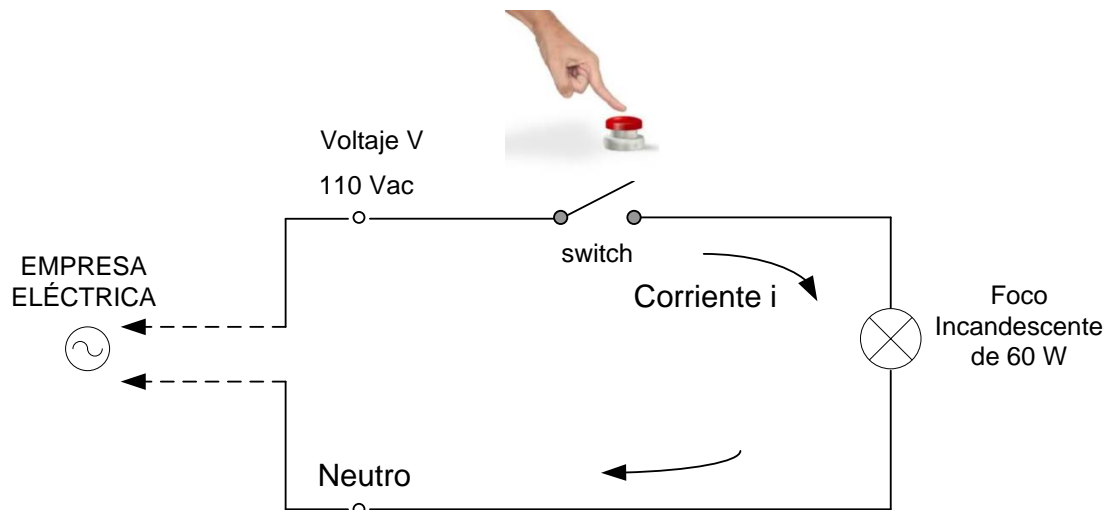
Circuitos eléctricos

En la vida cotidiana, la electricidad nos rodea por todas partes. Sabemos, porque lo hemos escuchado, que la electricidad en casa es de 110 o de 220 voltios AC. AC significa corriente alterna (alternating current en inglés).

Un circuito eléctrico es un camino cerrado para la corriente eléctrica, por ejemplo al encender el foco de la habitación, lo que hacemos es permitir que la corriente atraviese el filamento del bombillo y regrese a su hilo neutro. La resistencia que opone el filamento del foco al paso de la corriente eléctrica provoca un gran calentamiento y por tanto la incandescencia que nos da luz.

En este sencillo ejemplo de la vida cotidiana ya tenemos los conceptos claves: voltaje, corriente y resistencia. Adicionalmente, la etiqueta del foco decía 60 W, que quiere decir que consume 60 vatios. Posteriormente veremos el concepto de potencia eléctrica que se mide en vatios (se simboliza W).

Gráfico 50. Circuito eléctrico doméstico.



Elaborado por: Paco Ortiz

Unas fórmulas muy sencillas relacionan las magnitudes voltaje, corriente y resistencia eléctrica. Llamemos en adelante al voltaje V , la corriente I , y la resistencia R . Las unidades son el voltio (V), amperio (A) y el ohm (Ω), respectivamente.

$$V = I * R$$

Que se lee voltaje es igual a corriente multiplicado por el valor de la resistencia.

$$P = V * I$$

Que se lee potencia es igual a voltaje multiplicado por corriente.

En el ejemplo doméstico citado, nos informan que el voltaje es de 110 V y que la potencia del foco es 60 Watt. La unidad Watt no es más que voltio por amperio ($60W = 60 V.A$)

Por lo tanto

$$60 = 110 * I$$

Despejando I (el 110 que la multiplica, pasa al otro lado de la ecuación a dividir)

$$I = \frac{60 V.A}{110 V}$$

Simplificando las unidades voltio nos queda:

$$I = 0,55 A$$

Saber que corriente consume un aparato eléctrico nos sirve para dimensionar tanto el breaker (o fusible) como el calibre de los cables necesarios. Por ejemplo una ducha consume 3500 W y opera a 120 voltios AC. ¿Qué corriente consume?, ¿qué breaker es el adecuado y cuál es el número de cable adecuado?

Ya habíamos encontrado que

$$I = \frac{P}{V}$$

Entonces $I = 3500/110 = 29,2$ Amperios

El breaker deberá ser por lo menos de este valor, comercialmente se encuentran breakers de 40 A, que en este caso sería el adecuado.

En cuanto al calibre del cable, recurrimos a la tabla AWG (american wire gauge)

Tabla 33. Calibre de cables según AWG

AWG	Diam. mm	Amperaje	AWG	Diam. mm	Amperaje
1	7.35	120	16	1.29	3,7
2	6.54	96	17	1.15	3,2
3	5.86	78	18	1.024	2,5
4	5.19	60	19	0.912	2,0
5	4.62	48	20	0.812	1,6
6	4.11	38	21	0.723	1,2
7	3.67	30	22	0.644	0,92
8	3.26	24	23	0.573	0,73
9	2.91	19	24	0.511	0,58
10	2.59	15	25	0.455	0,46
11	2.30	12	26	0.405	0,37
12	2.05	9,5	27	0.361	0,29
13	1.83	7,5	28	0.321	0,23
14	1.63	6,0	29	0.286	0,18
15	1.45	4,8	30	0.255	0,15

Fuente: American wire gauge

Elaborado por: Paco Ortiz

Observamos que el cable #7 sería el correcto para la instalación de esta ducha, pero casi 4 milímetros de espesor lo convierten en un cable caro.

Una alternativa sería comprar una ducha de 3500 W, pero que funcione a 220 Voltios AC.

En ese caso es fácil calcular la corriente $I = 15,9$ Amperios,

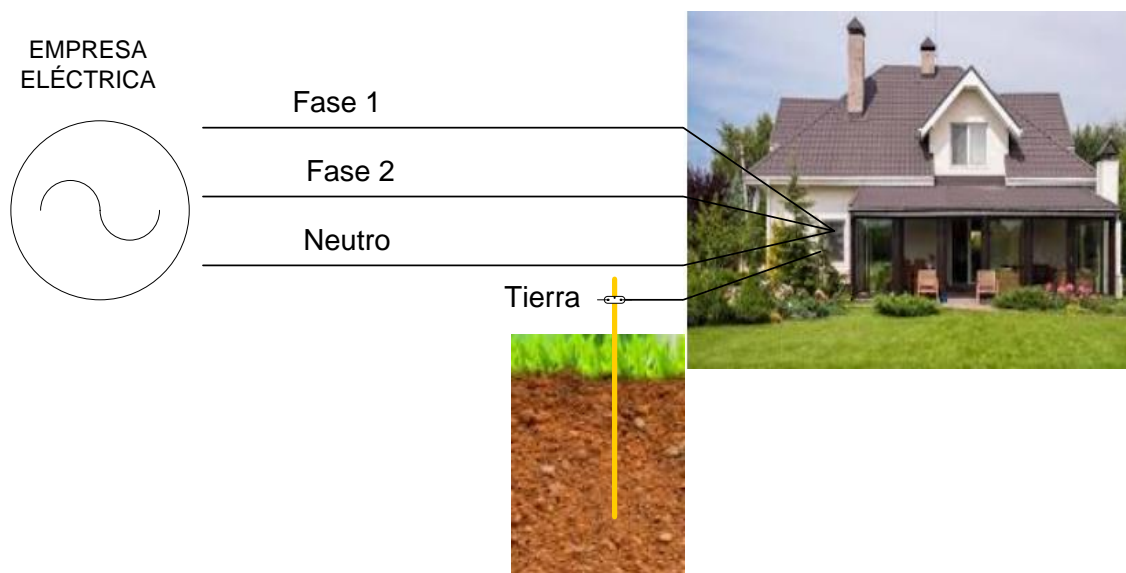
Para lo cual bastará el cable #9 o si no el #10

Concepto de tierra (desde el punto de vista eléctrico)

Actualmente en las instalaciones domésticas se dispone de las dos opciones, 120 Vac ó 220 Vac

Esto es debido a que a una residencia llegan desde la empresa eléctrica dos fases y el neutro siempre. Adicionalmente suele haber una varilla de cobre de 2 metros de largo y 2 cm de diámetro, que proporciona un cuarto cable llamado “tierra” debido a que hace contacto con el planeta, el cual es la fuente infinita de electrones.

Gráfico 51. Instalación eléctrica comercial.



Elaborado por: Paco Ortiz

Con la ayuda de un voltímetro (el instrumento que sirve para medir voltajes, los hay muy baratos desde 10 dólares hasta 300 dólares) podemos medir los voltajes que alimentan de electricidad una residencia común.

Gráfico 52. Medidor de voltaje, corriente y resistencia también llamado “multímetro”



Elaborado por: Paco Ortiz

En el gráfico # 51 se pueden medir los siguientes voltajes:

Tabla 34. Voltajes medidos en una instalación doméstica.

	Fase 1	Fase 2	Neutro	Tierra
Fase 1	-	220	120	120
Fase 2	220	-	120	120
Neutro	120	120	-	<1
Tierra	120	120	<1	-

Elaborado por: Paco Ortiz

Observemos que la “**puesta a tierra**” es una instalación local, es decir no llega junto con los otros cables desde la empresa eléctrica. Una puesta a tierra doméstica mide entre 10-20 Ω , dependiendo de las características conductivas del suelo.

Pero para una estación de telecomunicaciones, se recomienda que este valor sea inferior a los 4 Ω . Para ello se forma una verdadera malla que interconecta varias varillas de cobre incrustadas en el suelo. El valor de esta resistencia es muy bajo puesto que la puesta a tierra debe proteger eficientemente los equipos electrónicos de telecomunicaciones y el

personal, de las descargas atmosféricas. Posteriormente veremos un gráfico de una malla de tierra para telecomunicaciones.

El cable de tierra generalmente se lo distingue porque es amarillo con verde, como norma de la industria.

Hay que poner atención a tocar con la mano una de las fases porque si bien usamos calzado que nos aísla de tocar la tierra y posiblemente el piso de la casa es baldosa, madera, alfombra, no nos libra 100% de hacer contacto con el planeta y podemos sufrir una correntada.

El ejemplo que hemos puesto para una instalación eléctrica residencial implica el uso de voltaje alterno, es decir cuya polaridad se alterna periódicamente entre el hilo de fase y el hilo de neutro.

Sin embargo los principios son los mismos si hubiésemos tomado como ejemplo el circuito eléctrico de un carro cuya batería suministra voltaje continuo de 12 voltios DC (DC significa direct current)

Por ejemplo si el foco de salón tiene una potencia de 3 W, podemos calcular la corriente dividiendo

$$I = \frac{P}{V} = \frac{3 \text{ W}}{12 \text{ V}}$$

Simplificando voltio con voltio, nos queda $I = 0,25$ Amperios DC

Por supuesto que si la fuente de energía suministra voltaje DC, la corriente originada será también DC.

¿Pero, cuál es la diferencia entre voltaje AC y voltaje DC?

Lo mejor es visualizarlo en un instrumento: el osciloscopio, el cual es un instrumento que en su pantalla tiene un plano cartesiano. En el eje vertical (y) se grafica el voltaje y en el eje horizontal (x) se grafica el paso del tiempo.

Actividad práctica, diferencia entre AC y DC

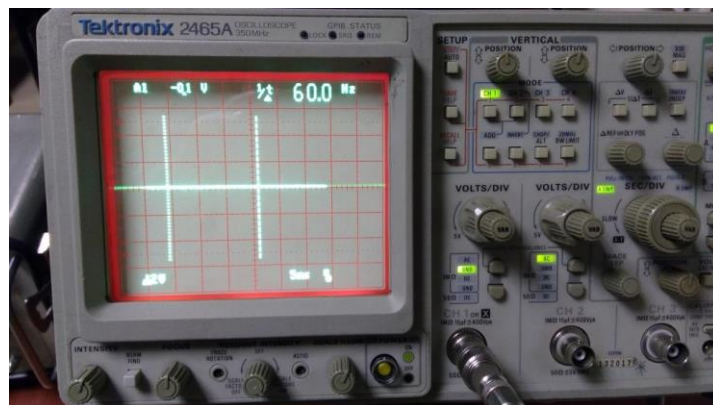
Necesitamos los siguientes materiales:

Un adaptador AC/AC que nos transforme de 120 voltios AC a 3 voltios AC

Una pila de 1,5 Vdc (la común AA)

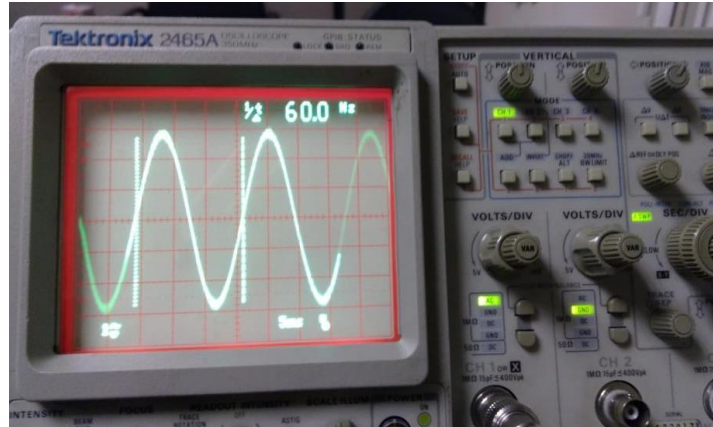
Y observamos la pantalla del osciloscopio:

Gráfico 53. Osciloscopio con voltaje de entrada nulo: ni AC ni DC. El eje de las X es el tiempo, graduado a 5 milisegundos por división. El eje de la y es voltaje graduado a 2 voltios por división.



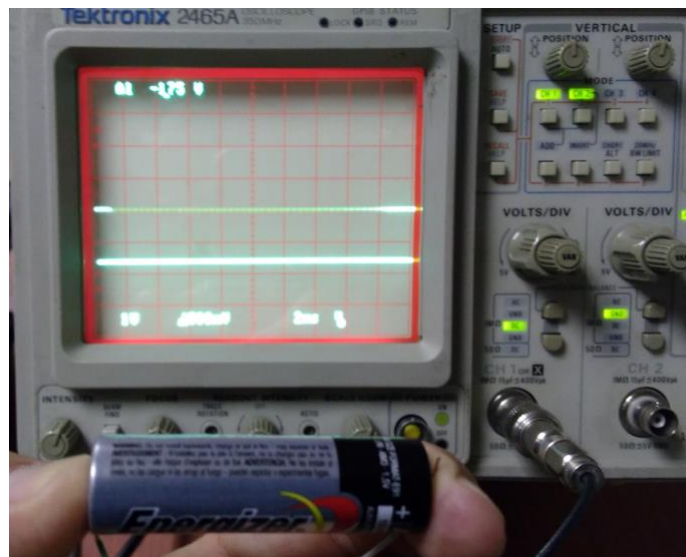
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 54. Osciloscopio muestra una señal de voltaje alterno, la mitad del ciclo es polaridad positiva y la otra mitad es polaridad negativa. La frecuencia es 60 Hz. Obsérvese la similitud de esta señal con la función $y = \sin(x)$ representada en el gráfico #40



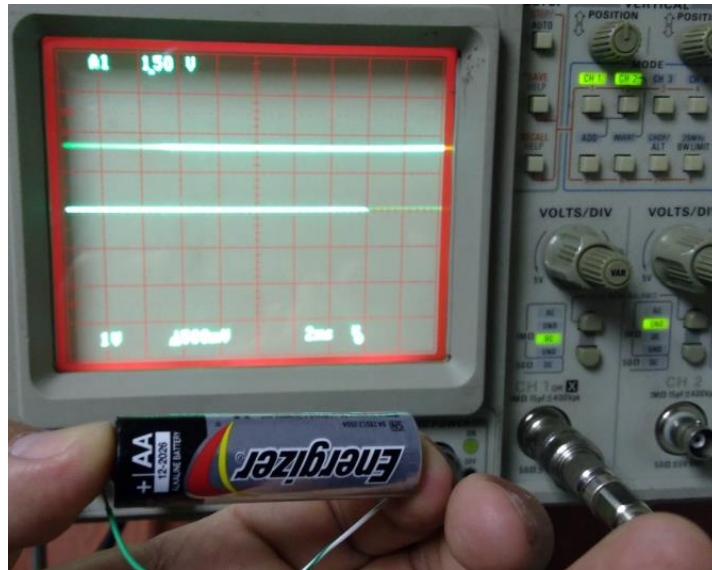
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 55. Voltaje suministrado por la pila cuando el hilo verde va al negativo: -1,5 Voltios. Y así se mantiene a lo largo del tiempo.



Elaborado por: Paco Ortiz

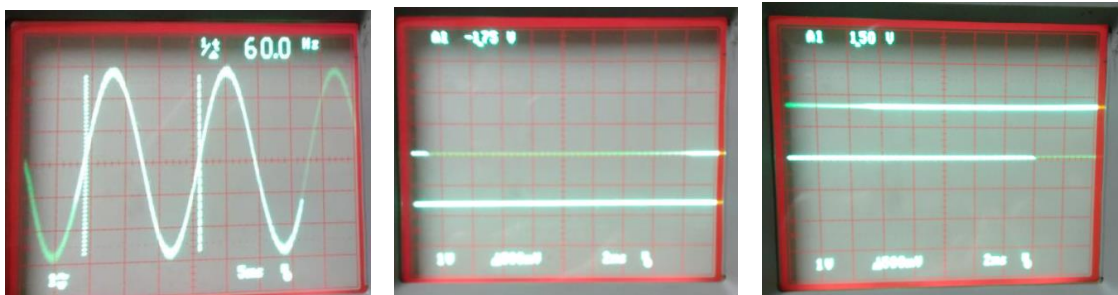
Gráfico 56. Voltaje de la pila, con el hilo verde conectado al positivo: +1,5 voltios respecto al eje x y así se mantiene a lo largo del tiempo.



Elaborado por: Paco Ortiz

Ahora pongamos juntas las gráficas:

Gráfico 57. Comparación de los voltajes alterno, continuo negativo y continuo positivo, respectivamente.



Elaborado por: Paco Ortiz

Ejemplos de voltaje o corriente continua son los siguientes:

-La pila doble A usada en el experimento.

-La batería de cualquier vehículo. Que por cierto lleva conectado el negativo a la carrocería (fierros) y esto implica que el “vivo”, es decir el “hilo activo” es el positivo en el cual se deben intercalar los fusibles para que protejan los circuitos.

-El adaptador con el que se carga cualquier laptop. Usualmente el positivo es el centro del conector que se inserta en la laptop. Los hay de varios voltajes y es necesario ser muy cauto en usar lo especificado por el fabricante, de lo contrario puede quemarse el disco duro.

-La batería ion litio de cualquier celular.

-La energía DC de una estación de telecomunicaciones.

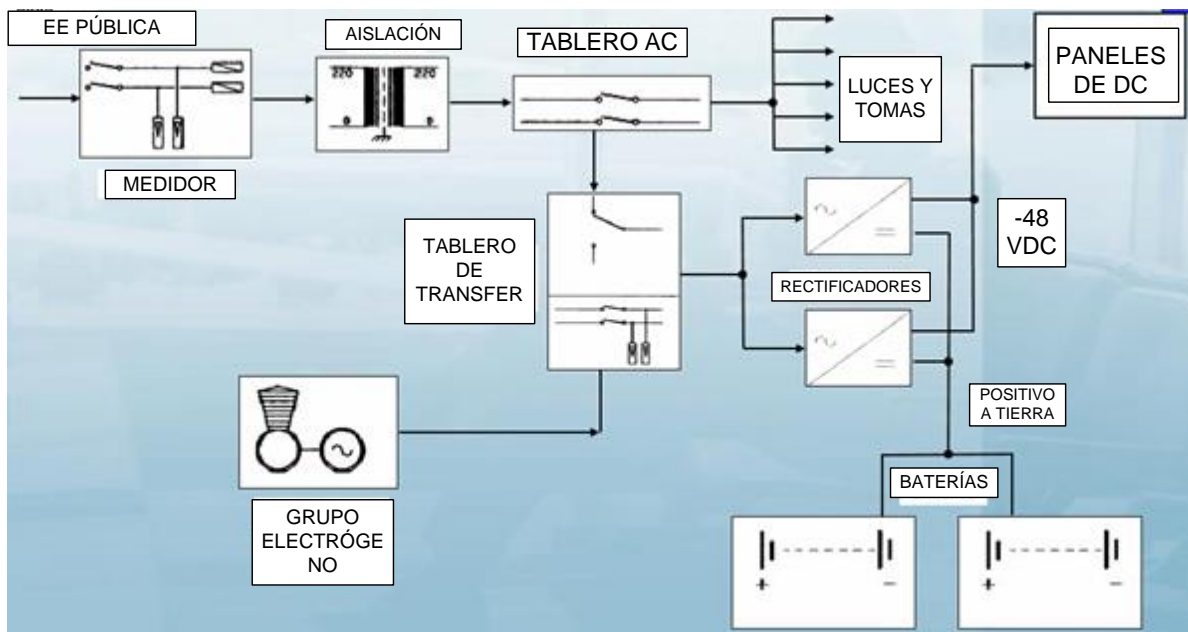
En cuanto a corriente alterna, el mejor ejemplo es la energía residencial que tiene una frecuencia de 60 Hz, pero que en su camino hacia las ciudades puede llegar a tener voltajes de 230 mil voltios o 500 mil (500 kV) en el caso de la nueva central Coca Codo Synclair.

Fuente de energía en las estaciones de telecomunicaciones

Si bien la energía principal de una estación de telecomunicaciones es igual a la residencial, es decir alterna, dos o tres fases, neutro y tierra, los equipos y aparatos electrónicos que sirven para generar las señales radioeléctricas, funcionan a 48 voltios de corriente continua. La energía alterna comercial, es transformada en energía continua mediante el “rectificador” el cual es un aparato electrónico que convierte de AC en DC (como el adaptador de una laptop, pero esto es a 16 voltios dc) con niveles de potencia altos, capaces de entregar cientos de amperios DC.

Es muy importante también notar que en estas instalaciones el hilo “vivo” es el negativo. Al contrario que en los vehículos, en las instalaciones de telecomunicaciones, el positivo es quien va conectado a “masa” o “tierra”. Por lo tanto se dice que los aparatos funcionan a -48 Vdc (menos 48 voltios dc). Y es en el alambre negativo donde se ubican los breakers protectores de cortocircuitos.

Gráfico 58. Diagrama de energía en una estación de telecomunicaciones.



Fuente: (Siemens AG, 2003)

Elaborado por: Paco Ortiz

4.3 DISEÑO DEL CURSO BÁSICO DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

**PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN MICROONDAS PARA
TRABAJADORES DE SIAE**

PROGRAMA DE CURSO

A.- DATOS INFORMATIVOS:

CURSO:	BÁSICO DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS
CÓDIGO:	BOEM
PROGRAMA:	CAPACITACIÓN EN MICROONDAS
No. HORAS	8

B.- DESCRIPCIÓN DEL CURSO:

En este curso abordaremos los fenómenos oscilatorios que ocurren en la naturaleza, ya que las ondas electromagnéticas son parte de ellos. Se hará una descripción detallada del fenómeno de radiación, es decir cuando se produce la onda; para ello será necesario revisar conceptos de amplificación y realimentación. Luego se procederá a realizar una definición de los parámetros que caracterizan a las ondas electromagnéticas y sus unidades de medida. Finalmente estaremos en condiciones de comprender el espectro electromagnético.

C.- PRERREQUISITOS

PRERREQUISITOS	
CURSO	CÓDIGOS
BÁSICO DE MATEMÁTICAS	BM
BÁSICO FÍSICA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA	BFTE

D.- OBJETIVO GENERAL:

Conocer de forma didáctica el fenómeno de generación y radiación de ondas electromagnéticas. Establecer sus características y las unidades de medida que se necesitan para poder trabajar con dichas ondas. Definir el concepto de espectro electromagnético.

E.- RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al completar en forma exitosa este curso, los estudiantes deben ser capaces de:

RESULTADO DE APRENDIZAJE DEL CURSO	NIVEL DE DESARROLLO INICIAL/MEDIO/ALTO
Fenómenos ondulatorios	alto
Generación de ondas electromagnéticas	medio

(EM)	
Parámetros de la ondas (EM)	alto
Medidas de frecuencia y de potencia	alto
Definición de decibelio (dB) y decibelio sobre mili vatio (dBm)	alto
Concepto de espectro electromagnético y ancho de banda espectral.	alto

F.- CONTENIDOS

1. FENÓMENOS ONDULATORIOS

- 1.1. Ondas en la naturaleza
- 1.2. Ondas longitudinales y ondas transversales
- 1.3. Generación de ondas. Amplificación y realimentación.
- 1.4. Circuitos de oscilador

2. EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA

- 2.1. Fenómeno de resonancia y de radiación. Concepto de antena.
- 2.2. Definición de longitud de onda
- 2.3. Potencia de las señales radioeléctricas
- 2.4. Decibelios

3. FRECUENCIA DE LAS SEÑALES ELÉCTRICAS

3.1 La frecuencia como variable independiente de una función sinusoidal.

3.2 Concepto de espectro radioeléctrico

G.- METODOLOGÍA, RECURSOS:

Las explicaciones siempre harán referencia a las vivencias cotidianas de cualquier persona, no en vano el instructor ayuda a los asistentes a construir conocimiento sobre la base de lo que ya conocen. Con la ayuda de una maqueta, un radio de AM, se explicará el fenómeno del electromagnetismo usado para transmitir información útil.

Se pondrá énfasis en la definición de decibelio, para lo cual deben abundar los ejemplos ya que esta unidad de medida es fundamental en las telecomunicaciones.

4.3.1 Propuesta curso básico de ondas electromagnéticas.

Fenómenos oscilatorios en la naturaleza.

Son comunes en la vida cotidiana los fenómenos oscilatorios de carácter periódico. Por ejemplo tenemos la alternancia de días y noches. El péndulo de un reloj. El columpio del parque de juegos infantiles. El latido del corazón. La vibración de una cuerda de guitarra. Una gota de agua que se escapa de un grifo mal cerrado. El rebote de una pelota de goma. El bungee jumping con el que se divierten los niños. Y como ya habíamos mencionado anteriormente, todo movimiento periódico está caracterizado por la frecuencia con que se repite.

Muchos de ellos están asociados al movimiento circular, tal es el caso del giro de una perinola o de una moneda que al caer al suelo, oscila primero. O el de la válvula de una rueda de bicicleta que gira a velocidad constante, la válvula pasa por el trinche periódicamente.

Al interactuar el fenómeno oscilatorio con su entorno, puede comunicar su periodicidad a la materia que le rodea transfiriendo su propia energía. Ejemplo de esto es la cuerda de guitarra, que al ser rasgada, oscila y al oscilar contacta energía al aire que la rodea creando de esta manera una onda acústica, la cual no hace sino propagar por el aire la energía que le comunicó la cuerda, pero en forma de sonido. Por ejemplo, la nota musical LA tiene una frecuencia de 440 Hz. Hubo un grupo musical que se llamó Juan Luis Guerra y los 4-40.

En un estanque puede suceder que desde un tejado caiga permanentemente una gota de agua cada cierto tiempo. La gota de agua al impactar la superficie del estanque con el agua en reposo, disipa su energía haciendo que las partículas de agua empiecen a oscilar también y empujadas unas a otras, se cree la singular onda en la superficie del agua.

Gráfico 59. Ondas de agua en la superficie de un estanque.



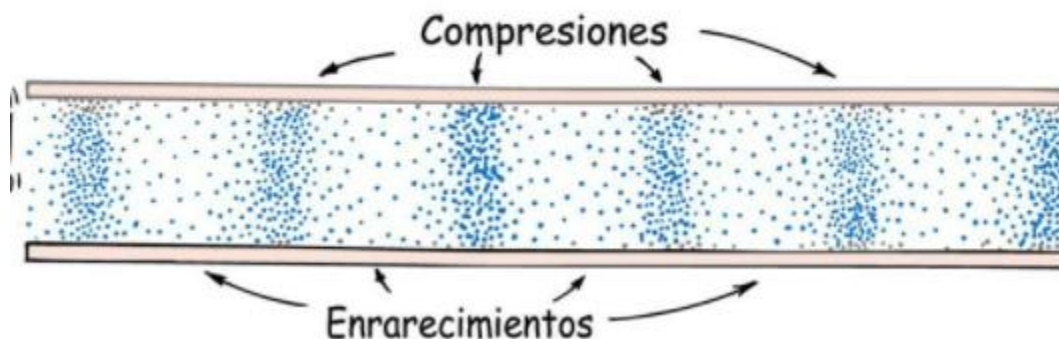
Elaborado por: Paco Ortiz

El ejemplo ondulatorio de la gota de agua que cae en el estanque es muy útil porque permite visualizar o representar en cierta medida el fenómeno de las ondas electromagnéticas que son ¡invisibles!

Un corcho que flota en el agua se desplaza en sentido vertical cuando pasa una onda por debajo de él. O la flor de la figura #59. No se desplazan en el sentido radial de avance de la onda. Esto quiere decir que la dirección de avance de la energía de la onda es transversal al movimiento de las partículas del medio. En este caso se ha generado una **onda transversal**.

No sucede lo mismo con el sonido. Por ejemplo tomemos un tubo de PVC de dos pulgadas de diámetro y algo así como un metro de largo. Impactemos con la palma de la mano en uno de los extremos. Se escuchará que sale un sonido grave del otro lado del tubo.

Gráfico 60. Compresión del aire en un tubo.



Fuente: (Tipler & Mosca, 2010)

En este caso la dirección en que se propaga la perturbación, es la misma que la que se han movido las partículas del aire. Estamos ante el caso de **onda longitudinal**.

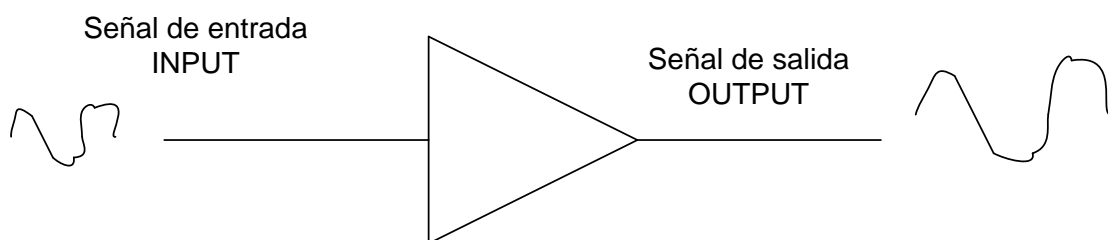
Resumiendo, una onda es un fenómeno natural de carácter oscilatorio, propagador de energía. Las hay de dos tipos longitudinales (como el sonido) y transversales (como la onda de agua).

Las partículas que gozan de cierta libertad pueden moverse al vaivén de la onda. Como sabemos los metales se caracterizan por ser excelentes conductores de electricidad y ello se debe a que su materia está constituida de modo que quedan muchos electrones libres de sus átomos. Hablando en forma coloquial, los átomos de un metal literalmente nadan en un mar de electrones libres. Se calcula que en una moneda de cobre de unos 3 gramos de peso, hay alrededor de 8×10^{23} electrones. (Tipler & Mosca, 2010) Un ocho con 23 ceros. Imagínense si ponemos a oscilar a todos esos electrones que gozan de completa libertad. La cuestión es cómo.

Se conoce como **electrónica** a la tecnología que permite manipular la electricidad, pero no propiamente como simple energía, sino con fines de manipulación y control de señales o información.

Un amplificador es un dispositivo electrónico que permite “agrandar” una señal eléctrica, por ejemplo de audio, a fin de generar más potencia en el parlante.

Gráfico 61. Amplificador



Elaborado por: Paco Ortiz

En la figura anterior observamos lo que hace un amplificador: a la señal o voltaje de entrada simplemente lo aumenta de tamaño (el doble en este caso). La señal de salida es idéntica a la señal de entrada excepto por su amplitud. Es decir la salida es análoga a la entrada, porque es semejante a ella.

Cuando no ha habido ningún proceso de transformación o codificación de la señal de entrada a un circuito electrónico, tanto que la señal de salida aún es semejante a la señal de entrada, se dice que estamos en el campo de la electrónica analógica. Como veremos más adelante, esta puntualización tiene capital importancia, ya que nos permite diferenciar claramente de la electrónica digital.

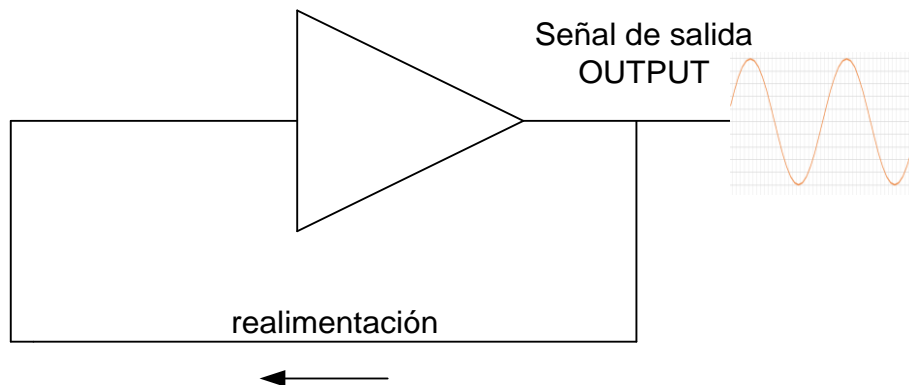
Por el momento volvamos al amplificador de la figura #61. Si tomamos una muestra de la salida del amplificador y la usamos como entrada al mismo estamos realizando lo que se conoce como un proceso de realimentación (también conocido como retroalimentación o en inglés “feedback”).

Haciendo una digresión, los procesos de realimentación son comunes a todo sistema que pretende mejorar de alguna manera. Por ejemplo en educación, los resultados de la evaluación pueden servir para mejorar el contenido de los cursos y los métodos de enseñanza. La cuestión es que cantidad de peso se atribuye a los resultados de la evaluación en la elaboración del nuevo currículo.

En el amplificador también puede haber más o menos realimentación. Un efecto común en los eventos musicales sucede cuando el cantante con micrófono en mano se acerca a uno de los parlantes. En ese momento el sonido que sale del parlante ingresa al micrófono y de

allí va al amplificador que alimenta el dicho parlante. Se produce una realimentación, la cual se puede escuchar como un pitido molesto entre el público asistente. El pitido será más fuerte mientras más cercanos estén parlante y micrófono, es decir que más salida vuelva a reintroducirse por la entrada. El pitido es agudo ya que corresponde a una oscilación de audio que da un tono de unos 1200 Hz.

Gráfico 62. Amplificador realimentado oscila. Señal de salida voltaje alterno, senoidal.

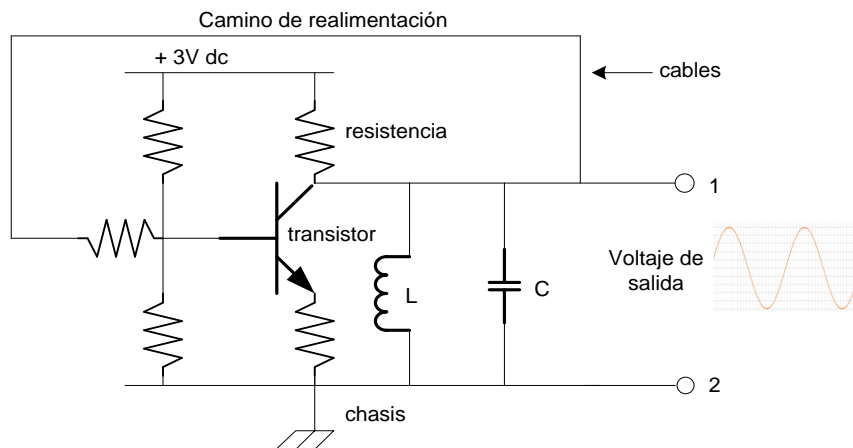


Elaborado por: Paco Ortiz

En el campo de las telecomunicaciones interesa sobretodo la frecuencia a la que oscile la señal de salida. Para esto se utiliza una bobina de inductancia L en paralelo con un condensador de capacitancia C . La frecuencia de oscilación está dada por la relación

$$f = \frac{1}{\sqrt{L * C}}$$

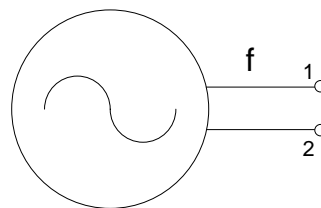
Gráfico 63. Oscilador de frecuencia determinada.



Elaborado por: Paco Ortiz

Entre los puntos 1 y 2 va a existir un voltaje de salida oscilatorio como el que se muestra.

Generalmente un oscilador se simboliza de la siguiente manera:

Gráfico 64. Simbología de un oscilador de frecuencia f .

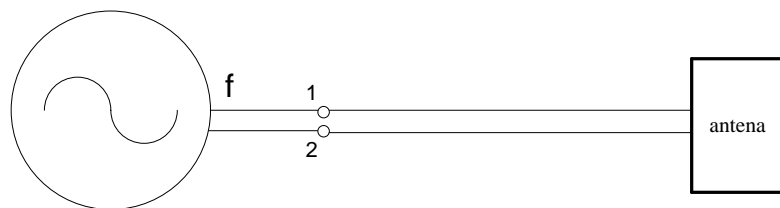
Elaborado por: Paco Ortiz

De acuerdo a la figura anterior, vemos que la característica más importante de un oscilador, no es el valor del voltaje que entrega, sino su frecuencia.

Como ya hemos anotado, en electrónica no se persigue el uso de la electricidad como fuerza bruta, sino más bien como señal de información. Por lo tanto no vamos a utilizar el voltaje se salida de un oscilador para encender, digamos, un foco. Nosotros lo conectaremos a una antena, ya que como habíamos visto, toda carga en movimiento genera a su alrededor un campo magnético, y si el movimiento es oscilatorio, el campo magnético

creado será también oscilatorio. También vimos que la variación de campo magnético genera un campo eléctrico y si el campo magnético es oscilatorio, lo será también el campo eléctrico así creado. El momento que las dos oscilaciones se alternan tanto eléctrica como magnética, se produce el fenómeno de radiación. Es así que la energía generada por el oscilador se disipa en una pequeña parte como calor, la mayor parte resulta energía de radiación: **la onda electromagnética.**

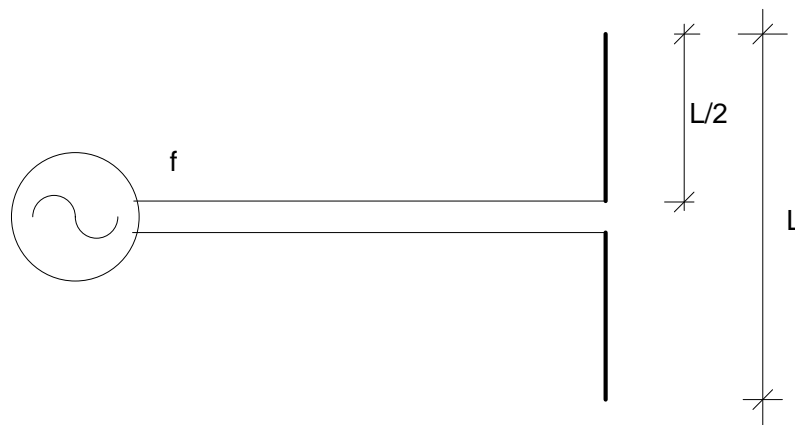
Gráfico 65. Oscilador conectado a una antena.



Elaborado por: Paco Ortiz

La antena más natural es el llamado “**dipolo**” que consiste simplemente en doblar en ángulo recto el mismo par de alambres conductores con que se alcanza la salida del oscilador:

Gráfico 66. Antena dipolo de longitud L



Elaborado por: Paco Ortiz

Debido a que las ondas electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz (Maxwell, 1876), se define la longitud de onda como la distancia que avanza la onda en el lapso de un periodo.

Por lo tanto la relación es

$$velocidad = \frac{espacio}{tiempo}$$

La velocidad de la luz se simboliza con la letra c y equivale a 300.000 km/s.

La longitud de onda de una señal se simboliza con la letra griega λ “lambda”

Por lo tanto

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

O lo que es más común:

$$c = \lambda * f$$

Para una frecuencia en particular, se establece la longitud de onda correspondiente mediante la siguiente relación fundamental para el técnico de telecomunicaciones:

$$\lambda \text{ (m)} = \frac{300}{f \text{ (MHz)}}$$

Que se lee: la longitud de onda en metros, es igual 300 dividido para el valor de la frecuencia expresado en MHz (mega Hertz).

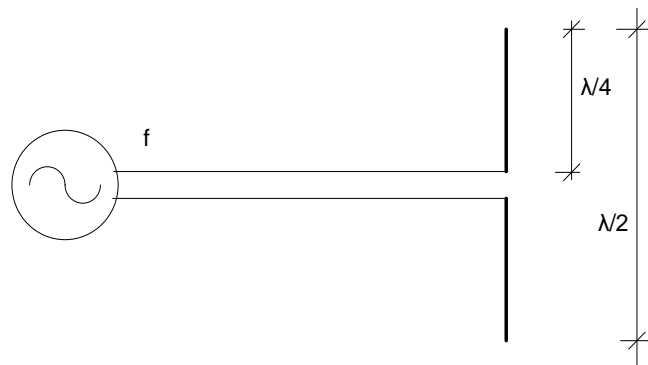
RESONANCIA

Cuando una madre columpia a su hijo en el parque infantil nota que el columpio hace un cambio de dirección, en un instante se dirigía hacia la ella y un instante después se aleja de

ella. Por un momento el columpio ni sube ni baja, su velocidad es cero y su desplazamiento (amplitud) es máximo. Si la madre aplica la fuerza, empuja el columpio justo ese rato, ha entrado en resonancia. Se denomina entonces resonancia cuando dos acciones coinciden sus periodos y de esta manera incrementan la oscilación.

Volviendo entonces al dipolo del gráfico #66:

Gráfico 68. Dipolo resonante



Elaborado por: Paco Ortiz

La radiación es máxima, es decir la energía eléctrica producida por el generador se convierte casi totalmente en radiación electromagnética cuando las dimensiones del dipolo coinciden con la longitud de onda del voltaje con que se alimenta. En estas condiciones hay resonancia y por lo tanto máxima transferencia de potencia.

Por ejemplo, la radio de FM llamada Ecuashyry, transmite en 104.9 MHz (104,9 millones de Hz). Eso significa que esta señal tiene una longitud de onda de

$$\lambda = \frac{300}{104.9} = 2,86 \text{ metros}$$

Y por lo tanto este será el orden de magnitud para la dimensión de la mejor antena tanto en transmisión como en recepción.

El canal de TV, Gamavisión opera en la ciudad de Quito en el canal 2 de VHF (very high frequency) exactamente en 54 MHz. Veamos a que longitud onda nos estaríamos refiriendo:

$$\lambda = \frac{300}{54} = 5,6 \text{ metros}$$

Veamos más ejemplos:

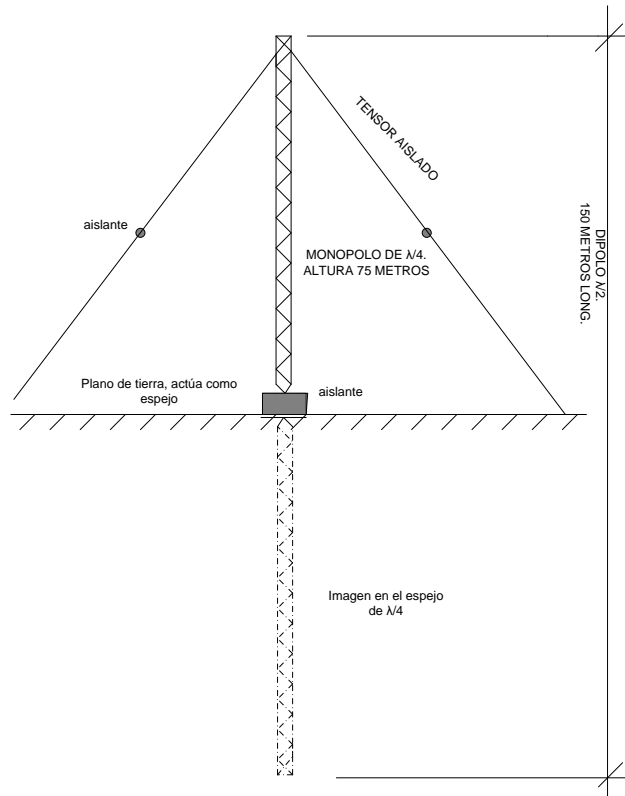
La famosa radio Tarqui, opera en los 990 kHz (kilo Hertz) es decir en 990.000 Hertz.

La longitud de onda será:

$$\lambda = \frac{300}{0,99} = 303 \text{ metros}$$

Ahora bien, como ya anotamos previamente, el tamaño de la antena está en proporción a la longitud de onda. En el caso de la radio FM la antena mediría 2,8 metros; en el caso del canal Gama TV, la antena estaría en el orden de los 5,6 metros. Pero la antena de AM radio Tarqui, anda en el orden de los ¡300 metros! Por este motivo, las antenas suelen estar en fracciones de la longitud de onda. En el caso de las emisoras AM (amplitud modulada) se instala un monopolo de $\lambda/4$. En este caso sería de alrededor de 75 metros y junto con la imagen espejo que se produce en la tierra, formaría un dipolo de $\lambda/2$.

Gráfico 69. Antena de radio AM. Para las ondas electromagnéticas, el suelo (la tierra) actúa como un espejo.



Elaborado por: Paco Ortiz

Un último ejemplo, calculemos la longitud de onda que debe tener una antena de un “router wifi” que opera a una frecuencia de 2,4 GHz. (Giga Hertz es 10^9 Hz, es decir mil millones de Hz)

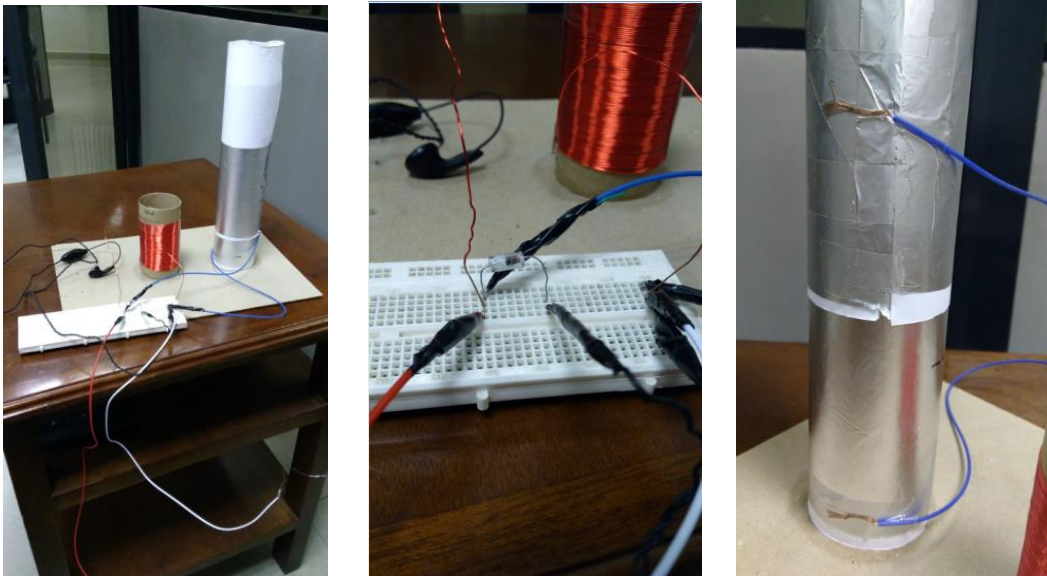
$$\lambda = \frac{300}{2400} = 0,125 \text{ metros}$$

Es decir el dipolo que se encuentra dentro del equipo WIFI es una antena de apenas 6 centímetros de longitud. Y por tanto puede ir impresa en la misma placa de los circuitos de este equipo.

CONSTRUCCIÓN DE UN RECEPTOR DE RADIO AM

A fin de comprender un poco mejor la naturaleza de las ondas electromagnéticas, podemos construir un sencillo receptor de radio AM como el que se muestra en la siguiente fotografía:

Gráfico 70. MAQUETA #05, radio de AM que funciona sin pilas.



Elaborado por: Paco Ortiz

Este circuito era conocido como receptor de galena (un mineral de plomo) y fue ampliamente usado en los albores de la radiodifusión y durante las guerras, porque permite escuchar la voz y la música emitida por una antena de AM localizada a decenas o centenas de kilómetros de distancia.

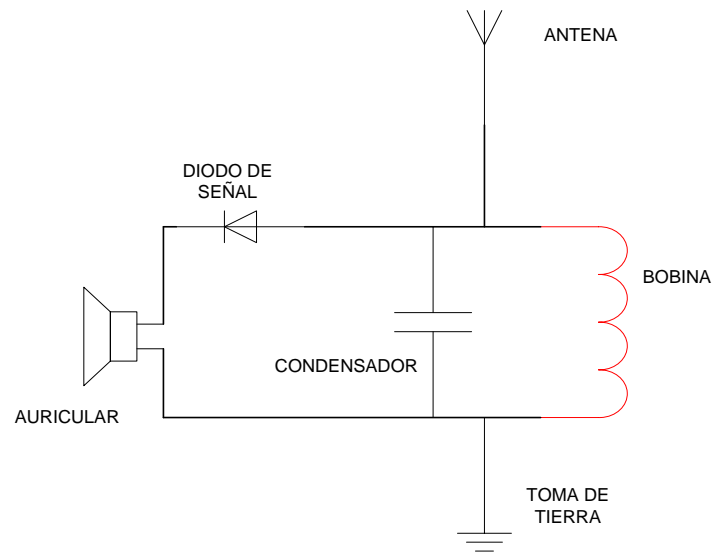
La bobina consiste en unas 100 vueltas de alambre barnizado #28 o #30, arrollado en un tubo sobrante de papel higiénico. El condensador son dos cilindros concéntricos hechos arrollando papel aluminio de cocina en cartulinas, que tienen aproximadamente el mismo diámetro que el tubo del papel higiénico. La cartulina es el aislante, ya que los dos cilindros metálicos no deben tocarse. El alambre blanco es la antena (y puede ser tocado

con la mano para mejorar la recepción). El alambre rojo es la tierra y es muy importante pues permite el flujo de electrones, es decir la corriente eléctrica. Un elemento clave es el diodo de señal 1N que se puede comprar por unos centavos en un almacén de electrónica.

El audífono es reciclado de un teléfono celular.

El circuito esquemático es el siguiente:

Gráfico 71. Receptor de AM



Elaborado por: Paco Ortiz

La señal radiada por la antena de AM (que es la antena transmisora, generalmente instaladas en el campo, fuera de la ciudad) llega hasta el alambre blanco que es la antena receptora. Allí, gracias a la conexión a tierra, se produce una pequeña corriente eléctrica debido a que los electrones del alambre de antena, se agitan al vaivén de la onda de AM (recuerde que en un conductor metálico los átomos literalmente nadan en un mar de electrones y que los electrones casi no tienen masa). La bobina y el condensador conectados en paralelo resuenan de modo que solo dejan pasar la corriente eléctrica hacia tierra, que tenga la misma frecuencia de oscilación que $f = 1/\sqrt{LC}$.

El diodo de señal por su parte deja pasar solo los picos del voltaje conseguido y por lo tanto “**demodula**” la señal de audio, es decir la separa de la onda portadora de la radio AM.

Es un trabajo muy simple, pero requiere paciencia hasta lograr sintonizar las radioemisoras. Recuerde que el contacto a tierra es super importante; puede ser una tubería de agua metálica, o la carcasa de un computador de escritorio. Anímese a construir esta maqueta.

Potencia de las señales radioeléctricas

Por experiencia sabemos que mientras mas no alejamos de una fuente de luz, más débilmente la captan nuestros ojos. Científicamente se debe a que la potencia de una onda electromagnética, disminuye con el cuadrado de la distancia. Es decir si me alejo el doble de pasos de una lámpara, percibiré la cuarta parte de la luminosidad. Si me alejo el triple de pasos, percibiré la novena parte. Y así por el estilo. El caso es que mientras más lejos esté la luz, más tenue la percibimos.

Con las ondas radioeléctricas sucede igual (de hecho la luz es también una onda electromagnética de frecuencia muy muy alta). Mientras más lejos estamos de la antena transmisora, más débiles las señales que captamos con la antena receptora. Es decir la señal se **atenúa** al viajar por el espacio que hay entre transmisor y receptor.

De hecho, el voltaje que una onda induce en un alambre hecho antena, es de unos pocos mili voltios (milésimas de voltio), a los micro voltios (es decir millonésimas de voltio).

Pero estas débiles señales son suficientes para el equipo receptor, pues una primera tarea que tiene el receptor es **amplificar** la débil señal recibida para posteriormente **demodularla**, es decir recuperar la señal original de voz o música.

Sin embargo al trabajar con las señales de radio, ya no es tan importante el voltaje ni la corriente que producen. Es mejor hablar en términos de **potencia** ya éste parámetro expresa mejor el hecho de que las señales radioeléctricas disminuyen con el cuadrado de la distancia.

Como ejemplo de potencias transmitidas tenemos:

Tabla 35. Potencias de radio frecuencia

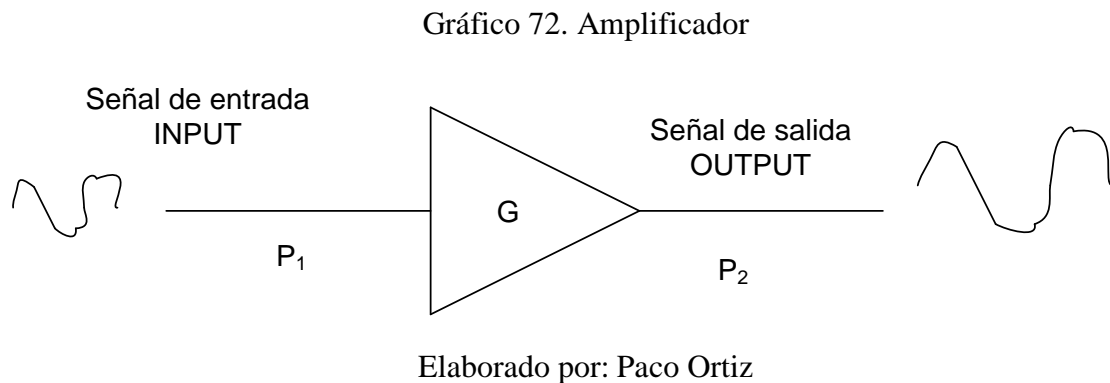
SERVICIO	POTENCIA TX (WATTS)
Radio AM	100.000
Radio FM	2000
Radio de microondas	1
Teléfono celular	0,6
Walkie Talkie	25
Radio base celular	40
Transponder satelital	60

Elaborado por: Paco Ortiz

En cuanto a potencias recibidas, están en el orden desde los milivatios (milésima de W) hasta los pico vatios (millonésima de millonésima de W).

Cómo podemos ver el orden de magnitud es muy amplio hablando de potencias. Por este motivo, para hacer más manejables las cifras, procedemos a hacer una **transformación**.

Para ello volvamos a analizar el gráfico #61 que representa un amplificador y llamemos P1 a la potencia de la señal de entrada y P2 a la potencia de la señal de salida.



Se define la “ganancia” del amplificador a la cantidad de veces que es mayor la potencia de salida que la de la entrada. Supongamos que P₂ es el doble de P₁. La ganancia del amplificador es 2, hablando en escala **lineal**.

$$G = \frac{P_2}{P_1}$$

Por el contrario, si P₂ es menor que P₁ se dice que ha habido una “atenuación” de la señal de entrada y en ese caso estaríamos ante un elemento atenuador y no un amplificador.

Decibelio (dB) y decibelio sobre milivatio (dBm)

El “**decibelio**” es una transformación muy útil en telecomunicaciones para tratar con el amplio rango de valores de potencia. Fue nombrado así en honor del científico norteamericano Alexander Bell, y se define por la siguiente expresión:

$$G(dB) = 10 \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

Que se lee: “ganancia expresada en dB es igual a 10 multiplicado por el logaritmo de P_2/P_1 ”

De la misma manera, si P_2 resulta ser menor que P_1 se dice que ha habido atenuación y de esta el resultado será una $G(dB)$ negativa.

Por ejemplo para el caso de la figura #72 que representa un amplificador de ganancia lineal igual a 2, en decibelios tendremos:

$$G(dB) = 10 \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 10 \log(2) = 10 * 0,3 = 3$$

Con la ayuda de una calculadora obtenemos el valor del $\log(2)$ que es 0,3

Este resultado es muy importante y se usa de forma común ya que significa que el doble de potencia ¡es lo mismo que decir 3 dB mayor!

En este caso diríamos que P_2 es 3 dB mayor que P_1 . O lo que es lo mismo podemos decir que P_1 es 3 dB menor que P_2 .

Un amplificador es un elemento de red generalmente activo, es decir requiere energía eléctrica para funcionar. Por su parte un atenuador es un elemento de red de tipo pasivo, es decir no requiere energía eléctrica para funcionar; puede estar formado por resistencias por ejemplo.

Repitamos el ejemplo pero esta vez hagamos que P_2 sea la mitad de P_1 , en este caso tendríamos atenuación que la llamaremos con la letra A mayúscula:

$$A = \frac{P_2}{P_1} = \frac{0,5 * P_1}{P_1} = 0,5$$

Es decir, linealmente hablando, es un atenuador de 0,5

Expresando en decibelios tendremos que:

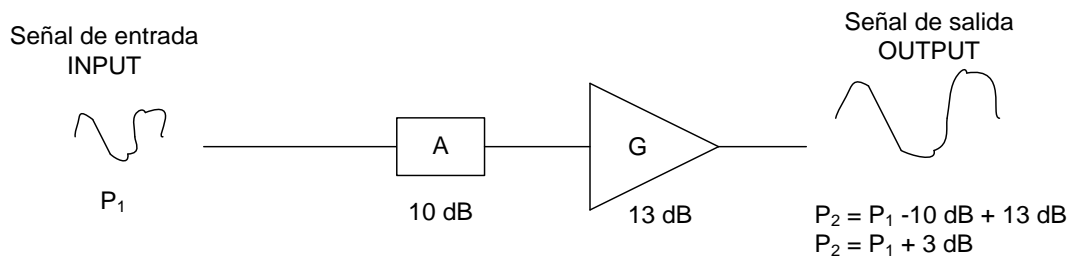
$$A(dB) = 10 * \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 10 * \log(0,5) = 10 * (-0,3) = -3$$

Entonces tenemos un atenuador de -3 dB.

En la práctica, al decir atenuador ya se sabe que el resultado es negativo y que se debe “sustraer”. Y cuando decimos ganancia, ya se sobreentiende que es una cantidad a “añadir”.

Por ejemplo, en la siguiente figura tenemos una señal electromagnética de potencia P_1 que ingresa a una red donde primero sufre una atenuación de 10 dB y luego se somete a una amplificación de 13 dB:

Gráfico 73. Balance de pérdidas y ganancias.



Elaborado por: Paco Ortiz

A la salida del circuito tenemos que P_2 es 3 dB mayor que P_1

Como podemos observar, la definición de decibelio viene de una **relación** (razón o división) entre la potencia de salida de un circuito, a la potencia de entrada. Tal como su palabra lo indica es una medida **relativa**, es decir, no interesa tanto saber cuál es el valor absoluto de las potencias involucradas, sino cual es mayor y que tanto.

Pongamos como ejemplo el caso real de una onda electromagnética de frecuencia f , que al ser radiada por la antena, viaja decenas de kilómetros hasta su destino, la atenuación que sufre es del orden de los 100 dB!

Veamos lo que significa:

$$A = -100 \text{ dB} = 10 \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

Por lo tanto:

$$-10 = \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

Aplicando la operación inversa 10^x a ambos lados de la igualdad:

$$10^{-10} = P_2 / P_1$$

Esto significa que la potencia con la que llega la señal es

$$P_2 = 0,0000000001 * P_1$$

P_2 es una diezmilésima de millonésima de P_1 . Este tipo de cifras es común en telecomunicaciones, aunque parezca exageradamente pequeña, esa relación de potencia es suficiente para poner en marcha un enlace de microondas. Por eso es más sencillo expresar la misma realidad diciendo que P_1 se ha atenuado 100 dB en el viaje.

Para los cálculos intermedios los dBs están bien y sirven de gran ayuda al simplificar la aritmética. Pero finalmente interesa saber con qué potencia absoluta arriba la señal hasta el receptor. Para ello se define el decibelio sobre milivatio, que no es otra cosa que la potencia P dividida para 1 mW (un milivatio):

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

Que se lee: la potencia P expresada en dBm, es igual a 10 por el logaritmo de P dividido para 1 milivatio.

Por ejemplo sea la potencia P igual a 1 Watt

Esto quiere decir que $P = 1000 \text{ mW}$; convertimos P a milivatios para que las unidades se simplifiquen:

$$P(dBm) = 10 * \log\left(\frac{1000 \text{ mW}}{1 \text{ mW}}\right)$$

$$P(dBm) = 10 * 3$$

$$P(dBm) = 30$$

La potencia P expresada en dBm es igual a 30.

O más comúnmente P es igual a +30 dBm

Este resultado también es común en el mundo de las telecomunicaciones en general y de las microondas en particular, en el cual las potencias que transmiten los equipos están en el orden del 1 vatio:

$$1 \text{ Watt} = 30 \text{ dBm}$$

Veamos también el caso de equipos que transmiten 1 milivatio, expresémoslo en dBm:

Potencia transmitida = $P_{tx} = 1 \text{ mW}$

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

Simplificando las unidades y sabiendo que $\log(1)=0$ ya que $10^0 = 1$

$$P_{tx}(\text{dBm}) = 10 * 0 = 0$$

Este es otro resultado notable, que 1 mW es igual a 0 dBm

$$P_{tx} = 1 \text{ mW} = 0 \text{ dBm}$$

Veamos ahora otro ejemplo:

En el manual de un equipo nos indican que la potencia máxima de transmisión es +24 dBm. Se requiere saber a cuántos vatios equivale.

Tenemos dos caminos, el normal y el atajo, veamos primero el normal.

$$24 = 10 * \log\left(\frac{P_{tx}}{1\text{mW}}\right)$$

$$2,4 = \log\left(\frac{P_{tx}}{1\text{mW}}\right)$$

$$10^{2,4} = P_{tx}/1\text{mW}$$

$$P_{tx} = 10^{2,4} * 1 \text{ mW}$$

$$P_{tx} = 251 \text{ mW} = 0,25 \text{ W}$$

Es decir 24 dBm equivale a 0,25 vatios.

La forma corta era la siguiente: sabemos que 3 dB significa doble de potencia. O lo que es lo mismo, que -3 dB significa mitad de potencia. Sabemos que 1 Watt es 30 dBm, por lo tanto 0,5 Watt es 27 dBm y 0,25 Watt deberá ser 24 dBm!

Finalmente repasemos el ejemplo anterior en el cual una señal electromagnética P1 viaja por el espacio varios kilómetros y se atenúa 100 dB. Supongamos que la señal P1 transmitida es igual a 1 Watt, es decir:

$$P1 = 30 \text{ dBm}$$

La señal P2 que llega al receptor será (potencia recibida o Prx)

$$P2 = P1 - 100 \text{ dB}$$

$$P2 = 30 \text{ dBm} - 100 \text{ dB}$$

$$P2 = Prx = -70 \text{ dBm}$$

Nótese que hemos sumado o restado dBs con dBms, en forma coherente con las propiedades de los logaritmos que vimos en la sección de base matemática.

El valor obtenido para Prx es absoluto, tanto que lo podemos reconvertir a vatios:

$$-70 = 10 * \log\left(\frac{Prx}{1mW}\right)$$

$$-7 = \log\left(\frac{Prx}{1mW}\right)$$

$$10^{-7} = Prx/1mW$$

$$Prx = 10^{-7} * 10^{-3} \text{ Watt}$$

$$Prx = 10^{-10} \text{ Watt} = 0,1 \text{ nW}$$

Es decir, la potencia recibida es igual a una décima de nano vatio (expresando en notación científica).

Aquí resalta una vez más la utilidad de haber transformado las cifras de potencia a decibelios, pues es más fácil visualizar una cantidad tan pequeña refiriéndose a ella como -70 dBm que expresarla como 0,1 nW. Con el tiempo uno se acostumbra. En la siguiente tabla resumimos algunos valores notables de esta unidad de medida tan común en telecomunicaciones como es el dBm, se recomienda comprobar los valores a modo de ejercicios:

Tabla 36. Valores notables de la transformación entre Watt y dBm

Potencia (Watt)	Potencia expresado en dBm
100	50 dBm
50	47 dBm
1	30 dBm
0,5	27 dBm
0,25	24 dBm
0,1	20 dBm
0,01 (es decir una centésima de vatio)	10 dBm
0,001 (es decir 1 milivatio)	0 dBm
0,000001 (es decir una millonésima de vatio o 10^{-6} W)	-30 dBm

10^{-9} W (nano vatio)	-60 dBm
10^{-12} (pico vatio)	-90 dBm

Elaborado por: Paco Ortiz

Esta tabla nos da valores muy cercanos a las cantidades que se manejan en el mundo de las telecomunicaciones. Las potencias transmitidas están en el orden de los +25 dBm mientras que las potencias recibidas están en el orden de los -40 dBm.

DECIBELIOS Y POTENCIA DE SONIDO

Una aplicación muy interesante de estas unidades de medida “relativas” llamadas los decibelios está en el área de los sonidos y los ruidos audibles, es decir de la potencia del sonido.

Por ejemplo si se denomina o fija como 0 dB al ruido que hace una hoja seca al caer del árbol (deliciosamente silencioso), tenemos que una conversación entre dos personas hacen unos 50 dB. El ruido de un motor de carro tiene unos 80 dB y el umbral del dolor son 130 dB que equivale al ruido que hace un avión jet al despegar. Hay aplicaciones para teléfono inteligente que nos permiten bajar este “sonómetro”.

Nota: en ciudades como la cercana Lima, capital del Perú, el ayuntamiento tiene una ordenanza que regula y homologa la potencia del sonido que emiten tanto las alarmas de los vehículos como las de las casas. Esto debería ser emulado en Quito y otras ciudades del Ecuador ya que constituyen una fuente de contaminación y generan alteración nerviosa a los transeúntes. Sobre todo en hora de salidas de oficina, cuando parece que a

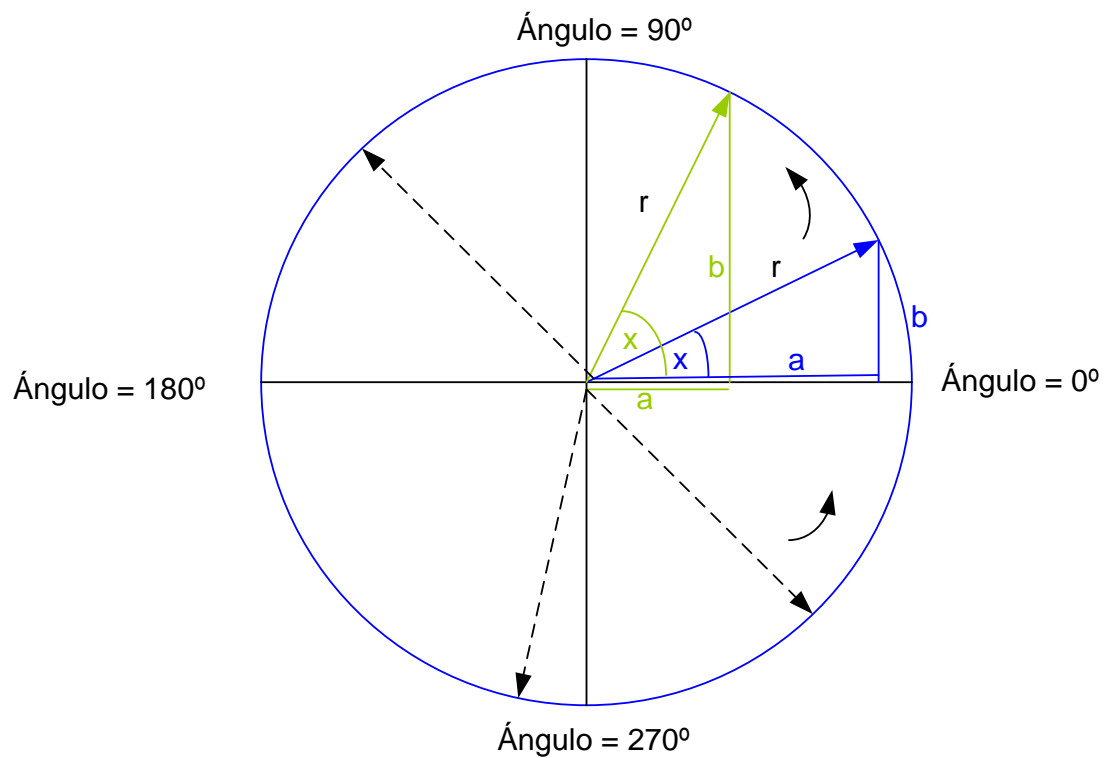
todo el mundo se le traba la alarma y empieza un concierto por demás desagradable de pitos y sirenas.

La frecuencia como variable independiente (x) de la función senoidal $y = \text{seno}(x)$.

En la introducción matemática analizamos la función $y = \text{sen}(x)$ y ya hemos ido viendo cómo las señales eléctricas oscilatorias siguen esta función tan elemental. Veamos ahora cómo la variable independiente x está compuesta por la frecuencia de dichas señales oscilatorias.

Para ello, analicemos el círculo donde se observó la variación del ángulo x

Gráfico 74. Círculo trigonométrico



Elaborado por: Paco Ortiz

En la figura #74, vemos cómo al crecer el ángulo x de 0° a 90° , $y = \text{seno}(x) = b/r$ crece de 0 a 1.

Al pasar x de 90° a 180° , vemos que $y = \text{seno}(x)$, decrece de 1 a 0.

Al pasar x de 180° a 270° , $y = \text{seno}(x)$ pasa de 0 a -1

Y, finalmente, al pasar x de 270° a 360° , $y = \text{seno}(x)$ pasa de -1 a 0.

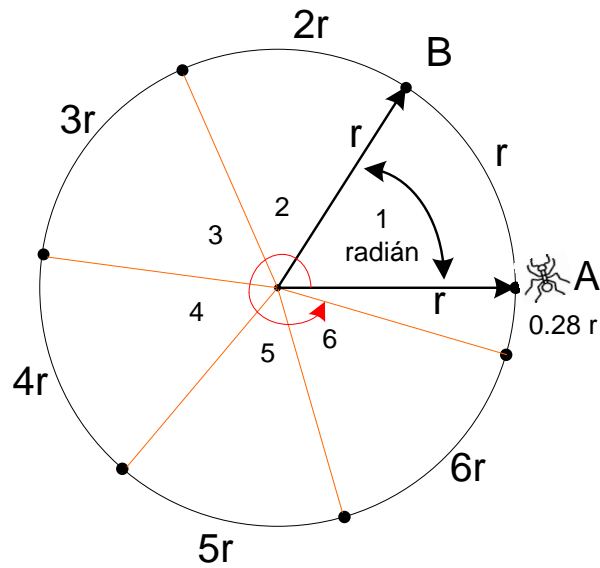
360° es el mismo ángulo que 0° , con lo cual, en una siguiente “vuelta”, volveríamos a obtener los mismos valores para $y = \text{seno}(x)$.

Si hablamos de vueltas estamos suponiendo que hay una rotación, como por ejemplo la rueda de una bicicleta de carreras. Supongamos además que la bicicleta va a velocidad constante, con lo cual la rueda da una vuelta cada cierto tiempo constante y esto se repite indefinidamente.

Para poder situar la frecuencia de una señal oscilatoria, es necesario que adoptemos los **radianes** para medición del ángulo x . Y dejamos de lado los grados.

El concepto de radián es más natural que el de grados para medición de ángulos y es el **ángulo que corresponde a un arco de la circunferencia que tiene la longitud igual a 1 radio** (el camino que recorre la hormiga entre A y B). Para expresar la medida de los ángulos x en grados, se divide la circunferencia en 360 partes, cada una de las cuales es un grado. A su vez, cada grado tiene 60 minutos y cada minuto tiene 60 segundos. Esta unidad de medida de grados resulta dificultosa al momento de expresar que un ángulo puede ser infinitamente pequeño y que, en una rotación, el ángulo x varía de forma continua, no granulado en segundos.

Gráfico 75. Definición de radián



Elaborado por: Paco Ortiz

Por ello se define la siguiente equivalencia

$$360^\circ = 2\pi \text{ radianes} = 6,283$$

Entonces el ángulo x es un número real (perteneciente al dominio de los números reales) que varía de forma continua entre 0 y 2π , completamente adimensional es decir sin unidades artificiales como grados, minutos y segundos.

Anotemos los valores notables en la siguiente tabla:

Tabla 37. Valores de $y = \text{seno}(x)$, x expresado en grados y en radianes.

x en grados	x en radianes	Seno (x)
0	0	0
90	$\pi/2$	1
180	π	0

270	$3\pi/2$	-1
360	2π	0

Elaborado por: Paco Ortiz

Por ejemplo, sea el ángulo $x = 21^\circ 10'$ (21 grados 10 minutos) transformémoslo a radianes.

Primero transformamos los $10'$ en décimas de grado:

$$10' * \frac{1^\circ}{60'} = 0,16666^\circ$$

Con lo cual

$$21^\circ 10' = 21,16666^\circ$$

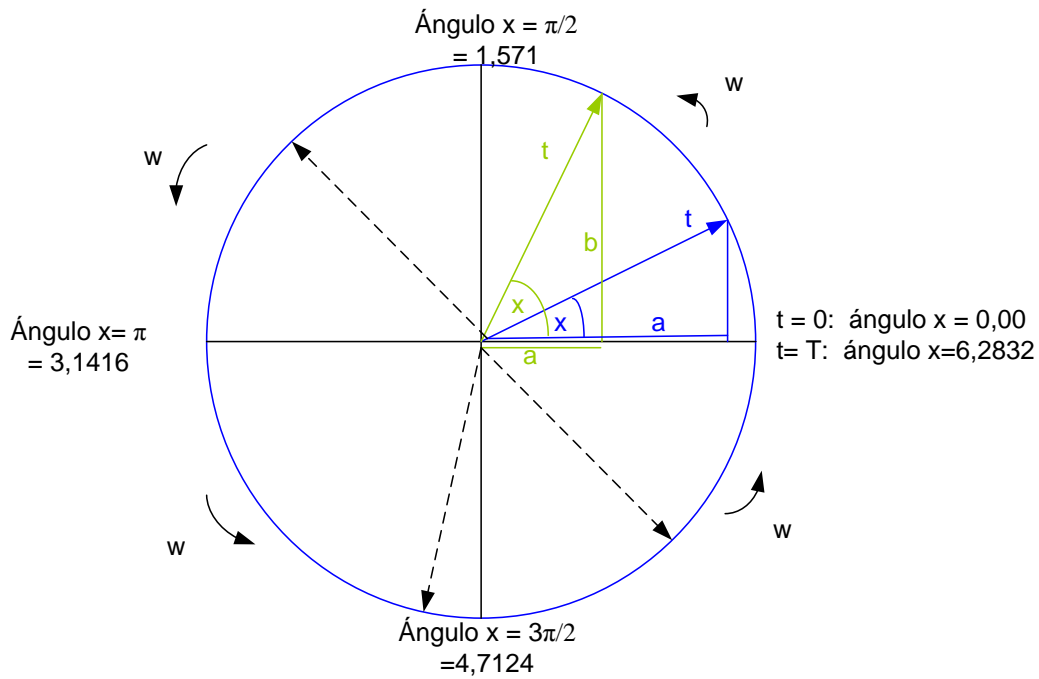
Y lo pasamos a radianes

$$21,1666^\circ * \frac{2\pi}{360^\circ} = 0,36943 \text{ radianes}$$

Entonces decimos que el ángulo x es 0,36943 el cual es un número adimensional, solamente decimos que está en radianes para indicar su relación con 2π .

Una vez dicho esto volvamos al caso de la rueda giratoria, que gira con una velocidad angular constante w la cual está expresada en términos de $\frac{\text{ángulo}}{\text{tiempo}}$

$$w = \frac{x}{t}$$

Gráfico 76. Rueda giratoria, velocidad angular w 

Elaborado por: Paco Ortiz

Si, como hemos dicho, la velocidad de rotación es constante y, sabiendo que una vuelta completa se realiza en el tiempo T , donde T se conoce como el periodo de la rotación, entonces:

$$\frac{x}{t} = \frac{2\pi}{T}$$

De donde obtenemos que el ángulo x es:

$$x = 2\pi * \frac{t}{T}$$

Pero como ya habíamos indicado anteriormente la frecuencia f es el inverso del periodo T , tendremos que el ángulo x es:

$$x = 2\pi * f * t$$

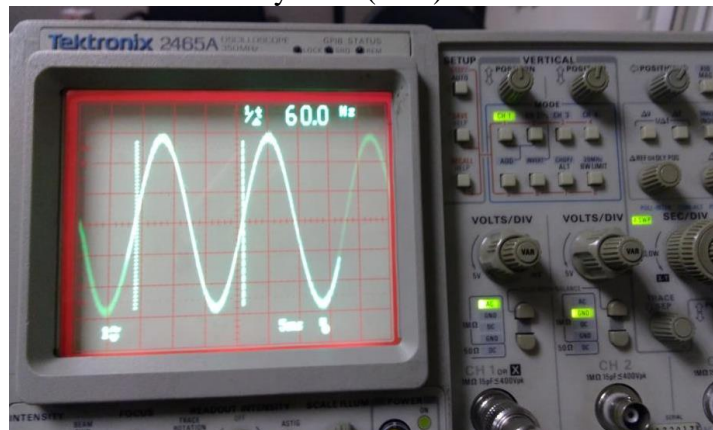
Con lo cual la función $y = \text{seno}(x)$ se escribe como:

$$y = \text{sen}(2\pi * f * t)$$

Y aquí tenemos por fin la expresión en la cual, la frecuencia de una señal está involucrada en la función que la describe. Ahora bien, si f es fija, por ejemplo 60 Hz, podemos mirar cómo varía la forma en un osciloscopio, en función del tiempo t .

$$y = \text{sen}(2\pi * 60 * t) = \text{sen}(377 * t)$$

Gráfico 77. La función $y = \text{sen}(377t)$ vista en un osciloscopio



Elaborado por: Paco Ortiz

Una vez que hemos logrado poner a la frecuencia como variable independiente en la función sinusoidal, analicemos que sucede si la frecuencia se duplica o triplica.

Si la frecuencia se duplica, el periodo se reduce a la mitad, esto significa que en un ciclo de la señal original, la señal doble de frecuencia completará dos ciclos.

Si la frecuencia se triplica, el periodo se divide para tres. Es decir que en un ciclo de la frecuencia original, se completaran tres ciclos de la frecuencia triple. Esto lo podemos visualizar en la siguiente figura:

Gráfico 78. Gráficos para $y = \text{sen}(x)$ en rojo. $Y = \text{sen}(2x)$ azul. $Y = \text{sen}(3x)$ en amarillo.

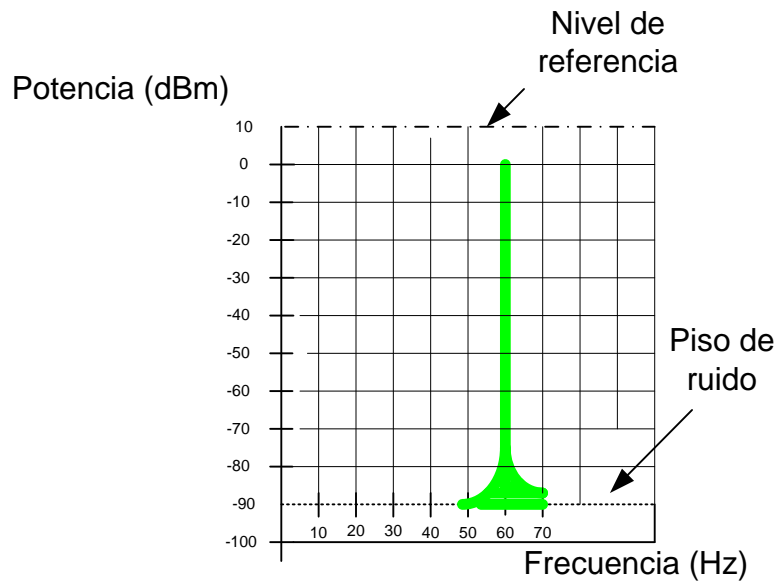


Elaborado por: Paco Ortiz

Un osciloscopio es útil para mirar formas de onda de señales cuyas frecuencias son relativamente bajas, hablemos de menos de 100 MHz. Pero para señales más complejas o de frecuencias más altas el osciloscopio resulta limitado.

Para frecuencias en el rango de las microondas, es decir mayores de 1000 MHz, es más útil otro instrumento llamado **analizador de espectros** el cual nuevamente es un plano cartesiano en el cual se grafica la amplitud de potencia en el eje de las y y la frecuencia en el eje de las x

Gráfico 79. Representación de cómo se vería una señal de 60 Hz y 1 mW de potencia en el analizador de espectro. Escala vertical 10 dB/div. Escala horizontal 10 Hz/div.



Elaborado por: Paco Ortiz

Espectro electromagnético

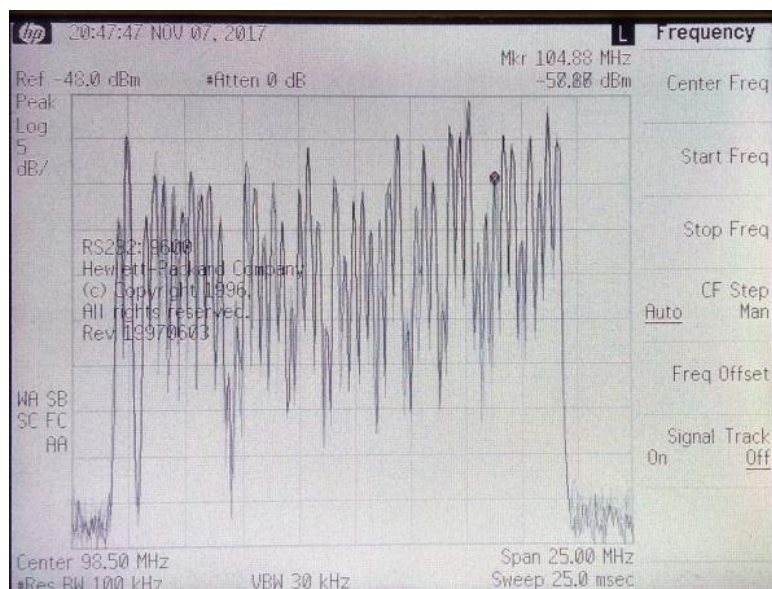
En el siglo XVII el científico inglés Isaac Newton descubrió que la luz blanca del sol en realidad estaba compuesta por varias luces de diferentes colores: amarillo, azul, violeta, etc. Con la ayuda de un prisma de vidrio pudo emular lo que hacen las gotas de lluvia suspendidas en la atmósfera y logró descomponer lo que posteriormente se conoció como el “espectro de la luz visible”. Hoy sabemos que la luz es también una onda electromagnética y que los colores que conforman la luz blanca se distinguen unos de otros debido a que tienen distinta longitud de onda, es decir distinta frecuencia.

De la misma manera, las señales electromagnéticas utilizadas para las radiocomunicaciones, oscilan a distintas frecuencias. El conjunto de frecuencias de radio usado para telecomunicaciones se conoce como **espectro electromagnético**.

Como ya mencionamos, la unidad de medida de frecuencia es el Hertzio (Hz). Las ondas electromagnéticas se caracterizan básicamente por su frecuencia y su potencia, las cuales como ya lo mencionamos son medidas con el instrumento llamado analizador de espectros.

Miremos como ejemplo el espectro de radios FM en la ciudad de Quito:

Gráfico 80. Espectro de radios FM de la ciudad de Quito. La pequeña marca en forma de rombo señala la radio Ecuashiry en 104.9 MHz, captada por la antena con una potencia de -58 dBm.

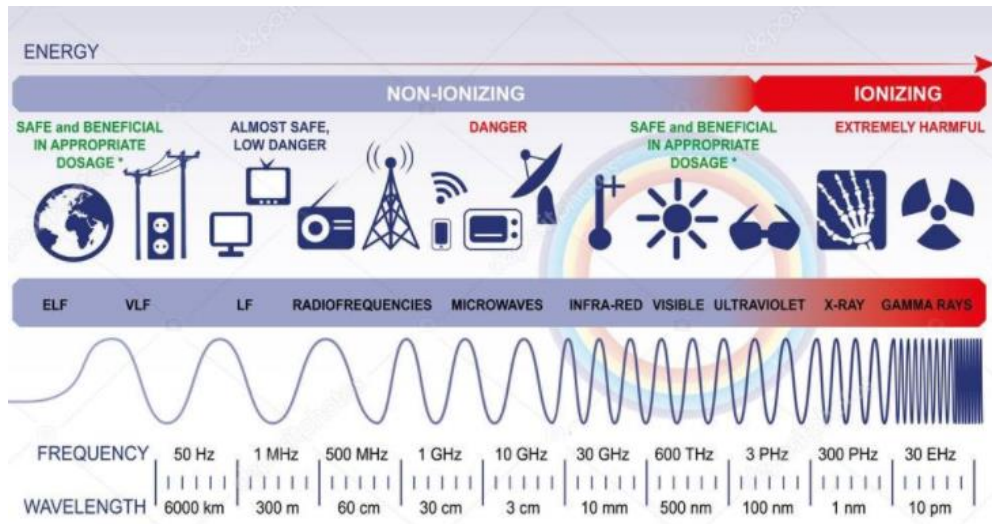


Elaborado por: Paco Ortiz

Imaginemos por un momento si pudiéramos ver las más de 40 radios de FM, presentes en este mismo momento a nuestro alrededor, como 40 colores diferentes. Pues esa es la realidad, estamos rodeados por ondas electromagnéticas hacia donde miremos. Unas más

fuerzas que otras. Llevan señales que son captadas por los aparatos de radio, gracias al pequeñísimo voltaje que se induce en la antena, la cual al ser metálica dispone de gran cantidad de electrones dispuestos a vibrar al son de todas y cada una de estas frecuencias.

Gráfico 81. Espectro electromagnético.



Fuente: (Arcotel, 2017)

Elaborado por: Paco Ortiz

Tabla 38. Usos del espectro de radio en el Ecuador

Frecuencias	Uso en telecomunicaciones	Ejemplo
1 MHz	Radios AM	920 kHz radio Democracia
27 MHz	Banda cívica	
50 MHz	Televisoras VHF	CH2. Quito 56 MHz
100 MHz	Radios FM	Ecuashiry 104.9 MHz
400 MHz	Radios privados	Radio taxis
850 MHz	Teléfonos móviles 2G, 3G	875 MHz. Claro

1500 MHz	Sistemas de posicionamiento	GPS
1900 MHz	Teléfonos móviles 2G, 3G	1970 MHz. Movi
2200 MHz	Teléfonos móviles 4G	LTE Claro
2400 MHz	WIFI	Routers caseros
3.8 – 4.2 GHz	Enlaces satelitales. Banda C	TV satelital
5.8 GHz	WIFI	Routers caseros
6,7, 8 GHz	Enlaces de microonda punto a punto	CNT, Movi, Claro
11-14 GHz	Enlaces satelitales. Banda Ku	Claro TV.
15 GHz	Enlaces de microonda punto a punto	CNT, Movi, Claro
18 GHz	Enlaces de microonda punto a punto	CNT, Movi, Claro
23 GHz	Enlaces de microonda punto a punto	CNT, Movi, Claro

Elaborado por: Paco Ortiz

4.4 DISEÑO DEL CURSO DE MICROONDAS

**PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN MICROONDAS PARA
TRABAJADORES DE SIAE**

PROGRAMA DE CURSO

A.- DATOS INFORMATIVOS:

CURSO:	ENLACES DE MICROONDAS
CÓDIGO:	EMO
PROGRAMA:	CAPACITACIÓN EN MICROONDAS
No. HORAS	16

B.- DESCRIPCIÓN DEL CURSO:

Este curso debe preparar a los asistentes en los conceptos fundamentales de la comunicación basada en la tecnología de microondas, empezando por definir en qué parte de la red de telecomunicaciones se encuentran los enlaces de microondas y qué

papel juegan en dichas redes. Posteriormente se realiza una revisión de conceptos básicos como la modulación, ancho de banda espectral y el concepto básico de conversión up/down de frecuencia. Se conceptúa el enlace de microondas como un circuito, para describir sus componentes fundamentales como son el branching, las antenas, las guías de onda, los equipos full indoor y Split. Luego se realiza una explicación acerca del cálculo del enlace en base a las potencias transmitidas y recibidas y se definen los objetivos de calidad. Se aborda la temática referente a los fenómenos de la propagación de las señales electromagnéticas por la atmósfera terrestre y los problemas técnicos que representan la atenuación por lluvia y la reflexión. También se realiza una descripción del concepto de interferencia y se describen los métodos para planificación de frecuencias que posibilita un uso adecuado del espectro radioeléctrico minimizando las interferencias. Se realiza un estudio de caso, más bien cualitativo, con el objeto de mostrar un caso real donde se aplican todos los conceptos aprendidos durante el curso. Finalmente una ligera descripción del sistema de gestión de una red de microondas y las normas de seguridad que debe observar todo trabajador de esta especialidad.

C.- PRERREQUISITOS

PRERREQUISITOS	
CURSO	CÓDIGOS
Básico de Matemáticas	BM
Básico de Física y Tecnología Eléctrica	BFTE

Básico de Ondas Electromagnéticas	BOEM
-----------------------------------	------

D.- OBJETIVO GENERAL:

Establecer los conceptos y tecnologías de los enlaces de microondas que permitan al trabajador y estudiante, comprender los fenómenos asociados a la instalación y puesta en marcha de un sistema de telecomunicaciones basado en este tipo de equipamiento.

E.- RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al completar en forma exitosa este curso, los estudiantes deben ser capaces de:

RESULTADO DE APRENDIZAJE DEL CURSO	NIVEL DE DESARROLLO INICIAL/MEDIO/ALTO
Modulación y Demodulación	medio
Digitalización de señales analógicas. Banda base analógica y banda base digital.	medio
Ancho de banda espectral y ancho de banda digital	alto
Guías de onda	alto

Filtros y circuladores	alto
Antenas	alto
Equipos electrónicos de microondas	alto
Cálculo de radioenlaces	alto
Objetivos de disponibilidad y criterios de calidad	alto
Propagación de las microondas por la atmósfera. Zonas de Fresnel, factor K, reflexión, atenuación por lluvia	alto
Interferencias y planificación de frecuencias	alto
Sistemas de gestión	medio
Normas de seguridad en el trabajo con enlaces de microondas.	alto

F.- CONTENIDOS

1. CONCEPTOS BÁSICOS DE RADIOCOMUNICACIONES

- 1.1. Modulación y Demodulación
- 1.2. Banda base analógica y banda base digital
- 1.3. Ancho de banda espectral

2. CIRCUITO DE MICROONDAS

- 2.1. Enlazamiento entre transmisor (TX) y receptor (RX)
 - 2.2. Guías de onda y cables coaxiales
 - 2.3. Branching: filtros y circuladores
 - 2.4. Transferencia de potencia
 - 2.5. Antenas
 - 2.6. Equipamiento full indoor y Split
-
3. CÁLCULOS Y PROPAGACIÓN DE RADIOENLACES
 - 3.1. Objetivos y criterios de disponibilidad
 - 3.2. Zonas de Fresnel
 - 3.3. Factor atmosférico K
 - 3.4. Reflexiones y atenuación por lluvia
 - 3.5. Interferencias
 - 3.6. Planificación de frecuencias
 - 3.7. Estudio de caso
 - 3.8. Sistema de gestión
-
4. NORMAS DE SEGURIDAD

G.- METODOLOGÍA, RECURSOS:

La descripción teórica de los conceptos se acompaña de ejemplos prácticos de los casos más simples utilizando para ello equipos de medición tales como el generador de radio frecuencia, analizador de espectros, osciloscopio. Los asistentes al programa de

capacitación tendrán la oportunidad de vivenciar las formas más básicas de radio comunicaciones a través de montajes simples pero ilustrativos.

Se hará uso de maquetas construidas a fin de explicar los conceptos de antena parabólica, zona de Fresnel, factor atmosférico K.

Se dispone de una amplia variedad de conectores coaxiales, antenas, guías de onda y otros elementos, para concretar las explicaciones mediante ejemplos reales.

Finalmente se realiza un estudio de caso, para poner a prueba los conocimientos adquiridos e intentar comprender un caso muy complejo de la vida real, el cual requiere de un buen manejo de los conceptos y de la terminología explicada a lo largo del programa de capacitación completo.

4.4.1 Propuesta del curso de microondas

A lo largo de la historia hay innumerables ejemplos de lo que para el ser humano ha sido la necesidad de comunicación a distancia, ya sea en tiempos de paz o en tiempos de guerra. En todas las civilizaciones se ha dado los más diversos métodos para lograr este cometido. Los nativos norteamericanos con señales de humo, los incas mediante chasquis. En Europa la agencia de noticias Reuters usó palomas mensajeras para el envío de las noticias todavía en 1844 en zonas donde aún no había servicio telegráfico.

Después del descubrimiento de las ondas electromagnéticas, éstas fueron utilizadas como el medio para transmitir los mensajes. Podemos entonces diferenciar claramente entre el mensaje en sí y el medio que se usa para transmitirlo. Así como del ave se aprovecha su capacidad de volar, de la onda electromagnética (EM) se aprovecha su capacidad de

propagarse radiándose hasta el infinito. Por lo tanto la onda EM constituye el medio que porta el mensaje.

Así como el ave debe ser entrenada para poder llevar el rollito de papel que lleva el mensaje, la onda electromagnética debe ser convenientemente modificada en alguna o algunas de sus características para poder llevar el mensaje.

Se conoce con el nombre de modulación a este hecho de manipular convenientemente la onda portadora a fin de que sirva a los objetivos de comunicación. Es así como se modula la amplitud, la frecuencia o la fase en función del mensaje a transmitir.

Pero, ¿qué es una microonda?

Tradicionalmente, se conoce con el nombre de microonda a las portadoras electromagnéticas cuya frecuencia está por encima de los 1000 MHz. (Siemens Telecomunicazioni, 2001). Es decir 1 GHz.

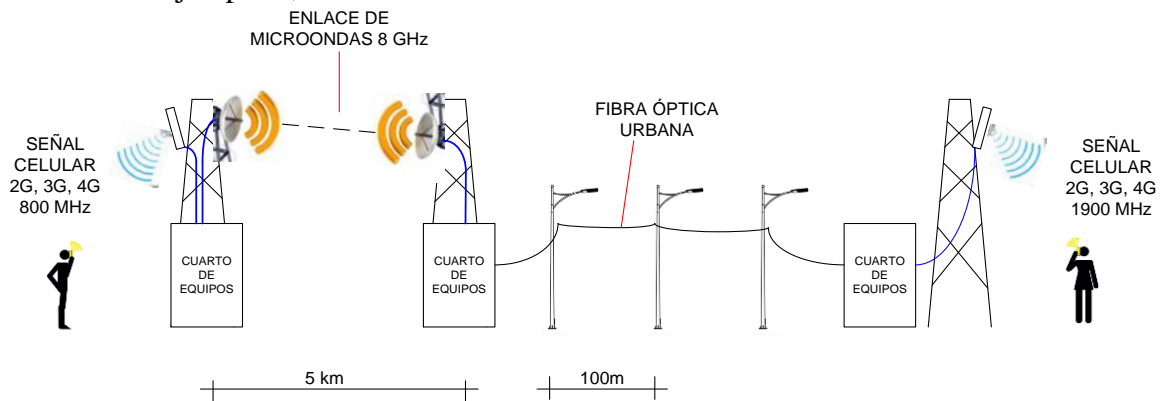
Aunque no siempre su uso sea para telecomunicaciones, como es el caso de los hornos de microonda cuya frecuencia es de 2.4 GHz, ya que en este caso se aprovecha el poder calorífico de la radiación electromagnética.

Aunque el valor de 1 GHz es más bien tradicional, ya que el concepto de lo que es “alta frecuencia” ha ido variando a medida de que la tecnología ha permitido la generación y uso para telecomunicaciones de frecuencia cada vez más elevadas. Es así que en alguna entidad se puede considerar “alta frecuencia” a circuitos de 1 MHz. Pero en la realidad existen ya en el mercado equipos de comunicaciones de 15, 23, 40 y hasta 80 GHz. En

este sentido la frecuencia de las microondas más comúnmente se refiere a frecuencias de enlaces “punto a punto” que son parte de la cadena de transmisión en una red de telecomunicaciones, no para enlaces de difusión como la señal celular (aunque por su frecuencia si se la pueda llamar microonda, de 1.9 GHz). Por lo tanto más común será referirse a los enlaces de microondas a partir de los 6 GHz y hasta frecuencias tan altas como los 80 GHz. Posteriormente veremos cuáles son las ventajas y desventajas de elevar las frecuencias de los enlaces de microondas.

En las siguientes figuras podemos apreciar el sitio que les corresponde a los enlaces de microondas dentro de un sistema de telecomunicaciones actual:

Gráfico 82. Ejemplo 1, enlace de microondas en un sistema de telecomunicaciones celular.



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 83. Ejemplo 2, enlace de microondas en un sistema de telecomunicaciones celular-fijo.

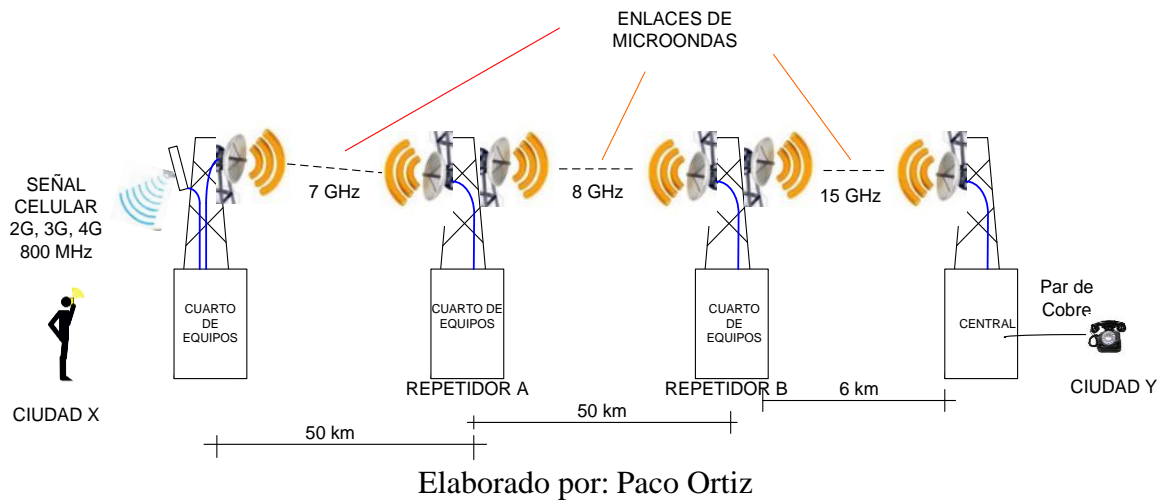
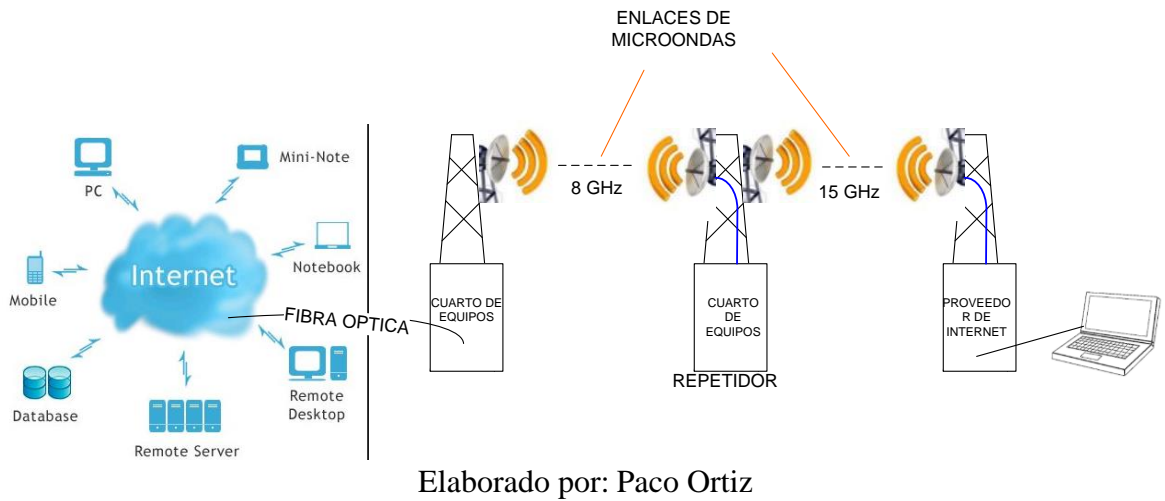


Gráfico 84. Ejemplo 3, enlace de microondas para conexión a Internet



Conceptos fundamentales de los equipos de microondas

En general, en los equipos que usan las ondas electromagnéticas para enviar y recibir información, se basan en los siguientes conceptos y componentes:

Modulador

Es un equipo electrónico cuya función consiste en añadir la señal que se pretende transmitir a una onda de mayor frecuencia llamada portadora la cual a su vez es la que se irradia por la antena.

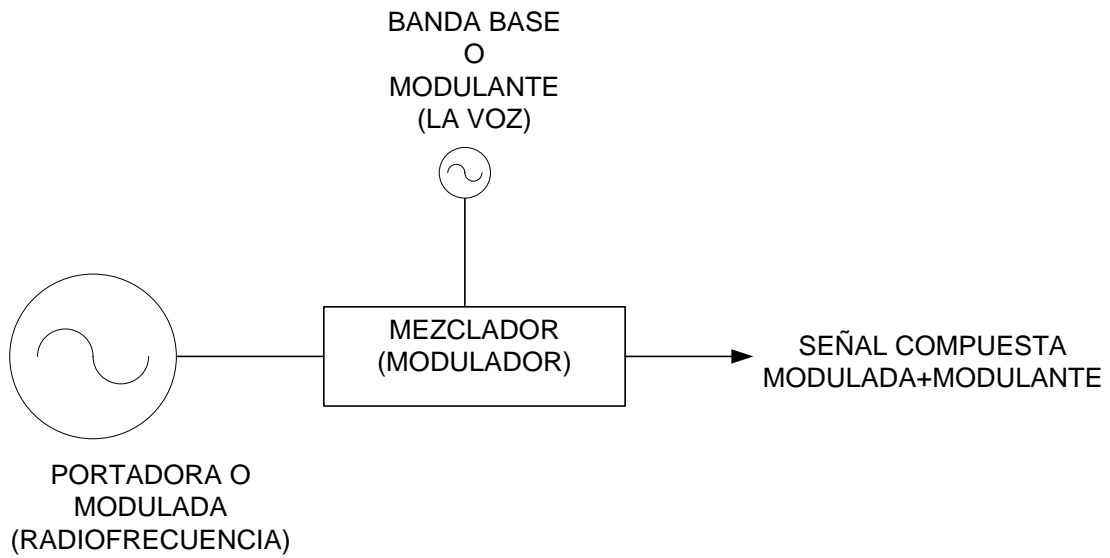
La señal que se pretende transmitir es mejor conocida en el ambiente técnico como la banda base.

El circuito modulador inserta la banda base en uno o más de los parámetros característicos de la onda portadora: amplitud, frecuencia, fase.

Modulación de amplitud (AM)

El primero de los moduladores inventados en los inicios de la radio difusión es el modulador de amplitud, más conocido como AM por sus siglas en inglés:

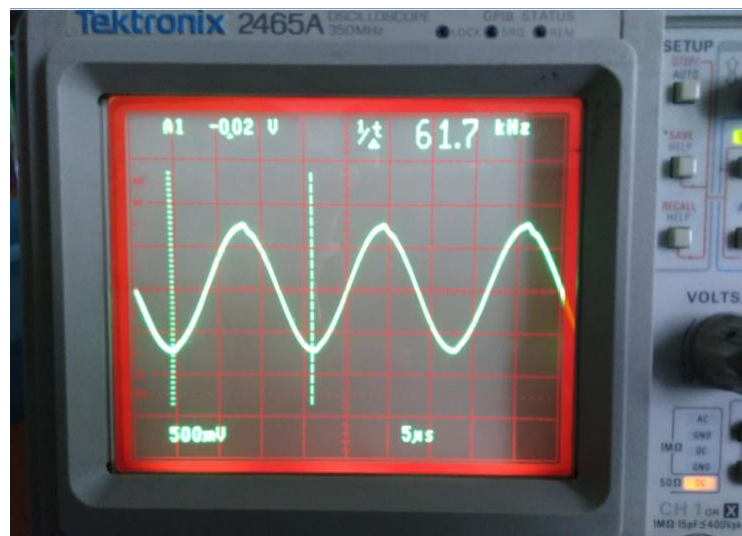
Gráfico 85. Modulador



Elaborado por: Paco Ortiz

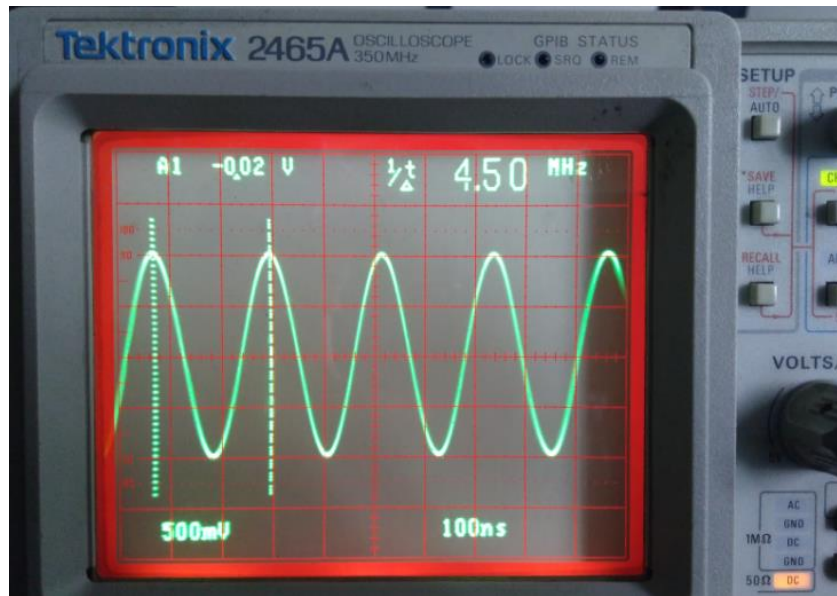
Por ejemplo, con ayuda de un generador de baja frecuencia generamos como banda base un tono de $f_1 = 61 \text{ kHz}$ y un con generador de alta frecuencia generamos una portadora $f_2 = 4.5 \text{ MHz}$; el generador de alta frecuencia dispone de entrada de modulación. Con ayuda de un osciloscopio, podemos obtener las siguientes formas de onda:

Gráfico 86. Señal modulante o banda base, sinusoidal de 61 kHz



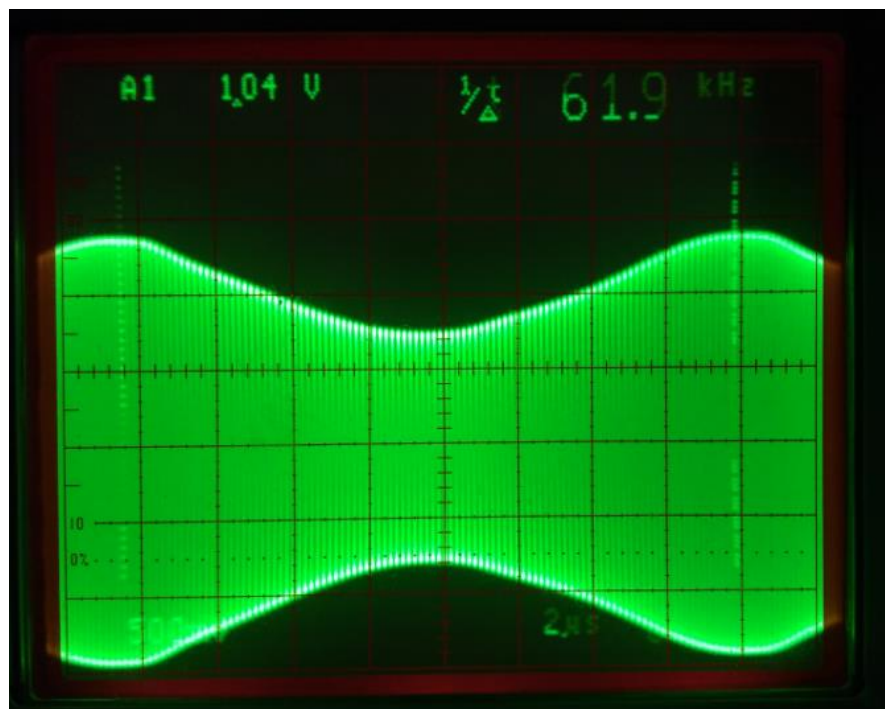
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 87. Señal portadora de 4.5 MHz



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 88. Señal compuesta, portadora de 4,5 MHz (la envuelta) modulada en amplitud por la modulante de 61,5 kHz (la envolvente)

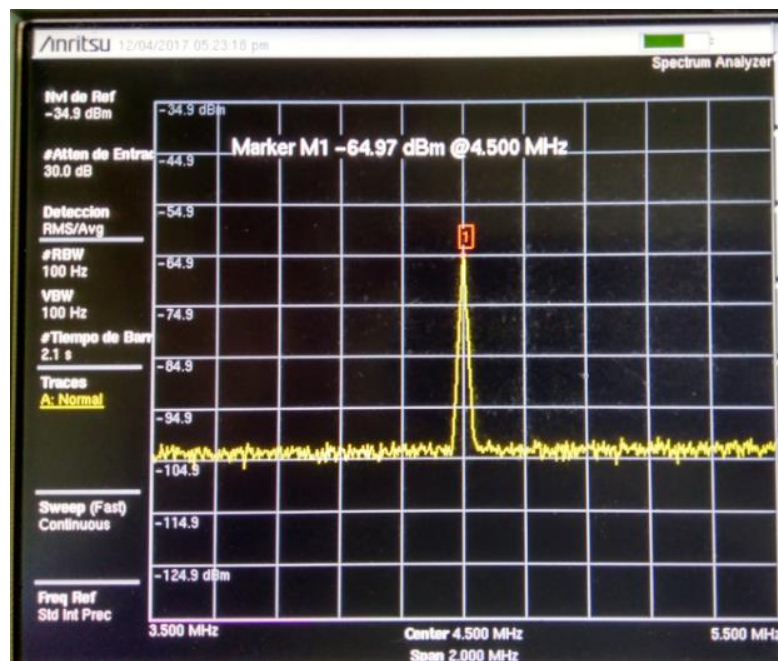


Elaborado por: Paco Ortiz

En las figuras anteriores se puede “ver” el fenómeno básico de la modulación. Ya hubiese Guillermo Marconi querido tener a su disposición los instrumentos con los que se cuenta en la actualidad. Ellos, a inicios del 1900, solo podían visualizar en su imaginación lo que estaba aconteciendo y sin embargo lo lograron.

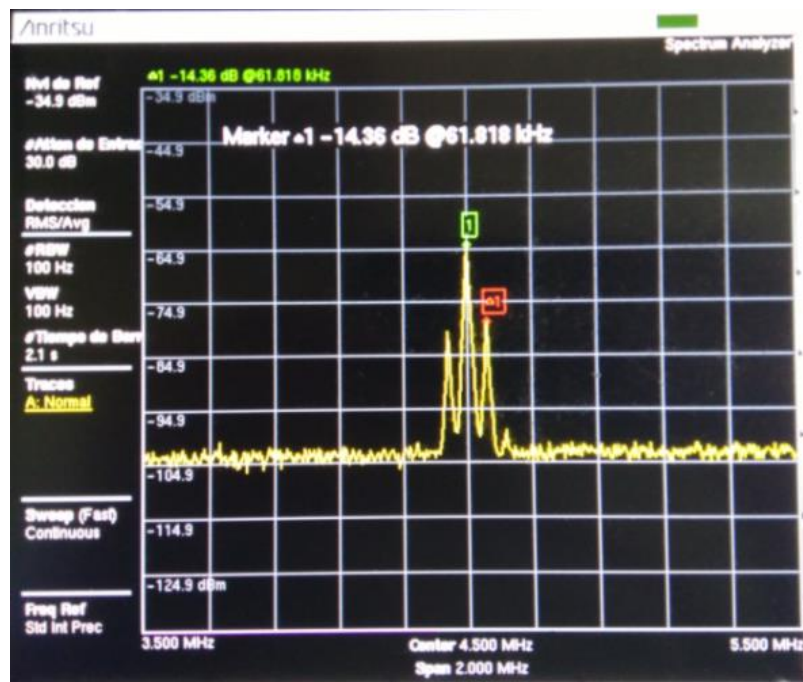
Observemos las mismas señales, pero ya no en un osciloscopio (que nos muestra la amplitud en función del tiempo) sino en un analizador de espectros (que nos muestra la amplitud en función de su frecuencia):

Gráfico 89. Cómo se ve en un analizador de espectros la señal portadora f_2 de 4.5 MHz



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 90. Y como se ve la señal f2 de 4.5 MHz modulada en amplitud por una señal f1 de 61 kHz



Elaborado por: Paco Ortiz

Observamos que ahora tenemos tres frecuencias: la portadora central de $f_2 = 4.5$ MHz y dos señales laterales iguales a la suma y la diferencia entre las señales involucradas, es decir

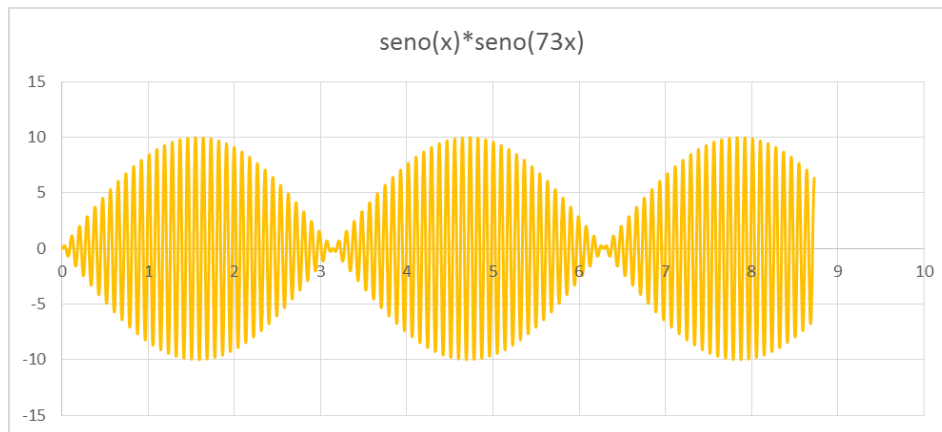
$$f_3 = 4.5 \text{ MHz} - 61 \text{ kHz} = 4.439 \text{ MHz}$$

$$f_4 = 4.5 \text{ MHz} + 0.061 \text{ MHz} = 4.561 \text{ MHz}$$

Busquemos el por qué:

Al graficar el producto de dos funciones sinusoidales $\text{seno}(x) * \text{seno}(y)$ en el programa Excel, obtenemos el siguiente resultado:

Gráfico 91. Gráfico del producto de dos señales sinusoidales en relación 73:1 para simular la relación entre 4.5 MHz y 61 kHz.



Elaborado por: Paco Ortiz

Esta señal corresponde a una modulación AM con un “índice de modulación” del 100%. Se observa claramente la envolvente que es la señal de más baja frecuencia o también llamada banda base. Mientras que la señal interior corresponde a la senoide de alta frecuencia o portadora.

De esta manera concluimos que la modulación en amplitud corresponde matemáticamente al producto de dos señales sinusoidales de frecuencia f_1 y f_2 . Por lo tanto:

$$MODULACIÓN EN AMPLITUD = \text{Seno}(2. \pi. f_1. t) * \text{Seno}(2. \pi. f_2. t)$$

De acuerdo a una conocida identidad trigonométrica:

$$\text{sen}(A) * \text{sen}(B) = \frac{\text{Cos}(A - B) - \text{Cos}(A + B)}{2}$$

Reemplazando los valores:

$$A = 2. \pi. f2. t$$

$$B = 2. \pi. f1. t$$

Tenemos que

$$A - B = 2. \pi. t. (f2 - f1)$$

$$A + B = 2. \pi. t. (f2 + f1)$$

De donde se observa que la modulación AM ha producido como resultado espectral, la creación de dos nuevas frecuencias equivalentes a la suma y la diferencia de las dos frecuencias originales modulante y modulada. Esto es lo que pudimos observar en la pantalla del analizador de espectros de la gráfica #90.

En el caso de la radio difusión AM, la señal vocal humana está formada por una variedad de frecuencias comprendida entre los 300 y los 3400 Hz (espectro de banda base f1).

Mientras que la portadora f_2 es cercana a los 1000 kHz, teóricamente un impulso (visto en el analizador de espectros) sin ancho.

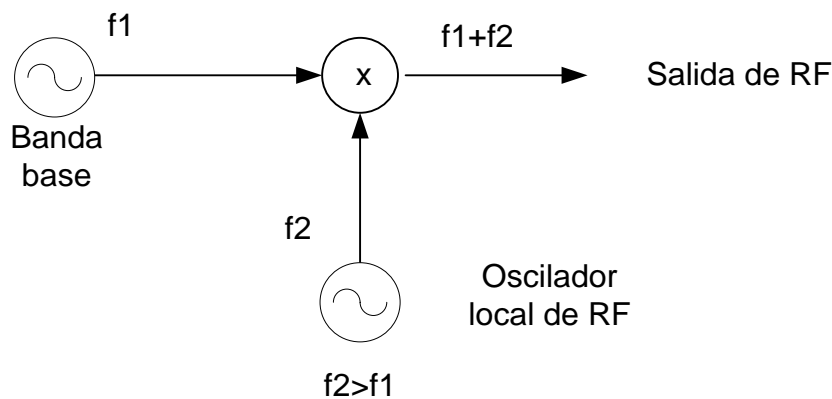
Al producirse la modulación de amplitud, se puede visualizar como que el espectro de la voz humana f_1 se ha “trasladado” en frecuencia (f_1+f_2) , o se ha “montado” en la frecuencia portadora f_2 , justamente para ser transportado en forma de radiación electromagnética.

La componente de frecuencia que no se usa, en este caso f_2-f_1 simplemente se desecha con la ayuda de un proceso de filtrado de la señal de salida (rechazo de frecuencia imagen).

Este proceso de trasladar un espectro de baja frecuencia a una portadora de alta frecuencia, es muy común y muy importante en la tecnología de las radiocomunicaciones y se conoce como el proceso de “UPCONVERTER”.

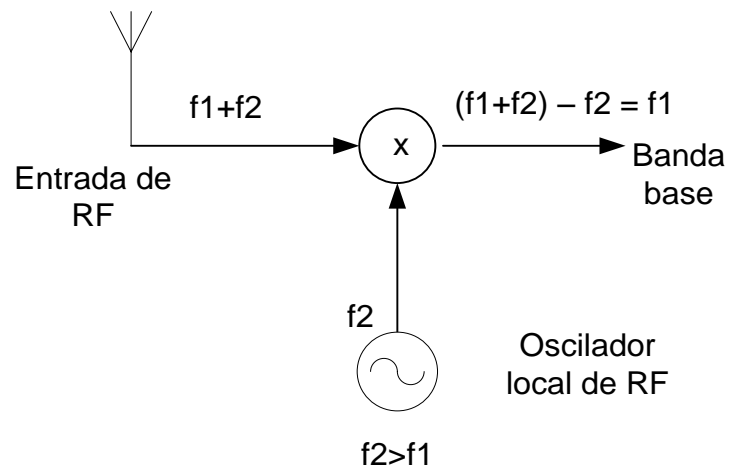
El procedimiento contrario que consiste en mezclar (multiplicar) una señal f_1+f_2 con una oscilación de frecuencia f_2 y esta vez quedarse con la diferencia es decir $(f_1+f_2)-f_2 = f_1$ sirve para recuperar la banda base en el lado de recepción y a este proceso se lo conoce como “DOWNCOVERTER”.

Gráfico 92. Upconverter



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 93. Downconverter

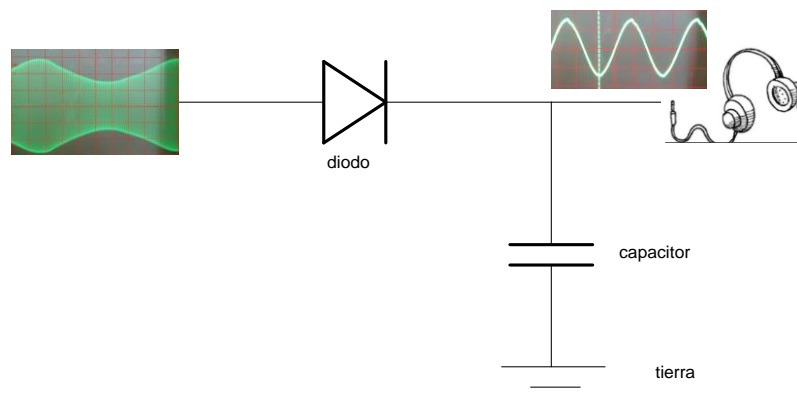


Elaborado por: Paco Ortiz

Como se puede notar, el proceso de DOWNCONVERTER, equivale a la demodulación.

En el origen de las telecomunicaciones, la radio AM fue muy importante ya que de una manera simple lograba transmitir la voz humana a través de las ondas de radio. El proceso para recuperar el audio en un receptor de AM, se conoce como demodulación y se logra a través de un circuito muy simple formado por un diodo y un capacitor:

Gráfico 94. Demodulador AM básico



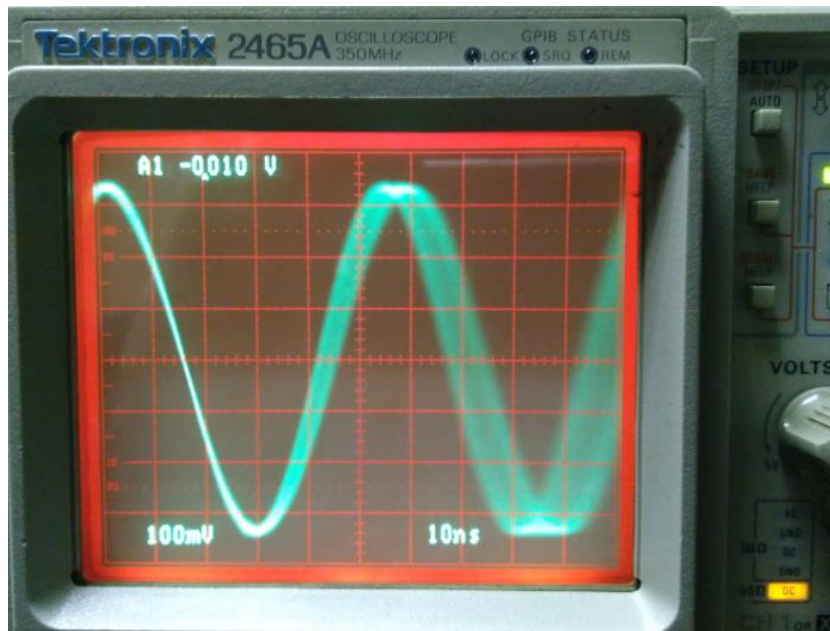
Elaborado por: Paco Ortiz

El esfuerzo realizado para conocer los pormenores de la modulación y demodulación AM, rinde ahora sus frutos ya que hemos obtenido el concepto de traslación de frecuencias, Upconverter y Downconverter. Añadamos que también existe una técnica mediante la cual, la señal de banda base no modula directamente la amplitud de la señal portadora de radio frecuencia (RF), sino que lo hace a una frecuencia auxiliar conocida como “FRECUENCIA INTERMEDIA”. Esto se debe a que muchas veces la señal portadora es demasiado alta para ser alcanzada en una sola etapa de traslado y modulación. Por ello se realiza este paso intermedio al cual se le conoció también como “HETERODINAJE”. De allí el nombre que se usa para ciertos receptores antiguos “super heterodinos”. En una etapa posterior, la frecuencia intermedia se convierte en la banda base que modula en AM (ahora sí) la amplitud de la portadora final de RF. Es decir, puede haber doble modulación, y no necesariamente estas modulaciones son de la misma naturaleza (por ejemplo se puede modular en QAM la frecuencia intermedia y, con ésta, se modula en AM la frecuencia de radio)

Modulación de frecuencia (FM)

Otra forma de añadir la información o señal de audio a una señal de RF, consiste en manipular la esta vez la frecuencia de dicha portadora, ya no su amplitud. Este procedimiento se conoce como FM por sus siglas en inglés.

Gráfico 95. Señal modulada en frecuencia.



Elaborado por: Paco Ortiz

Nótese en la figura precedente cómo la amplitud de la señal portadora permanece invariable, mientras que su frecuencia “tiembla” al ritmo de la modulante de banda base.

La radio FM es muy popular en la actualidad sobre todo en los receptores de radio de los vehículos. Esto es debido a que proporciona mejor calidad de sonido (estéreo) que la radio AM. Para la radio difusión pública, las estaciones de FM transmiten en frecuencias que van desde los 88 hasta los 108 MHz.

Este tipo de modulación también es utilizada en comunicaciones privadas, de los servicios públicos de aeronavegación, radio taxis, etc. Pero en sus propias bandas de frecuencia que pueden ir desde los 130 hasta los 450 MHz.

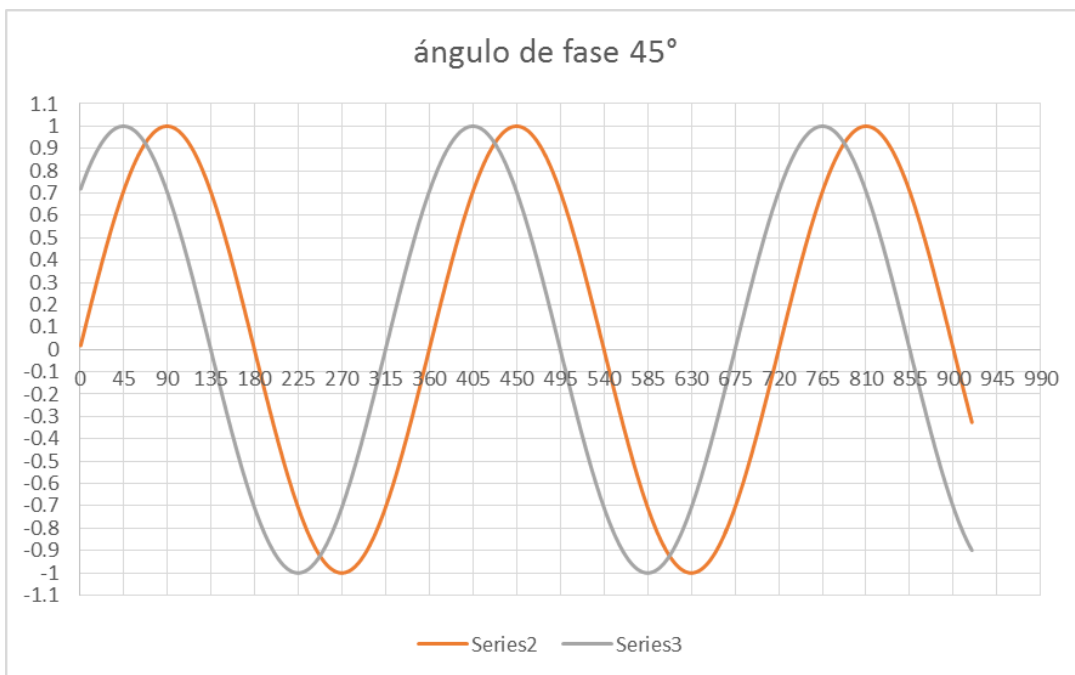
No nos detendremos mucho en este tipo de modulador. Solamente aclaramos que junto con la modulación AM, la FM es una modulación analógica. Como ya habíamos recalado, la señal de salida del modulador, es semejante a la señales de entrada ya sea en

amplitud o en frecuencia, por este motivo de semejanza es que se denomina modulación analógica.

Modulación de fase (PM)

Consideremos los siguientes gráficos:

Gráfico 96. Ángulo de fase 45°



Elaborado por: Paco Ortiz

La señal sinusoidal azul, está adelantada 45° respecto a la señal en rojo. Veamos por ejemplo, cuando el ángulo es de 0°, la señal azul tiene una amplitud de 0.707 y la señal roja tiene una amplitud de cero. Recién cuando el ángulo es de 45°, la señal roja toma el valor de 0.707, pero en ese instante ya la señal azul vale 1.

Si la señal roja equivale a la función $y = \text{seno}(x)$, la señal azul equivale a la función $y = \text{seno}(x+45^\circ)$

Esto es algo muy fácil de graficar en una tabla de Excel. En la práctica sin embargo, se requiere un circuito formado por condensadores e inductores apropiados para realizar este retardo de fase.

Como ejemplo citemos el caso real que a la frecuencia de 70 MHz, un trozo de cable coaxial de 75Ω de impedancia, de un metro de longitud, retrasará la salida con respecto a la entrada un total de 5 nanosegundos; veamos cuanto se ha retrasado la fase de la entrada:

$$f = 70 \text{ MHz}$$

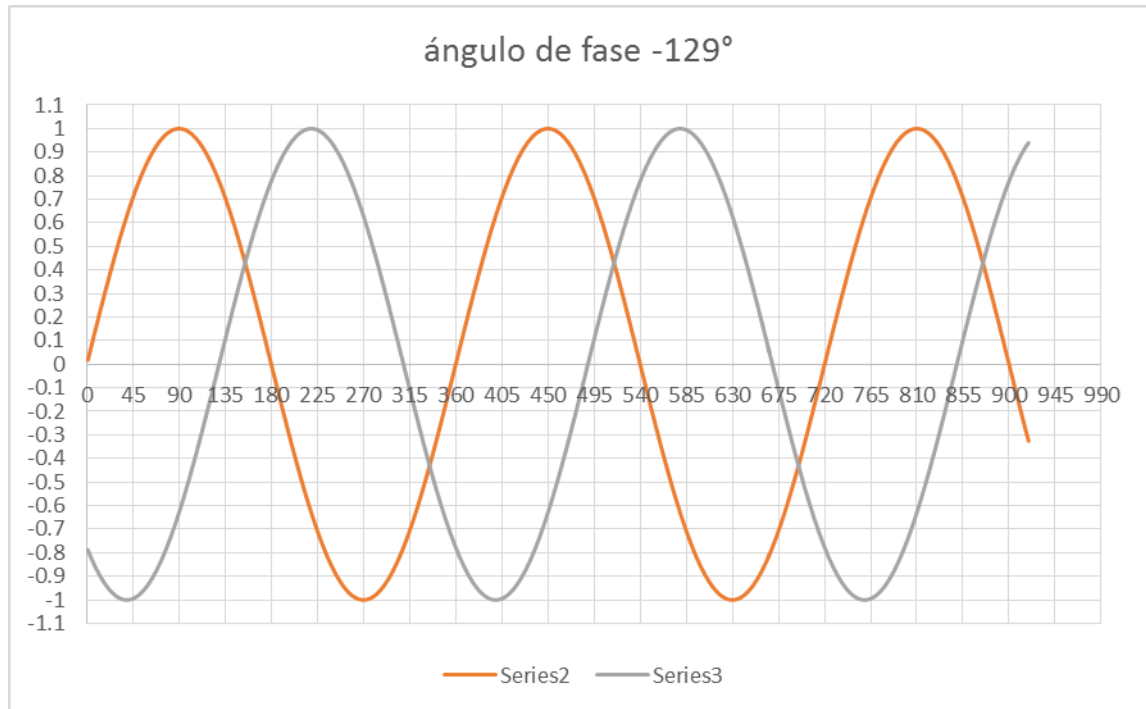
$$T(s) = \frac{1}{f} = \frac{1}{70 \times 10^6}$$

$$T = 14.3 \text{ ns}$$

Entonces el periodo de la señal es de 14.3 nano segundos. Si un metro de cable coaxial retarda 5 ns, esto quiere decir que:

$$\theta = 5 \text{ ns} * \frac{360^\circ}{14.3 \text{ ns}} = 125.9^\circ$$

Por lo tanto el gráfico sería:

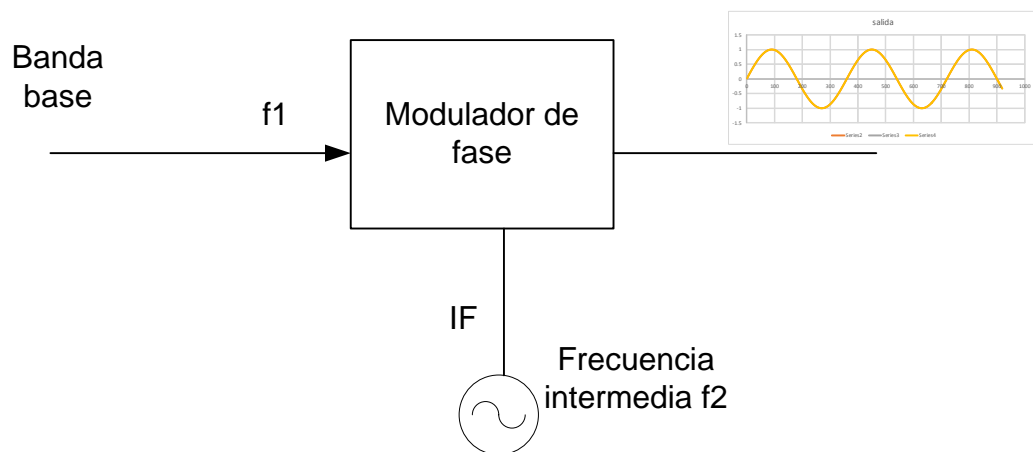
Gráfico 97. Ángulo de retardo $\Theta=125.9^\circ$ 

Elaborado por: Paco Ortiz

La señal de entrada roja tiene el valor de 1 cuando el ángulo es de 90° , mientras que la señal de salida azul recién llega a ese valor cuando el ángulo es de 216° . Por lo tanto la señal azul está retrasada con respecto a la señal roja una fase Θ de 126 grados.

Variando la capacitancia o la inductancia de un circuito cambiador de fase, obtendremos a la salida una señal de amplitud y frecuencia constante, pero cuya fase varíe al ritmo de la señal modulante de audio (banda base).

Gráfico 98. Modulador de fase



Elaborado por: Paco Ortiz

La salida del modulador de fase responde a la función

$$y = \text{Seno}(A - \theta * \text{Seno}(B))$$

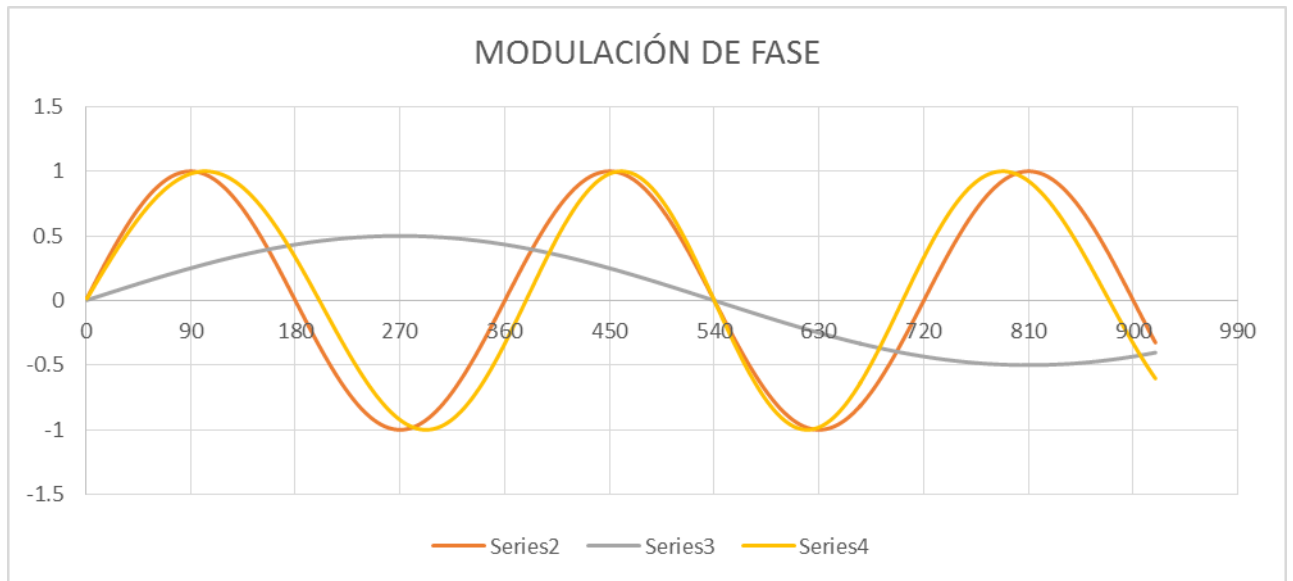
Donde:

$A = 2.\pi.f_2$, la frecuencia portadora

$B = 2.\pi.f_1$, la frecuencia modulante.

θ = desfase inicial

Gráfico 99. En rojo la señal portadora IF, en azul la señal modulante. En amarillo la señal IF modulada en fase.



Elaborado por: Paco Ortiz

Hasta este punto quedan descritas los tres tipos principales de modulación analógica: modulación de amplitud AM (amplitude modulation), modulación de frecuencia FM (frequency modulation) y modulación de fase PM (phase modulation). Ahora realizaremos una descripción de la modulación digital, la cual es una tecnología moderna que permite la transmisión de información digital ya no analógica. Sin embargo, es necesario que antes nos adentremos en los conceptos que dieron origen al mundo digital.

Conversión analógico/digital. Digitalización de señales.

La idea fundamental tiene que ver con la cuantificación y codificación de la señal de voz humana, en una técnica conocida como PCM (pulse code modulation por sus siglas en inglés), traduciendo modulación por codificación de pulsos.

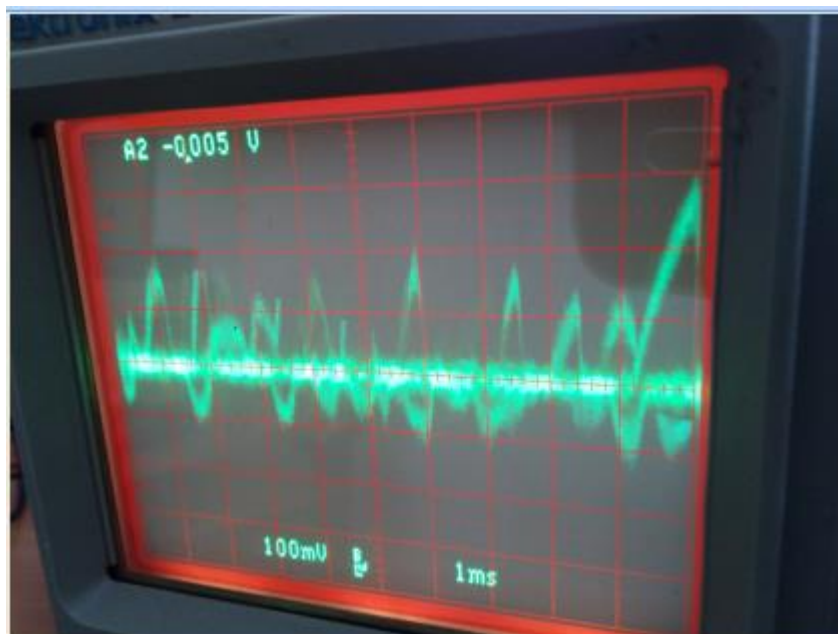
Los estudiosos del funcionamiento del oído humano indican que éste puede distinguir sonidos entre 100 Hz y 20 kHz. Pero también se ha establecido que las componentes de

frecuencia suficientes para entender el mensaje y aún distinguir el timbre de la voz, están entre 300 y 3400 kHz.

Si se limita, por razones técnicas, el ancho espectral de la voz humana y se lo circunscribe entre 0 y 4000 Hz, el mensaje será suficientemente inteligible sin distorsionar demasiado el timbre de la voz.

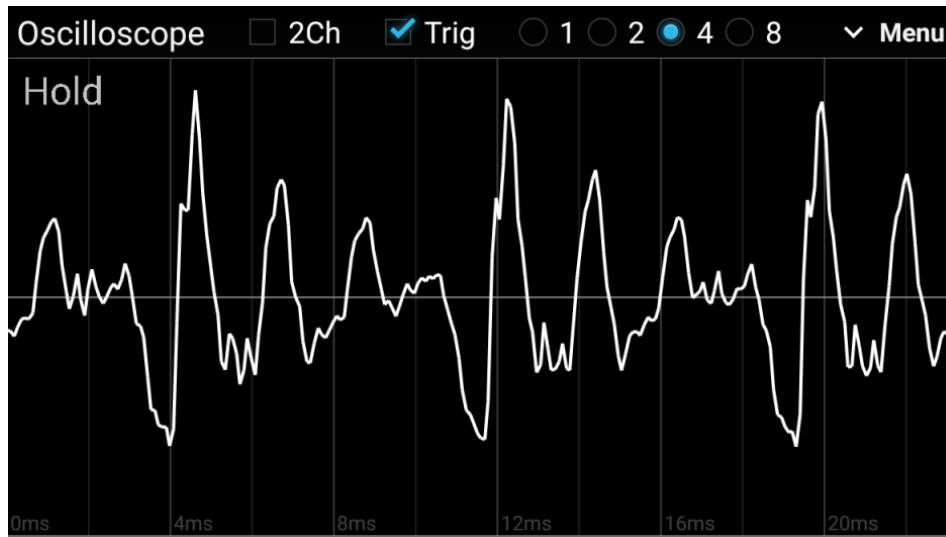
Un micrófono es un dispositivo que convierte los sonidos, especialmente la voz, en señales eléctricas analógicas. En un osciloscopio, con ayuda de un micrófono común, se mira de la siguiente manera la palabra “hola” repetida continuamente:

Gráfico 100. La palabra “hola” vista como una pequeña señal eléctrica de 200mV de amplitud. Escala vertical 100mV/div. Escala horizontal 1 ms/div.



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 101. La palabra hola vista en la aplicación “oscilloscope” del teléfono celular.

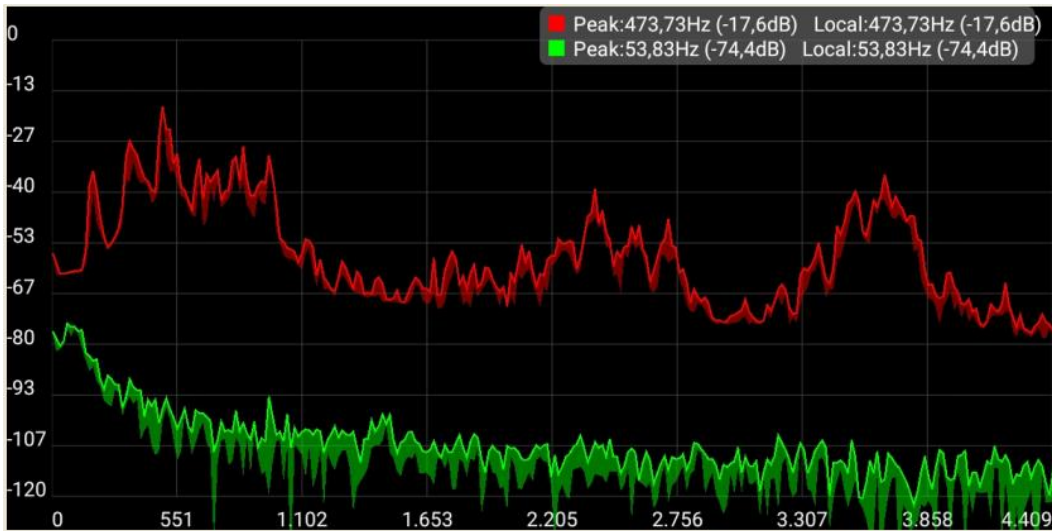


Elaborado por: Paco Ortiz

Las figuras que presenta el osciloscopio son la que hay que muestrear y codificar (¡digitalizar!) como veremos posteriormente.

En un analizador de espectros de audio (por ejemplo una aplicación bajada a este efecto desde play store), las componentes de frecuencia de esa misma voz diciendo la palabra “hola” se verían de la siguiente manera:

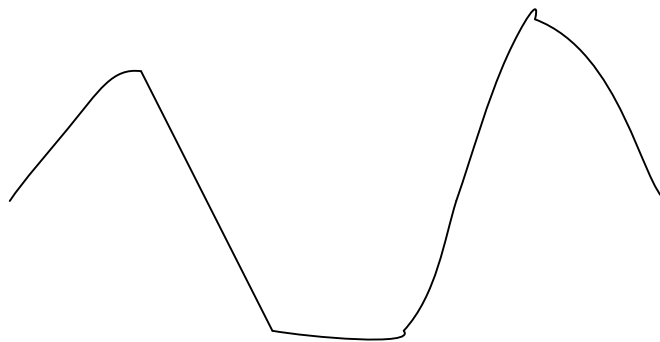
Gráfico 102. La misma palabra “hola”, dicha frente a un analizador de espectros de audio (aplicación del teléfono celular).



Elaborado por: Paco Ortiz

Para efectos explicativos, imaginemos una señal eléctrica (amplificada) que corresponda a la voz humana que varíe de 0 a 7 voltios de amplitud; sería como la siguiente:

Gráfico 103. Señal analógica de audio de 7 voltios de amplitud.



Elaborado por: Paco Ortiz

A esta señal analógica, se la somete al siguiente proceso:

a.- Muestreo (sampling en inglés), que consiste en medir la amplitud de voltaje que tiene la señal en determinado instante. Este proceso es periódico, es decir a intervalos regulares de tiempo T .

Técnicamente se ha determinado que la frecuencia de muestreo debe ser mayor o igual al doble de la máxima frecuencia de la señal a muestrear. En el caso de la voz humana, la máxima frecuencia a muestrear dijimos que era 4 kHz. Por lo tanto el circuito debe muestrear a 8 kHz mínimo, es decir debe tomar 8000 ¡muestras por segundo!

Ya que la frecuencia es el inverso del periodo:

$$f = \frac{1}{T}$$

Tenemos que si $f = 8000$ Hz, entonces

$$T = \frac{1}{8000} = 0.000125 \text{ s}$$

Es decir el circuito debe medir y entregar un valor de voltaje cada 125 micro segundos.

b.- Cuantificación. Consiste en un tratamiento estadístico de la información entregada por el circuito muestreador, el valor de amplitud de voltaje medido se incluye dentro de un rango de valores dados. Por ejemplo, si la amplitud de la señal máxima es 7 voltios y se los ha subdividido en pasos de 1 voltio, los intervalos quedan definidos de 0 a 1 voltio, de 1 a 2, de 2 a 3, etc., hasta 6 a 7 voltios. Un total de siete intervalos.

Tabla 39. Intervalos y voltajes

Número de intervalo	Valor (voltios)
1	0 a 1
2	1 a 2
3	2 a 3
4	3 a 4
5	4 a 5
6	5 a 6
7	6 a 7

Elaborado por: Paco Ortiz

Si la señal analógica, por ejemplo, mide en un instante 6.5 voltios, automáticamente queda asignada al intervalo 7.

c.- Codificación. Cada intervalo es identificado, ya no en forma decimal como 1, 2,3, sino que se le asigna su número binario equivalente:

Tabla 40. Codificación de intervalos

Código de intervalo	Valor (voltios)
001	0 a 1
010	1 a 2
011	2 a 3
100	3 a 4

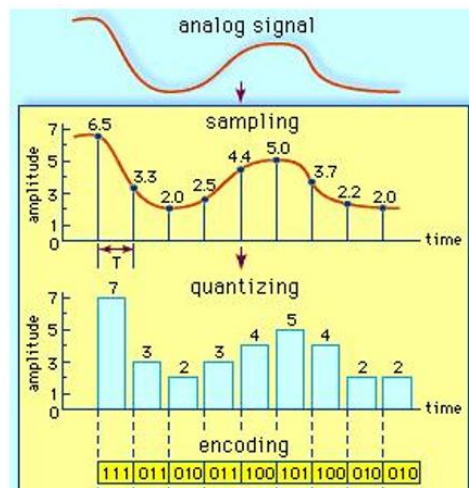
101	4 a 5
110	5 a 6
111	6 a 7

Elaborado por: Paco Ortiz

En el ejemplo que vimos, si la señal analógica arrojó un valor de 6.5 voltios, se le asigna al intervalo 111

La siguiente gráfico resume el procedimiento visto (Enciclopedia Británica, s. f.):

Gráfico 104. Digitalización de señales.

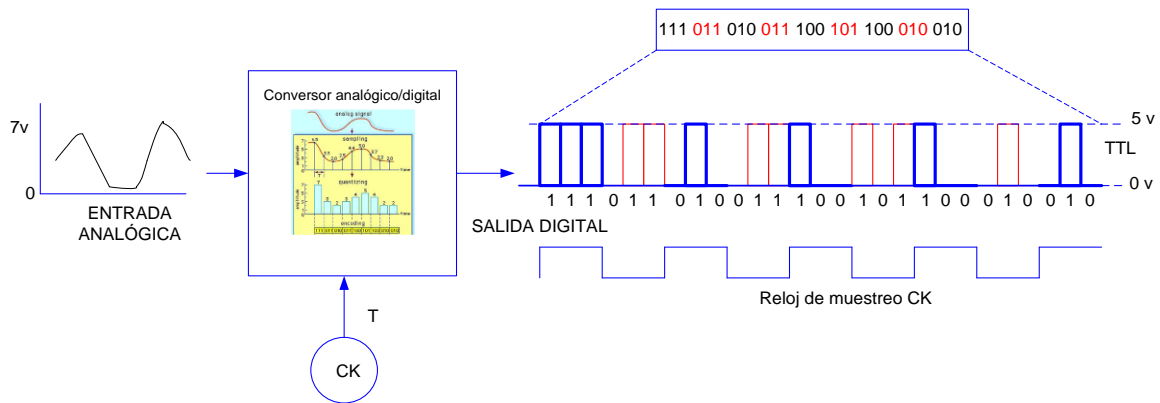


Fuente: (Enciclopedia Británica, s. f.)

Elaborado por: Paco Ortiz

Resumiendo:

Gráfico 105. Conversión A/D



Elaborado por: Paco Ortiz

Tal como fue descrito en los cursos básicos, con los dos números binarios 1 y 0 (simplemente llamados bit), podemos contabilizar lo mismo que con los dígitos decimales 0 a 9. Lo interesante de tener solo los dos dígitos binarios es que podemos asociarlos a dos estados de cualquier magnitud física. Por ejemplo on/off de un foco correspondan a 1 y 0 respectivamente; un silencio es 0 y un sonido es 1, un impulso de voltaje en un alambre de cobre es 1 y ausencia de voltaje es el 0. Láser encendido es 1, laser apagado es cero.

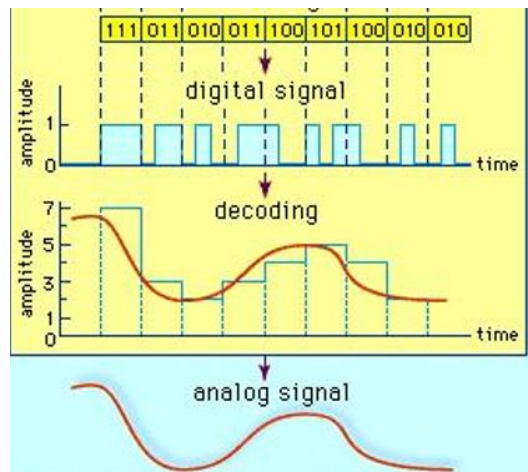
En los circuitos sin embargo lo que se intercambian son voltajes, por ello existe una asignación conocida como TTL (transistor transistor logic por sus siglas en inglés), lógica transistor-transistor, en la cual se define como 1 al voltaje de 5 voltios. Y como 0 a cero voltios. Lo importante también es que cada 1 y cada cero tienen un tiempo de duración determinado por el periodo de muestreo "T".

La figura #105 es sumamente importante para las telecomunicaciones y en general en la tecnología moderna pues es la técnica que marca el paso de la tecnología analógica, a la tecnología digital. Y más aún, del mundo analógico al mundo digital. La información convertida en 1s y 0s, es decir en bits.

Conversión digital/analógico

Una vez que se tiene la señal analógica en formato digital (bit 0 y bit 1), se lo puede transmitir a otra localidad donde se realizará el procedimiento contrario conocido como conversión digital/analógico, a fin de recuperar la señal de audio original:

Gráfico 106. Conversión D/A



Fuente: (Enciclopedia Británica, s. f.)

Elaborado por: Paco Ortiz

PCM

Para una adecuada fidelidad de la voz se realiza una codificación con 8 bits (a un grupo de 8 bits se lo conoce como byte), los cuales proveen de 28 intervalos, es decir 256 intervalos (ley A y ley u de acuerdo a la UIT).

Vimos también que la frecuencia de muestreo adecuada era de 8000 muestras por segundo.

Esto nos da un resultado interesante ya que la velocidad a la que este conversor A/D nos entrega la salida de bits es:

$$v = 8000 \frac{\text{muestras}}{\text{segundo}} * \frac{8\text{bits}}{\text{muestra}} = 64000 \frac{\text{bits}}{\text{segundo}}$$

La cuál es la velocidad primaria de un canal digital individual: 64 kb/s

Otro resultado obtenido es que el tiempo de duración de un bit (ya sea cero o uno) es de

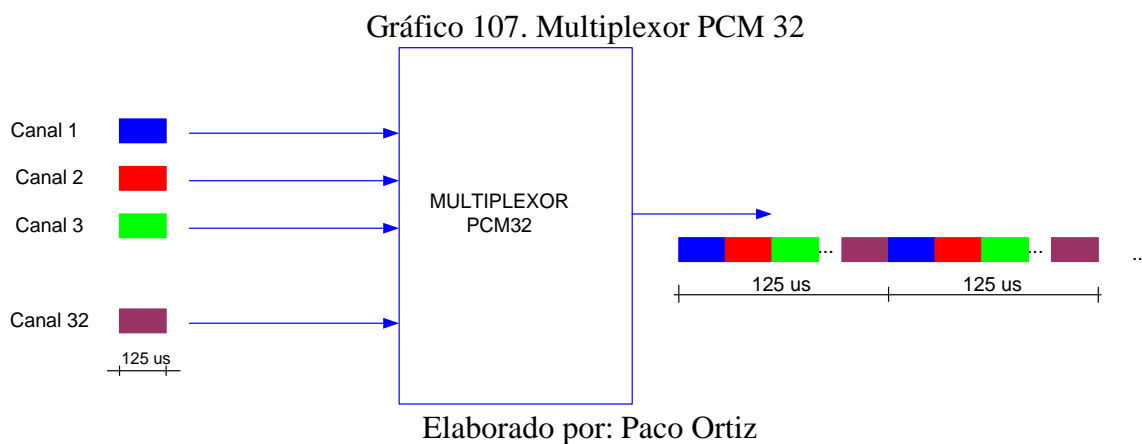
$$t_{bit} = \frac{1}{64000} = 15.6 \text{ us}$$

Y por lo tanto la duración de un byte será de 125 us.

Multiplexaje (PCM32)

Existe una técnica llamada multiplexaje, que se basa en la idea de que el tiempo de duración de un byte es demasiado largo. ¿Por qué no acomodar 32 canales en esos 125 us que le corresponden a un solo byte? Repartir el mismo lapso de tiempo a más canales se conoce también como TDM (time division multiplexing por sus siglas en inglés)

Veamos el siguiente gráfico:



La salida de este multiplexor estaría dada por:

$$V = 32 \times 64000 \frac{\text{bits}}{\text{segundo}} = 2'048.000 \text{ bit/segundo}$$

Es decir el conocido E1 TDM, cuya velocidad se conoce simplemente como 2 Mb/s

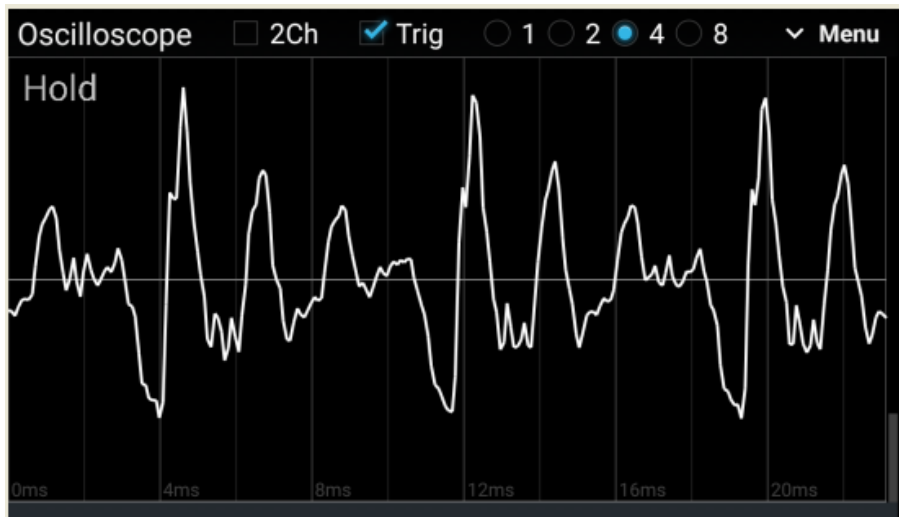
Evidentemente existe el demultiplexor, que es un circuito que recibe en su entrada una trama PCM32 y a su salida devuelve los 32 canales individuales de voz de 64 kb/s.

Banda base analógica y banda base digital

Tal como ya fue definido, la banda base es la señal o la información que se pretende transmitir a distancia utilizando para ello el medio adecuado, en este caso las ondas electromagnéticas. Como ejemplo de banda base analógica podemos tener señales de audio o señales de video (tal como salen del micrófono o de la cámara de video analógica). Como ejemplo de banda base digital tenemos la trama PCM30, la trama STM-1 (señales digitales multiplexadas en tiempo TDM) y la trama Ethernet (tecnología de transmisión de datos por ráfagas discontinuas en el tiempo).

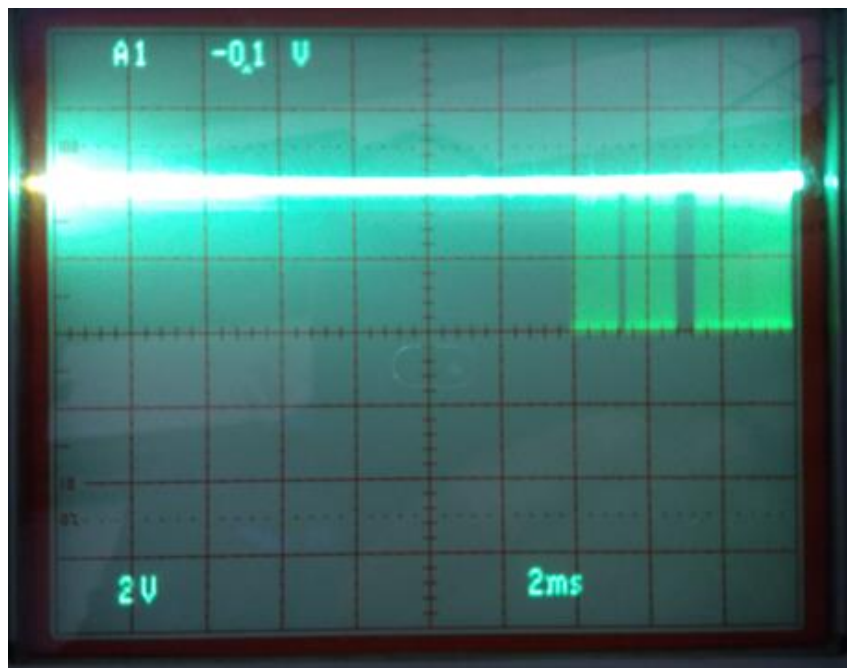
Los equipos modernos pueden transmitir tanto TDM como Ethernet a la vez. Aunque la facilidad de uso de las tramas Ethernet con protocolo IP ha hecho que las tramas TDM sean cada vez menos comunes. Veamos los siguientes ejemplos:

Gráfico 108. La voz humana es una señal analógica, pues los impulsos eléctricos son semejantes a la vibración de la voz.



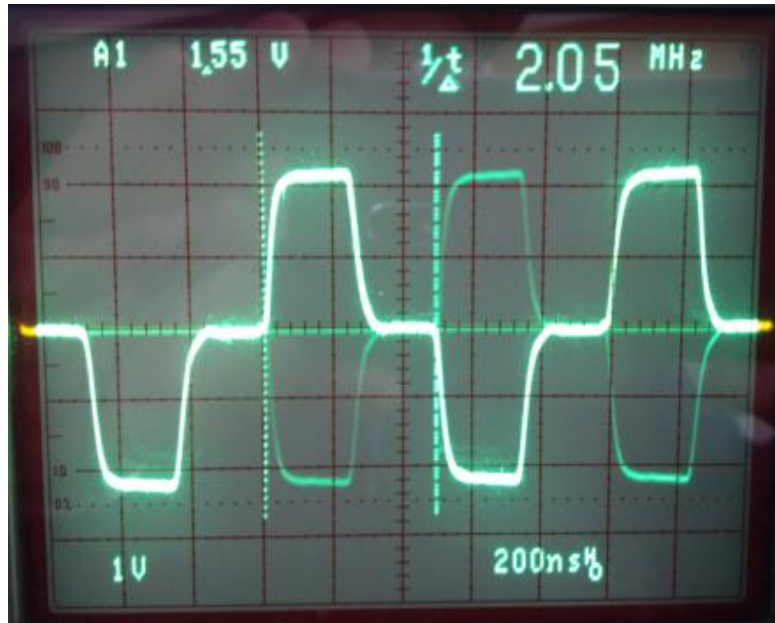
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 109. Trama Ethernet 802.3, 10 Base2, vista en el osciloscopio. Corresponde a un comando “ping” de 1500 bytes. Pueden observarse las ráfagas de datos a la derecha.



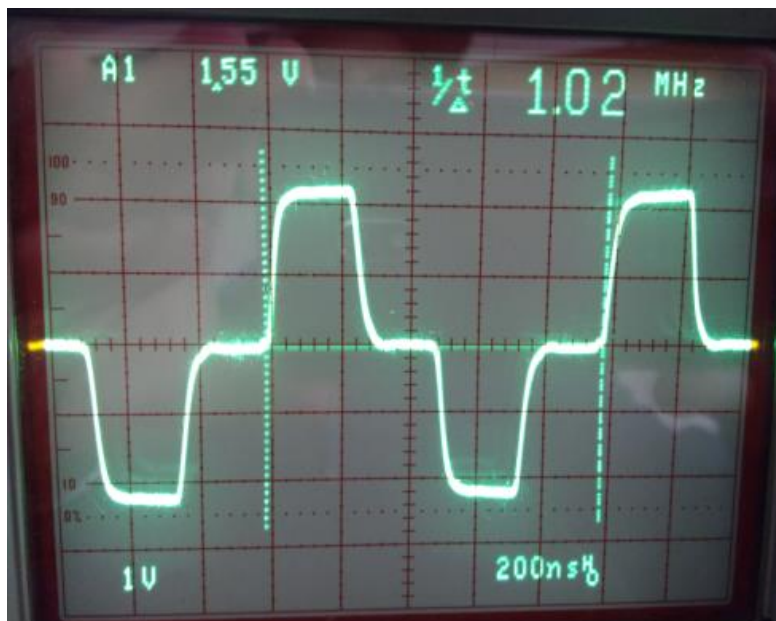
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 110. Trama PCM30 vista en el osciloscopio (ITU G.703). Aparecen una especie de “fantasmas” debido a que el osciloscopio solo puede sincronizar señales periódicas.



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 111. AIS en código HDB3. Alarm Indication Signal. Se usa para señalar pérdida de tráfico de 2Mb/s, es todos 1 en código de línea HDB3 (alternancia de polaridad, con violación cada tres ceros)



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 112. Generador de patrones de 2 Mb/s. “Pattern”.



Elaborado por: Paco Ortiz

En la actualidad existen dos formas principales de transmisión de banda base digital: tráfico TDM y tráfico Ethernet/IP. El tráfico TDM (time division multiplexing) semeja a una banda transportadora de bits que todo el tiempo está funcionando de forma continua, pero no admite sobre carga. Ejemplos de tráfico TDM son las tramas PDH (plesiócronas), SDH (síncronas). Mientras que el tráfico Ethernet/IP funciona a modo de ráfagas de datos, solo emite cuando hay datos que transportar (semejante a una banda transportadora que solo se activa cuando hay maletas que entregar), el resto del tiempo el canal está ocioso; sin embargo, en ese tiempo ocioso puede transportar tráfico que no sea prioritario.

TDM es natural y funciona adecuadamente para servicios en “tiempo real” como por ejemplo una conversación entre dos personas. Por su parte Ethernet/IP funciona apropiadamente para tráfico digital que no necesariamente se requiere que sea en tiempo real por ejemplo descargar una página web, enviar email, conversación de whatsapp, etc.,

en los cuales es aceptable cierto retardo. Tráfico en tiempo real puede cursarse, sin embargo, en sistemas de transmisión Ethernet/IP, asignando lo que se conoce como prioridades de tráfico y calidad de servicio (QoS). La versatilidad de la transmisión Ethernet/IP y el hecho de que actualmente están en auge los servicios digitales de navegación web, ha determinado que la banda base Ethernet/IP se popularice en todo equipo de transmisión digital, ya sea microondas, fibra óptica, acceso móvil celular, etc.

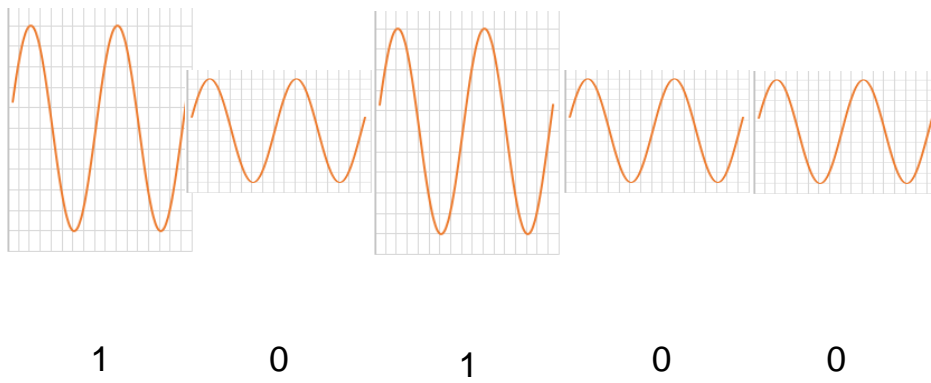
Modulación digital

Una vez que se tienen disponibles las señales digitalizadas, es necesario encontrar la manera de realizar su preparación para que sean transmitidas en ese mismo formato por las ondas radioeléctricas.

Se disponen de varias técnicas entre ellas las más obvias son las denominadas ASK (amplitude shifting keying), FSK (frequency shifting keying) y PSK (phase shifting keying).

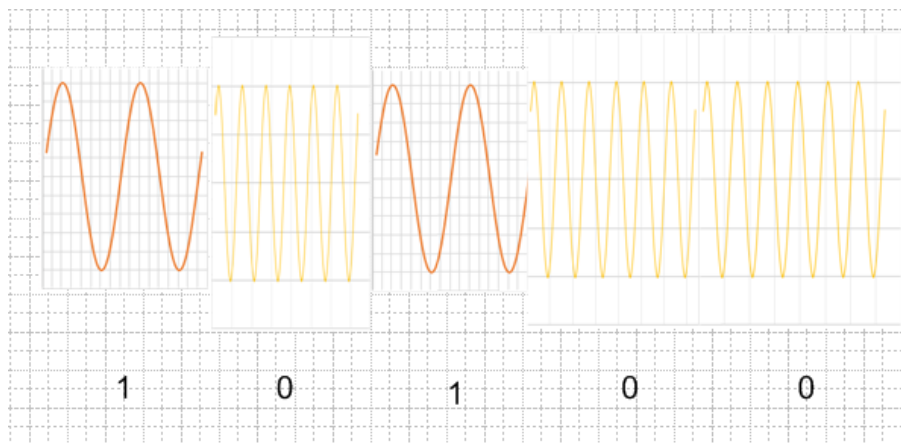
Los siguientes gráficos nos lo explican:

Gráfico 113. Modulación ASK



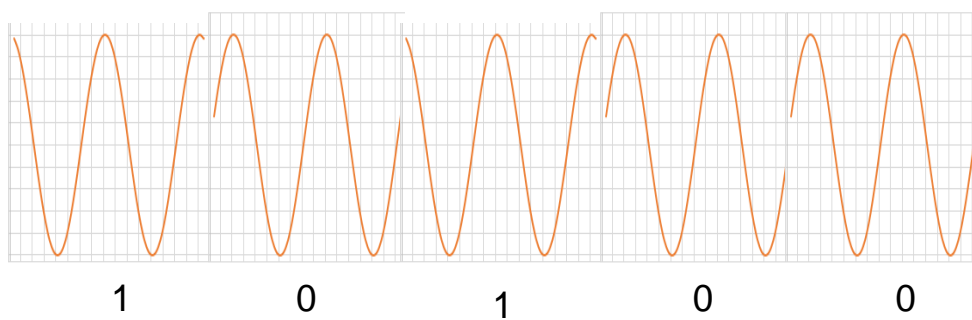
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 114. Modulación FSK



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 115. Modulación PSK



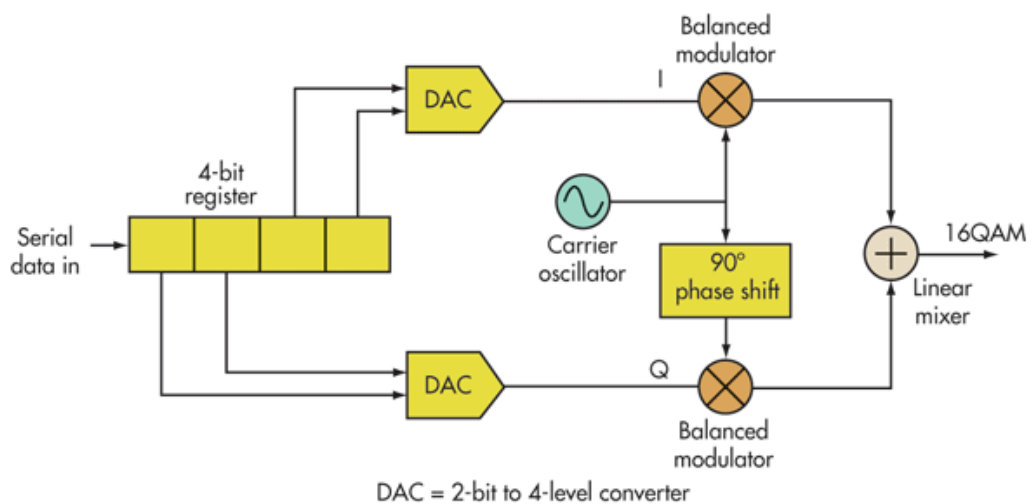
Elaborado por: Paco Ortiz

Modulación QAM

Existe un tipo de modulación digital que es mucho más eficiente ya que aprovecha tanto la fase como la amplitud de la señal portadora para introducir en ella los bits de información. Esta modulación se conoce como QAM (quadrature amplitude modulation, por sus siglas en inglés), modulación de amplitud en cuadratura, donde la señal sinusoidal pura de frecuencia intermedia (por ejemplo $f_{IF}=70, 140, 330$ MHz) es dividida en dos señales con fases separadas 90° , es decir la una corresponde al seno (x) y la otra al coseno de (x), de allí el nombre de cuadratura.

Observemos el caso del modulador 16QAM:

Gráfico 116. Diagrama del modulador 16QAM



Fuente: (Penton, 2017)

Elaborado por: Paco Ortiz

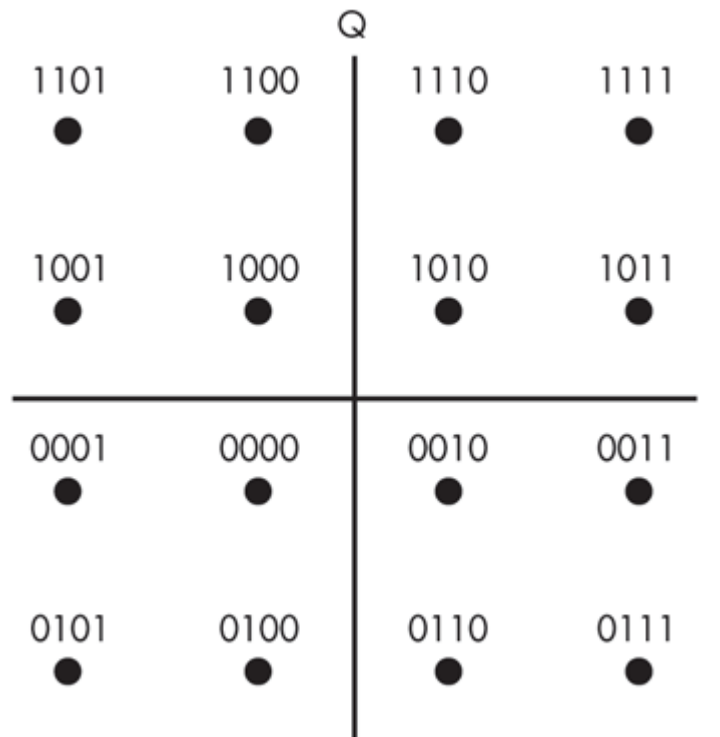
El concepto básico es obtener dos señales de frecuencia intermedia (por ejemplo 70 MHz) desfasadas entre ellas 90° , dichas frecuencias se originan en un mismo oscilador.

La banda base digital ingresa al modulador para ser agrupada en registros de 4 bits. Cada uno de estos bits pasa a los conversores D/A digital a analógico, donde se convierten en niveles voltaje los cuales pasan al multiplicador para variar directamente la amplitud de la señal de frecuencia intermedia (carrier oscillator en el dibujo) I o Q según la rama del circuito que han seguido.

Finalmente las señales vuelven a juntarse a través del circuito sumador de salida.

Mediante un diagrama de constelación, puede visualizarse el hecho de que los cuatro bits ocasionan un solo y único estado combinado de amplitud y de fase de la señal portadora:

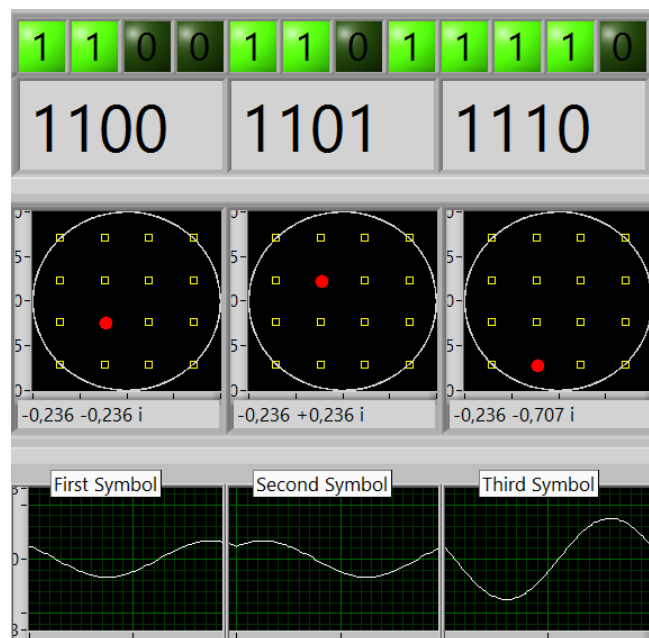
Gráfico 117. Diagrama de constelación del modulador 16QAM.



Fuente: (Penton, 2017)
Elaborado por: Paco Ortiz

Cada uno de los puntos de la constelación corresponde a grupos de 4 bits que van desde 0000 hasta 1111 y, con ayuda de la herramienta de simulación LABVIEW (national instruments, 2012) se puede observar la fase y la amplitud de la portadora modulada.

Gráfico 118. Visualización de la amplitud y fase de IF, correspondientes a la entradas de 4 bits



Fuente: (national instruments, 2012)

Elaborado por: Paco Ortiz

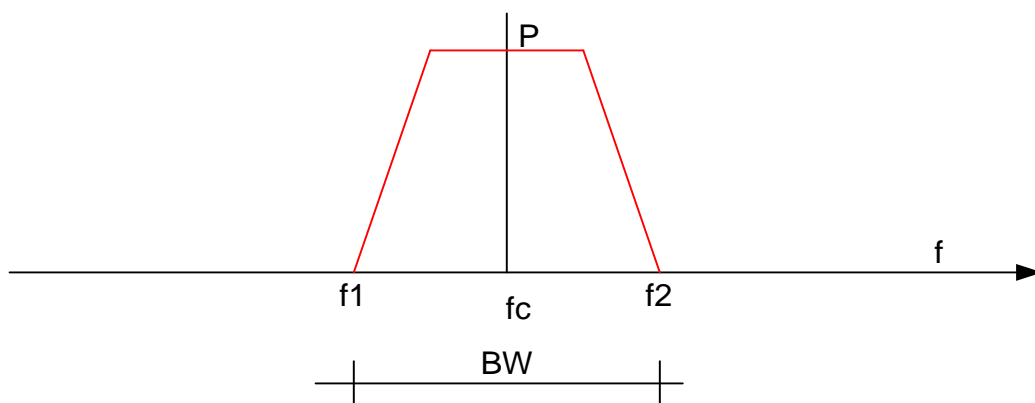
En la actualidad los equipos de microondas incluyen moduladores de hasta 2048 QAM. Incluso operando bajo la modalidad ACM (adaptative coded modulation) que permite adaptar la modulación a las condiciones del enlace, incrementando su capacidad en condiciones de buen clima y buena propagación.

Ancho de banda espectral

Como hemos visto, la modulación consiste en añadir la información de banda base (ya sea digital o analógica) a una portadora de frecuencia intermedia.

Si observamos la salida del oscilador de frecuencia intermedia en un analizador de espectros miraremos un pulso centrado en la frecuencia central f_c . Pero si observamos la salida propiamente del modulador en el analizador de espectros veremos que hay un espectro centrado en la frecuencia central f_c .

Gráfico 119. Espectro de salida del modulador.



Elaborado por: Paco Ortiz

La palabra espectro describe un rango de componentes de frecuencia. Esta palabra se usa también en otras áreas de la ciencia y de la sociedad, para describir cuando algo tiene un rango de componentes. Por ejemplo se tiene un cierto medicamento antibiótico que combate muchas variedades de bacterias que producen afecciones a la garganta. Se dice entonces que el medicamento es de amplio espectro. Es conocido también el espectro de la luz solar, pues se sabe que la luz blanca es en realidad la suma de luz azul, verde, roja,

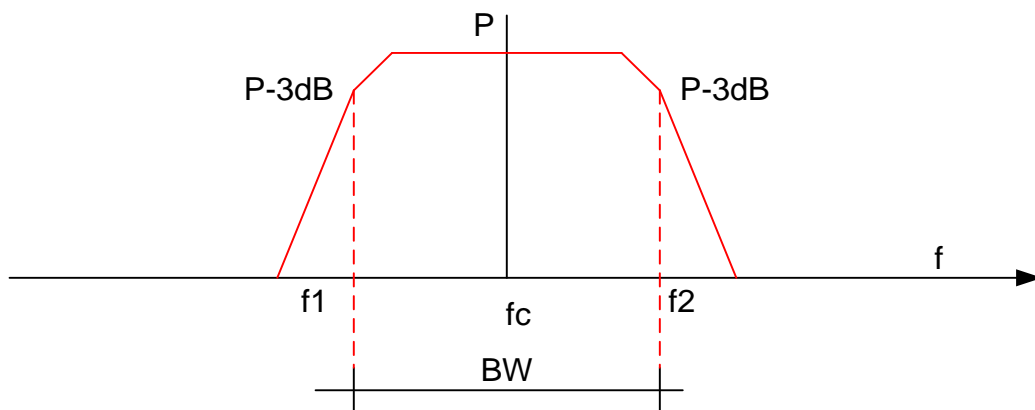
violeta, etc. Otro ejemplo es el espectro de las ideologías políticas, unos centro, otros izquierda, otros más o menos derecha.

Se define como ancho de banda espectral (BW, band width en inglés) los límites marcados por las frecuencias f_1 y f_2 dentro de las cuales se concentra la información añadida a la portadora de frecuencia central f_c (Gráfico # 119). Existen dos criterios principales para determinar el ancho de banda espectral de una señal modulada:

a.-) Puntos de -3 dB

Son los puntos a cada lado del espectro, donde la potencia es 3 dB menor que en la frecuencia central. Dichos punto definen las frecuencias f_1 y f_2 siendo la diferencia entre ellas es el ancho de banda de ese espectro.

Gráfico 120. Ancho de banda de un filtro a los puntos de -3 dB

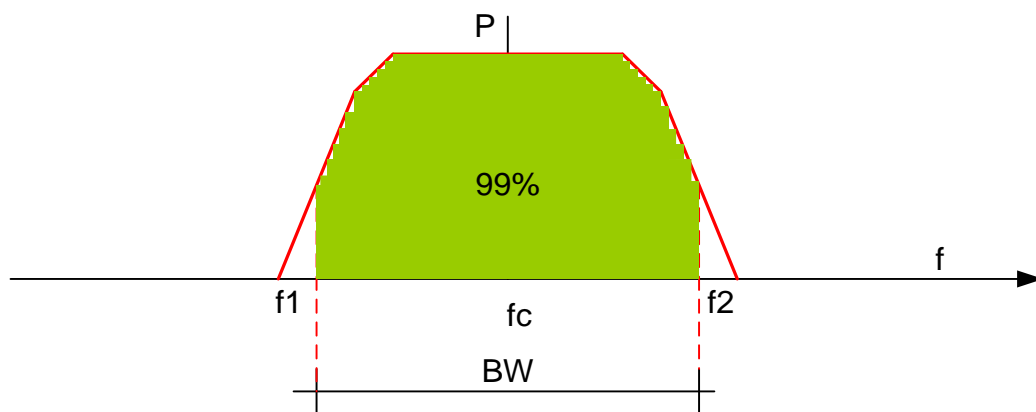


Elaborado por: Paco Ortiz

b.-) 99% de la energía.

Las frecuencias f_1 y su simétrica f_2 , definen un área bajo la curva espectral, donde se halla contenida el 99% de la potencia del espectro. El 100% se mide con un instrumento medidor de potencia (bolómetro) y el 99% con la función “potencia del canal” de un analizador de espectros.

Gráfico 121. Ancho de banda de un filtro al 99% de potencia.

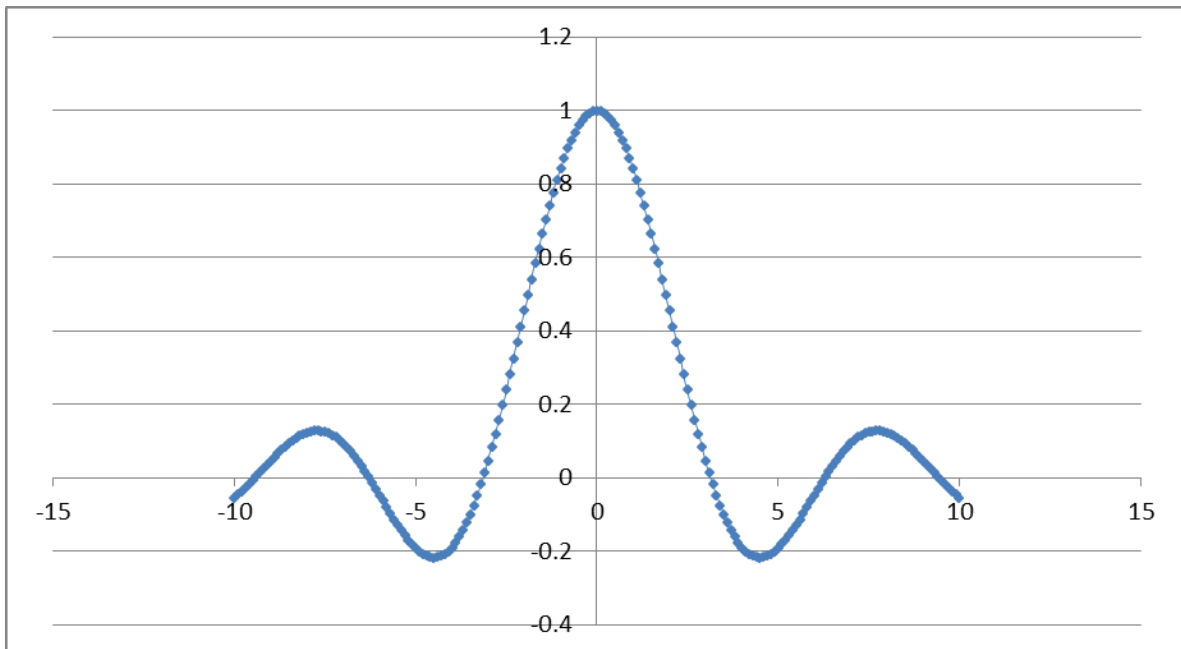


Fuente: (Ares, 1997)
Elaborado por: Paco Ortiz

Generalmente el criterio de los puntos de -3 dB arroja un resultado ligeramente inferior al del criterio del 99% de la potencia.

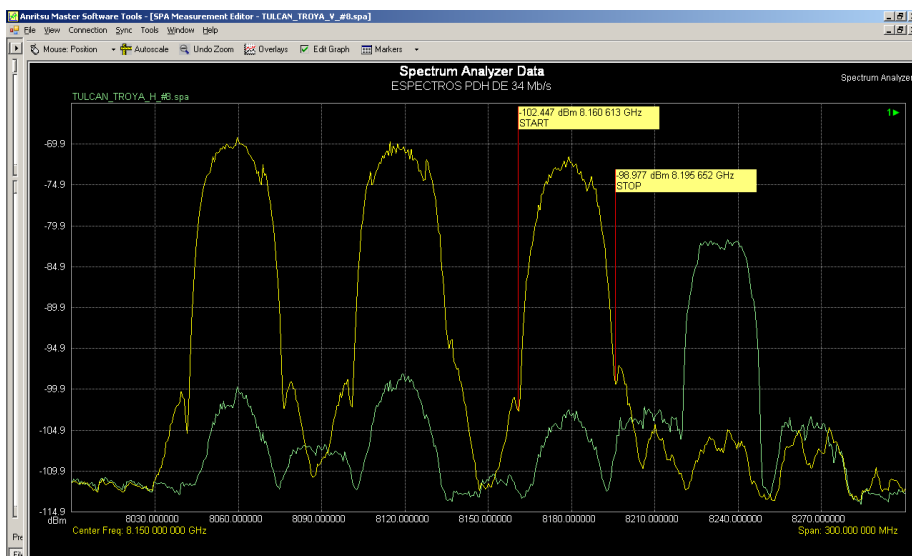
Veamos algunos casos reales. Por ejemplo en las primeras modulaciones digitales (hace apenas 25 años), como la 4PSK, el ancho de banda espectral estaba directamente relacionado con la tasa de bits que se iba a transmitir. Por ejemplo para una velocidad de 34 Mb/s, el ancho espectral era de aproximadamente 30 MHz y la forma del espectro corresponde a la función $y = \text{sen}(x) / x$

Gráfico 122. Espectro a la salida del modulador 4PSK. IF = 70 MHz.



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 123. Tres espectros reales en RF en 8 GHz (amarillos) de un equipo con modulación 4PSK.



Elaborado por: Paco Ortiz

En el caso citado, tenemos una velocidad de 34 Mb/s que ha producido un ancho espectral de 30 MHz.

Se define la eficiencia espectral como

$$\text{Eficiencia espectral} = \frac{\text{Velocidad (Mb/s)}}{\text{Ancho de banda (MHz)}}$$

En este caso:

$$\text{Eficiencia espectral} = \frac{34 \text{ (Mb/s)}}{30 \text{ (MHz)}} = 1.13 \text{ Mb/s/MHz}$$

En la actualidad, la eficiencia espectral es muy alta gracias a los sistemas de modulación que van desde 4 hasta 2048 QAM manteniendo el ancho de banda fijo en 14, 28, 40 o 56 MHz (valores normalizados por la industria y por la UIT).

Por ejemplo, con modulación 256 QAM en un BW de 28 MHz tenemos una velocidad de hasta 182 Mb/s, lo cual nos da una eficiencia espectral de 6.5 Mb/s/MHz. Es decir más de 5 veces lo que se tenía hace apenas 20 años en 1997.

La siguiente tabla nos permite comparar entre las diversas modulaciones versus las velocidades y anchos de banda:

Tabla 41. Modulación vs velocidad digital máxima (throughput)

Modulation type	Net radio throughput (Mbit/s)			
	Channel bandwidth (MHz)			
	7	14	28	56
4QAMs	8.5	17.5	36.5	72.0
4QAM	10.0	20.5	42.0	84.5
16QAMs	17.5	35.5	72.5	144.0
16QAM	20.5	42.5	83.5	165.5
32QAM	24.5	50.5	104.5	207.0
64QAM	30.0	63.5	131.5	262.0
128QAM	36.0	75.5	156.5	310.5
256QAM	42.0	87.5	180.0	358.5
512QAM	46.5	97.5	200.0 (189.5) ²	399.5 (378.0) ²
1024QAM	51.5	107.0	223.5 (213.0) ²	446.0
2048QAM	-	111.0	233.5	471.5

Fuente: (SIAE Microelettronica S.p.A, 2015)

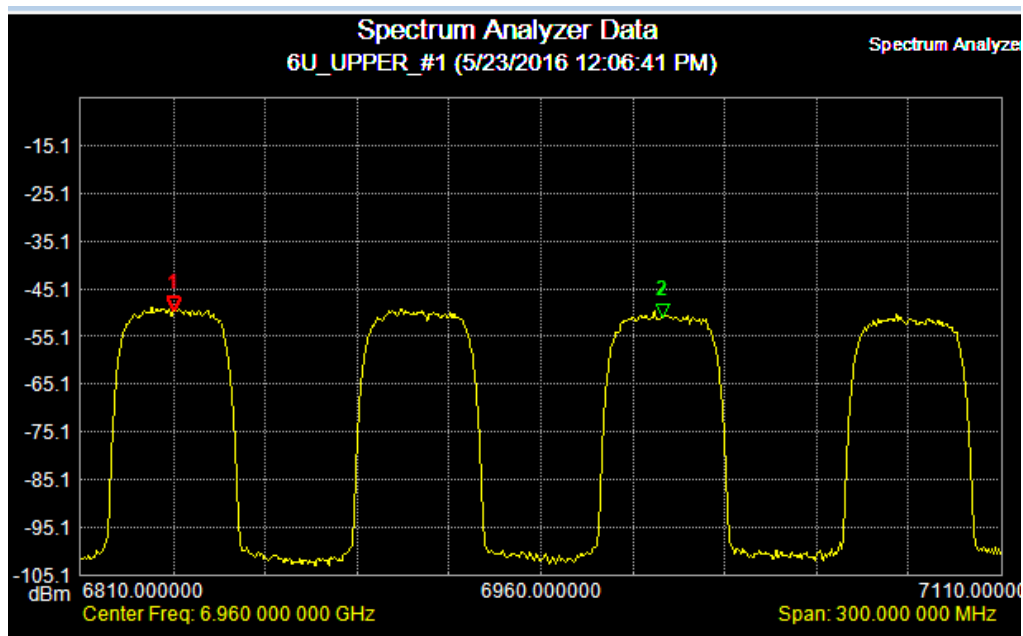
Elaborado por: Paco Ortiz

De acuerdo a esta tabla, un equipo moderno de microondas funcionando a 2048QAM con un BW de 28 MHz, proporciona una velocidad máxima de 233.5 Mb/s. Esto significa una eficiencia espectral de 8.3 Mb/s/MHz lo cual dista mucho de la antigua 4PSK que nos daba apenas 1.13.

Posteriormente veremos que al incrementar la modulación se pierde confiabilidad del enlace, lo cual demuestra que la tecnología digital tiene unos límites bien definidos.

En el siguiente ejemplo podemos observar el ancho de banda y la forma de un espectro a la salida de un moderno equipo.

Gráfico 124. 4 espectros en banda 6U, mod. 128 QAM, BW 40 MHz.



Elaborado por: Paco Ortiz

El ancho de banda o ancho espectral, debe ser limitado tanto en frecuencia intermedia como en radio frecuencia, para evitar contaminar el espectro radioeléctrico y evitar interferir a otros sistemas. Las técnicas de filtrado permiten limitar el ancho de banda a los valores permitidos (filtros pasabanda, analógicos). Existen también filtros DSP (digital signal processing) que eliminan las componentes espúreas en banda base, aún antes del modulador, mediante algoritmos de selección. También los propios formatos de modulación digital incluyen la tecnología CPM (continuous phase modulation) de modulación de fase continua que limitan las componentes espectrales la salida del modulador.

Es conocido (análisis de Fourier) que una señal periódica de frecuencia f , con forma de onda cuadrada tiene infinitos componentes de frecuencias múltiplos de f , de modo que si se conectara la señal de banda base directamente al modulador, a la salida habrían infinitas componentes de frecuencia también. Por eso la necesidad de filtrado y shaping (preformado) para suavizar la forma de la señal. Y también el “aleatorizador” o scrambler

en inglés, que produce una pseudoaleatorización (patrón de repetición $2^{15} - 1$) de los bits unos y ceros a fin de lograr en el modulador y en el transmisor, limitar el ancho espectral de salida por medio de enmascarar cualquier periodicidad presente en la señal digital.

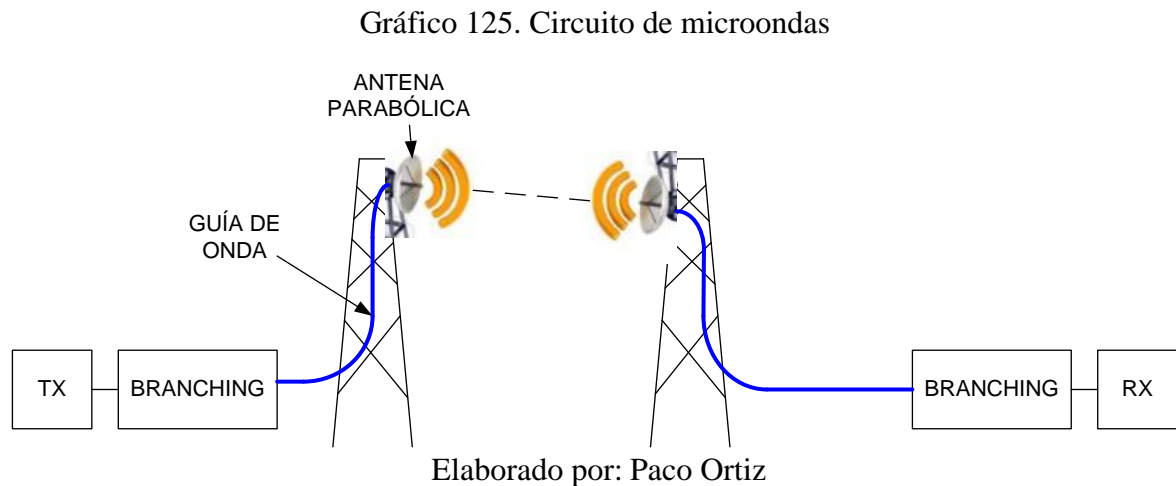
La tecnología de comunicación por microondas básicamente consiste en enviar por medio de las ondas electromagnéticas de alta frecuencia, este espectro así modulado al extremo remoto sin que exista en el camino deformaciones.

Es importante distinguir entre lo que es el ancho de banda espectral con lo que es el ancho de banda digital. Antiguamente, en los orígenes de la modulación digital, por ejemplo la 4PSK, prácticamente el ancho de banda espectral estaba a la par con la velocidad de transmisión digital del enlace. Por ejemplo para un enlace de 34 Mb/s de velocidad se tenía un espectro de 32 MHz de ancho, y de allí nace la asociación de ancho de banda para referirse también a la velocidad de transmisión o tasa de transferencia de bits.

Sin embargo la tecnología de los moduladores digitales ha permitido incrementar esa capacidad en términos de eficiencia espectral, llegando a proveer en un canal de 28 MHz de ancho espectral, una señal de 200 Mb/s de ancho de banda digital. Ahora bien, cuando se trata de banda base Ethernet/IP, la velocidad digital de las tramas es mayor que la velocidad real de transferencia de datos. Esto es debido a que una trama Ethernet consiste de encabezado, dirección origen, dirección destino, realiza chequeo y control de errores, etc., quedando solamente una porción del “ancho de banda digital” para lo que son propiamente los datos del usuario (email, whatsapp, etc.). Por este motivo aparece el término “throughput” para referirse a la velocidad digital neta a la cual realmente se transfieren los datos del cliente.

Circuito de microondas

Para efectos didácticos, podemos concebir un enlace de microondas entre el transmisor (TX) y el receptor (RX) como un “circuito” formado por elementos activos y pasivos.



Los elementos activos son los que requieren energizarse con voltaje DC de 48 voltios para funcionar. Por ejemplo los amplificadores de transmisión (alta potencia), los amplificadores de recepción (de bajo ruido). Los moduladores, demoduladores, banda base, son activos también aunque no formen parte propiamente del circuito de las microondas que hemos definido. Los elementos pasivos son aquellos que no requieren ser energizados para funcionar: las antenas, los cables coaxiales, las guías de onda, el “branching” (conjunto de filtros y circuladores).

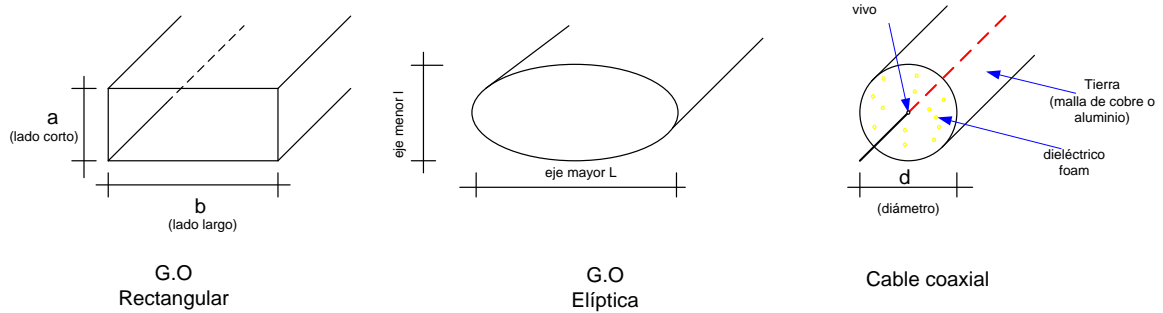
Es común referirse al conjunto guías de onda, cables coaxiales de RF y antenas como el “sistema radiante”. También a los cables y guías de onda que transportan la energía de radiofrecuencia entre los componentes activos y la antena se los conoce como “feeders” o alimentadores en inglés.

A continuación haremos una descripción de los componentes del circuito de microondas.

Guías de onda y cables coaxiales.

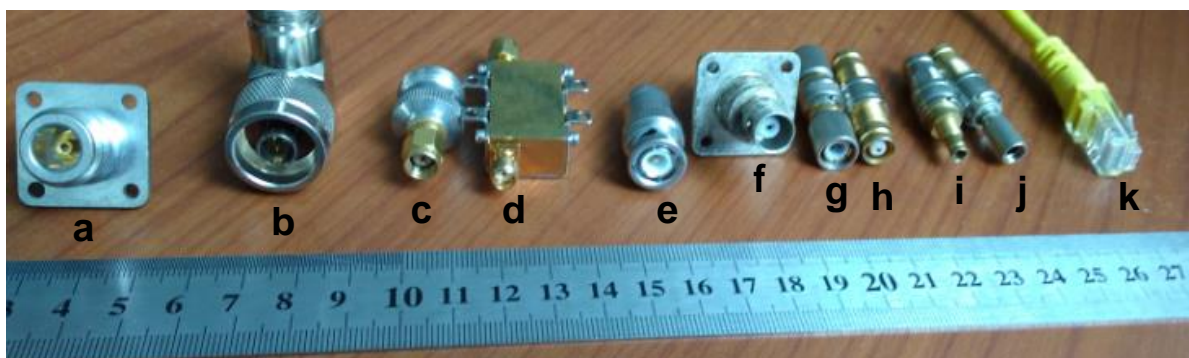
Son conductores metálicos que sirven para llevar la energía de radio frecuencia desde el transmisor hacia la antena y desde la antena al amplificador de recepción. Las guías de onda pueden ser principalmente rectangulares (rígidas) y elípticas (semirígidas) y se diferencian de los cables coaxiales debido a que son completamente huecas en su interior:

Gráfico 126. Guías de onda y cable coaxial



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 127. Conectores más utilizados para cable coaxial



Elaborado por: Paco Ortiz

Tabla 42. Conectores de cable coaxial.

literal	nombre	Origen del nombre	Uso más común
a	N hembra	Navy	RF
b	N macho	Navy	RF
c	Sma macho	Subminiatura	RF
d	Sma hembra	Subminiatura	RF
e	BNC macho	Bayonet navy conector	RF/IF/BB
f	BNC hembra	Bayonet navy conector	RF/IF/BB
g	Siemens macho	1.6/5.6 macho	Banda Base
h	Siemens hembra	16./5.6 hembra	Banda Base
i	Microsiemens macho	1.0/2.3 macho	Banda Base
j	Microsiemens hembra	1.0/2.3 hembra	Banda Base
k	Rj45	UTP	BB/Datos

Elaborado por: Paco Ortiz

Las dimensiones de las guías de onda dependen de la frecuencia y van desde unos pocos centímetros (las de 4 GHz) hasta los milímetros (las de 23 GHz). Los cables coaxiales por su parte operan de preferencia a frecuencias más bajas. Son comunes en banda base (70 MHz), y en radio frecuencias de hasta 2 o 3 GHz.


A parte de su frecuencia de operación (reflejada en sus dimensiones físicas), las guías de onda y los cables coaxiales se caracterizan por la atenuación o pérdida que introducen al circuito de las microondas. Son comunes valores de unos pocos dB por cada 100 metros.

También las guías de onda se caracterizan por la brida o “FLANGE” con que se interconectan entre ellas y los demás elementos del sistema radiante como las antenas.

Veamos un ejemplo extraído de un manual del fabricante de guías de onda:

Gráfico 128. Características de una guía de onda elíptica.

Characteristics	
Type Numbers	
Premium Waveguide	EW64
Premium Waveguide Type CATVP	222040-9
Standard Waveguide	EW64
Electrical	
Max. Frequency Range, GHz*	5.3-7.75
TE ₁₁ Mode Cutoff Frequency, GHz	4.32
Group Delay at 7.4 GHz, ns/100 ft (ns/100 m)	124 (408)
Peak Power Rating at 7.4 GHz, kW	
with 164 series connectors	107
with 264 series connectors	60
Mechanical	
Minimum Bending Radii, without rebending, inches (mm)	
E Plane	10 (260)
H Plane	27 (685)
Minimum Bending Radii, with rebending, inches (mm)	
E Plane	10 (260)
H Plane	27 (685)
Maximum Twist, degrees/foot (m)	1 (3)
Dimensions over Jacket, in (mm)	1.88 x 1.08 (47.8 x 27.4)
Weight, pounds per foot (kg/m)	0.49 (0.73)
* Actual usable range is limited by the connecting rectangular waveguide.	



Attenuation, Average Power, Group Velocity			
Frequency GHz	Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)	Average Power Rating, kW	Group Velocity of Propagation, %
5.3	2.16 (7.07)	2.92	57.9
5.5	1.99 (6.50)	3.18	61.9
5.7	1.86 (6.09)	3.39	65.2
5.9	1.76 (5.79)	3.57	68.1
6.1	1.69 (5.56)	3.72	70.6
6.3	1.64 (5.37)	3.85	72.8
6.5	1.59 (5.22)	3.96	74.7
6.7	1.55 (5.10)	4.05	76.4
6.9	1.52 (5.10)	4.14	78.0
7.1	1.49 (4.90)	4.21	79.4
7.125	1.49 (4.87)	4.24	79.5
7.25	1.48 (4.85)	4.26	80.3
7.3	1.47 (4.83)	4.38	80.6
7.5	1.45 (4.76)	4.34	81.7
7.7	1.43 (4.70)	4.39	82.8
7.75	1.43 (4.69)	4.41	83.0

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

Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

Elaborado por: Paco Ortiz

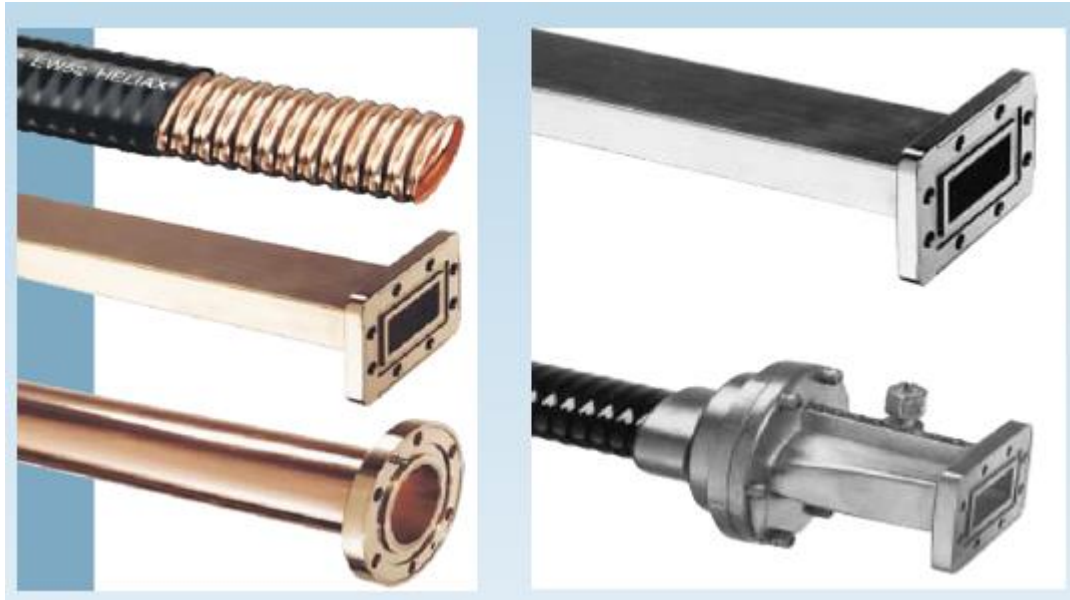
Nombre: EW64

Rango de frecuencias: 5.3 a 7.75 GHz

Atenuación: 5.56 dB/100 m a la frecuencia de 6.1 Ghz.

También constan los radios mínimos de curvatura, según se doble la guía en el plano E (eje menor) o en el plano H (eje mayor).

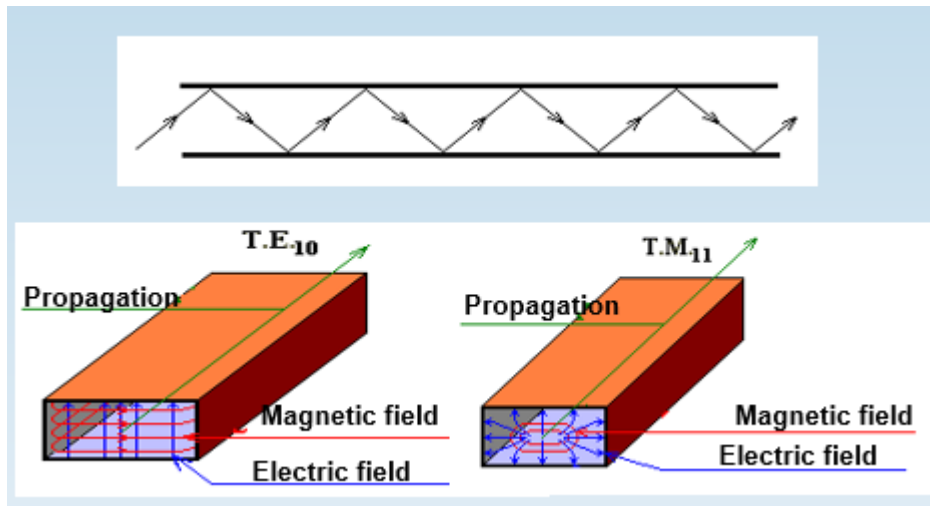
Gráfico 129. : Diferentes “flanges” o conectores de guía de onda.



Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

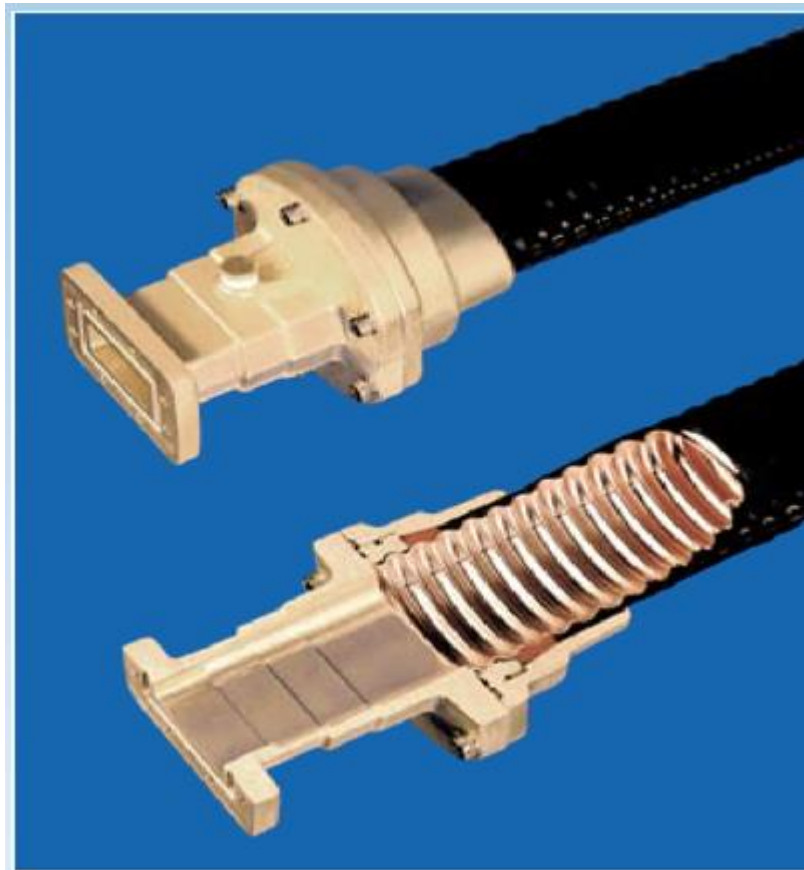
Una característica importante de las guías de onda, que tienen que ver con las dimensiones de su cara interna es la llamada frecuencia de corte y el modo de propagación. La señal electromagnética puede propagarse de formas diferentes dentro de una guía de onda rectangular, pero el más eficiente y que provoca mejor transferencia de potencia es el llamado modo TE₁₀ o conocido como modo transversal eléctrico en el que el campo eléctrico es perpendicular al eje de la guía y paralelo al lado corto. Esta característica es muy importante como se verá cuando hagamos referencia a la polarización de un enlace.

Gráfico 130. Modos: transversal eléctrico y transversal magnético.



Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

Gráfico 131. Conector de guía de onda, pasa de elíptica a rectangular.

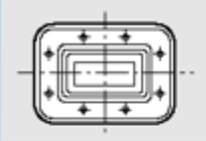
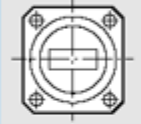
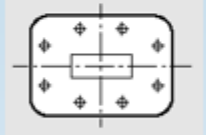
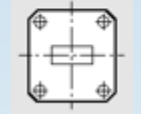



Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

Flanges de guías de onda.

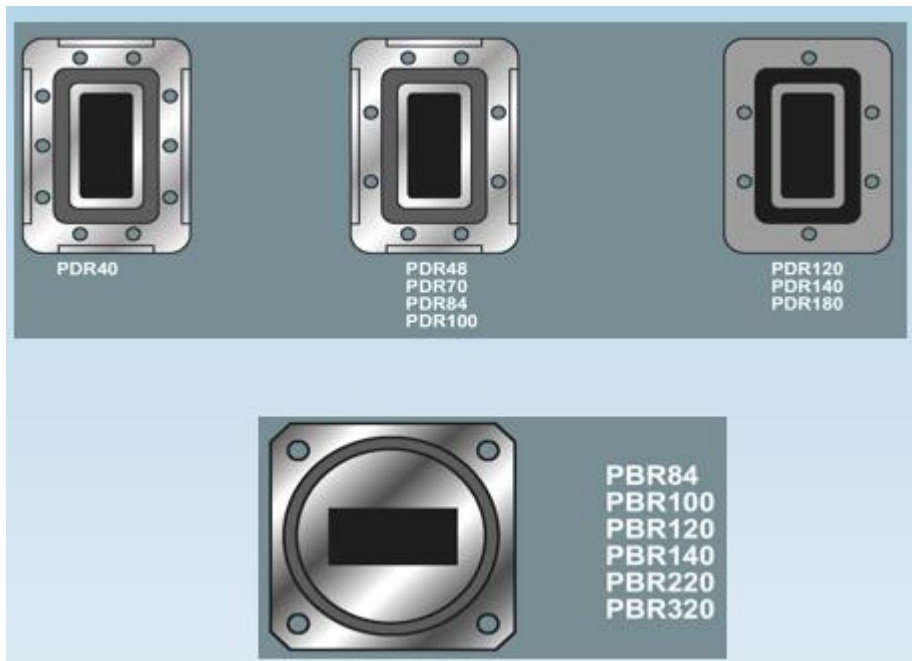
La “flange” o brida es la parte mecánica que sirve para interconectar elementos y partes de guía de onda. Generalmente de los equipos electrónicos sale la guía de onda rígida rectangular. Al igual que la antena que también tiene su puerto de entrada como guía de onda rectangular rígida. Para realizar la interconexión equipo-antena se utiliza la guía de onda elíptica, la cual permite hacer el recorrido por las escalerillas y la torre que a menudo presenta curvas y obstáculos. Al salir del equipo o al llegar a la antena, es necesario tener las flanges adecuadas, las cuales hay de distintos tipos y se expresan de acuerdo a diversas normas internacionales. En Ecuador sin embargo nos remitimos a la norma IEC (International Electrotechnical Commission) Comisión Electrotécnica Internacional, la cual presenta las siguientes:

Gráfico 132. Clasificación de “flanges”

IEC Standard				
	P (Pressurized) with Gasket Groove	D (Rectangular Flange)	R (Rectangular Waveguide)	84 (R Size)
	P (Pressurized) with Gasket Groove	B (Square Flange)	R (Rectangular Waveguide)	84 (R Size)
	U (Unpressurizable) Flat	D (Rectangular Flange)	R (Rectangular Waveguide)	84 (R Size)
	U (Unpressurizable) Flat	B (Square Flange)	R (Rectangular Waveguide)	84 (R Size)
	C (Pressurized) with Gasket Groove and Choke	A (Circular Flange)	R (Rectangular Waveguide)	70 (R Size)

Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

Gráfico 133. Clasificación y ejemplo de “flanges”



Fuente: (Siemens AG, 2003)

Gráfico 134. Tamaño del rectángulo interno, de acuerdo a normas.

	NORM: UK	NORM: JAN (USA)			NORM: EIA (USA)	E.I.C. OFFICIAL NORM	TE ₁₀ MODE				
		DESIGNATION WG - ()	DESIGNATION RG - ()				OFFICIAL DESIGNATION R - ()	CUT-OFF FREQUENCY		THEORETICAL ATTENUATION	
			GHz	dB/100m							
		Ag	*Cu-Ag	Al		1.25f _c	1.9f _c				
15	3.95 - 6.00	12	49	95	187	48	3.155	5.79	4.00		
16	4.65 - 7.05	13	343	344	159	58	3.714	6.62	6.00		
17	5.4 - 8.2	14	50	106	137	70	4.285	8.19	6.47		
18	6.55 - 10.0	15	51	68	112	84	5.260	11.5	8.91		
19	8.2 - 12.5	16	52	67	90	100	6.560	17.9	12.4		
20	9.8 - 15.0	17	346	347	75	120	7.873	21.2	14.8		
21	11.9 - 18.0	18	107	91	349	62	9.490	26.7	19.6		
22	14.5 - 22.0	19	353	**352	351	51	11.578	36.5	36.4		
23	18.0 - 26.5	20	66	53	121	42	14.080	57.1	42		
24	22.0 - 33.0	21	*357		34	260	17.368	53	36.8		

Unpressurizable Contact Flanges				
Waveguide Type, EIA	Flange Series Equivalents		Fig. No.	Dimensions, Inches (Millimeters)
	EIA	IEC		
WR90	CMR90	UER100	1	1.77 x 1.27 (45.0 x 32.3)
WR112	CMR112	UER84	1	2.02 x 1.38 (51.3 x 35.1)
WR137	CMR137	UER70	1	2.28 x 1.53 (57.9 x 38.9)
WR159	CMR159	UER58	1	2.50 x 1.75 (63.5 x 44.5)
WR187	CMR187	UER48	1	2.78 x 1.78 (70.6 x 45.2)
WR229	CMR229	UER40	1	3.16 x 2.00 (80.3 x 50.8)

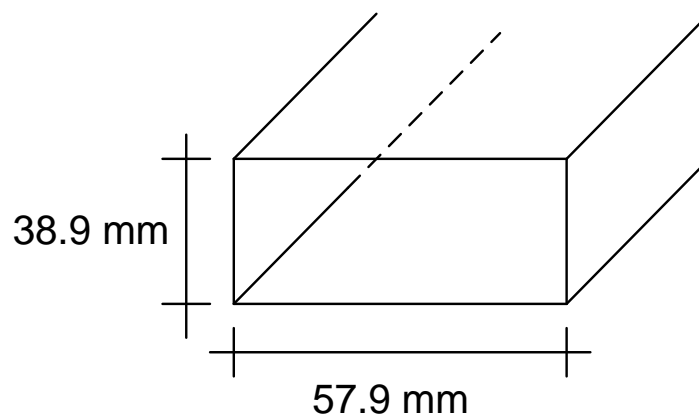
Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

Elaborado por: Paco Ortiz

Veamos el siguiente ejemplo:

La guía de onda rectangular conocida en la norma EIC (Europa) como R70, equivale a la guía WG14 de la norma UK (Reino Unido) y equivale también a la guía WR137 de la norma EIA (Estados Unidos) y tienen las siguientes dimensiones:

Gráfico 135. Dimensiones físicas de la guía de onda rectangular R70 (WR137)



Elaborado por: Paco Ortiz

Es importante notar que las dimensiones físicas requieren una precisión de fabricación de décimas de milímetros. En la tecnología de las microondas las dimensiones deben ser exactas. Allí radica una de las dificultades de su fabricación.

Gráfico 136. Componentes de guía de onda rectangular (tronquetos)



Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

Branching

Se conoce como “branching” al conjunto de filtros y circuladores que posibilitan la adición de varios canales de RF sobre una misma guía de onda, sin que se interfieran entre ellos.

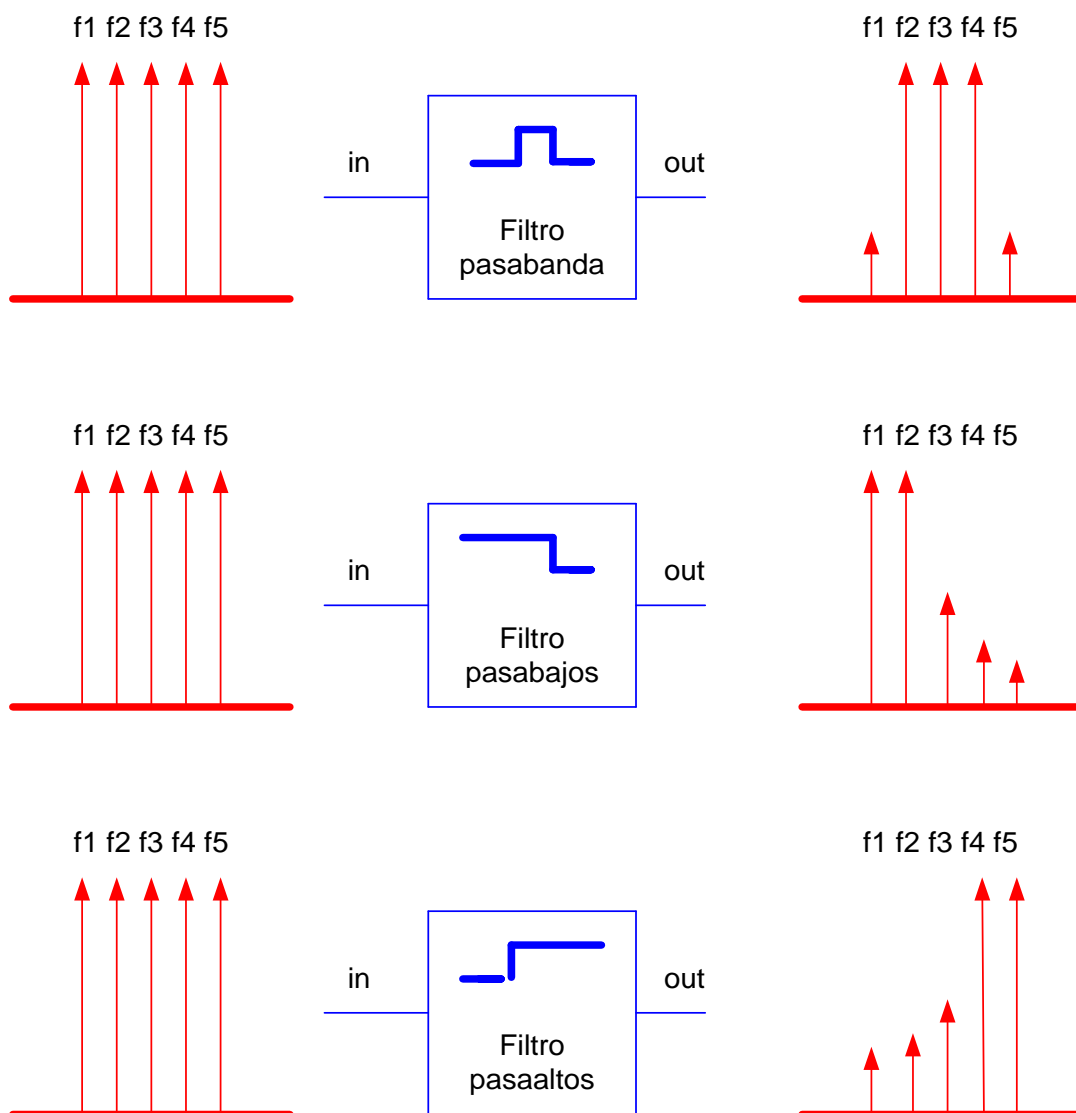
Filtros radio frecuencia (RF)

Aunque ya se los ha mencionado, es necesario profundizar el concepto de filtro y sus características principales.

La palabra filtro se usa a menudo en el lenguaje cotidiano. Por ejemplo el filtro de aire de un carro, retiene las partículas de polvo a fin de que ingrese aire limpio al motor. Cuando alguien dice que se ha filtrado una información es en el sentido de que se ha escapado de

los controles. El filtro o tamiz de arena deja pasar solo las partículas finas y retiene las grandes y las piedrecillas. Algo similar sucede en la tecnología de radio. Los filtros son componentes esenciales del circuito de microondas cuya función es limitar el ancho espectral ocupado por una señal de RF, dejando pasar solo las frecuencias deseadas y rechazando todas las demás. Existen tres tipos principales de filtros: pasabanda, pasabajos y pasaaltos:

Gráfico 137. Tipos más comunes de filtros de frecuencia



Elaborado por: Paco Ortiz

El filtro entonces, deja pasar casi intactas las componentes de frecuencia deseadas, mientras que a las componentes indeseadas las atenúa gradualmente hasta más de 70 dB.

Físicamente, consisten en segmentos de guía de onda (cavidades resonantes) regulados por tornillos. Los tornillos ingresan dentro de las cavidades resonantes ya que en virtud de su naturaleza metálica cumplen la función de capacitor o inductor según cuánto estén introducidos.

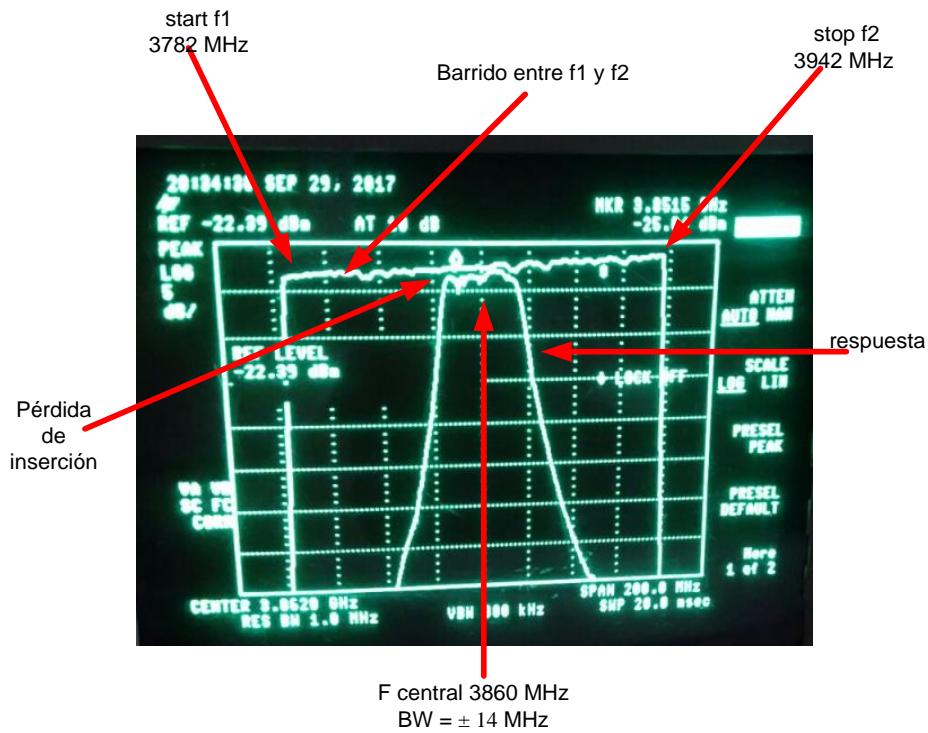
Gráfico 138. Filtro de cavidad resonante banda de 7 GHz.



Elaborado por: Paco Ortiz

A continuación se tiene la “respuesta en frecuencia” de un filtro real, obtenida durante uno de los cursos piloto de capacitación en microondas:

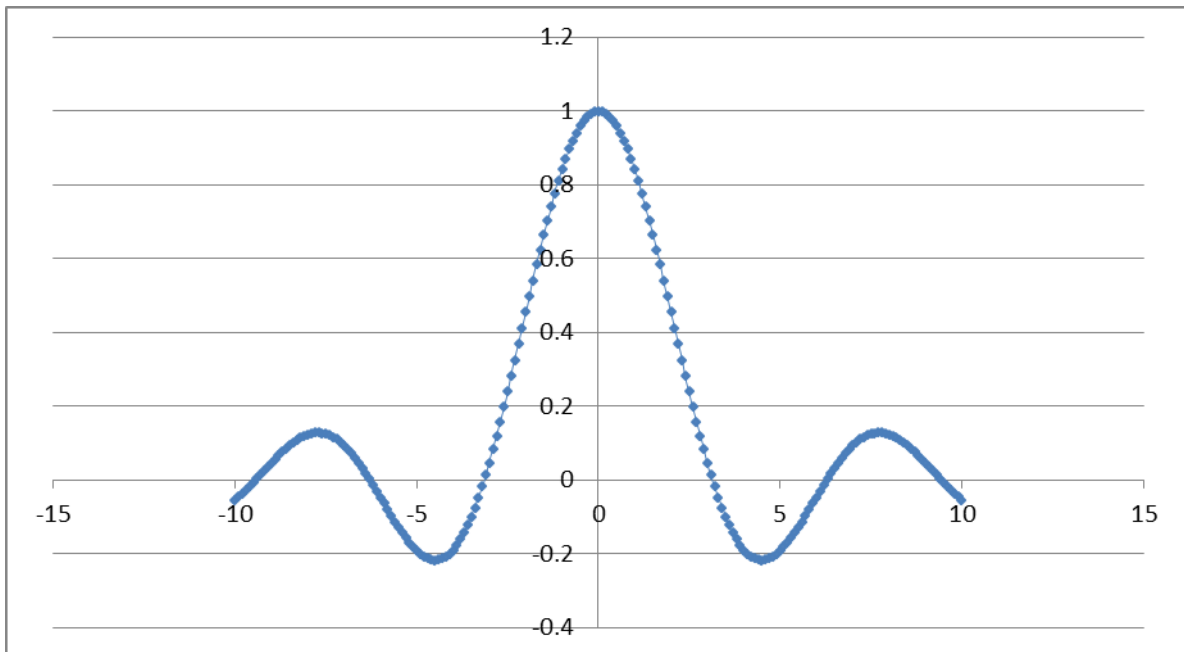
Gráfico 139. Respuesta de un filtro pasabanda real.



Elaborado por: Paco Ortiz

La función del filtro pasa banda, es limitar al ancho de banda, por ejemplo el espectro de salida de un modulador 4PSK responde a la función $y = \text{sen}(x)/x$, la cual produce componentes espectrales laterales indeseables que no deberían llegar a la antena a radiarse:

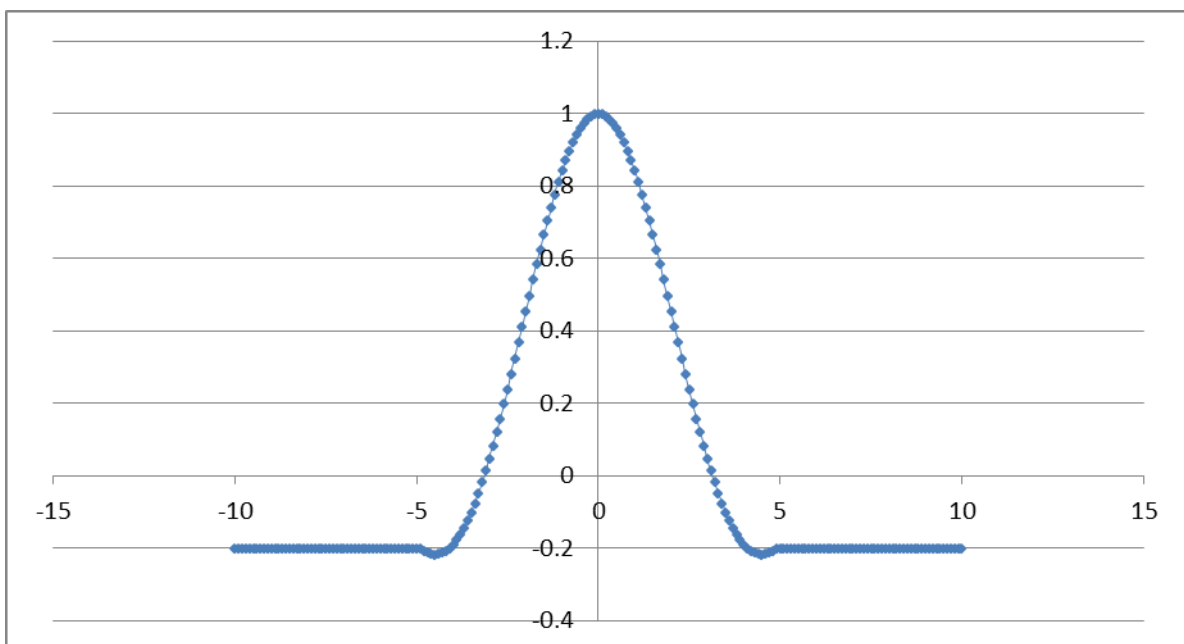
Gráfico 140. Espectro en RF del modulador 4PSK



Elaborado por: Paco Ortiz

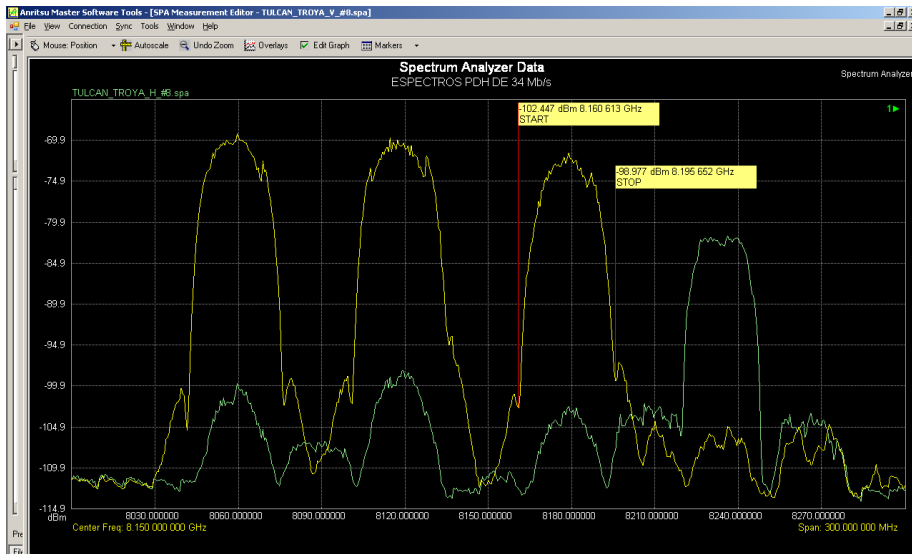
El filtro elimina todas las componentes espectrales laterales de modo que solamente transite el lóbulo principal del espectro.

Gráfico 141. Espectro filtrado en RF de un modulador 4PSK



Elaborado por: Paco Ortiz

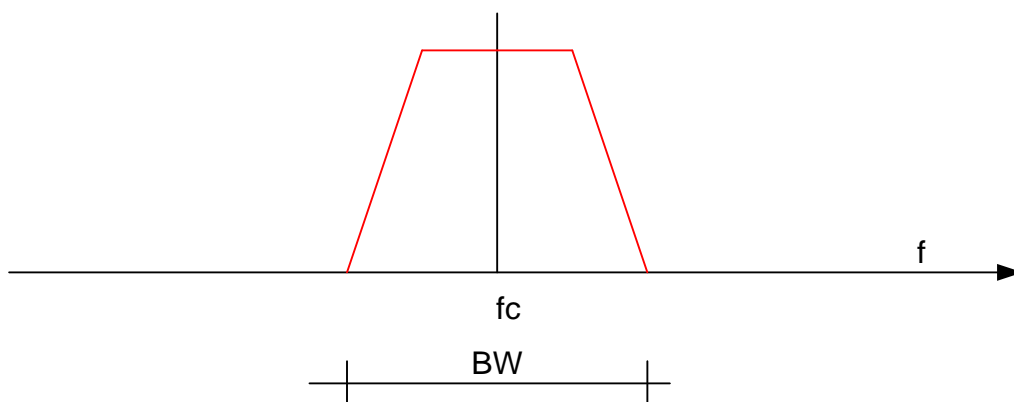
Gráfico 142. Tres espectros reales en 8 GHz (amarillos) de un equipo con modulación 4PSK.



Elaborado por: Paco Ortiz

Como podemos ver, un filtro pasabanda se caracteriza por su frecuencia central (f_c) el ancho de banda permitido (BW: band width) y la pérdida de inserción, es decir la atenuación que produce.

Gráfico 143. Ancho de banda de un filtro

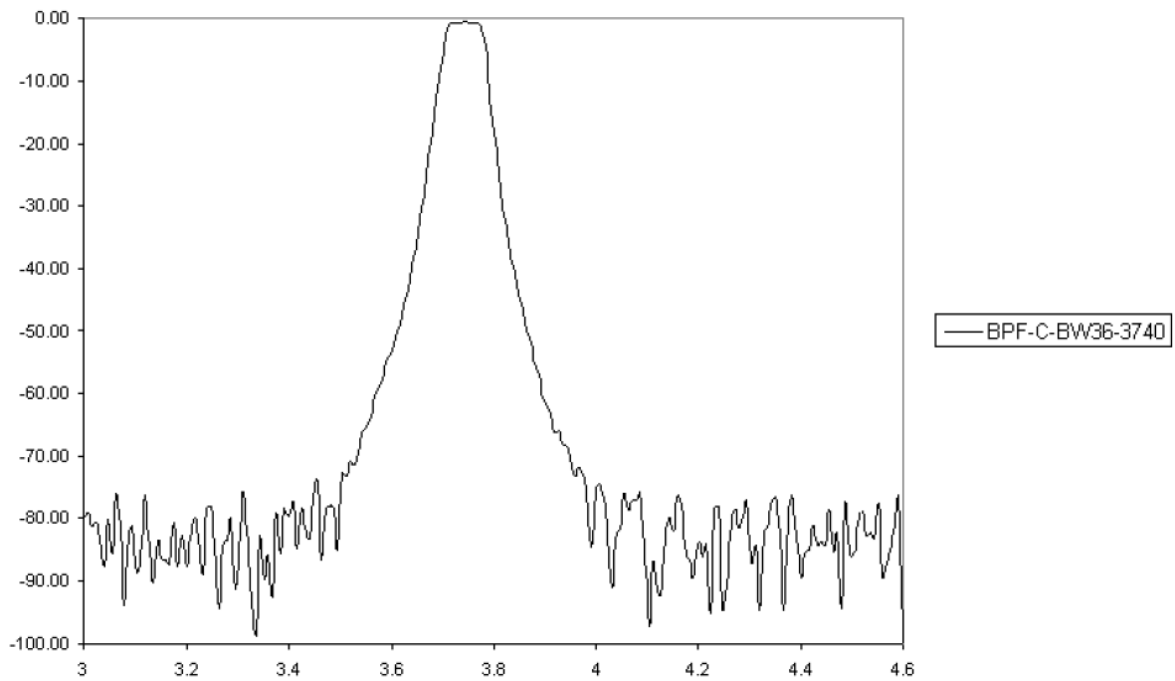


Elaborado por: Paco Ortiz

La atenuación que produce el filtro al introducirlo en el circuito de microondas, es baja (inferior a 2 dB) para las frecuencias admitidas y es alta (mas de 30 dB) para las frecuencias rechazadas.

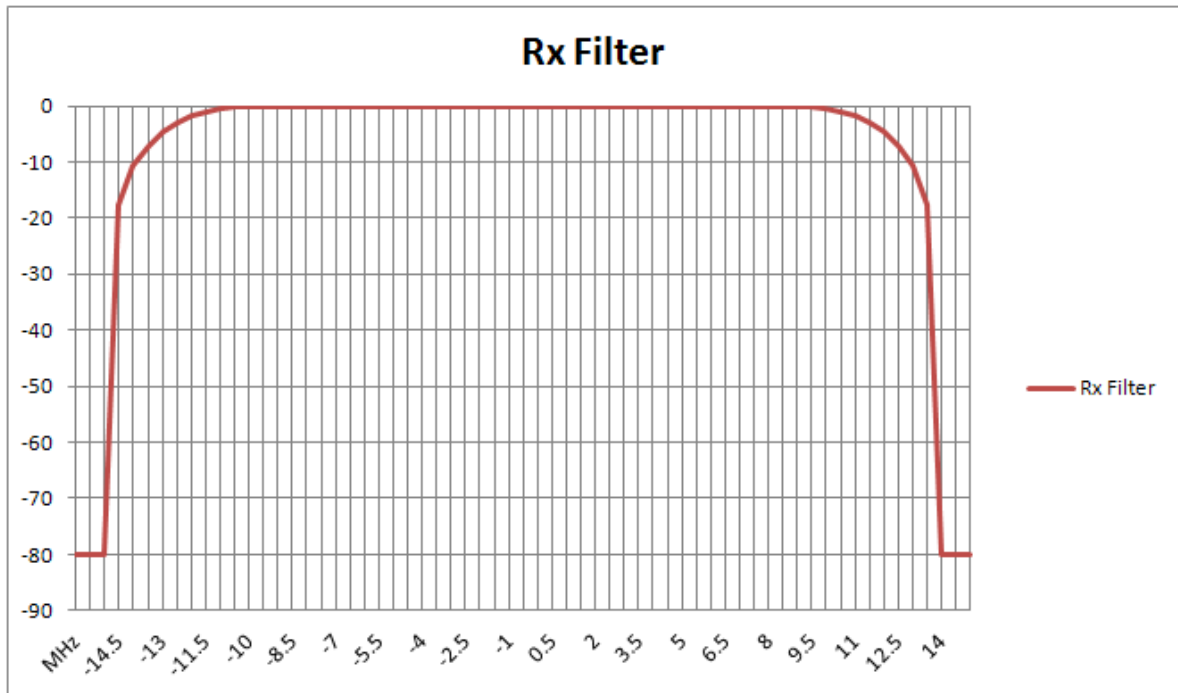
El ancho de banda (BW) de un filtro, se puede definir entre los puntos de -3 dB, en forma similar a los anchos de banda espectrales y se puede obtener la curva de respuesta del fabricante:

Gráfico 144. Respuesta en frecuencia del filtro BPF-C-BW36-3740 NORSAT



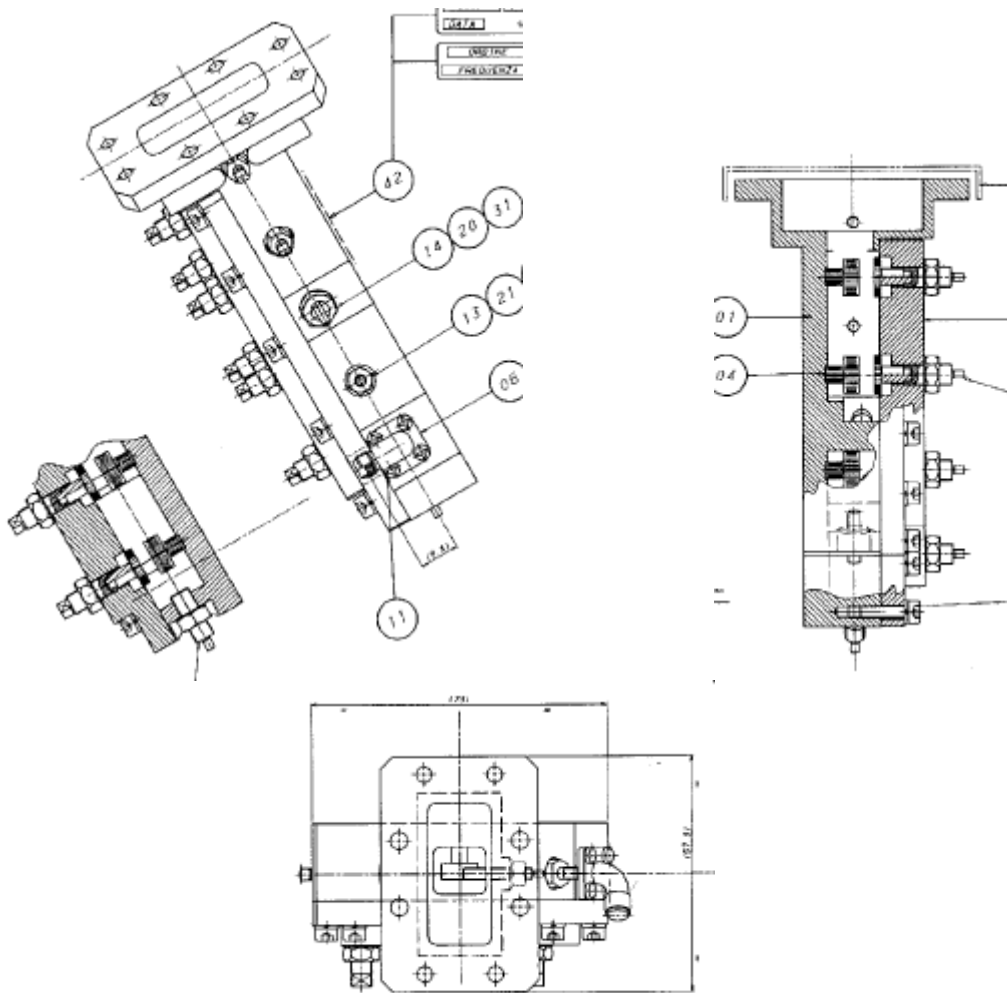
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 145. Ejemplo de filtro proyectado por fábrica. En el eje vertical, la pérdida de inserción ocasionada por el filtro. En el eje horizontal el delta (Δf) respecto a la frecuencia central.



Fuente: (SIAE Microelettronica S.p.A, 2015)
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 146. Filtro pasabanda de 6 cavidades, 6GHz.



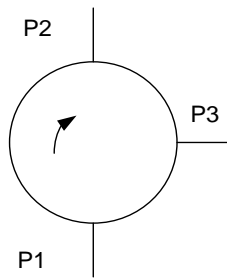
Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

Circulador y duplexer

El circulador es un componente del circuito de microondas que permite, al igual que el duplexer, separar las señales de transmisión TX de las de recepción RX.

Se simboliza como un círculo con una flecha que indica el sentido de circulación de la señal:

Gráfico 147. Circulador de microondas

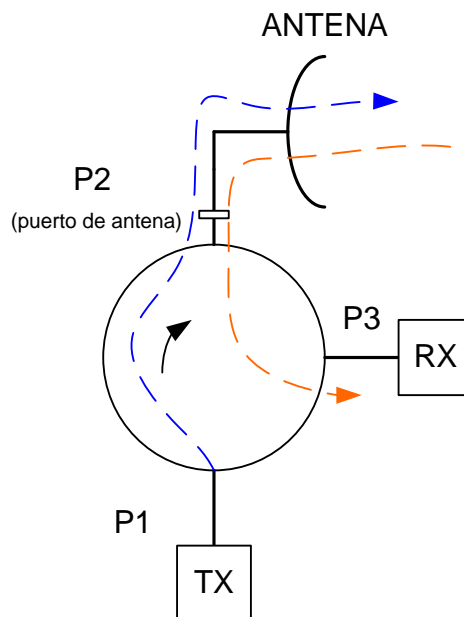


Elaborado por: Paco Ortiz

El funcionamiento es el siguiente: si una señal ingresa por el puerto P1, acopla (pasa) al puerto P2 pero no al P3. Si una señal ingresa por el puerto P2 acopla al puerto P3 pero no al P2. Si una señal ingresa por el puerto P3 acopla al puerto P1, pero no al P2.

Por este motivo se lo usa en la salida de guía de onda de un aparato de radio antes de conectarlo a la antena:

Gráfico 148. Circulador de antena



Elaborado por: Paco Ortiz

En el caso del circulator de antena, la señal de alta potencia generada en el transmisor ingresa por el puerto P1 del circulator y pasa solamente al puerto de antena P2, sin pasar al puerto P3 donde se halla instalado el receptor (al cual la potencia alta podría quemarlo). Por otra parte, la débil -pero valiosa- potencia recibida desde el extremo remoto ingresa por el puerto de antena P2 y pasa solamente al puerto P3 donde está el receptor.

El circulator de antena es ampliamente usado en la implementación del “branching” como veremos más adelante. Está fabricado en base a una pequeña sección de guía de onda rectangular en cuyo interior se halla instalado un pequeño ¡imán! Si, un imán es capaz de desviar convenientemente la señal de microonda actuando específicamente sobre su componente de campo magnético.

Gráfico 149. Circulator con carga acoplada en el puerto P3

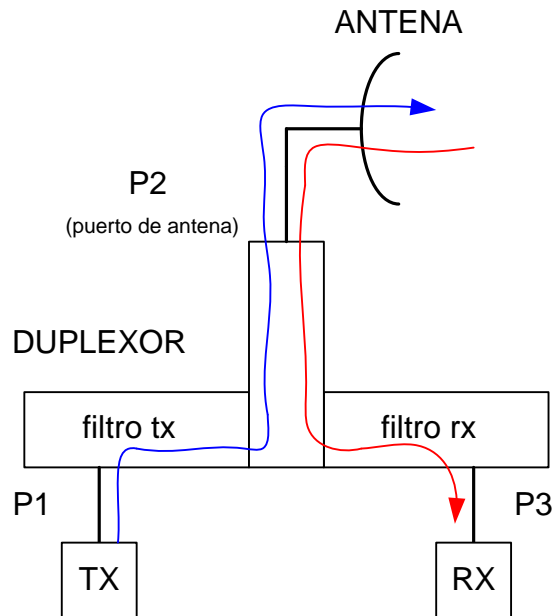


Elaborado por: Paco Ortiz

En el caso de la figura #149, el circulator actúa como una válvula unidireccional ya que la señal que ingresa por el puerto P1 pasa al puerto P2 y, en caso de haber alguna reflexión desde el puerto P2, pasaría al puerto P3 donde se disipa en una carga acoplada (y nada vuelve al puerto P1).

El DUPLEXOR realiza una función similar al circulador de antena, aunque de modo muy distinto. Consiste de dos filtros de RF unidos por un segmento de guía de onda, como se muestra en la siguiente figura.

Gráfico 150. Duplexer o duplexor



Elaborado por: Paco Ortiz

La señal de alta potencia generada en el transmisor ingresa por el puerto P1 del duplexor. El filtro TX está convenientemente sintonizado (F_{tx}) de modo que deja pasar dicha señal. La señal TX intenta pasar hacia el receptor RX, pero es impedida por el filtro RX ya que está sintonizado a una frecuencia central muy diferente (F_{rx}). El resultado práctico es que toda la potencia TX se dirige hacia el puerto P2, es decir hacia la antena, donde es radiada. Por otra parte, la señal recibida RX ingresa por el puerto P2, no puede atravesar el filtro TX (y pasar a P1) por estar sintonizado a una frecuencia central muy diferente; por lo tanto íntegramente es admitida por el filtro RX y pasa al puerto P3 donde la espera el receptor.

El duplexor está formado entonces por dos filtros sintonizados a frecuencias diferentes y conectados en “T”. Surge la pregunta: ¿qué tan diferentes son las frecuencias centrales a las cuales cada uno de estos filtros están sintonizados? En tecnología de microondas esta diferencia está muy bien definida, corresponde a la diferencia entre la frecuencia de transmisión F_{tx} y la frecuencia de recepción F_{rx} del enlace, la cual se conoce con el nombre de “SHIFTER”, “DÚPLEX” o “GO-RETURN”.

El duplexor es un componente del circuito de microondas muy utilizado en radios que operan en configuración IDU-ODU, es decir “indoor unit – outdoor unit”. En este tipo de equipamiento la IDU es la unidad que realiza la interfaz de banda base y la función de modem (modulador/demodulador). Por su parte la ODU tiene la función de generar y recibir las señales de radio frecuencia. Posteriormente, al describir los equipos “SPLIT” veremos con mayor detenimiento esta configuración, por el momento definamos el shifter como:

$$SHIFTER = | F_{tx} - F_{rx} |$$

(El valor absoluto, es decir sin importar el signo).

Algunos valores de Shifter aceptados por la UIT son los siguientes:

Tabla 43. Valores comunes del Shifter.

BANDA (GHz)	Shifter (MHz)
6	252.04
7	161
7	182

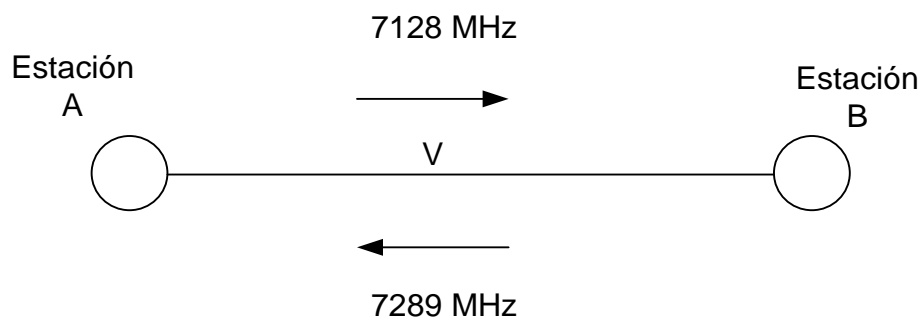
7	245
8	119
8	266
8	311.32
15	420
15	490
18	1010
18	1120
23	1232

Elaborado por: Paco Ortiz

La existencia de este parámetro “SHIFTER” implica que la diferencia entre frecuencia de transmisión y frecuencia de recepción es fija, de modo que si el equipamiento es “SINTONIZABLE” (es decir que permite cambiar la frecuencia de operación), una vez definida la frecuencia de TX, la frecuencia de RX queda automáticamente determinada. Por ejemplo un radio enlace que opere a una frecuencia TX autorizada de 7289 MHz, shifter de 161 MHz, automáticamente el propio equipo fijará la frecuencia RX en 7128 MHz.

Gráfico 151. Definición de shifter. La flecha grafica la frecuencia de transmisión. Tomar en cuenta que lo que para la estación A es frecuencia de TX, para la estación B es frecuencia RX. Y viceversa.

$$\text{Shifter} = 7289 - 7128 = 161 \text{ MHz}$$



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 152. Duplexer en la banda de 8 GHz

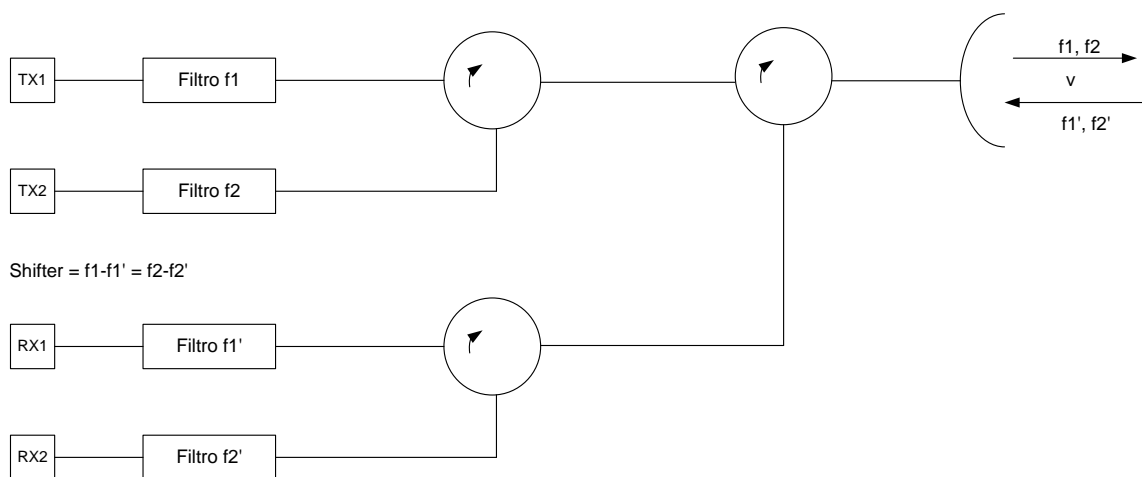


Elaborado por: Paco Ortiz

BRANCHING

Se conoce con el nombre de “branching” (ramaje en inglés), al conjunto de filtros y circuladores que hacen posible juntar varios canales o frecuencias de radio distintos, para compartir un solo sistema radiante (guías de onda + antena). Por ejemplo:

Gráfico 153. Ejemplo de branching para un equipamiento con dos canales f_1 y f_2



Elaborado por: Paco Ortiz

Comercialmente existen branchings para 7+1 canales en polarización alternada. Y hasta de 15+1 canales en configuración co-canal. Ya tendremos la oportunidad de describir estas configuraciones al describir el equipamiento de radios “full indoor”.

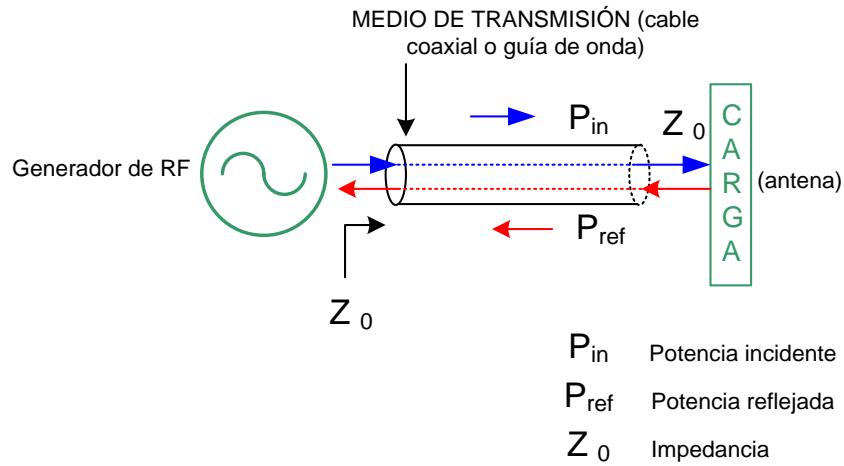
Al realizar el cálculo de la potencia recibida en un enlace de microondas, las pérdidas del branching son un factor muy importante que debe ser tenido en cuenta.

Transferencia de potencia. Medición de onda estacionaria VSWR y su equivalente

ROE (relación de onda estacionaria)

Para poder enviar la energía de un generador de radiofrecuencia hacia una antena debemos usar un medio que sea capaz de transportar dicha energía o potencia de RF. Este medio generalmente es un cable coaxial de ciertas características o una guía de onda apropiada.

Gráfico 154. Transferencia de potencia



Elaborado por: Paco Ortiz

Una característica básica de los medios de transmisión (por ejemplo los cables coaxiales) es su impedancia definida en forma semejante a resistencia como:

$$\text{impedancia } (\Omega) = \frac{\text{voltaje}}{\text{corriente}}$$

Generalmente la impedancia de los cables con que se trabaja en radio frecuencias es de 50 Ω .

En condiciones de acoplamiento, cuando la impedancia (Z_o) interna del generador de RF, la impedancia de la línea de transmisión (cable coaxial o guía de onda) y la impedancia de la antena (vista como la carga) son equivalentes, se da el efecto de máxima transferencia de potencia. Esto quiere decir que la “carga” consume o disipa toda la energía que llega desde el generador, sin que nada rebote hacia atrás, en dirección de vuelta al propio generador. En ese caso teórico, la potencia reflejada es nula:

$$P_{ref} = 0 \text{ vatios}$$

Sin embargo en la práctica, siempre existe potencia reflejada ya que ningún acoplamiento llega a ser perfecto por bien que estén realizados los conectores y adaptadores. En este caso se define como ROE (relación de onda estacionaria) como:

$$ROE = \frac{P_{in}}{P_{ref}}$$

Tratándose de decibelios, la división se convierte en una resta, por lo tanto:

$$ROE(dB) = P_{in}(dB) - P_{ref}(dB)$$

Ya que el ROE según se ve, es una medición relativa entre dos potencias, no interesa saber los valores de potencia involucrados sino solo la relación a la que se encuentran. Adicionalmente hay que anotar que el ROE es un valor que depende de la frecuencia, por lo tanto su respuesta es función de la frecuencia.

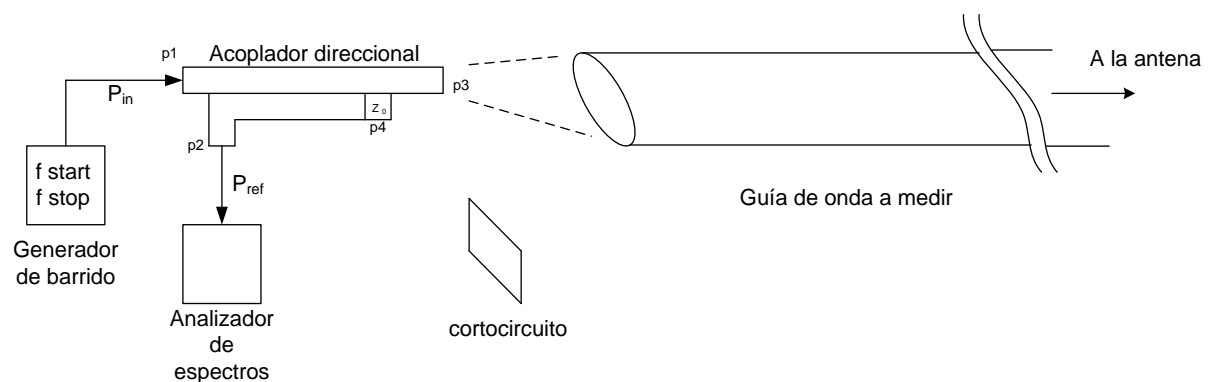
Por ejemplo un valor de ROE aceptado para el funcionamiento del equipo de microondas es >23 dB, en todo el rango de frecuencias involucrado.

El ROE es conocido también como pérdida de retorno.

Medición del ROE.

Se lo puede medir usando el siguiente banco de mediciones:

Gráfico 155. Banco de pruebas para la medición de ROE



Elaborado por: Paco Ortiz

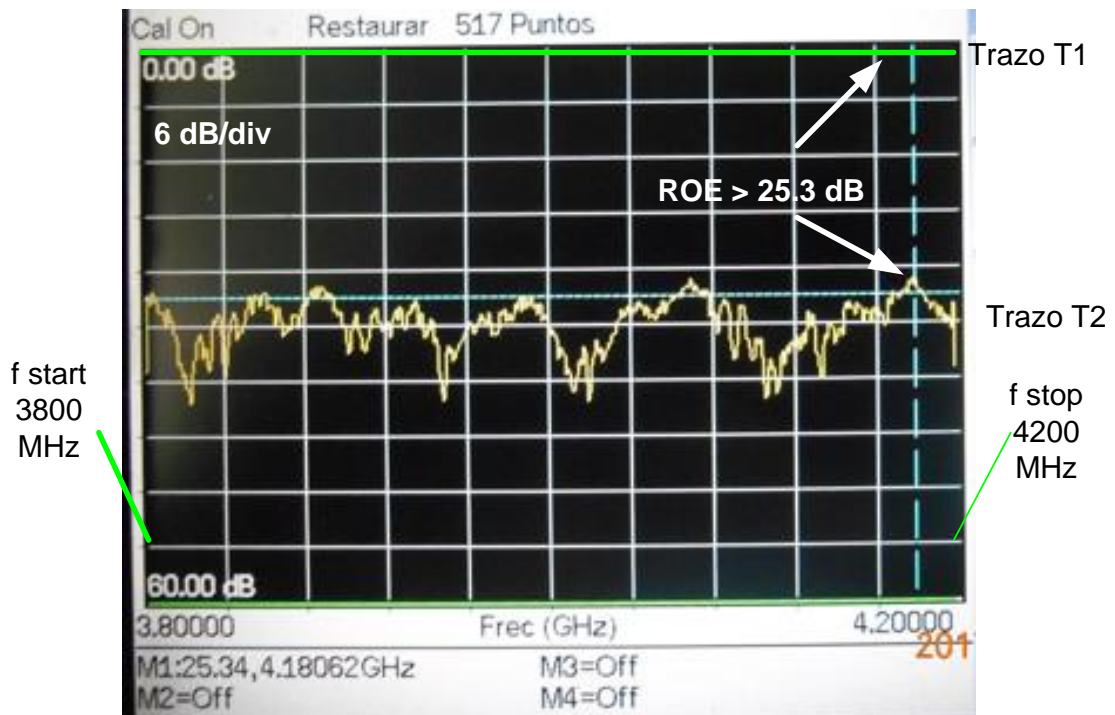
Esta medición requiere de un acoplador direccional, el cual es un componente de microondas comercial, cuya función es separar las potencias incidente y reflejada, enviándolas hacia sus distintos puertos p2 y p3.

En el generador barrido de RF (sweep oscillator) se colocan las frecuencias de inicio (f_{start}) y de parada (f_{stop}) para delimitar el rango en el que se efectuará la medición. La potencia a la salida puede colocarse en 0 dBm y deberá conectarse al puerto de entrada p1 del acoplador direccional. Las frecuencias f_{start} y f_{stop} corresponden al rango de trabajo de la guía de onda a la cual se va a medir el ROE. También el analizador de espectros se debe predisponer de modo que abarque el mismo rango de frecuencias y deberá conectarse al puerto de salida p2.

Se calibra el banco de pruebas mediante el “cortocircuito” colocado en el puerto de mediciones p3. El cortocircuito en este caso es una simple plancha metálica plana que hace que toda la potencia incidente se vea reflejada hacia la fuente.

Al estar puesto el cortocircuito en el puerto p3, toda la potencia que ingresa al acoplador direccional por el puerto p1, es reflejada desde el puerto p3 y enviada al puerto de salida p2. En esas condiciones, se obtiene un trazo de referencia T1, en la pantalla del analizador de espectros.

Gráfico 156. Medición ROE versus frecuencia



Elaborado por: Paco Ortiz

El banco así calibrado, se conecta por el puerto p3 a la guía de onda instalada y se obtiene el trazo T2. La diferencia en dB, entre el trazo T2 y el T1 es la respuesta en frecuencia de ROE del conjunto medido (guía + antena).

La medición de ROE nos da una apreciación objetiva de la calidad con que la guía de onda ha sido instalada, ya que ésta no puede perder su forma elíptica a lo largo de toda la trayectoria entre el equipo y la antena. Valores aceptados para ROE son mayores que 23 dB. Esta especificación consta en los manuales de instalación de los equipos de microondas. Se debe controlar muy bien los valores de ROE que arroja una instalación ya que un ROE bajo, por ejemplo a una cierta frecuencia f se tiene un ROE de 10 dB, implica que dicha frecuencia sufrirá de un retardo de grupo que escapa del rango de trabajo del ecualizador presente en el demodulador, por lo tanto se verá degradado el umbral de desvanecimiento del radio (el receptor del equipo se vuelve sordo).

El ROE más cercano a lo ideal tiene un valor de 30 dB. Esto quiere decir, de acuerdo a la definición de dB, que la potencia reflejada es un milésimo de la potencia incidente.

$$P_{in} \text{ (vatios)} = 1000 * P_{ref}$$

Actualmente existen equipos (por ejemplo los “site master”) que incluyen la función sweep oscillator + analizador de espectros en uno solo. Incluso tienen en su puerto de salida un componente similar al acoplador direccional, por lo cual la medición se facilita enormemente, sin embargo el proceso de calibración todavía requiere ser efectuado.

Equivalencia entre ROE y VSWR

Aunque en tecnología de microondas es más común hablar de ROEs, existe un concepto similar cuando se trata de medir la calidad de instalación de los cables coaxiales, este es el VSWR y constituye una relación entre ondas estacionarias de voltaje que se producen en un cable coaxial o un medio de transmisión cualquiera, cuando no hay acoplamiento perfecto.

De hecho VSWR son las siglas en inglés para voltaje standing wave ratio, es decir razón de ondas estacionarias de voltaje.

El VSWR es un número adimensional que toma el valor de 1,06 en condiciones de excelente acoplamiento. De hecho tener un ROE de 30 dB equivale a tener un VSWR de 1.06, de acuerdo a la siguiente relación:

$$ROE (dB) = 20 * \text{Log} \left(\frac{VSWR + 1}{VSWR - 1} \right)$$

O si dispone del valor del ROE y quiere saber el valor que le corresponde de VSWR:

$$VSWR = (10 (ROE/20) + 1) / (10 (ROE/20) - 1)$$

Por ejemplo:

Tabla 44. Algunos valores de VSWR y su correspondiente ROE

VSWR	ROE (dB)
1.06	30.7
1.1	26.4
1.3	17.7
1.5	14.0
2	9.5
2.5	7.4
3	6.0
4	4.4
5	3.5
6	2.9

Elaborado por: Paco Ortiz

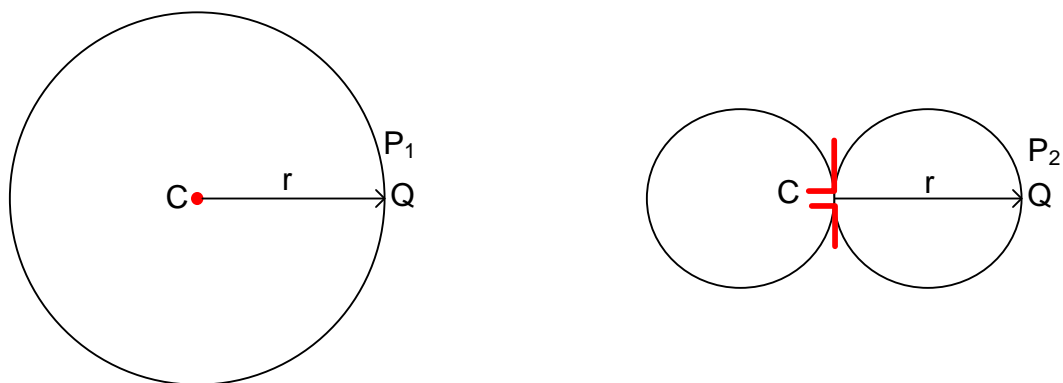
Conceptos de antenas

Las antenas y las guías de onda (o cable coaxial) que las alimentan, forman el conjunto denominado sistema radiante dentro del circuito de microondas que se da entre transmisor

local y receptor remoto. Tanto antenas como alimentadores (guías de onda o cables coaxiales) son elementos pasivos del circuito de microondas, es decir no requieren energía eléctrica DC ni AC para funcionar.

Las antenas cumplen con la función de radiar la señal electromagnética, de la manera más eficiente y en la dirección deseada. Anteriormente vimos que la antena más natural es el dipolo de longitud $\lambda/2$ (media longitud de onda) el cual tiene una ganancia de 2.2 dB es decir que concentra la energía electromagnética casi al doble de su potencia original en la dirección deseada.

Gráfico 157. Antena isotrópica versus dipolo de longitud λ



Elaborado por: Paco Ortiz

En la figura anterior, supongamos que en el punto C, se coloca una antena isotrópica la cual se alimenta desde un oscilador e irradia una señal electromagnética en todas las direcciones por igual (similar a una bombilla luminosa imaginaria que puede ser vista con la misma intensidad desde cualquier sitio de una habitación). A una distancia r se encuentra el punto Q, donde efectuamos una medición y determinamos que se capta una potencia P_1 . Supongamos ahora que el mismo oscilador alimenta ahora a un dipolo de

longitud $\lambda/2$ y volvemos a realizar una medición de potencia en el mismo punto Q ubicado a la distancia r desde la antena C. Se mide una potencia P 2.

Experimentalmente se ha determinado que la potencia P 2 es 1,66 veces mayor que la potencia P1. ¿Qué ha sucedido? Sabemos por el principio de la conservación de la energía que la energía total es constante, no se crea ni se destruye.

La explicación es que la antena dipolo concentra la energía en la dirección de su eje central. Lo que antes se iba para arriba y para abajo, ahora se va hacia adelante y hacia atrás. Tal como lo muestra la figura #157.

Un concepto muy importante que se desprende de este ejemplo original es el patrón de radiación de la antena, es decir la forma geométrica imaginaria que adopta la salida de la energía radiada según la dirección en que se vea. En el caso de la antena isotrópica, su patrón de radiación en el plano será una circunferencia ya que ésta representa que la energía sale con la misma intensidad en todas las direcciones. En tres dimensiones sería una esfera.

El patrón de radiación del dipolo visto en el plano, se asemeja al número 8 acostado, ya que representa justamente que la energía que no se irradia a lo largo del eje que lo contiene (colineal), se concentra en su eje ortogonal.

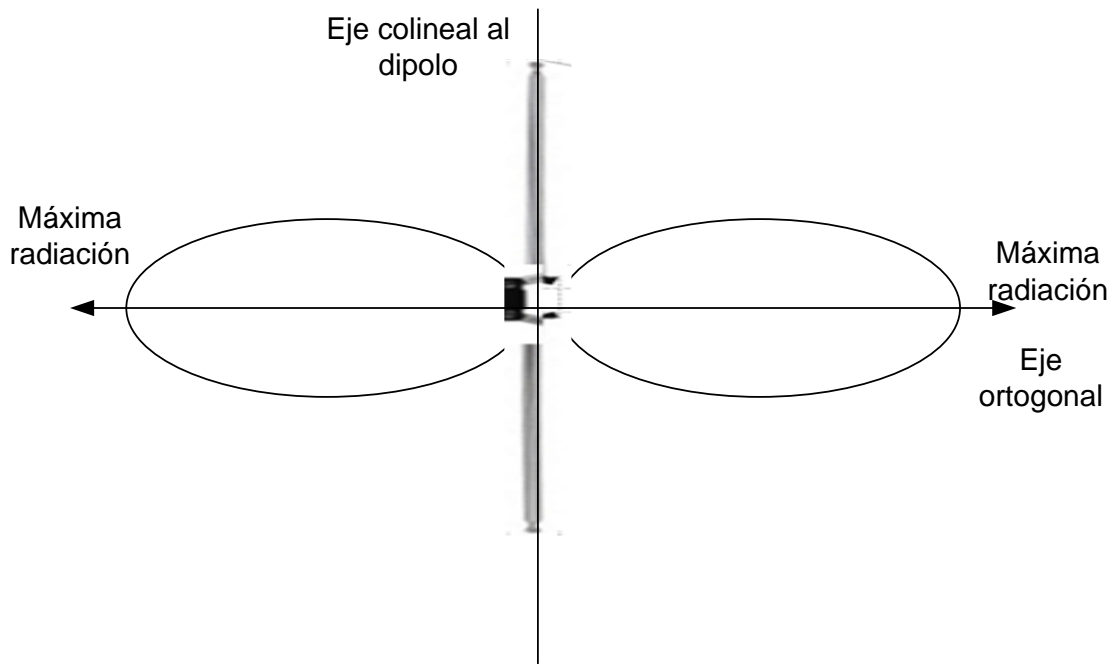
El caso más común de dipolo es la antena de TV “orejas de conejo”, a la cual se la abre hasta que queden colineales las dos orejas:

Gráfico 158. Dipolo para televisión doméstica.



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 159. Patrón de radiación de la antena dipolo



Elaborado por: Paco Ortiz

En el plano el patrón de radiación del dipolo se asemeja a un 8 acostado, pero visto en tres dimensiones sería como una dona de centro pequeño (donde se halla el dipolo). La dona (es decir el patrón de radiación), vista desde la parte superior, continuaría siendo una circunferencia.

Gráfico 160. Visualización del patrón de radiación del dipolo



Elaborado por: Paco Ortiz

Si, como habíamos visto, la antena dipolo concentra la energía de tal modo que la potencia en el punto Q es 1,66 veces mayor que la potencia en ese mismo punto cuando la antena era una isotrópica (imaginaria), entonces podemos afirmar que ha habido una “GANANCIA” de 2,2 decibelios:

$$P_2 = 1,66 * P_1$$

De modo que

$$\frac{P_2}{P_1} = 1,66 = G$$

De acuerdo a la definición de decibelio, la relación G puede expresarse como:

$$G(dB) = 10 * \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

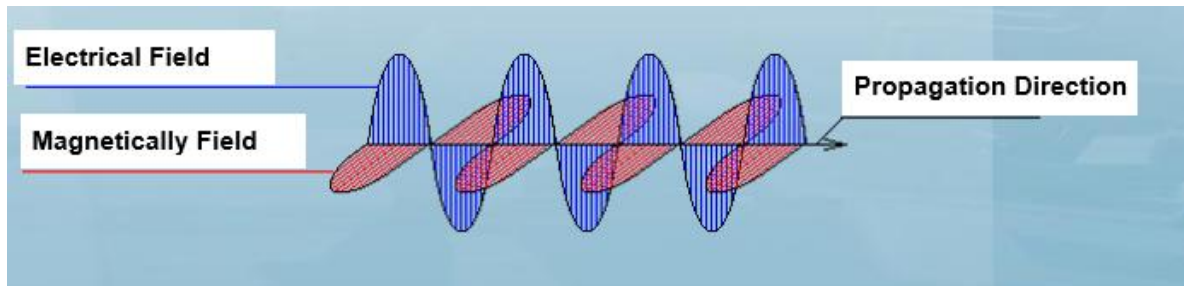
$$G(dB) = 10 * \log(1.66) = 10 * 0.22$$

$$G = 2.2 \text{ dB}$$

El parámetro G se conoce como la ganancia del dipolo con respecto al radiador isotrópico

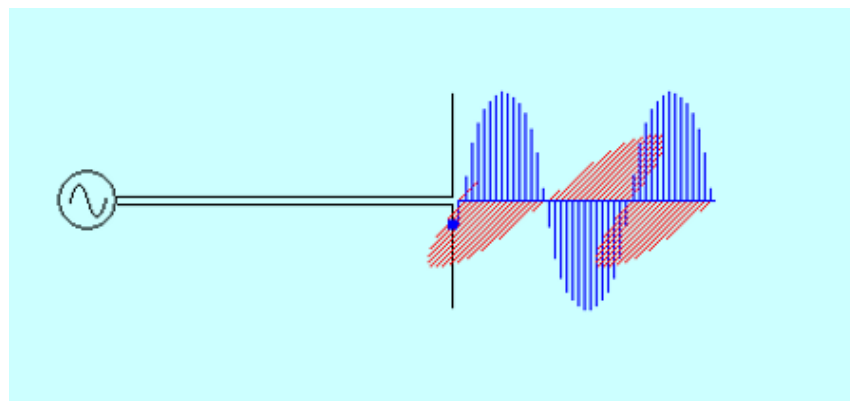
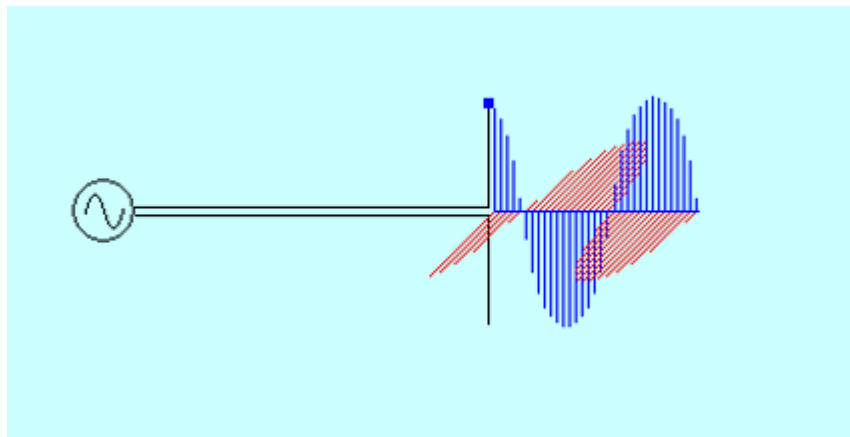
En el siguiente gráfico, por otra parte, intentemos visualizar el modo en que el dipolo emite la onda electromagnética:

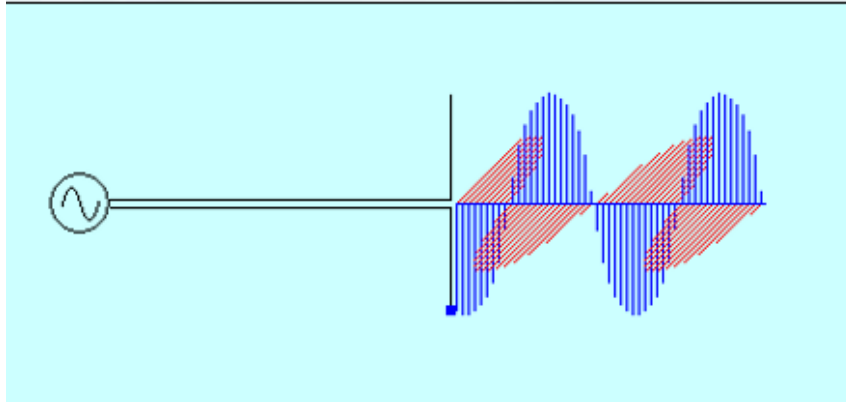
Gráfico 161. Superposición de los campos eléctrico y magnético que dan lugar a la onda electromagnética.



Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 162. Carga eléctrica oscilando en un dipolo. En azul el campo eléctrico. En rojo el campo magnético.



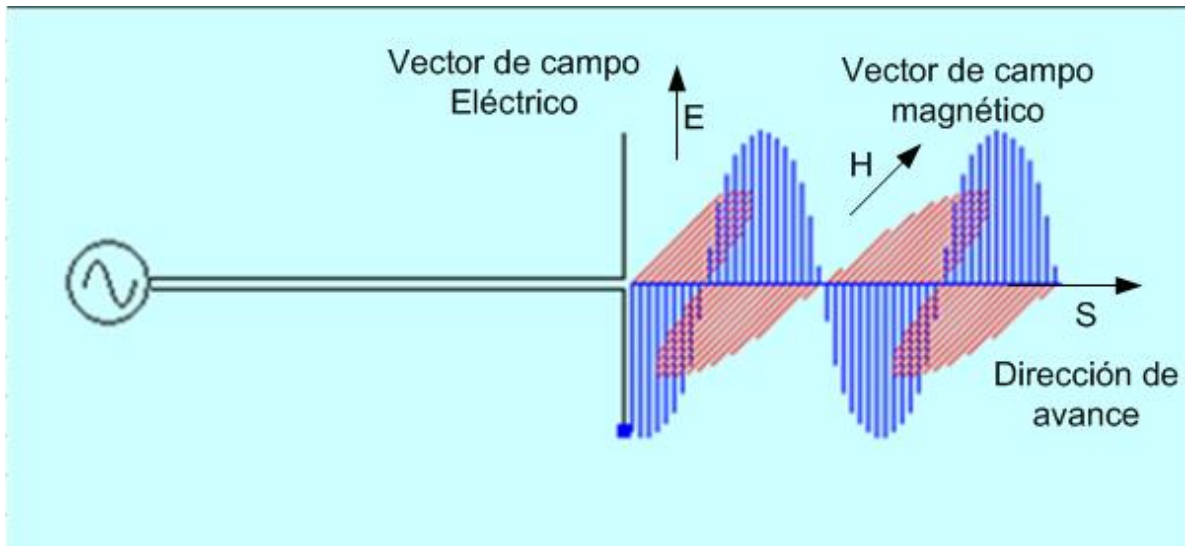


Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)
Elaborado por: Paco Ortiz

En las figuras precedentes podemos visualizar cómo la carga eléctrica al oscilar en el dipolo genera un campo eléctrico variable el cual, de acuerdo a los principios de la electricidad y el magnetismo, a su vez genera un campo magnético variable. Podemos notar en la gráfica que el campo eléctrico está orientado en forma paralela al eje que contiene al dipolo y que el campo magnético es perpendicular al campo eléctrico. Cuando una cantidad física tiene magnitud y dirección, se la llama vector. En este caso podemos también notar que la dirección de propagación es perpendicular tanto al vector campo eléctrico (azul), como al vector de campo magnético (rojo).

Por acuerdo entre los miembros de la comunidad científica y técnica, nacional e internacional, se define la polaridad de una onda electromagnética como la dirección en la cual varía su campo eléctrico. En las gráficas precedentes, tendríamos que el vector de campo eléctrico está vertical, por lo tanto la polarización o polaridad de la onda electromagnética radiada será también vertical.

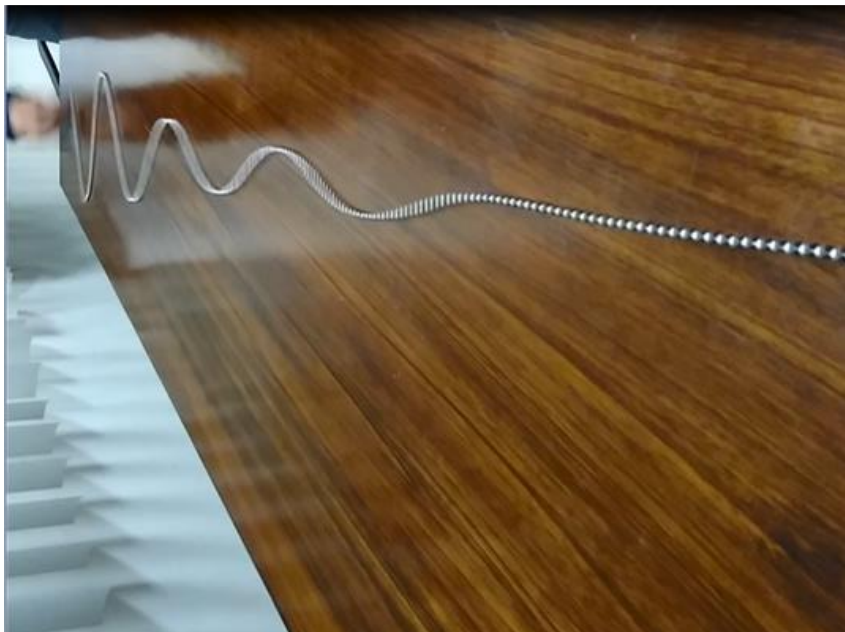
Gráfico 163. Señal electromagnética en polarización vertical.



Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 164. Ondas en una cadena de persiana. Compárese con la visualización propuesta para las ondas electromagnéticas.



Elaborado por: Paco Ortiz

En virtud de lo expresado, las antenas de televisión VHF (Gamavisión, ECTV, TC, etc) están en polarización Horizontal, ya que como podemos observar en la cotidianidad, las

antenas Yagi de TV están horizontales (sus dipolos) en los techos de todas las casas y edificios de vivienda.

El dipolo es la más sencilla de las antenas, pero nos ha servido para definir TRES conceptos fundamentales en cuanto a antenas: patrón de radiación, ganancia y polarización.

El patrón de radiación en general es la forma geométrica en que la antena emite la señal, graficando ganancia versus ángulo de separación del eje.

La ganancia es la capacidad que tiene una antena para concentrar la energía electromagnética en una sola dirección.

La polarización es la orientación con que sale radiado al espacio el vector de campo eléctrico.

Posteriormente veremos ejemplos de antenas parabólicas (las más usadas en comunicación por microondas) que tienen ganancias de 30, 35 o hasta 40 dB. ¡Es decir concentran la energía 1000, 3000 o 10 mil veces más que la antena isotrópica! Su patrón de radiación se sigue asemejando al 8 acostado, aunque realmente solo a la mitad del 8 acostado, tan delgado que puede presentar un ángulo de abertura de menos de 2° . Tanto la ganancia, el patrón de radiación y otros parámetros tanto eléctricos como mecánicos (peso y tamaño) de una antena, son datos que se encuentran en el manual de su fabricante (data sheet).

Finalmente aclaremos que la ganancia de una antena, es la misma tanto si la antena se usa para transmisión (TX) o si se usa para recepción (RX). En el balance de un enlace, o

presupuesto de pérdidas y ganancias, se contabiliza tanto ganancia en TX como ganancia en RX.

Antes de pasar al estudio de las antenas parabólicas, veamos otras antenas que son de interés.

Antena Yagi

Son dipolos a los que se les ha adicionado reflectores y directores para incrementar la ganancia. El reflector y los directores se sitúan a distancia relacionadas con la longitud de onda de la señal que se pretende irradiar:

Gráfico 165. Antena Yagi de 800 MHz, ganancia 12 dB, conector N hembra.



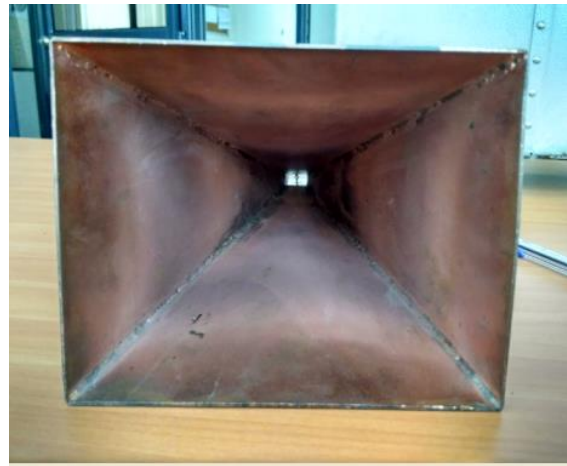
Elaborado por: Paco Ortiz

En la fotografía puede observarse el dipolo con la flecha roja, detrás de él está situado el reflector y por delante (en la dirección de radiación) se tienen 5 directores.

Antena de bocina

Se usan en microondas como antenas de prueba o sondas con las cuales se obtienen muestras del espectro electromagnético presente en determinado sitio de interés y en determinadas direcciones.

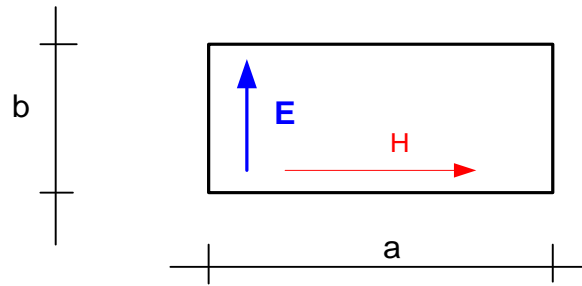
Gráfico 166. Antena de bocina de 15 GHz, ganancia de 20 dB, conector sma.



Elaborado por: Paco Ortiz

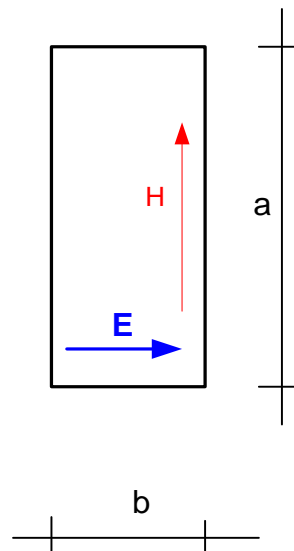
Una de las virtudes más apreciadas de la antena de bocina, es que nos permite determinar la polarización con que se encuentra una señal desconocida en determinado sitio geográfico. Para ello es suficiente observar con que orientación del rectángulo interior (guía de onda) obtenemos el mayor nivel de señal en una medición de campo ya que en una guía de onda rectangular el vector de campo eléctrico viaja paralelo al lado corto del rectángulo.

Gráfico 167. Polarización VERTICAL en una guía de onda rectangular



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 168. Polarización HORIZONTAL en una guía de onda rectangular



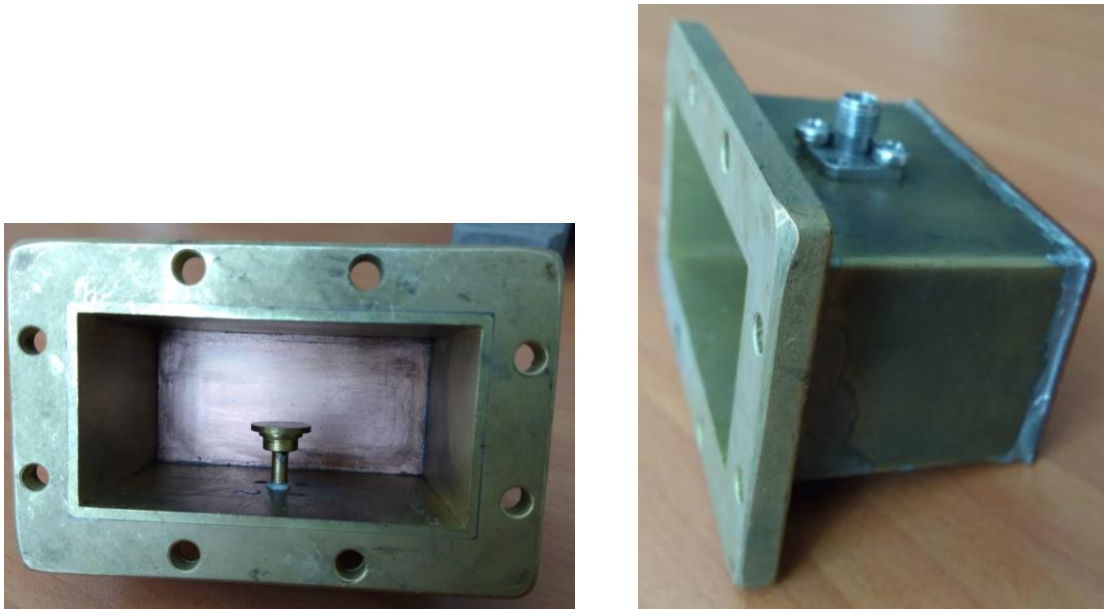
Elaborado por: Paco Ortiz

Es necesario remarcar que la polarización de un enlace está dada por la orientación del lado corto del rectángulo en la antena, sin importar cuántos giros y torsiones pudo haber dado en su recorrido desde el equipo transmisor.

Antena de abertura

Sirve para radiar a cortas distancias con fines experimentales. Consiste en una pequeña antena colocada a $\lambda/2$ dentro de una sección de guía de onda rectangular cortocircuitada (cerrada). Este arreglo sirve también como un adaptador de guía de onda a cable coaxial.

Gráfico 169. Antena de abertura para 4 GHz



Elaborado por: Paco Ortiz

También sirve para determinar la polaridad de una señal; en la gráfica la antena de abertura se presenta en polarización V.

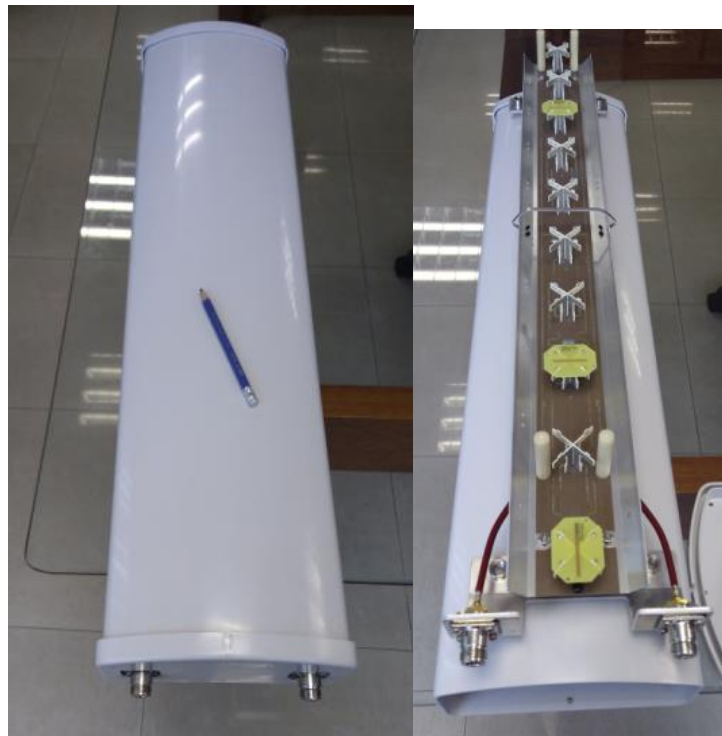
Antena sectorial

Se la usa con fines de radio difusión (broadcast en inglés). Al contrario que las antenas parabólicas, las antenas sectoriales se utilizan para irradiar sobre un área geográfica (ciudad, barrio, sector) con el fin de lograr “cobertura”. Generalmente tienen ángulos de

abertura de 60 o 120°. Un ejemplo muy conocido son las antenas sectoriales para cobertura celular, las cuales pueden ser de doble banda (“dual band”) y tienen separados sus puertos de TX y de RX. Algunas veces vienen dispuestas en fábrica para recibir en polaridad +45° y -45°.

En el caso de la siguiente figura se presenta una antena sectorial abierta para poder observar su arreglo interior de dipolos. Esta antena tiene una frecuencia de 3.5 GHz, 17 dBi de ganancia (dBi = dB con respecto al radiador isotrópico) y 65° de cobertura. Está compuesta por dos hileras de 10 dipolos cada una. En realidad son dos antenas formadas por un arreglo de 10 dipolos cada una (exteriormente se ven los puertos TX y RX separados, con conectores “N” hembra). Se puede también observar el reflector de aluminio en la espalda de los dipolos, cuya finalidad es direccionar la emisión de los mismos.

Gráfico 170. Antena sectorial, en su radome o carcasa impermeable, (Izq.) y abierta (Der.)



Elaborado por: Paco Ortiz

Antenas parabólicas

En el curso básico de matemáticas estudiamos de forma abstracta la función $y^2 = 4px$, la cual al graficarla nos presenta de forma semiconcreta una curva llamada parábola con foco en el punto p . Posteriormente, con ayuda de la maqueta correspondiente, vimos de forma concreta, como un rayo láser demostraba el principio de la parábola, a saber: un rayo que llega a la parábola en forma paralela a su eje, refleja por el foco; un rayo emitido desde el foco, se refleja en la parábola, paralelo al eje. (La antena parabólica es un buen ejemplo de la forma adecuada en la que se debe enseñar la ciencia y la tecnología: una interrelación entre lo abstracto y lo concreto, entre la teoría y la práctica, entre la razón y la emoción).

Gráfico 171. Antena parabólica estándar de 60 cm, 7 GHz



Elaborado por: Paco Ortiz

Tal como muestra la figura #171, una antena parabólica básica (estándar) está formada por el plato parabólico (un paraboloides de revolución se forma al rotar una parábola en torno a

su eje) y el feeder (iluminador o alimentador). Anotemos también que, la salida del feeder en el foco, es una antena de abertura o de bocina.

En la parte posterior de la antena tenemos el puerto de entrada en el cual se conecta mediante guía de onda las señales tanto de TX como de RX. Podemos observar que el puerto de entrada tiene una determinada FLANGE, en este caso la flange PDR84, es decir lado presurizado, de forma rectangular para el rango de 7-8 GHz.

La ganancia de una antena parabólica está definida exclusivamente por el diámetro del plato y es un dato proporcionado por el fabricante.

Para remarcar el concepto de polaridad, veamos las siguientes figuras, en las cuales, la orientación del feeder (dentro del feeder, de la guía de onda rectangular), determina la polarización del enlace:

Gráfico 172. Antena parabólica en polarización HORIZONTAL



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 173. Antena parabólica en polarización VERTICAL

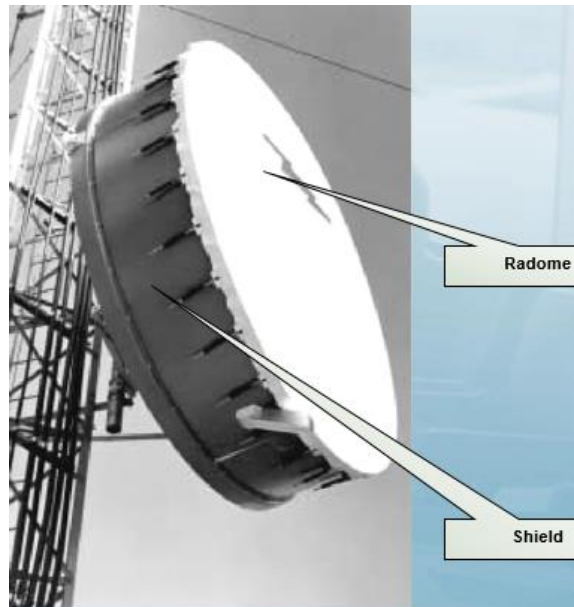


Elaborado por: Paco Ortiz

Si bien la antena parabólica básica o estándar, fue de gran utilidad al comienzo de los enlaces de microondas allá por la década del 70, actualmente casi no se usa debido a su baja directividad (ancho de lóbulo grande) que produce contaminación radioeléctrica al irradiar áreas mayores que las deseadas.

La mejora de la directividad (reducción del ancho del lóbulo) se logra por medio de añadir ciertos elementos a la antena básica. Tal es el caso de la llamada antena “HP” (high performance en inglés o alto desempeño en castellano).

Gráfico 174. Antena parabólica HP.

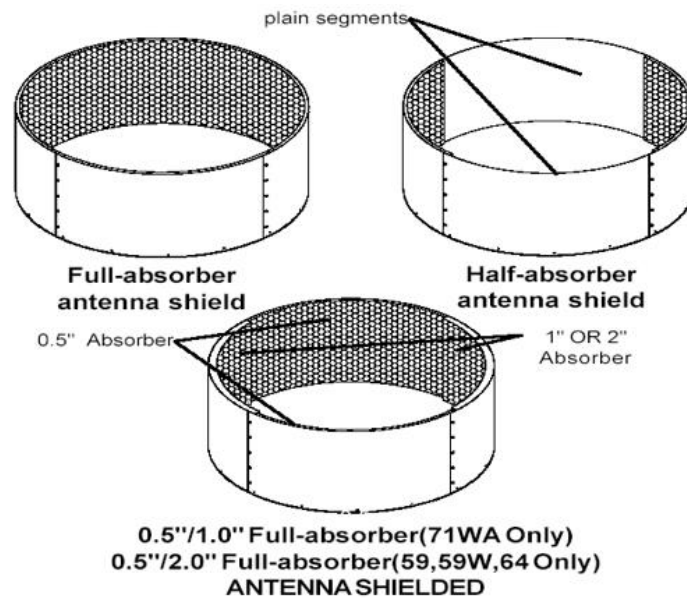


Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

Elaborado por: Paco Ortiz

El radome o carpa sirve solamente para evitar la acumulación de nieve en el feeder o que las aves aniden. El escudo o shield es un cilindro metálico que tiene la función eléctrica de mejorar la directividad (reducir el ancho del lóbulo principal) de la antena ya que en su cara interior está revestida de un material absorbente de microonda (esponja al grafito). Adicionalmente, el shield, puede tener también un desfogue de aire para compensar cuando la presión el viento hunde el radome hacia adentro de la antena.

Gráfico 175. Escudo o shield

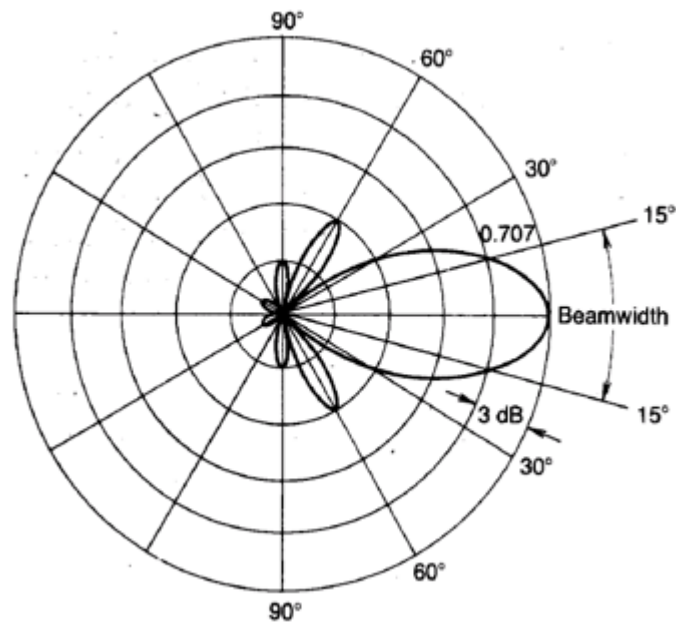


Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)
 Elaborado por: Paco Ortiz

Lóbulo de radiación

Es un indicador de la capacidad de la antena para direccionar hacia un solo punto la energía electromagnética. Generalmente se lo define como los puntos de -3dB, es decir el ángulo al cual la ganancia de la antena es 3 dB menor (puntos de media potencia).

Gráfico 176. Ancho de lóbulo 30° de una antena.



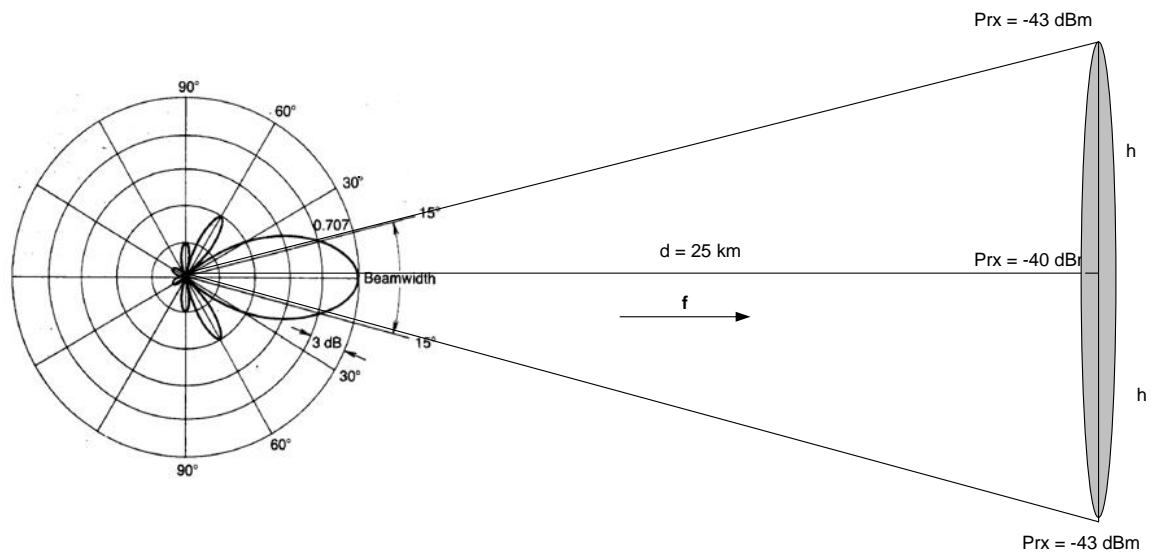
Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

Elaborado por: Paco Ortiz

En la figura anterior podemos observar que se ha graficado un ancho de lóbulo de $\pm 15^\circ$. Este es un dato que se puede hallar en el manual de la antena proporcionado por el fabricante. Es usual en microondas tener anchos de lóbulo inferiores a $\pm 1^\circ$, es decir 2 grados en total.

Recordemos que los enlaces de microondas se caracterizan por ser PUNTO A PUNTO, esto quiere decir que no se busca cubrir un área sino solamente un punto remoto (idealmente). En la realidad esto es muy difícil de lograr y más bien se tiene que aún con antenas de buena calidad, en el extremo distante de un radio enlace de microondas, una zona de alrededor de un kilómetro de diámetro resulta iluminada.

Gráfico 177. Una antena parabólica se comporta como una linterna de mano.



Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)
Elaborado por: Paco Ortiz

Suponiendo un ancho de lóbulo de 15° y calculando la distancia h , tendríamos que:

$$\tan 15^\circ = \frac{h}{d}$$

Para un enlace de 25 kilómetros:

$$h = 25km * \tan 15^\circ = 6.7 km$$

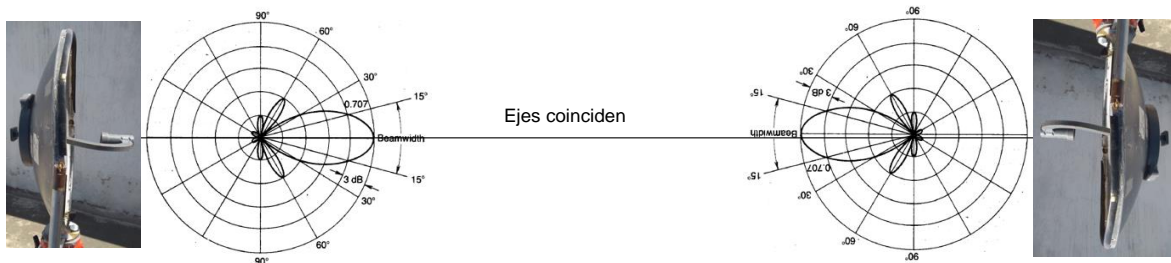
Esto quiere decir que con esta antena iluminaríamos en el extremo remoto una circunferencia de 6.7 km de radio. Esto es perjudicial en cuanto a la reutilización de espectro radioeléctrico ya que estaríamos imposibilitados de usar esa frecuencia en ese radio de acción. Si por el contrario usáramos una antena que tenga ancho de lóbulo $\pm 0.9^\circ$,

la distancia h se reduciría a ¡392 metros! En ese orden es la diferencia entre usar antena estándar y antena HP.

También podemos observar los llamados lóbulos secundarios (indeseables), ya que ninguna antena es perfecta, se producen réplicas del lóbulo principal, que van disminuyendo a medida que se aleja del eje principal de la antena (ángulo 0°). Incluso hay un minúsculo lóbulo hacia atrás diametralmente opuesto a la dirección de trabajo de la antena. Este lóbulo indeseable se recoge en un factor característico de cada antena llamado relación front to back.

Se considera alineado un enlace de microondas cuando los ejes de sus antenas son colineales, es decir que sus lóbulos principales se apuntan mutuamente.

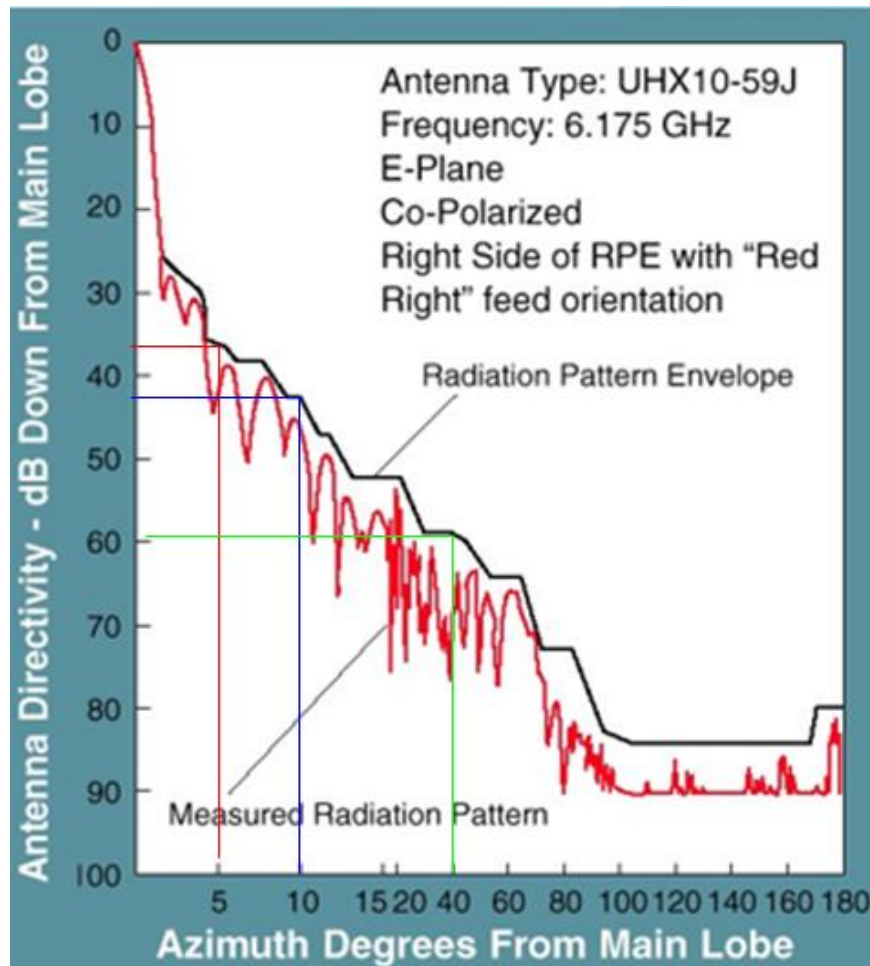
Gráfico 178. Enlace de microondas “alineado”



Elaborado por: Paco Ortiz

Otra forma de ver la manera cómo irradia la antena a medida que la dirección se aleje de su eje principal es el patrón de radiación:

Gráfico 179. Patrón de radiación de una antena.



Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

Elaborado por: Paco Ortiz

En este gráfico está contenido el lóbulo principal de una antena de ganancia G (dB), en este caso, es de $\pm 2^\circ$, aunque es difícil apreciarlo. Este gráfico es de mayor utilidad para apreciar cuanto baja (atenúa) la ganancia versus ángulos grandes. Por ejemplo al movernos 5° del eje principal, tenemos una ganancia $G-36$ dB. Con un ángulo de 10° tendremos una ganancia de $G-43$ dB. Con un ángulo de 40° tendremos una ganancia de $G-59$ dB.


Esta forma de presentación del patrón de radiación es muy útil al momento de realizar cálculos de interferencia.

Factor XPD (dB).

Otra de las principales características eléctricas de una antena es el rechazo a polarización cruzada (XPD). Idealmente una antena que está en polarización Vertical, no debería captar nada de una señal que es emitida en polarización Horizontal. Y viceversa. En la realidad, debido a las imperfecciones de construcción, una antena si capta señales de la polarización contraria (cruzada), pero lo hace con niveles de 30 o 40 dB de atenuación. Esto quiere decir que si en un enlace la potencia calculada en recepción es de -40 dBm, cuando las antenas estén en la misma polarización, la potencia recibida será de -70 a -80 dBm en polarización cruzada. Es muy frecuente este error en la instalación de los enlaces de microonda cuando son dos grupos de técnicos distintos los que instalan a cada lado. Debe revisarse y corregirse ya que la tarea de alineación se torna imposible.

La siguiente figura s un ejemplo de la hoja de datos de una antena (data sheet), extraído del manual del fabricante

Gráfico 180. Data sheet del fabricante de antenas parabólicas para microondas

5.925 - 7.125 GHz															
Antenna Inputs. All antenna VSWR values are specified with CPR and PDR flanges. Other optional flanges may result in equal or slightly higher VSWR. Contact Andrew for details.															
Pressurization. Feeds are pressurizable to 10 lb/in ² (70 k Pa).															
Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance				Gain, dBi			Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)		
			U.S. FCC	74	78	Class	ETSI	ETSI	Low					Mid-Band	Top
UHX UHP		Ultra High Performance/Wide Band Antennas – Dual Polarized Antenna Inputs: CPR137G and PDR70													
UHX6-59W	6 (1.8)	1022 3303	A	A	-	3	2	37.5	38.8	39.5	1.8	36	67	1.08 (28.3)	
UHX8-59W	8 (2.4)	1115 1116	A	A	-	2	2	41.0	41.7	42.3	1.4	36	68	1.08 (28.3)	
UHX10-59W	10 (3.0)	1118 1117	A	A	-	2	2	42.5	43.2	43.8	1.2	36	71	1.08 (28.3)	
UHX12-59W	12 (3.7)	1119 1120	A	A	-	3	2	44.1	44.8	45.4	1.0	36	74	1.08 (28.3)	
Ultra High Performance/Wide Band Antennas – Single Polarized Antenna Inputs: CPR137G and PDR70															
UHP6-59W	6 (1.8)	3492 3494	A	B	-	3	2	38.4	39.3	39.9	1.8	35	75	1.06 (30.7)	
UHP8-59W	8 (2.4)	3496 3506	A	A	-	3	2	40.9	41.9	42.2	1.5	35	78	1.06 (30.7)	
UHP10-59W	10 (3.0)	3498 3500	A	A	-	3	2	42.4	43.3	43.7	1.3	35	78	1.06 (30.7)	
UHP12-59W	12 (3.7)	3502 3508	A	A	-	3	2	44.3	45.2	45.5	1.0	35	80	1.06 (30.7)	

Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

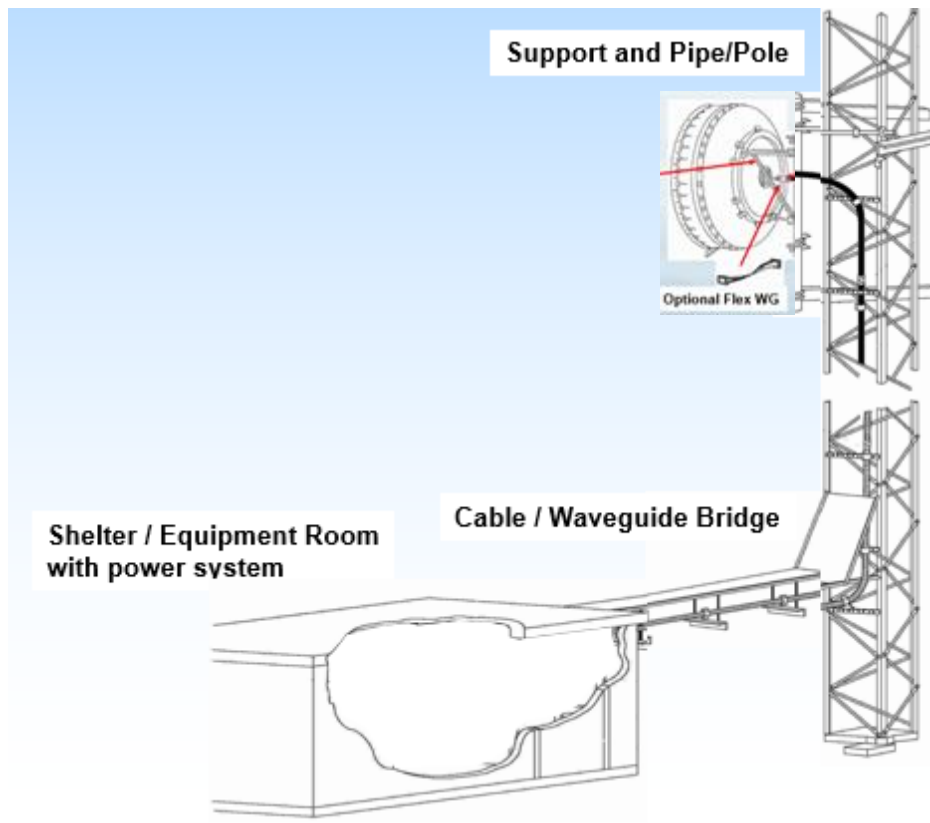
Elaborado por: Paco Ortiz

Por ejemplo la antena UHX8-59W es una antena denominada ultra high performance, trabaja en la banda de 5.9 a 7.1 GHz, tiene un diámetro de 8 pies, es decir 2.4 metros; tiene una ganancia de 41.7 dB en mitad de la banda de trabajo, un ancho de lóbulo de $\pm 0.7^\circ$, un XPD de 36 dB, una relación front/back de 68 dB y un ROE de 28.3 dB. ¡Nótese la importancia de conocer el concepto de decibelio para poder comprender los datos de la antena!

Equipamiento electrónico de microondas

Una vez que hemos considerado los elementos pasivos de una enlace de microondas (antenas, guías, filtros, etc.), corresponde ahora estudiar el “estado del arte” en cuanto al equipo de microondas activo, es decir que requiere energía eléctrica para funcionar, el cual es comúnmente conocido como el “radio de microondas”.

Gráfico 181. Cuarto de equipos y torre.

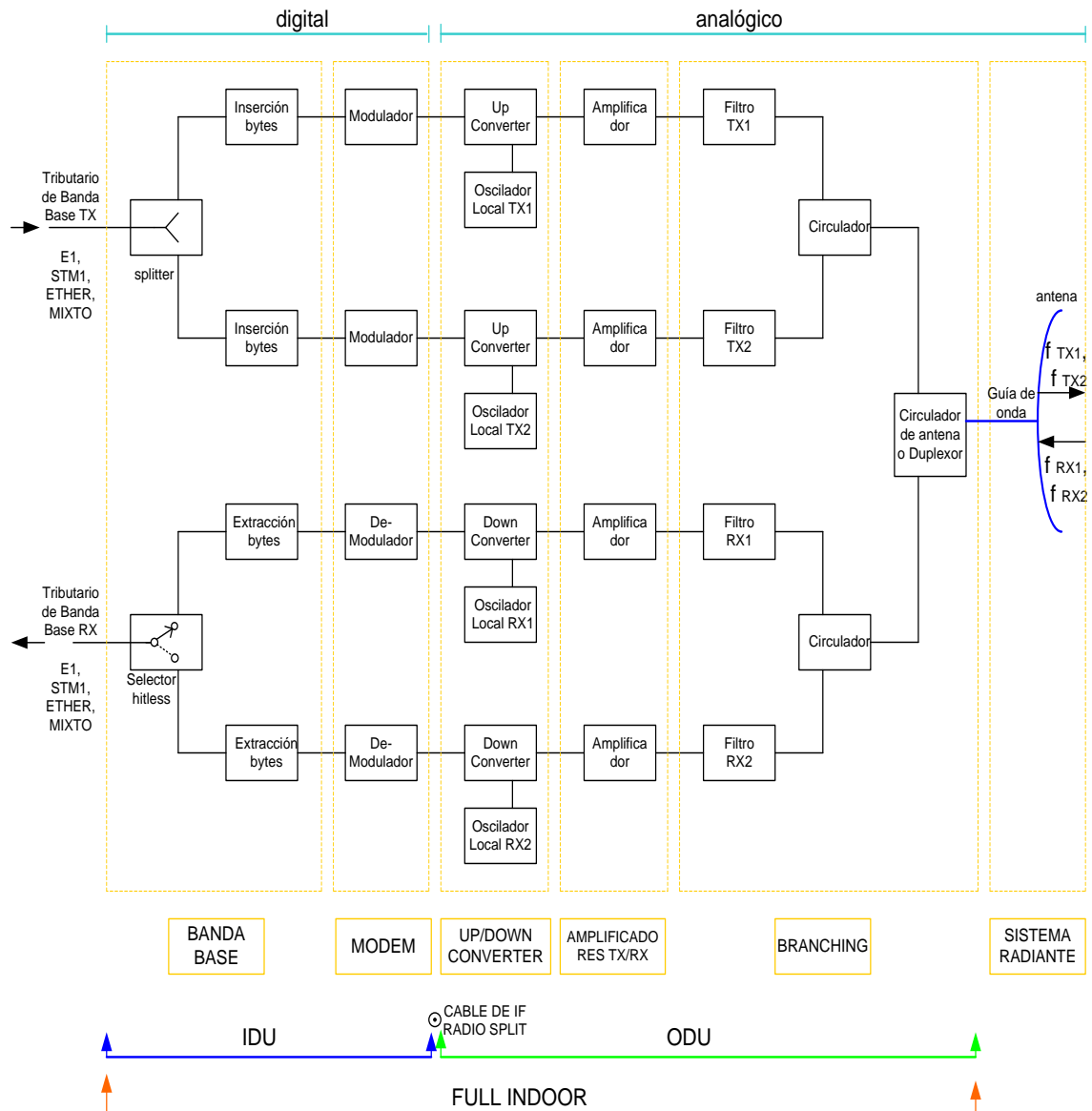


Fuente: (Siemens AG, 2003)
Elaborado por: Paco Ortiz

Tanto el cuarto o “shelter” de equipos como la torre, son componentes de un enlace de microondas. Particularmente la torre, es una estructura de hierro galvanizado, inoxidable, que nos permite colocar las antenas de modo que tengan buena línea de vista, es decir a una altura suficiente por encima de árboles y casas. Las alturas de las torres son variables entre unos 10 y 100 metros la mayor parte. El cuarto de equipos es la ubicación adecuada para los equipos electrónicos ya que los resguarda de la intemperie. Las escalerillas tanto horizontales como verticales son estructuras inoxidables que permiten la correcta y segura instalación de cables coaxiales y guías de onda en su camino entre el equipo y la antena. Hay que recordar que las torres y sus antenas están a la intemperie, sujetas a vientos fuertes

y lluvias, por lo tanto deben ser correctamente asegurados a fin de que permanezcan al menos 10 años en servicio.

Gráfico 182. Diagrama de bloques de un equipo de microonda genérico en configuración 1+1 diversidad de frecuencia (1+1 FD)

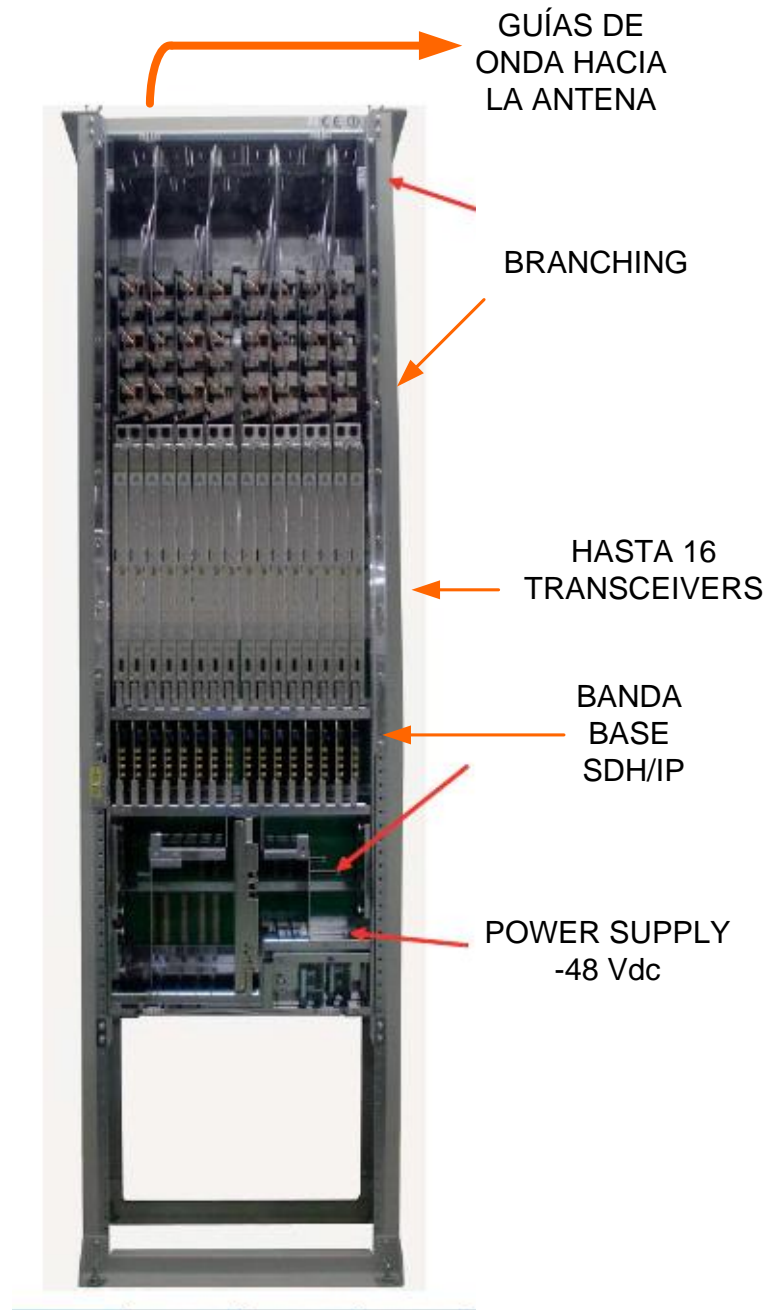


Fuente: (Siemens AG, 2003)

Elaborado por: Paco Ortiz

Existen dos tipos principales de radios de microondas: “Full Indoor” y “Split”. Se conoce como radio full indoor cuando toda la parte electrónica, incluyendo la generación de RF, está alojada en un cuarto de equipos, a resguardo de la intemperie y solo la parte pasiva, es decir el sistema radiante, va fuera de la caseta en la torre.

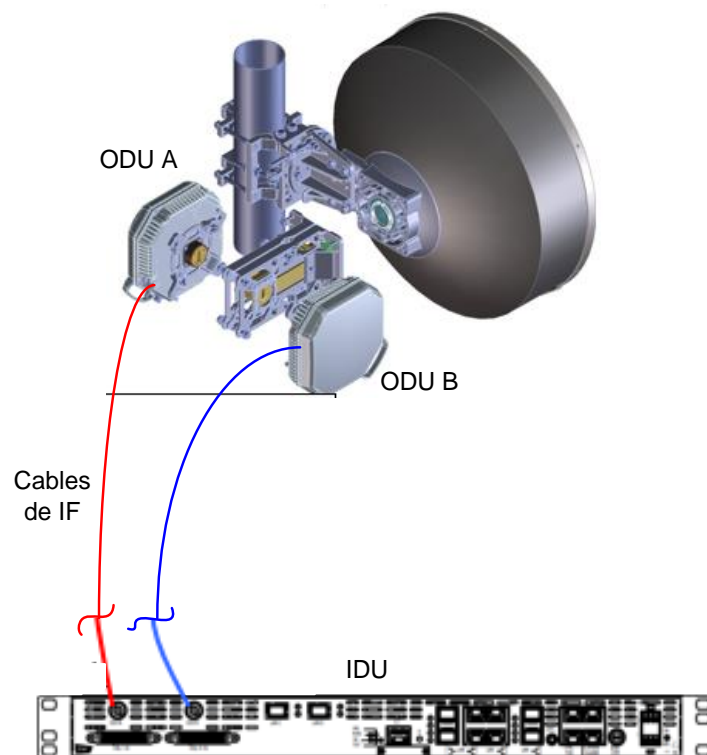
Gráfico 183. Radio “Full Indoor”



Fuente: (SIAE Microelettronica S.p.A, 2015)
Elaborado por: Paco Ortiz

Por otra parte tenemos los radios “split” o partidos (como banana split) en los cuales existe una parte interior llamada IDU (indoor unit) y una parte exterior llamada ODU (outdoor unit). En la IDU se procesa la banda base y se realizan las funciones modulador/demodulador, generando una frecuencia intermedia (330 MHz) con espectro de ancho 7, 14, 28 o 56 MHz; también en la IDU están las funciones de supervisión y control de todo el elemento de red (IDU+ODUs =NE, network element) por lo cual contiene la interfaz con el computador para efecto de configuración por parte del personal técnico. En la ODU se genera la radio frecuencia del enlace de microondas (oscilador local) y también constan los amplificadores tanto de TX como de RX.

Gráfico 184. Radio “Split” 1+1.



Fuente: (SIAE Microelettronica S.p.A, 2015)
Elaborado por: Paco Ortiz

Por los cables de IF transitan las frecuencias intermedias (330 o 140 MHz) con los espectros ya modulados y un conjunto de frecuencias auxiliares que proveen comunicación y telemetría entre las IDU y la ODU. También por el cable de IF se energizan las ODUs, a través del voltaje continuo de -48 Vdc presente en el “vivo” del cable coaxial de IF de 1/4”. Generalmente el cable de IF puede tener hasta 250 m de longitud.

Configuraciones de protección

En la figura anterior #184, observamos que existen 2 ODUS, conectadas mediante un herraje llamado “coupler” a la misma antena, es decir forman parte del mismo radio enlace. Esto es debido a que están en una configuración conocida como 1+1.

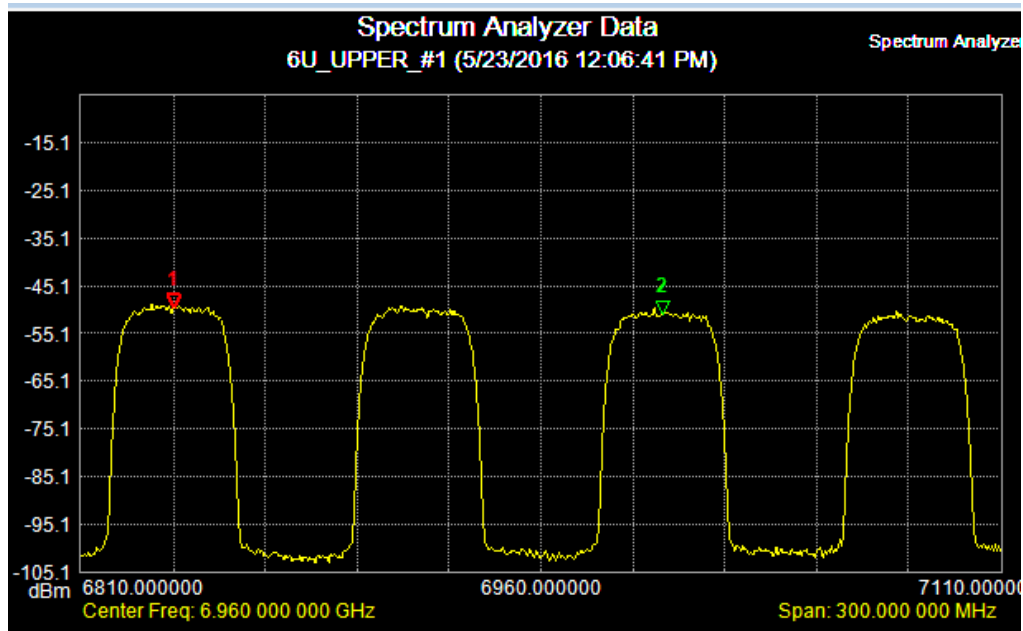
Se conoce como protección 1+1 “HOT STANDBY” cuando es una protección netamente de hardware. Si la ODU principal se avería (la A), inmediatamente toma su lugar la ODU secundaria (la B). La ODU secundaria permanece en estado encendido, pero su potencia de transmisión está silenciada sin pasar hacia la antena, hasta que un conmutador de RF se active cuando la ODU principal presente alarmas de fallo. El coupler puede ser balanceado cuando la potencia se divide en la mitad hacia cada ODU (coupler de 3 dB) y puede ser de tipo desbalanceado cuando la potencia se divide hacia las ODUS menos 1 y menos 6 dB.

Se conoce como 1+1 diversidad de frecuencia (1+1 FD) cuando tanto la ODU-A como la ODU-B están emitiendo por la antena, pero a distintas frecuencias f_1 y f_2 . En el extremo remoto un switch tipo “hitless” (sin golpe) selecciona la banda base que ha arribado ya sea por el canal f_1 o por el canal f_2 , libre de alarmas de BER.

Se conoce como 1+1 diversidad de espacio (1+1 SD) cuando la ODU-A está conectada a la antena principal y la ODU-B está conectada a la antena diversidad. En este esquema de protección tenemos 4 antenas por un enlace.

Los radios full indoor tienen la capacidad de conformar un esquema de protección N+1, el cual es un esquema basado en la diversidad de frecuencia, en el cual hay N canales de radio con tráfico, cada uno funcionando en su propia frecuencia y, para todos ellos hay un canal de protección funcionando también con frecuencia propia. Generalmente el canal de protección pasa ocioso, es decir libre de tráfico, hasta el momento que uno de los canales principales se avería y entonces si cursa tráfico.

Gráfico 185. Espectro de salida de un equipo full indoor en configuración 3+1.



Elaborado por: Paco Ortiz

Los esquemas de protección incrementan la disponibilidad del tráfico. Funcionan hasta que un equipo de mantenimiento restablezca la situación normal mediante el uso de repuestos si ha habido falla de hardware o hasta que la condición de propagación adversa haya pasado, si el problema ha sido climatológico.

Generalmente la configuración de protección N+1 tiene sentido y se usa para proteger tráfico TDM por ejemplo tres tributarios STM-1 de 155Mb/s cada uno. Pero si el radio transmite tributarios Ethernet/IP, y cada uno provee de 200 Mb/s podría sumar un total de 800 Mb/s; entonces es mejor configurarlo como 4+0, es decir sin protección de canal ya que al fallar uno de los canales, simplemente el equipo entrega una velocidad menor, de 600 Mb/s en este caso, hasta que el personal de mantenimiento solucione el inconveniente.

Cálculo de radio enlaces

Un enlace de microondas siempre se establece entre dos puntos geográficos A y B. Por este motivo se denomina enlace punto a punto. Los puntos A y B, quedan determinados por sus coordenadas geográficas y por su altura respecto al nivel del mar. Por ejemplo:

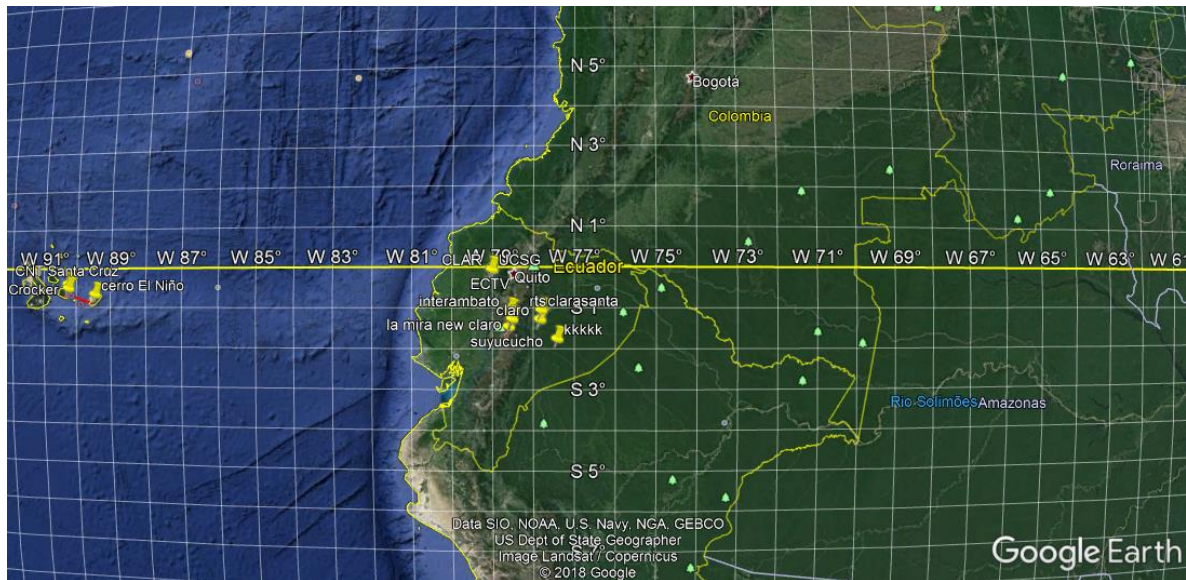
Gráfico 186. Ejemplo de coordenadas geográficas.

	TARAPOA	SHUSHUFINDI
ALTURA (msnm)	230	250
LATITUD	S 00° 07' 15.0''	S 00° 11' 10.4''
LONGITUD	W 76° 20' 27.8''	W 76° 40' 13.3''

Elaborado por: Paco Ortiz

Generalmente las coordenadas geográficas tienen como referencia el sistema WGS84 (World Geodetic System 1984), pero existen otros por ejemplo el PSAD56 (Provisional South American Datum 1956). El GPS (global positioning system) es el instrumento que nos proporciona las coordenadas.

Gráfico 187. Coordenadas geográficas.



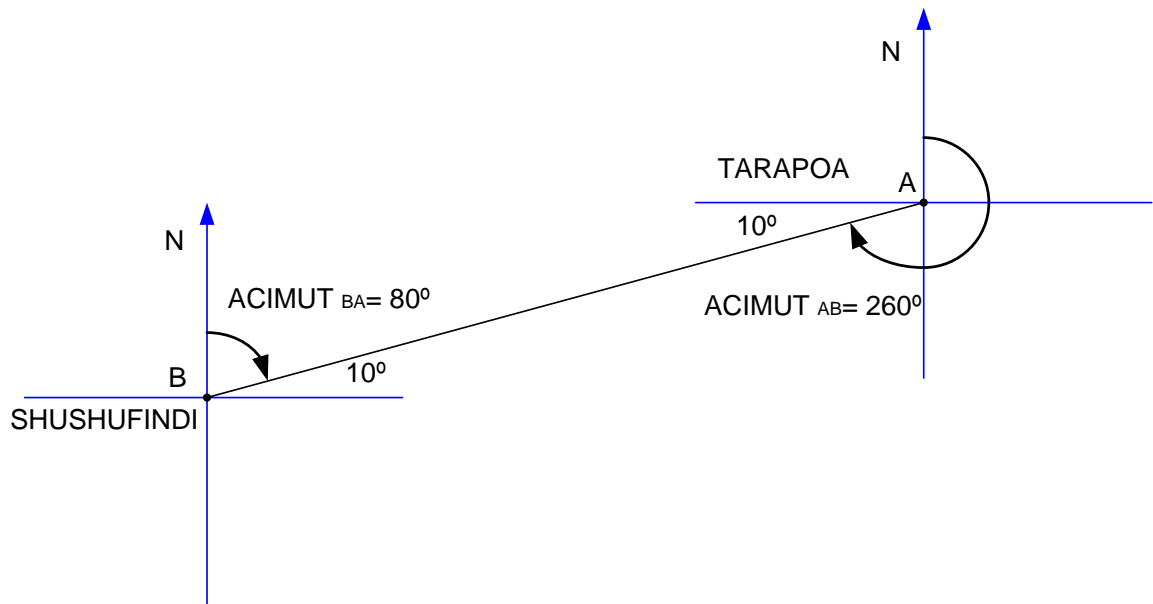
Fuente: Google Earth.

Elaborado por: Paco Ortiz

DEFINICIÓN DE ACIMUT

Es el ángulo respecto al Norte, medido en grados. Estando en un sitio A, con ayuda de una brújula, podemos saber en que dirección queda el sitio B, si conocemos el acimut de A hacia B. Por ejemplo, estando en Tarapoa, el dato de ingeniería nos indica que el acimut hacia Shushufindi es de 260°

Gráfico 188. Ejemplo de la definición de acimut



Elaborado por: Paco Ortiz

Calcular un radioenlace implica mucho más que simplemente determinar la potencia recibida (P_{rx}), implica determinar el margen de desvanecimiento y, con éste, el objetivo de disponibilidad.

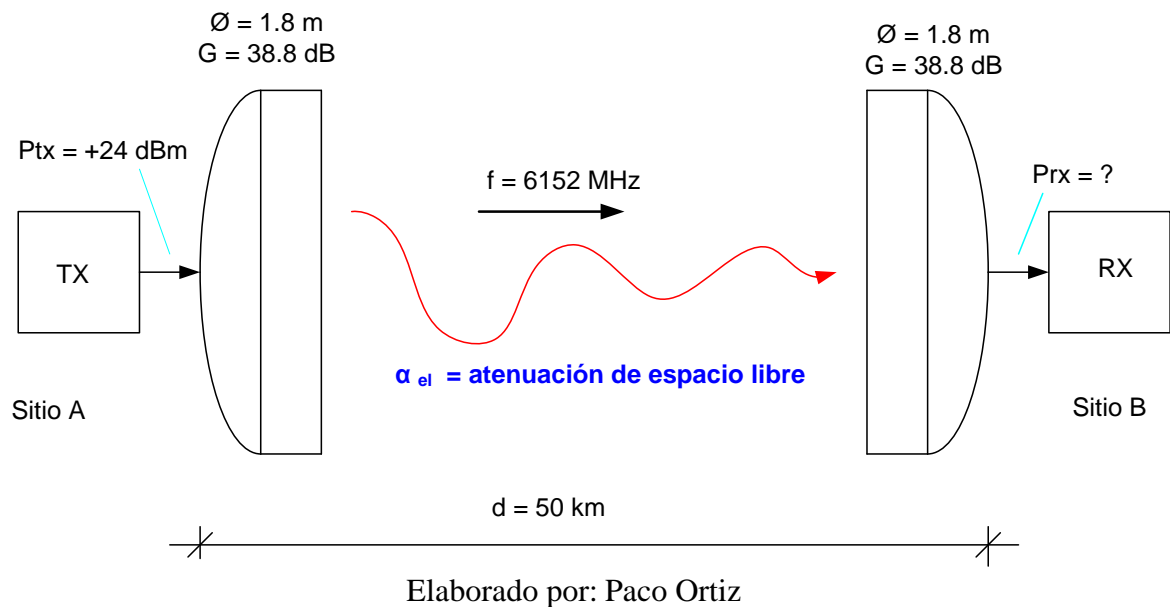
Empecemos con el cálculo de la P_{rx} , para ello planteamos un ejemplo muy sencillo, supongamos que tenemos que comunicar dos localidades separadas una distancia de 50 km y para ello disponemos del siguiente equipo:

Dos antenas UHX6-59W (del gráfico #180)

Un equipo de microonda cuya potencia P_{tx} es de +24 dBm.

Frecuencias asignadas en la banda de 6 GHz.

Gráfico 189. Enlace de microondas básico



Debido a que los campos eléctricos y magnéticos se debilitan a medida que se alejan de la fuente emisora (al igual que la luz visible), aparece el factor denominado “atenuación de espacio libre”, al cual se le simboliza simplemente como α_{el} .

Existe una fórmula muy exacta para calcular dicha atenuación de espacio libre y está dada por:

$$\alpha_{el} (dB) = 32.4 + 20 * \log(f * d)$$

Donde f está expresada en MHz y d está expresada en km.

Para calcular la potencia recibida en el sitio B realizamos un balance de pérdidas y ganancias (presupuesto del enlace o link budget) y decimos que:

$$Prx = Ptx + Ga - \alpha el + Gb$$

Siendo G_a y G_b la ganancia de antena tanto en el sitio A como en el sitio B. En este caso son el mismo tipo de antena, por lo tanto $G_a = G_b = 38.8 \text{ dB}$.

$$\alpha el = 32.4 + 20 * \log(6152 * 50)$$

$$\alpha el = 142.2 \text{ dB}$$

Por lo tanto:

$$Prx = +24 \text{ dBm} + 38.8 \text{ dB} - 142.2 \text{ dB} + 38.8 \text{ dB}$$

$$Prx = -40.6 \text{ dBm}$$

Que sería la potencia con que se recibe en el sitio B, la señal emitida desde el sitio A.

Pero esta potencia, ¿qué indica, es alta, es baja, es suficiente?

La respuesta a esta pregunta la encontramos en un parámetro que caracteriza a todo receptor y que es el umbral de recepción.

Umbral de recepción.

El receptor de un equipo de microondas es un amplificador de bajo ruido que trabaja directamente sobre las frecuencias de radio, a niveles muy bajos de potencia. Sin embargo el receptor tiene un límite bajo el cual la potencia recibida es tan débil que el amplificador la confunde con ruido y por lo tanto ya no es capaz de “entender” la señal ni sacar ya provecho de ella. Este límite se conoce como el umbral del receptor (U_{rx}) y es característica propia dada por el fabricante acerca de su equipo.

Supongamos que el equipo usado en este enlace ficticio tiene un umbral de recepción de $U_{rx} = -71$ dBm. Bajo este nivel, por ejemplo -75 dBm, la potencia recibida es prácticamente inservible.

MARGEN DE DESVANECIMIENTO Y CONFIABILIDAD.

Se define como margen de desvanecimiento a la diferencia entre la potencia recibida en un enlace y el umbral del receptor utilizado.

$$MD = P_{rx} - U_{rx}$$

En el caso de nuestro ejemplo, tenemos el siguiente umbral:

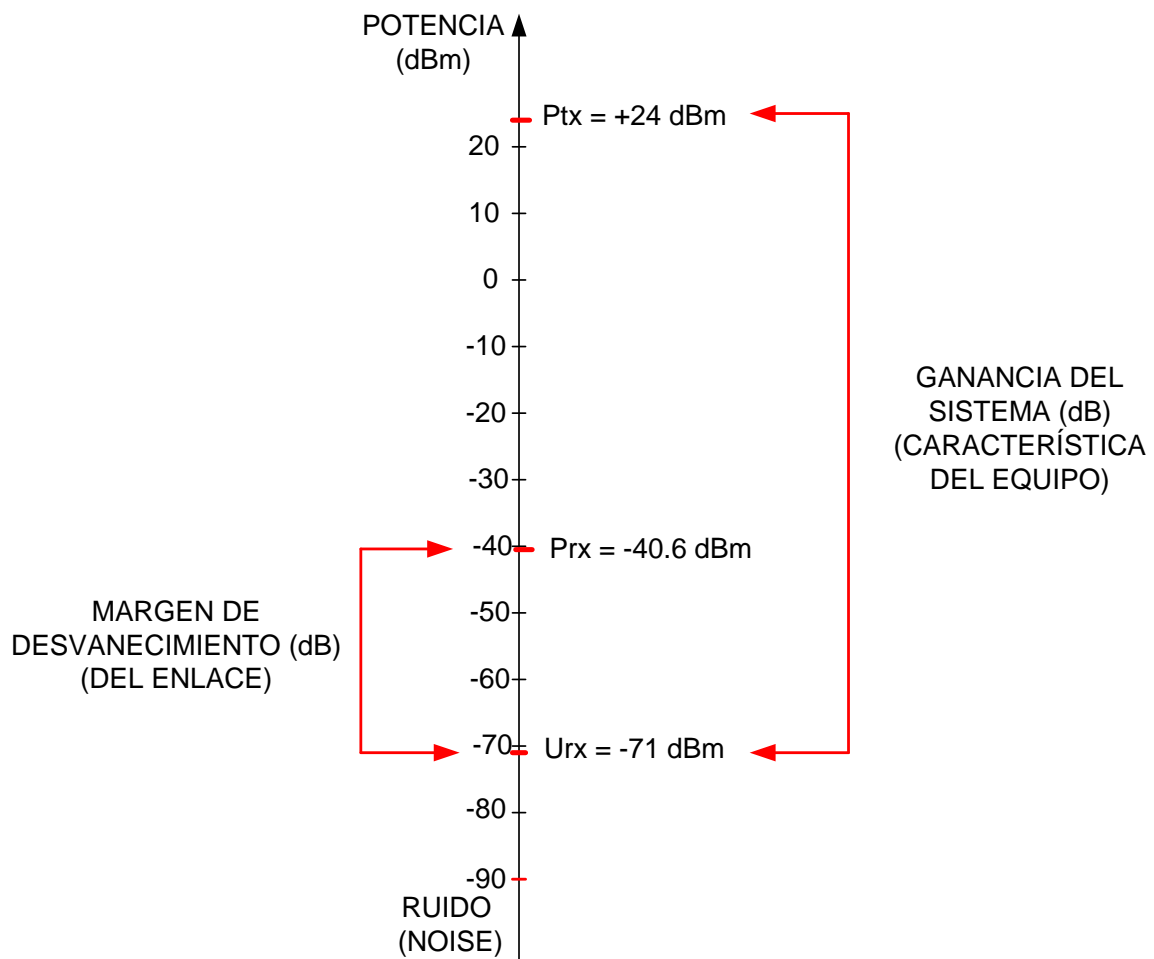
$$MD = -40.6 \text{ dBm} - (-71 \text{ dBm})$$

$$MD = -40.6 \text{ dBm} + 71 \text{ dBm}$$

$$MD = 30.4 \text{ dB}$$

Es decir que la señal recibida goza de un “colchón” de 30.4 dB para atenuarse o debilitarse, antes de que cruce el umbral y se vuelva inservible. Como sabemos 30 dB representa mil veces, por lo tanto esta Prx puede bajar mil veces antes de volverse incomprensible para el RX remoto. Veamos la siguiente gráfica que caracteriza los equipos de microonda:

Gráfico 190. Margen de desvanecimiento (fade margin)



Elaborado por: Paco Ortiz

Se define también la ganancia del sistema como la diferencia entre la máxima potencia de transmisión P_{tx} y el Umbral de recepción U_{rx}

$$G_s (dB) = P_{tx} - U_{rx}$$

En el ejemplo dado:

$$G_s (dB) = +24 \text{ dBm} - (-71 \text{ dBm})$$

$$G_s = 95 \text{ dB}$$

La ganancia del sistema G_s nos sirve para poder comparar entre dos equipos de distintos fabricantes. A mayor G_s , mejor equipo (más sensible).

Una vez que conocemos el margen de desvanecimiento, podemos establecer la confiabilidad del radioenlace mediante la siguiente tabla, es decir una referencia extraída de la observación práctica y la experiencia de campo:

Tabla 45. Margen de desvanecimiento Vs confiabilidad

MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)	CONFIABILIDAD (%)
20	99
30	99.9
40	99.99

Elaborado por: Paco Ortiz

En el ejemplo, obtuvimos un margen de desvanecimiento cercano a 30 dB, por lo tanto este enlace de microondas tendrá una confiabilidad esperada de 99.9%. Es decir, la potencia recibida será mayor que el umbral, el 99.9% del tiempo, pero es solo una probabilidad que habría que certificar en campo.

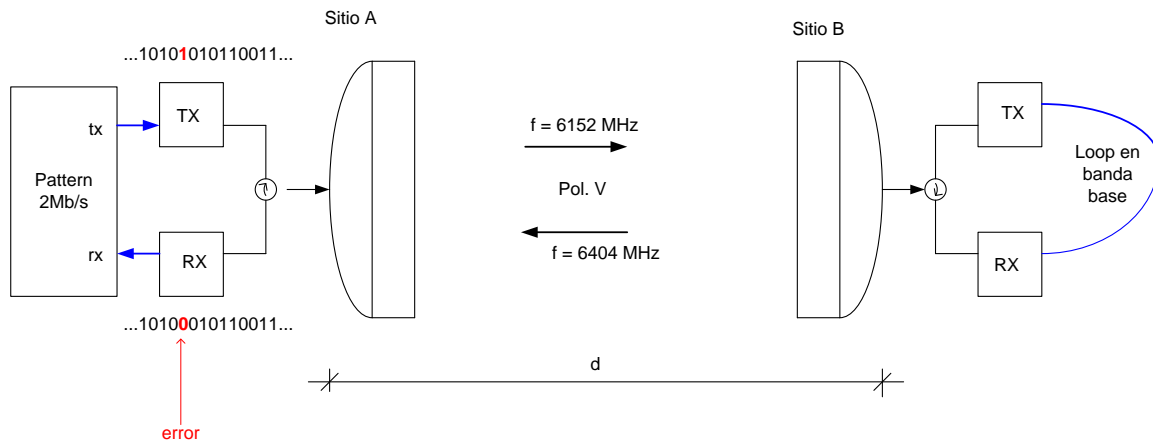
Podemos calcular fácilmente que el mes tiene 43200 minutos. Si la confiabilidad es del 99.9% del tiempo, significa que un 0.01% del tiempo el enlace se perderá, y eso equivale a 4.32 minutos. Unos 4 minutos al mes parece poco, pero hay que cotejar con lo recomendado por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) que en sus recomendaciones G.821 y G829, establece criterios de disponibilidad para dar por “aceptable” el desempeño de un radioenlace.

Recomendación G.821, criterios de disponibilidad.

Esta norma básica de la UIT establece varios parámetros con los cuales podemos evaluar el desempeño de un radioenlace, el primero de ellos es la tasa de errores.

Se considera que ha habido un error si un dígito binario emitido como 1, se recibe como 0. O viceversa. Para ello se dispone de un generador de patrones “PATTERN”. Este aparato emite una secuencia pseudoaleatoria (se repite cada $2^{15} - 1$ bits) de unos y ceros y la compara con lo propio que recibe.

Gráfico 191. Definición de bit errado o simplemente “error”



Elaborado por: Paco Ortiz

En la figura anterior, en un instante cualquiera, un bit que fue transmitido como un “1”, regresa del otro extremo del enlace como un “0”. Sin importar la causa, se dice que ha habido un bit errado, o más comúnmente un “error”. Ahora bien, el pattern es un instrumento que conoce exactamente que bits emite y cuántos bits emite en función del tiempo transcurrido. Un error no nos dice mucho. Más información tenemos a través de la tasa de errores “Bit Error Rate” o BER como se la conoce, por lo tanto:

$$BER = \frac{\# \text{ bits errados}}{\# \text{ bits transmitidos}}$$

De esta manera, si hay un bit errado por cada 1000 bits transmitidos, tendremos una BER de

$$BER = \frac{1}{1000}$$

Es decir una tasa de errores $BER = 10^{-3}$

Como ejercicio veamos el caso de un pattern de 2 Mb/s, que ha estado monitoreando un enlace durante 24 horas y ha detectado 49 errores.

$$\#bits \text{ transmitidos} = 24 \text{ horas} * \frac{3600 \text{ seg}}{\text{hora}} * 2'048.000 \frac{\text{bit}}{\text{seg}}$$

$$\#bits \text{ transmitidos} = 176.947 \text{ millones}$$

Por lo tanto tenemos una tasa de errores de:

$$BER = \frac{49}{176947000000} = 2.7E - 10$$

$$BER = 2.47 \times 10^{-10}$$

Veamos algunos valores notables del BER

Tabla 46. Valores notables de la tasa de errores BER

BER	CATEGORÍA
10E-12	Llamado también BER residual. Es una excelente tasa de errores.
10E-8	La mínima requerida para transmisión de datos puros (por ejemplo electorales)
10E-6	Se conoce como señal degradada o LOW BER. El límite de calidad al cual funciona la transmisión de voz en tramas PCM30
10E-3	También conocida como HBER o HIGH BER. Señal en muy mal estado. En algunos equipos se puede oír y mantener todavía la conversación por el canal de servicio EOW, pero muy ruidosa.

Elaborado por: Paco Ortiz

Como quizás era de esperarse, un radioenlace de microonda puede pasar bien el 99.9% del día. Y el 0.01% del tiempo en que están entrando errores y presentando problemas, no está concentrado en una cierta hora, sino esparcido a lo largo de todo ese día. Para enfrentar y discernir esta situación, se tienen los siguientes parámetros:

ES: Segundos errados (Errored Seconds). Son segundos que han presentado al menos un error.

DM: Minutos Degradados (Degraded Minutes). Son minutos que han presentado una tasa de $10E-6$

SES: Segundos Severamente Errados (Severely Errored Seconds), son segundos que han presentado HBER, es decir $10E-3$.

UAS: Segundos Indisponibles (Unavailable Seconds), cuando hay 10 o más SES seguidos. Al undécimo segundo se contabilizará ya como 11 UAS. Esta definición viene de las primeras centrales de conmutación digital, que daban un plazo de 10 segundos antes de cortar la llamada y liberar el circuito.

La recomendación G.821 establece cuántos ES, SES, DM y UAS pueden haber en un mes, para dar por bueno el desempeño de un enlace.

Aproximadamente, para un enlace de 250 km, la norma G.821 permite 0.32% de ES, 0.054% de SES, 0.4% de DM y 0.3% UAS. (Ortiz, Cianferoni, & Vázquez, 2000)

Ahora si podemos decir si la potencia Prx calculada en -40.6 dBm es suficiente o no. La respuesta es sí, para una confiabilidad del 99.9%. Si se desea mayor confiabilidad habrá que buscar la manera de incrementar el nivel de potencia recibida, por ejemplo incrementar el tamaño de antenas.

El margen de desvanecimiento, como su nombre lo indica, es una reserva que sirve para afrontar problemas de propagación que se pueden presentar en el trayecto y debilitar la señal electromagnética deseada. Como ejemplo de factores que afectan la propagación de

las microondas están: la lluvia, el viento que mueve ligeramente las antenas, la obstrucción por árboles y por montañas (debido a variaciones del factor climático K), interferencias pasajeras, el envejecimiento del equipo, etc.

En la actualidad el SW para cálculo de radioenlaces realiza la estimación de los objetivos de disponibilidad y el cumplimiento de las normas de la UIT.

Propagación de las señales radioeléctricas

La atenuación de espacio libre es solamente uno de los fenómenos asociados al viaje que realiza la señal electromagnética en su trayecto entre el transmisor y el receptor. Generalmente las señales radioeléctricas tienen diferentes tipos de propagación dependiendo de sus frecuencias. Por ejemplo en radio difusión AM, la frecuencia es relativamente baja (alrededor de 1 MHz) por lo cual se produce la llamada “onda terrestre” en la cual la señal viaja a “flor de piel” de la superficie terrestre. Por este motivo es que pueden escucharse radio emisoras situadas a más de 500 km de distancia, atravesando sierras montañosas. Luego está las ondas ionosféricas, alrededor de los 11 MHz, que viajan dando rebotes entre la superficie del globo terráqueo y la capa de la ionósfera, llegando de esa manera a otros continentes. A frecuencias más altas, como las de las radios FM de unos 100 MHz, ya la cobertura se limita y por ejemplo éstas señales no son capaces de atravesar una cordillera. Por ese motivo las emisoras de FM de alcance nacional tienen distintas frecuencias dependiendo de la ciudad en que se emiten, ya que llegan desde los estudios vía “microonda”, así también los canales de TV de VHF y UHF (Gamavisión, TC, etc.). Frecuencias más altas como los servicios móviles y celulares que funcionan a 800 y 1900 MHz cubren ya pequeñas zonas (barrios) de una ciudad con radios

de pocos kilómetros, pero recurren a la estrategia de dividir la ciudad en celdas para lograr cobertura total. Las señales celulares por ejemplo no pueden entrar en túneles, ascensores, parqueaderos subterráneos debido a que éstas frecuencias son muy absorbidas por las paredes de cemento. Más arriba, en frecuencias propiamente de microondas (mayores a 1 Ghz) se necesita lo que se llama “línea de vista”, para poder funcionar, es decir deben poder verse ambos extremos del enlace “troposférico”. Y aún esto no es suficiente sino que debe haber despeje de la “zona de Fresnel” la cual definimos a continuación.

Zonas de Fresnel

Entre dos antenas localizadas en los puntos A y B, separados una distancia d , se define la zona de Fresnel como la elipse cuya distancia constante (la longitud de la piola usada en la maqueta para graficarla) es:

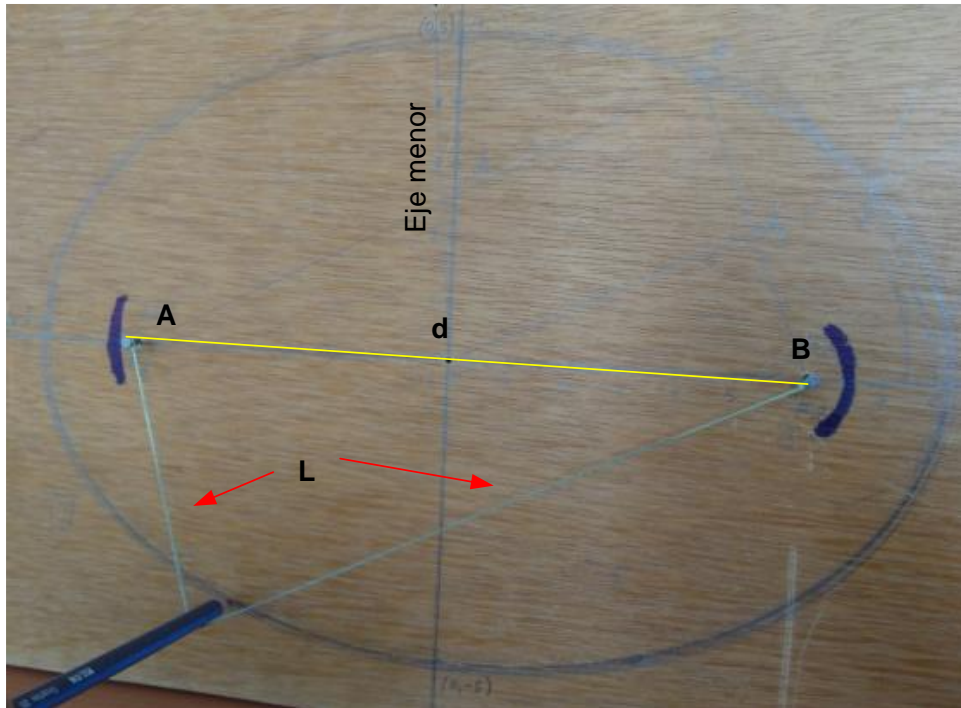
$$L = \text{constante} = d + n * \left(\frac{\lambda}{2}\right)$$

Donde:

$n = 1, 2, 3, \dots$ (número entero de 1 a infinito)

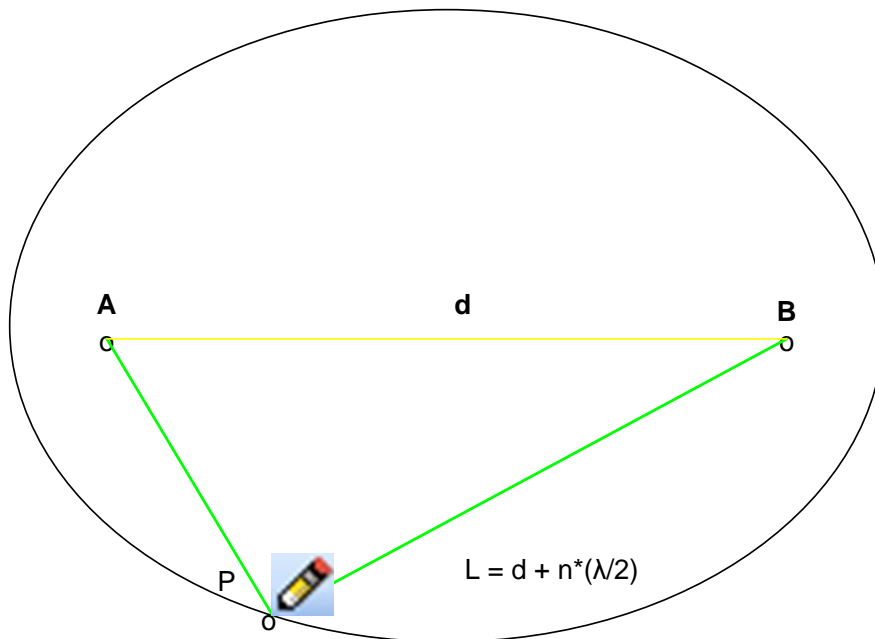
$\lambda/2 =$ longitud de onda dividida para 2.

Gráfico 192. Construcción práctica de una elipse. La longitud de la piola "L" es constante.



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 193. Definición de elipsoide de Fresnel.



Elaborado por: Paco Ortiz

Cuando $n = 1$ se llama a la elipse así generada, la primera zona de Fresnel, Cuando $n=2$ tenemos la segunda zona de Fresnel, etc.

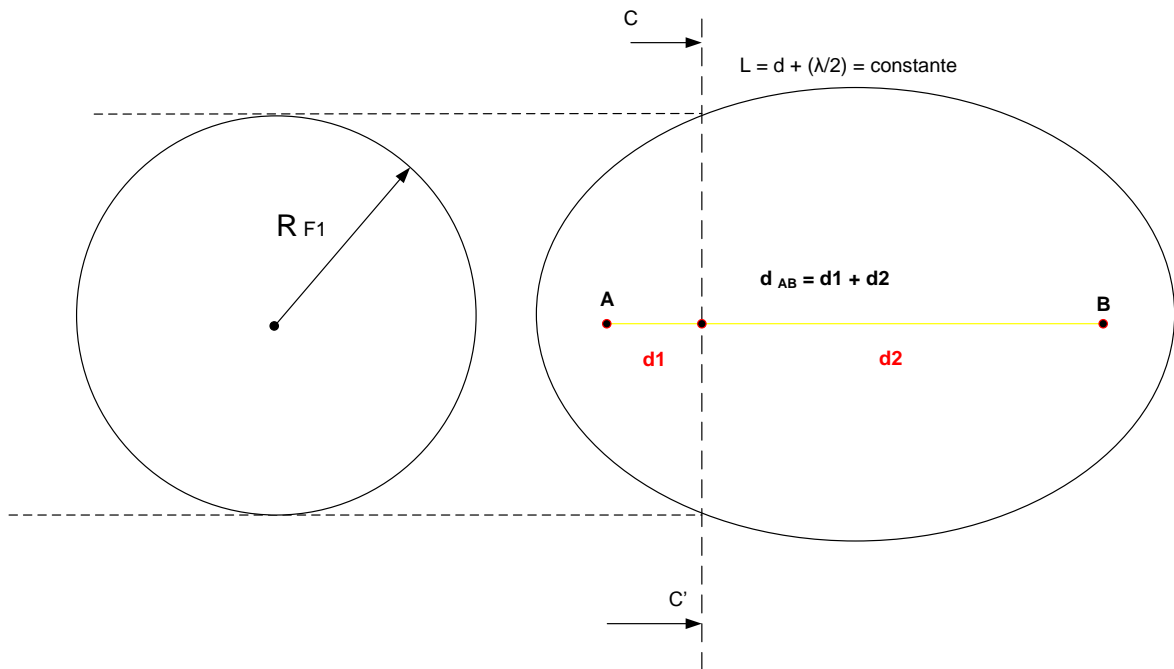
Dicha elipse tiene sus focos en los puntos A y B donde se encuentran las antenas. Se denomina zona de Fresnel, en honor al físico francés Augustín Fresnel (1788-1827) que la dedujo mientras estudiaba la difracción de los rayos luminosos, mucho antes de que se descubrieran las ondas radioeléctricas por Heinrich Hertz en ¡1888!

Si al cubrir la distancia en línea recta “d” entre las dos antenas A y B, una onda salida de A, llega a B con una fase cualquiera, pero a esta fase se la toma como la referencia 0° , todos los demás frentes de onda que lleguen hasta 180° (por eso $\lambda/2$ aparece en la definición) con respecto a esta referencia, se combinan aditivamente para dar lugar a la potencia recibida resultante

El conocimiento de la zona de Fresnel, principalmente la primera $n=1$, tiene gran importancia en comunicaciones radioeléctricas en general y en microondas en particular debido a que por esta zona viaja la mayor parte de la energía electromagnética entre la antena transmisora A y la antena receptora B.

En el plano, la zona de Fresnel es una elipse. Pero en el espacio es un volumen, un elipsoide de revolución que se genera idealmente al rotar la elipse en torno a su eje mayor.

Con fines explicativos imaginemos que este elipsoide es como una sandía. Ahora imaginemos que a dicha sandía le hacemos un corte con un cuchillo muy filoso, en forma perpendicular al eje mayor y a la vez paralelo al eje menor, tal como indica la figura siguiente el corte C-C'. Mirando cada uno de los pedazos obtenidos miramos por igual una figura circular de radio r. Y ya que se trata de la primera zona de Fresnel lo llamaremos R F1.

Gráfico 194. Radio de la primera zona de Fresnel a la distancia d_1 desde el foco A

Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 195. Similitud del corte C-C'



Elaborado por: Paco Ortiz

El radio de la primera zona de Fresnel a las distancias d_1 y d_2 ($d=d_1+d_2$) se calcula con la fórmula:

$$R F1 = 31.6 * \sqrt{\frac{\lambda * d1 * d2}{d}}$$

Donde:

λ longitud de onda en metros

$d1, d2, d$ en kilómetros.

Por ejemplo. En el enlace ficticio donde se calculó la potencia recibida Prx, teníamos que $d=50\text{km}$, la frecuencia es de 6152 MHz, es decir que la $\lambda= 0.048$ metros.

Calculemos el máximo valor para R F1. el cual ocurre a la la mitad del trayecto, es decir $d1=d2=25 \text{ km}$

$$R F1 = 31.6 * \sqrt{\frac{0.048 * 25 * 25}{50}}$$

$$R F1 = 24.5 \text{ metros}$$

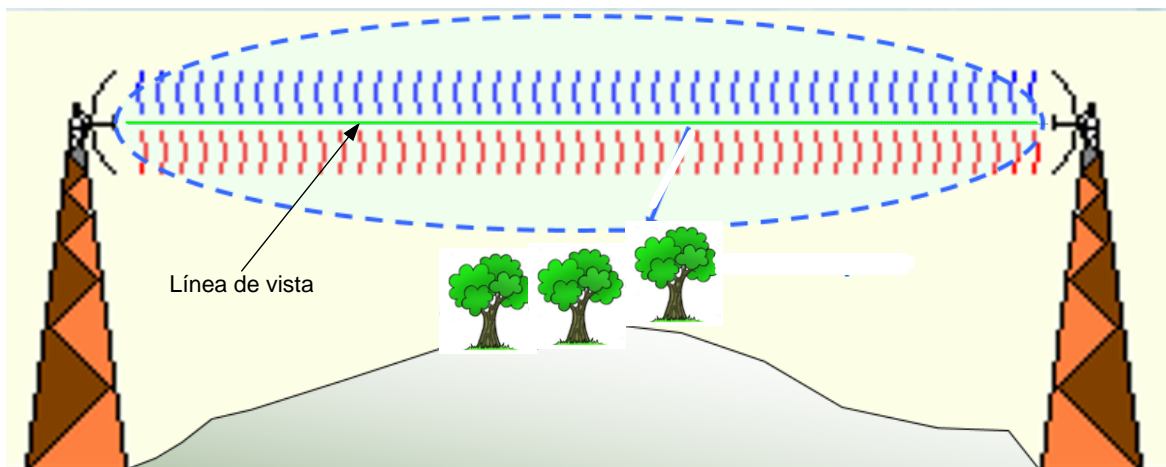
Calculemos ahora cuando $d1=5 \text{ km}$ y $d2= 45 \text{ km}$

$$R F1 = 31.6 * \sqrt{\frac{0.048 * 5 * 45}{50}}$$

$$R F1 = 14.7 \text{ metros}$$

La primera zona de Fresnel debe estar completamente despejada para tener un enlace de microondas libre de obstrucción. No es suficiente que la “línea de vista” esté despejada, es decir que se pueda ver (con ayuda de unos binoculares) la antena remota. La presencia de árboles o edificios ingresando en la primera zona de Fresnel significará pérdidas adicionales en el enlace por motivos de obstrucción.

Gráfico 196. Posible obstrucción del enlace por árboles.

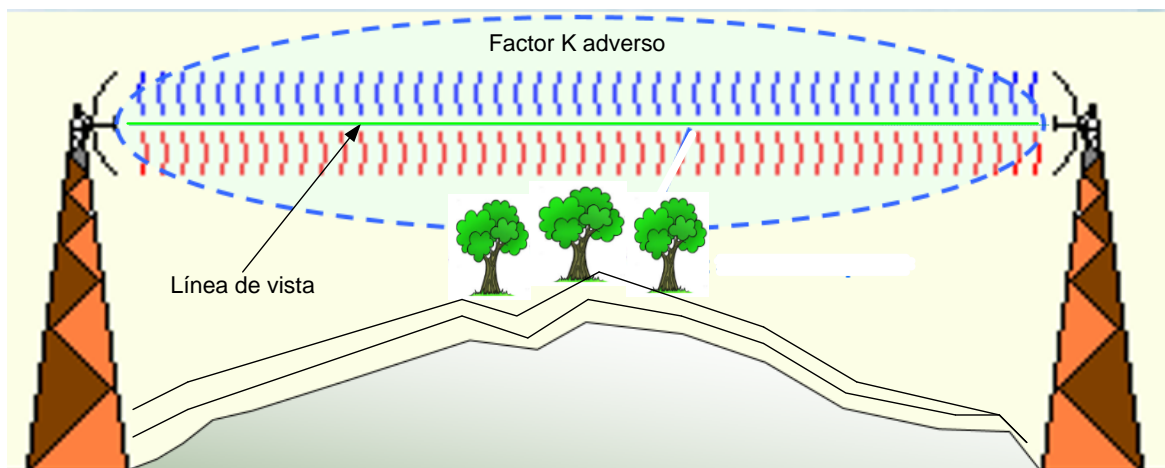


Fuente:(Siemens AG, 2003)
Elaborado por: Paco Ortiz

En la figura #196 vemos un caso en que existe un posible obstáculo que puede causar pérdidas al enlace. Si consideramos que bajo los efectos de la refracción (representado por el factor K), el enlace puede combarse hacia la tierra, entonces el obstáculo puede introducirse en la zona de Fresnel y desvanecer la señal. En la realidad los rayos de la microonda se curvan ligeramente hacia la tierra, pero puede visualizarse como si fuera la superficie de la tierra la que hubiese subido de nivel (modelo de rayo recto y tierra curvada)

El factor atmosférico K.

Gráfico 197. Refracción atmosférica, K adverso



Fuente:(Siemens AG, 2003)

Elaborado por: Paco Ortiz

El factor K es un parámetro determinado por las condiciones climatológicas, principalmente el índice de refracción atmosférico el cual a su vez depende de la presión atmosférica, la concentración de vapor de agua y de las diferencias de temperatura a lo largo del enlace. Puede tomar valores de $4/3$ en condiciones estándar o $2/3$ en condiciones

adversas. El factor K se utiliza para interpretar el fenómeno real de refracción del rayo de microondas, en función de una variación “ficticia” del radio de la Tierra.

El factor K y el radio ficticio r' de la tierra están relacionados mediante la siguiente fórmula muy sencilla: (K&K engineering, 1995)

$$r' = K * r$$

Siendo $r = 6370$ km, el radio real de la Tierra. Veamos unos valores notables.

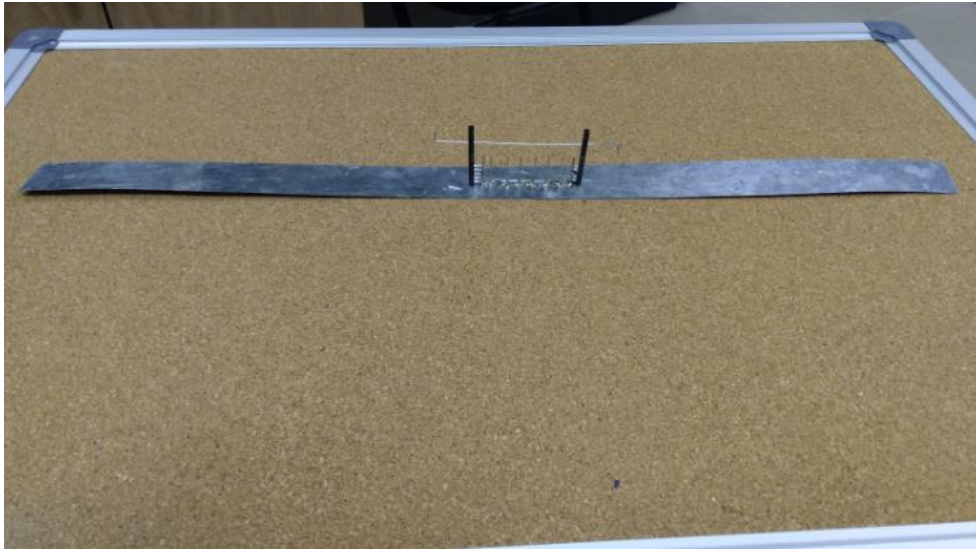
Tabla 47. Valores notables de K versus radio ficticio de la tierra

Factor K	r' (km)
Infinito	infinito
4/3	8500
1	6370
2/3	4250

Elaborado por: Paco Ortiz

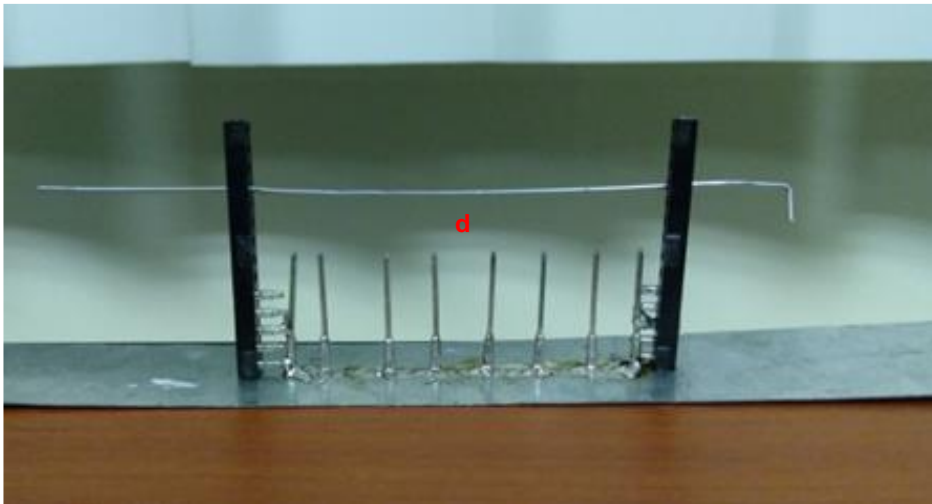
Construimos una maqueta para poder visualizar estos conceptos. Necesitamos una cinta de hojalata de unos 50 cm de longitud. Sobre ella extendida horizontalmente, fijamos dos postes pequeños de 3 cm en posición vertical, separados 6 cm. Entre los postes fijamos 8 postecillos de alambre de la misma longitud (2 cm) para simular árboles. Entre los postes insertamos un alambre horizontal para simular la línea de vista del enlace. Llamemos d a la distancia entre los árboles (postecillos) y la línea de vista del enlace.

Gráfico 198. Maqueta para simular el factor K



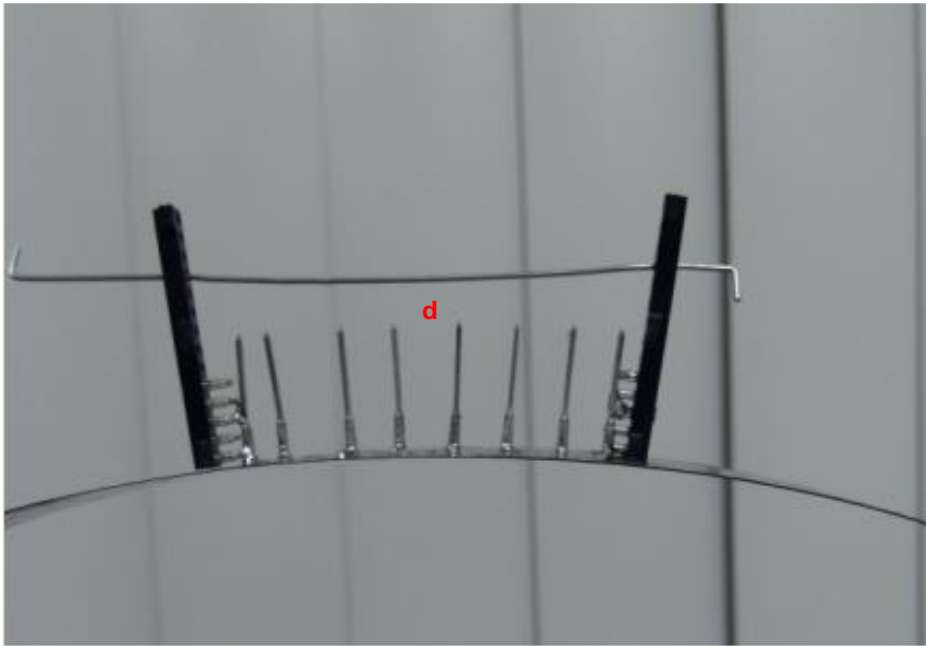
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 199. Factor K infinito, radio de la tierra infinito, suelo recto, distancia d máxima.



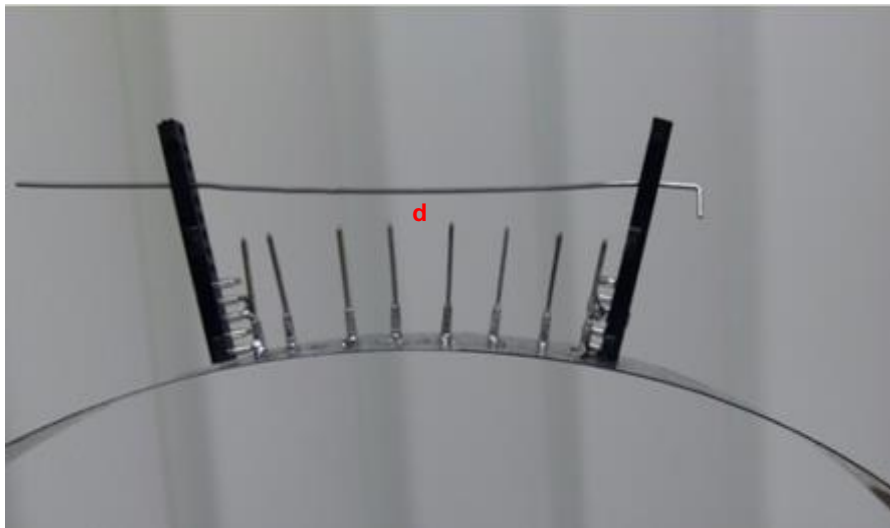
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 200. $K=4/3$, $r'=4/3 r$. Obsérvese la distancia d entre los árboles y la línea de vista



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 201. $K=1$. Radio real de la Tierra, $r'=r$



Elaborado por: Paco Ortiz

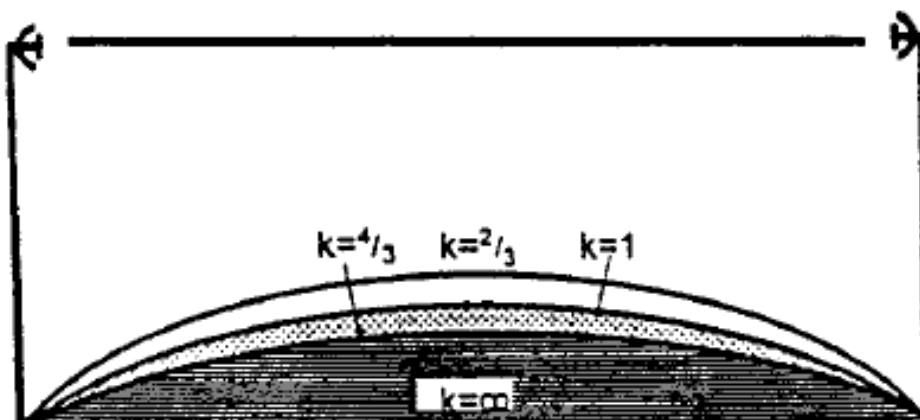
Gráfico 202. $K=2/3$. La distancia d entre los árboles y la línea de vista disminuye notablemente (K adverso)



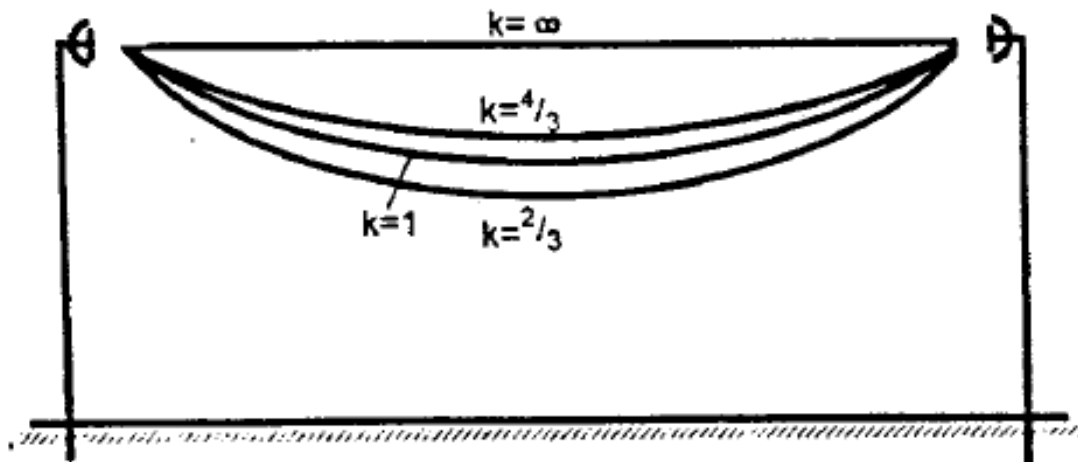
Elaborado por: Paco Ortiz

Como podemos comprobar, la distancia entre el suelo y el rayo de microondas, varía de acuerdo a la refracción que sufre el mencionado rayo. Cuando $K=4/3$ dicha distancia aumenta ligeramente respecto al $K=1$ (radio real del planeta). Cuando $K=2/3$ por el contrario dicha distancia disminuye y este comportamiento determina la posibilidad de que la zona de Fresnel se obstruya (clima adverso).

Gráfico 203. Modelo de rayo recto y tierra curvada (fotografías anteriores).



Fuente: (K&K engineering, 1995)
 Elaborado por: Paco Ortiz
 Gráfico 204. Modelo de rayo curvo y suelo plano.



Fuente: (K&K engineering, 1995)
 Elaborado por: Paco Ortiz

Existen programas computacionales que nos permiten graficar la primera zona de Fresnel sobre la línea de vista y simular las condiciones de propagación anotadas para, en función de éstas, determinar la factibilidad del enlace y las alturas de antena adecuadas.

Visualización a escala real de la zona de Fresnel.

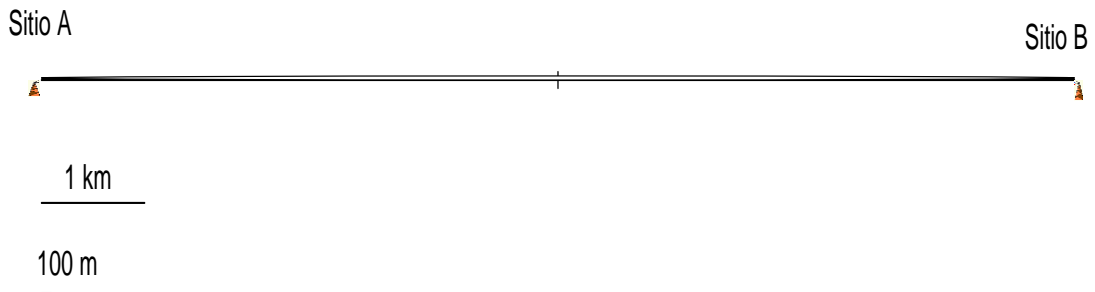
En un ejemplo anterior, calculamos el radio de la primera zona de Fresnel a la mitad de trayecto de 50 km, donde obtuvimos el mayor valor, en este caso 24.5 metros. Esto significa que el diámetro en ese punto es de casi 50 metros. Cincuenta metros a la frecuencia de 6 GHz, en un enlace de 50.000 metros, quiere decir que el elipsoide de Fresnel no es tan parecido a una sandía sino más bien a una pajilla de páramo.

Pongámonos otro ejemplo que nos permita graficar más o menos a escala. Digamos que tenemos un enlace de 10 km, a la frecuencia de 4.2 GHz. El radio de la zona de Fresnel a la mitad del trayecto será:

$$R F1 = 13.35 \text{ m.}$$

Es decir el diámetro de la elipse será de 26.7 metros. Tratemos de graficar con estos datos:

Gráfico 205. Zona de Fresnel graficada a escala, más real, es una elipse, pero ya no parece una sandía. Torres de 100 metros de altura en A y B



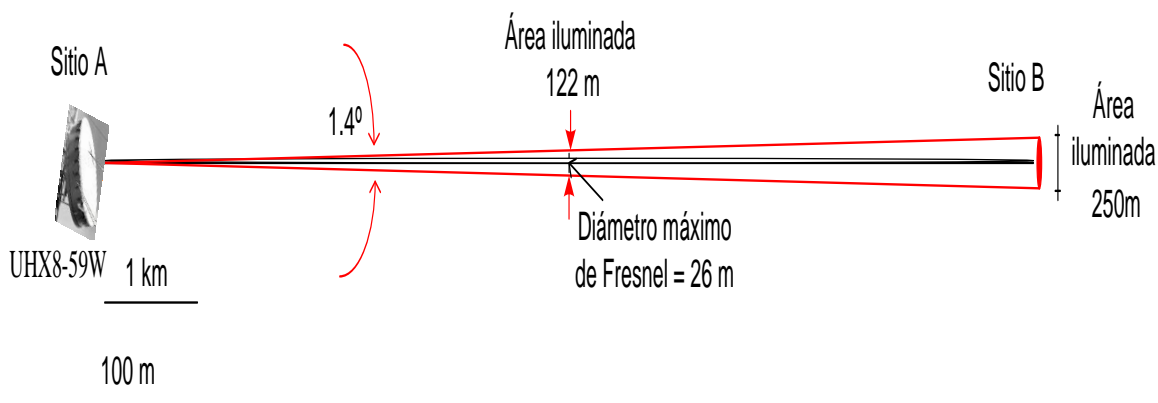
Elaborado por: Paco Ortiz

Cabe destacar que agrandar el tamaño de las antenas no agranda el tamaño de la zona de Fresnel como erróneamente podría pensarse; nótese que en la fórmula de cálculo $RF1$ solo consta la longitud de onda λ que depende de la frecuencia y, las distancias.

Relación entre la primera zona de Fresnel y el lóbulo principal de la antena.

Tanto el lóbulo principal de la antena, como la primera zona de Fresnel, están orientados según la dirección del radioenlace. Analicemos con un ejemplo cual es la relación entre los dos conceptos, para ello sobre la base de la figura #205, grafiquemos el lóbulo principal de la antena UHX8-59W, cuyo lóbulo de radiación es de $\pm 0.7^\circ$.

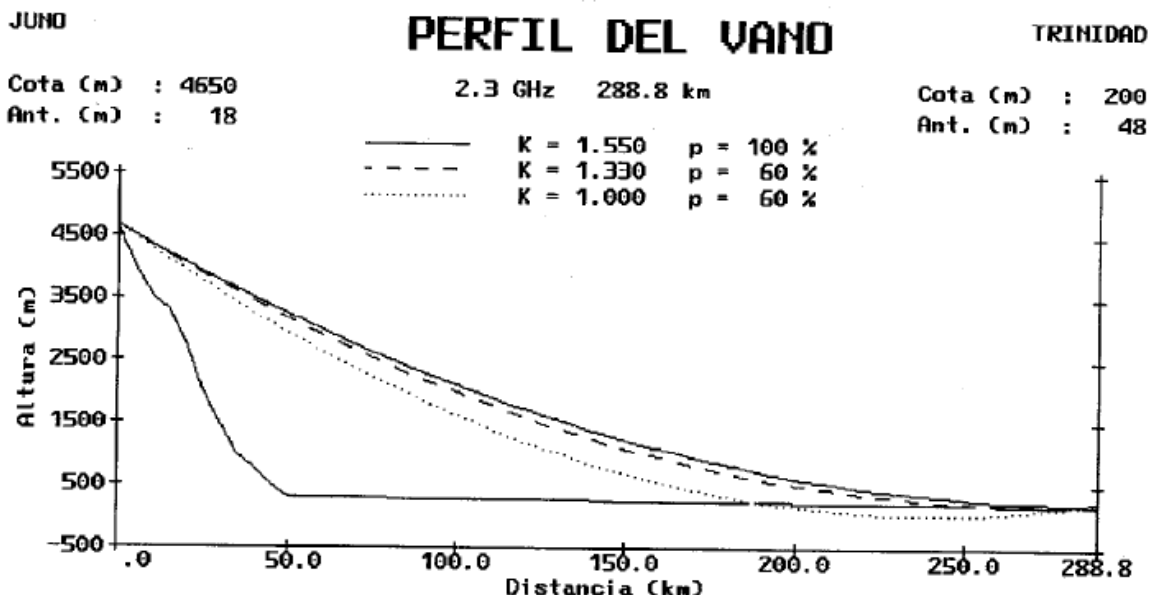
Gráfico 206. Comparación entre la primera zona de Fresnel y el área iluminada por el ancho de lóbulo de la antena UHX8-59W.



Elaborado por: Paco Ortiz

Como podemos observar, la primera zona de Fresnel está contenida dentro del área que la antena cubre debido a su ancho de lóbulo. Por lo tanto podemos afirmar que la primera zona de Fresnel, originariamente definida para el radiador isotrópico, se aplica también a las antenas directivas, incluso en el caso extremo de las antenas parabólicas.

Gráfico 207. Ejemplo del modelo de rayo curvado y tierra plana. Este SW grafica solo la parte inferior de la primera zona de Fresnel. Con $K=2/3$ este enlace es imposible.



Fuente: (Ortiz et al., 2000).

Elaborado por: Paco Ortiz

El K de una zona, se lo puede estudiar instalando un enlace de prueba, con un perfil rasante y observando cómo se comporta a lo largo del año.

A continuación un ejemplo del trabajo que realiza un programa computacional para cálculo de enlaces, antiguo, pero evidencia el uso de los conceptos fundamentales:

Gráfico 208. Ejemplo de SW para cálculo de radioenlaces

XVIII Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

SIEMENS TELECOMUNICAZIONI MILANO - ITALIA

CALCULO DEL TRAMO					
Longitud	: 288.8 km	Frecuencia:	2.3 GHz	Cod. Equipo:	136
Equipo	: CTR 190/2	Mod. :	4 PSK	Capacidad:	34 Mb/s
LOCALIDADES		JUNO	TRINIDAD		
Tipo de Antena	:	C-STAR40-019	C-GRID60-019		
Ganancia	(dB) :	36.2	39.7		
Tipo de Feeder	:	HF1 5/8"Cu2Y	HF1 5/8"Cu2Y		
Perdida cada 100 m	(dB/100m) :	3.4	3.4		
Longitud del Feeder	(m) :	40.0	60.0		
Perdida del Feeder	(dB) :	1.4	2.0		
Perdida del Branching	(dB) :	2.00	2.00		
Atenuador en TX	(dB) :	.0	.0		
Atenuador en RX	(dB) :	.0	.0		
CALCULO DEL TRAMO		Rx: JUNO	Rx: TRINIDAD		
Potencia de Equipo	(dBm) :		37.5		
Perdida de Espacio Libre	(dB) :		148.9		
Perdidas Adicionales	(dB) :		.0		
Perdidas por Obstruccion	(dB) :		8.0		
Perdida Neta del Tramo	(dB) :	88.4	88.4		
Potencia Recibida	(dBm) :	-50.9	-50.9		
Degr. de Umbral por Interf.	(dB) :	.0	.0		
Degr. de Umbral por Reflex.	(dB) :		.0		
PREDICION DE COMPORTAMIENTO					
BER = 10 ^[-3]					
Umbral	(dBm) :		-84.0		
Margen de Fading Plano	(dB) :	33.1	33.1		
Outage (No Protejido)	(%) :	1.64E+00	1.64E+00		
Outage con Diversidad	(%) :	2.09E-01	2.09E-01		
BER = 10 ^[-6]					
Umbral	(dBm) :		-80.0		
Margen de Fading Plano	(dB) :	29.1	29.1		
Outage (No Protejido)	(%) :	4.53E+00	4.53E+00		
Outage con Diversidad	(%) :	1.11E+00	1.11E+00		
CONFIGURACION DEL RECEPTOR		PARAMETROS DE PROPAGACION			
Config. de Canales (P+R)	1 + 1	Rugosidad	42 m		
Espac. entre Antenas	20.0 m	Expon. B de Frecuen.	1.00		
Espac. entre Canales	28.00 MHz	Expon. C de Distan.	3.00		
Int.Canal Adyac. no Considerada		Coefficiente Climatico	3.10E-05		
		Factor de Ocurrencia	1.33E+01		

TABLA # 1

Fuente: (Ortiz et al., 2000)

Elaborado por: Paco Ortiz

Puede notarse la definición de dos umbrales de recepción, el uno para un BER de $10E-6$ y otro, generalmente 3 dB más abajo, para un BER de $10E-3$. El umbral es dato de fábrica, en ausencia de interferencia. En caso de existir interferencia los valores de umbral se degradan (suben, ya que el equipo necesita más potencia para escuchar por encima de la interferente). También un ROE bajo degrada los umbrales de recepción (por ejemplo 3 dB de degradación con un ROE de 15 dB equivale a un umbral de -77dBm @ BER $10E-6$ en el equipo del ejemplo).

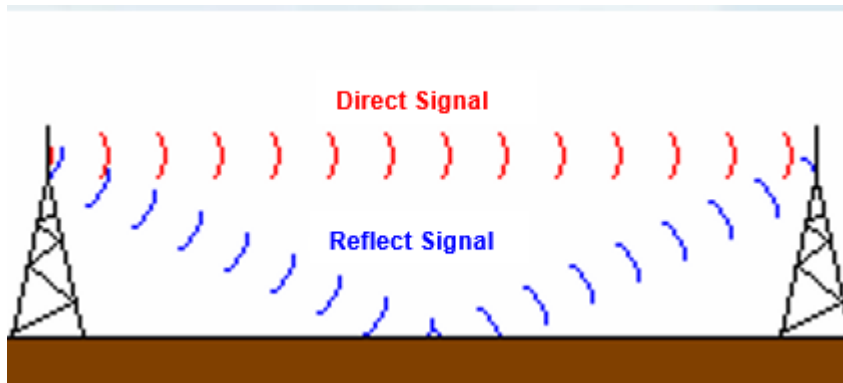
Fenómeno de reflexión

Dependiendo de su frecuencia, las señales electromagnéticas se reflejan en superficies metálicas, en paredes de cemento, en la tierra seca, en el agua sobre todo salada, en la vegetación cuando está mojada, etc. En frecuencias de telefonía celular y en general en servicios de radio difusión (broadcast) la señal que llega al usuario puede provenir de múltiples reflexiones y rebotes y el sistema funciona con normalidad. No así en los enlaces punto a punto de microondas donde la señal reflejada (o también llamada de multicamino) provoca efectos indeseables de desvanecimiento de la potencia recibida.

El punto de reflexión se calcula de una manera puramente geométrica con ayuda del SW adecuado, aunque muchas veces según el SW no hay problema de reflexión, pero en la realidad si se produce en determinadas épocas del año y solo a determinadas horas del día, llegando a anular de tal modo y de manera insistente la potencia recibida que los servicios de telefonía pueden ocasionar malestar entre los usuarios. El fenómeno de reflexión es muy común en enlaces largos de más de 20 km o que atraviesen tierras planas o agua

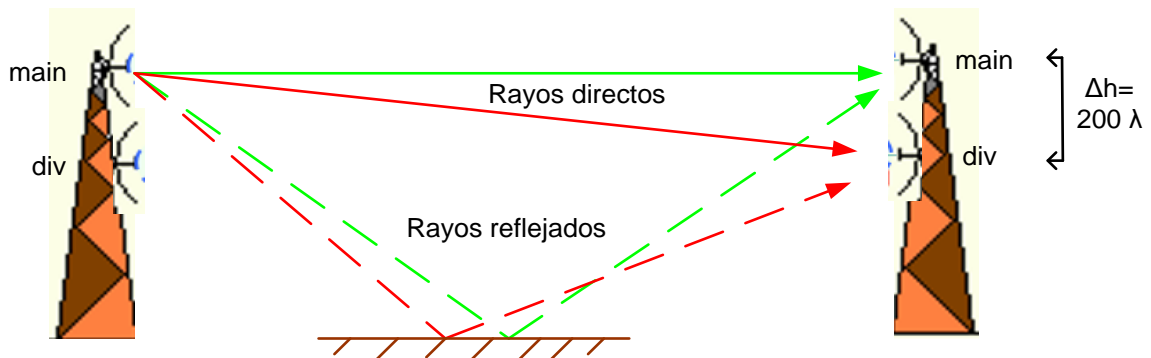
salada. Se estima que un 15-20% de enlaces sufren de este fenómeno. Sin embargo hay métodos para contrarrestar este efecto: la diversidad de espacio, de frecuencia, de polarización, o las tres sumadas.

Gráfico 209. Fenómeno de reflexión, el rayo reflejado, si llega en contrafase, llega a anular al rayo directo.



Fuente: (Siemens AG, 2003)
Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 210. La diversidad de espacio contrarresta la reflexión.



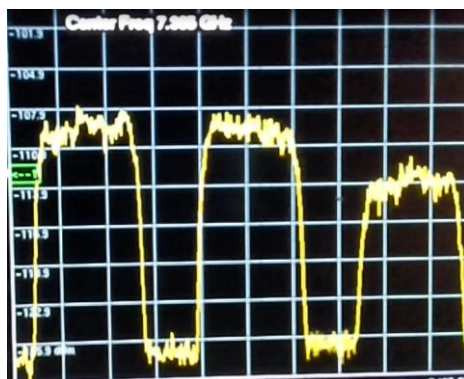
Fuente: (Siemens AG, 2003)
Elaborado por: Paco Ortiz

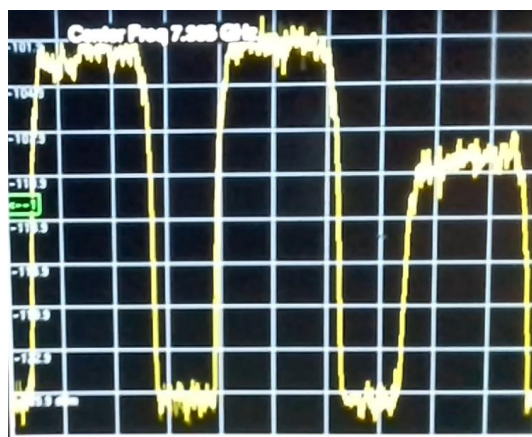
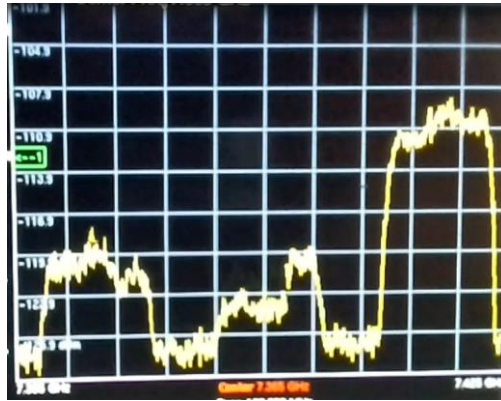
En un sistema de diversidad de espacio, la antena principal (MAIN) transmite y recibe, mientras que las antenas de diversidad (DIV) solo reciben. Si en un cierto instante en la antena principal se da el caso de que el rayo reflejado llegue en contrafase y anule el rayo

principal, es muy poco probable que, simultáneamente, lo mismo suceda en la antena de diversidad, debido al recorrido diferente de los trayectos seguidos por los rayos.

La reflexión puede afectar dependiendo de la frecuencia, por ejemplo estos espectros tomados en un enlace con fuerte reflexión:

Gráfico 211. Esta secuencia demuestra que la reflexión no afecta por igual a los espectros centrados en distinta frecuencia. Por este motivo se recomienda combinar diversidad de espacio con diversidad de frecuencia en enlaces dificultosos.





Elaborado por: Paco Ortiz

Desvanecimiento por lluvia

La lluvia puede causar problemas de propagación sobre todo a partir de los 10 GHz. La intensidad de la lluvia depende de la zona del planeta en que nos encontramos y se mide en mm/hora. Para medir la intensidad de la lluvia, a más de un cronómetro, necesitamos un pluviómetro como el que se muestra en la siguiente figura. El pluviómetro debe ser instalado en un jardín o en un campo abierto, lejos de árboles y paredes, para que la medición sea lo más exacta.

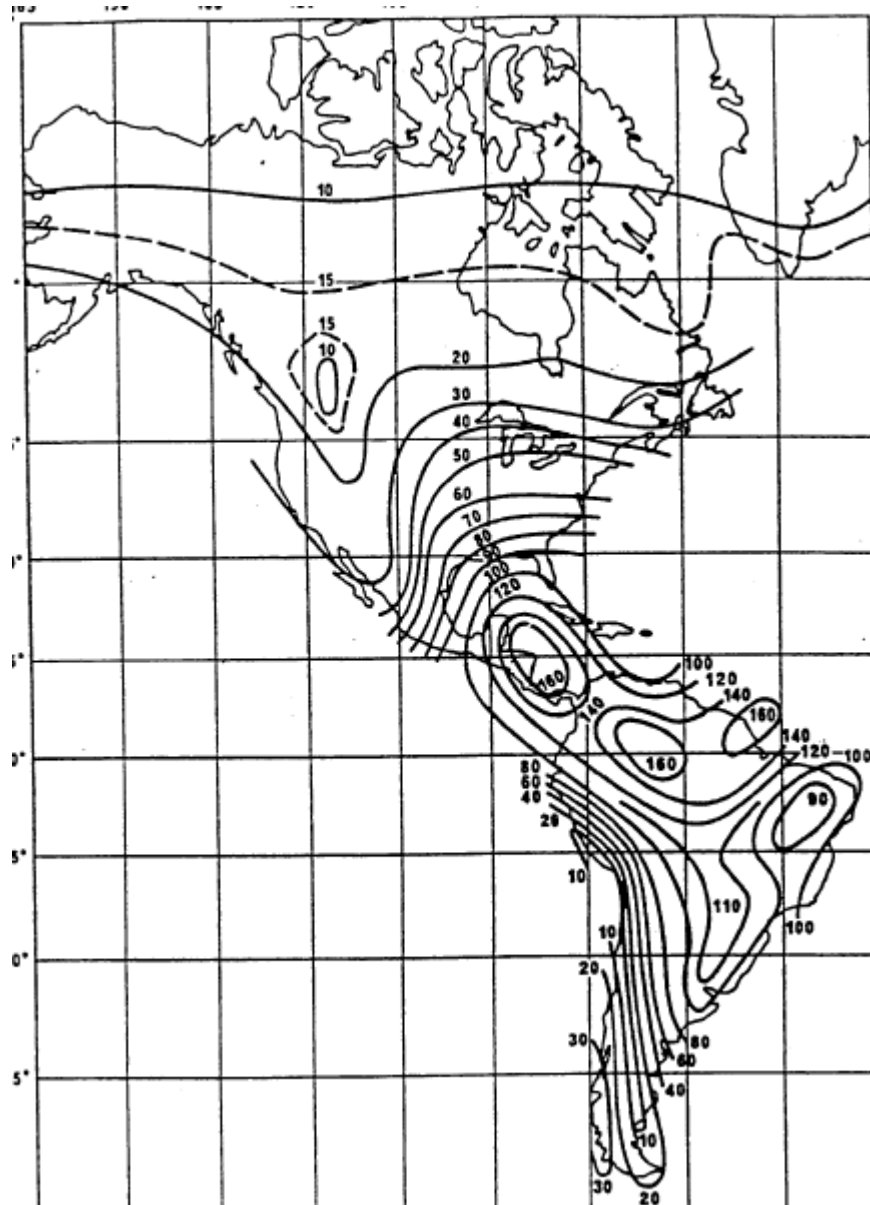
Gráfico 212. Pluviómetro.



Elaborado por: Paco Ortiz

Para fines de telecomunicaciones, la UIT ha establecido una zonificación a nivel mundial con curvas que indican las lluvias más fuertes esperadas.

Gráfico 213. Zonas de intensidad de lluvia. Atlas mundial.



Fuente: (K&K engineering, 1995)
Elaborado por: Paco Ortiz

Se nota que la costa noroccidental de sud américa se halla en una zona de hasta 120 mm/h.

Gráfico 214. Atenuación por lluvia, dependiendo de la frecuencia.

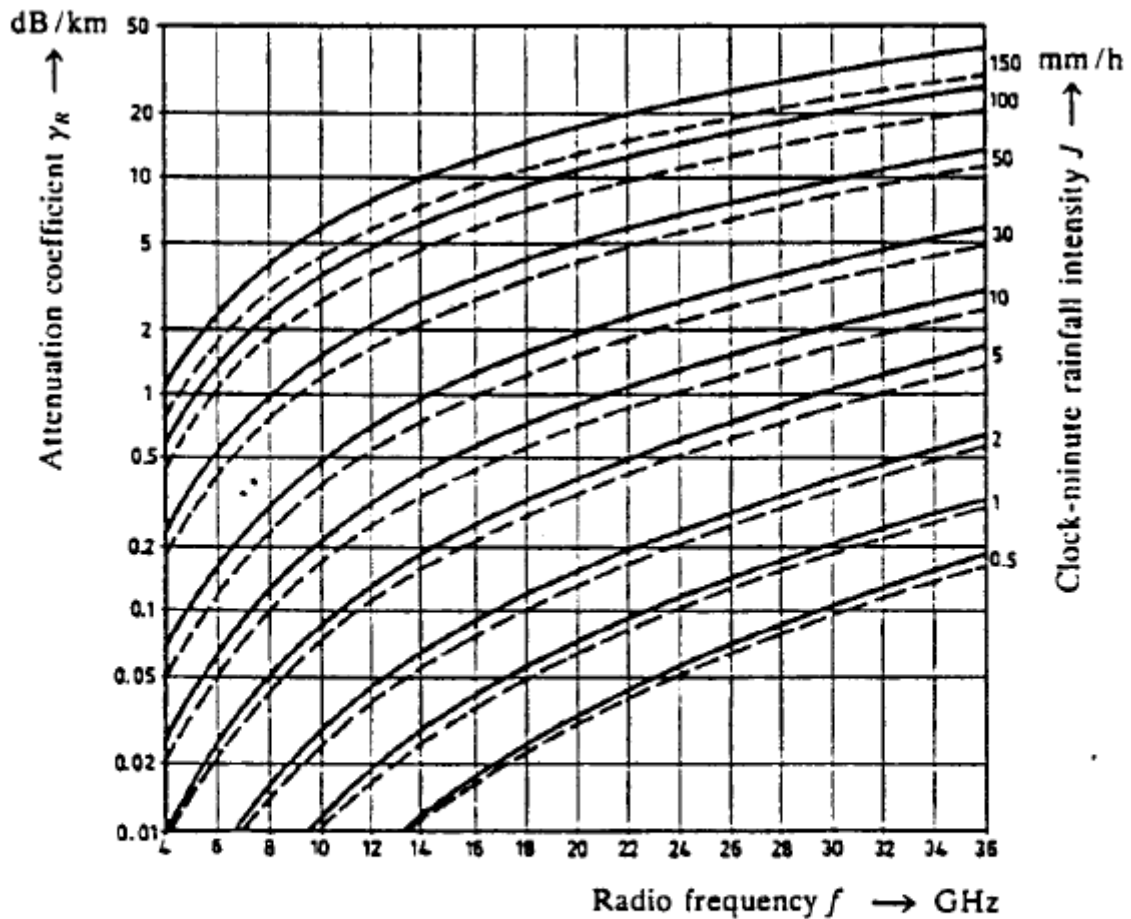


Figure 2-12 Attenuation coefficient, γ_R (dB/km), versus radio frequency f (GHz) for various clock-minute rainfall rates $J_{0.01}$ (mm/h) (CCIR Rep.721)

— horizontal polarization
 - - - vertical polarization

Fuente: (K&K engineering, 1995)

Elaborado por: Paco Ortiz

De la gráfica anterior, una lluvia fuerte de 100 mm/h, puede ocasionar una atenuación de 2 dB/km a la frecuencia de 8 GHz. Pero es misma lluvia provocaría una atenuación de 10 dB/km a 18 GHz. Esta es la razón por la cual las frecuencias más altas se usan solo para enlaces urbanos de corta longitud (hasta unos 5 km). En la práctica, los aguaceros pueden tener grosores de unidades de kilómetros. Por ejemplo es raro que llueva en toda la ciudad,

al mismo tiempo y con la misma intensidad. Suele suceder también que hay aguaceros separados, es decir llueve en el norte, está seco en el centro y llueve fuerte en el sur. También el SW realiza una estimación de indisponibilidad por lluvia.

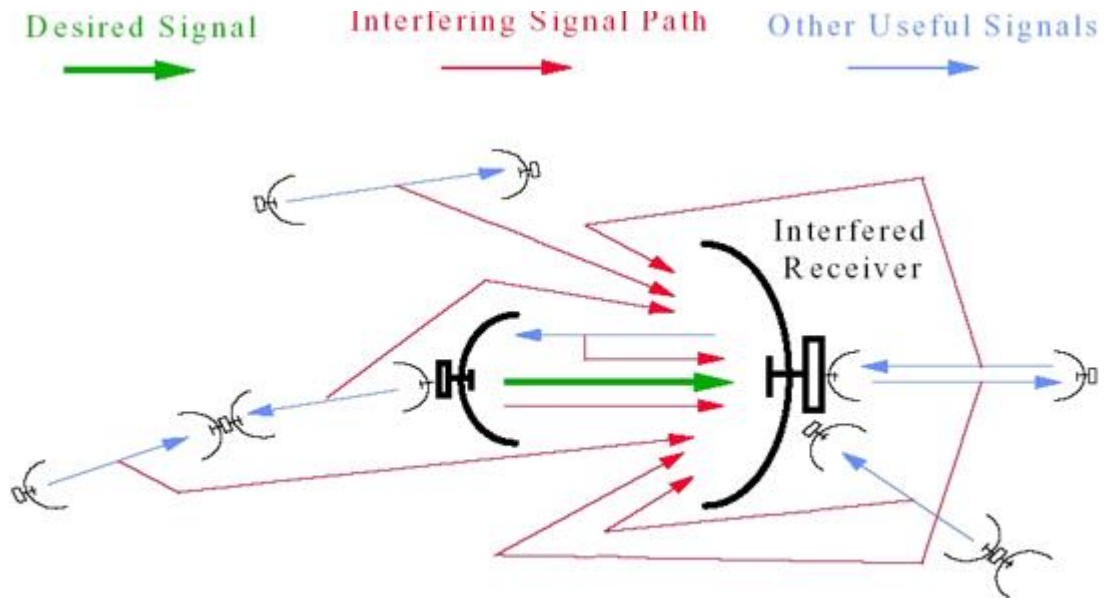
Interferencia de señales radioeléctricas

Básicamente, una señal radioeléctrica está caracterizada por su potencia y por su frecuencia. Debido al principio de superposición de las ondas, dos o más señales pueden coexistir en un mismo medio y por lo tanto podrán ser identificadas, siempre y cuando sean de frecuencias distintas.

Pongamos un ejemplo muy sencillo de reproducir en un aula de clase. Proponemos a un estudiante que diga su nombre completo en forma repetida. El profesor le escucha y le entiende sin problema. Luego le pedimos a otro estudiante que haga lo mismo y al mismo tiempo que el primero. El profesor ya casi no entiende a ninguno de los dos. Peor aún si empieza un tercer estudiante. En ese caso, el profesor ya no entiende a ninguno de los tres. Y no es que haya quedado sordo, simplemente que en su oído (el receptor) las ondas acústicas se superponen en las mismas frecuencias (de audio) y por lo tanto resulta humanamente imposible entender el significado de ese ruido. Queda la posibilidad de pedirle al primer estudiante que alce la voz, de tal manera que se le pueda entender por encima de los demás (incremento de la relación señal a ruido).

Por lo tanto la interferencia es cuando dos o más señales arriban a un mismo receptor en frecuencias iguales o similares.

Gráfico 215. Escenario de interferencia

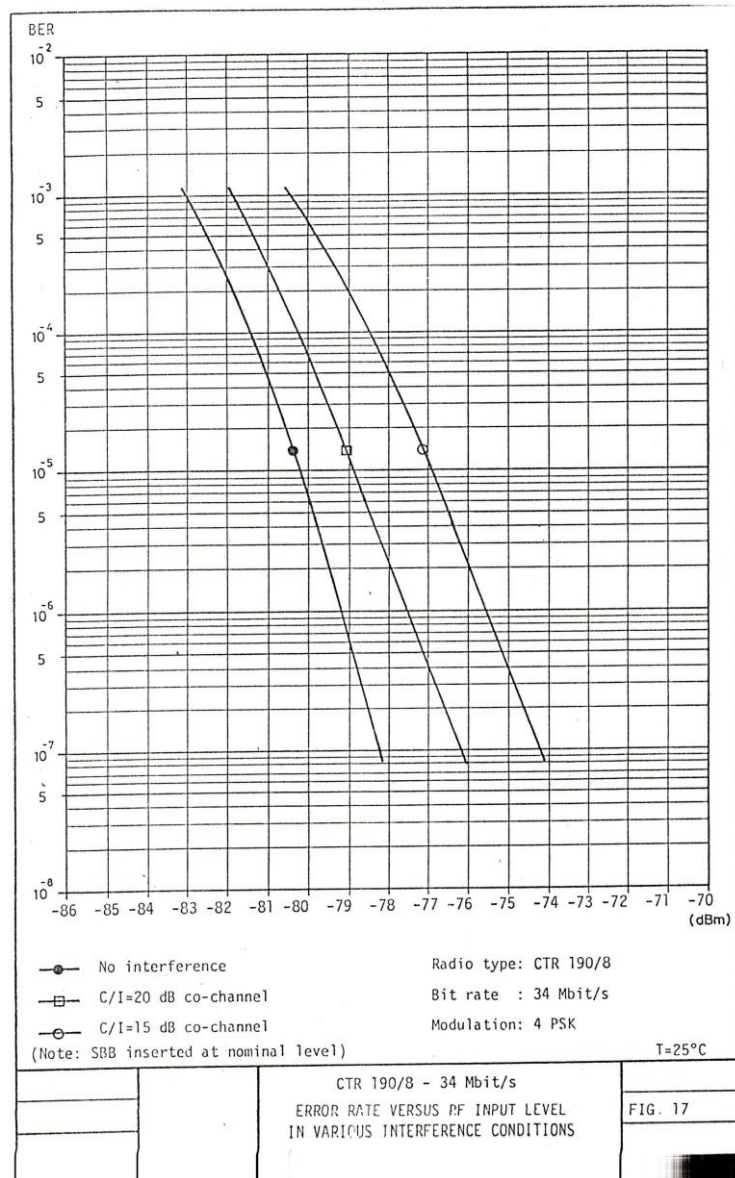


Fuente: (Siemens AG, 2003)
Elaborado por: Paco Ortiz

En radiocomunicaciones el resultado es degradar el umbral del receptor. Si el equipo de microondas se cortaba en un umbral $10E-6$ de -80 dBm, cuando existe interferencia lo hará en -77 (3 dB de degradación) o en -70 dBm (10 dB de degradación), etcétera, dependiendo de que tan fuerte es la interferente (I) con respecto a la señal deseada (Carrier C). Para esto, el fabricante del equipo de microonda provee una curva de la degradación del umbral versus la señal C/I.

$$\frac{\text{portadora}}{\text{interferente}} = \frac{\text{carrier}}{\text{interference}} = \frac{C}{I} \text{ (dB)}$$

Gráfico 216. Degradación de umbral por interferencia.

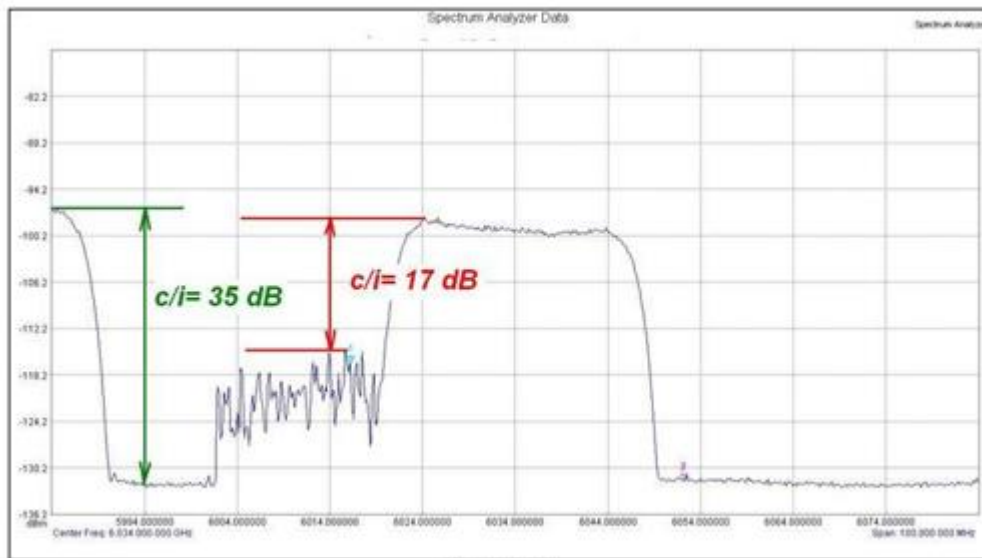


Fuente: (Siemens Telecomunicazioni, 2001)

Elaborado por: Paco Ortiz

Lo deseable es que los enlaces de radio funcionen libres de interferencia, pero esto a veces no es así. En ciertos casos la relación C/I es tal, que el equipo receptor entra en zona de HBER, tasa de errores $10E-3$ y por lo tanto suministra AIS (alarm indication signal, todo 1s, es decir señal de banda base sin información, solo relleno) con lo cual la caída del canal queda declarada.

Gráfico 217. Canal izquierdo OK, canal derecho K.O por efecto de la interferencia.



Elaborado por: Paco Ortiz

Planificación de frecuencias

El espectro radioeléctrico es considerado como un recurso natural de un país. Pero es un recurso geográficamente limitado. Es decir que, una vez que se está usando una porción de espectro (centrado a una cierta frecuencia) en una cierta ubicación, no puede ser asignada esa misma porción de espectro a otro servicio en esa misma zona geográfica porque se causarían interferencia mutua y ninguno de los dos servicios trabajaría adecuadamente.

Para evitar problemas de interferencia, en microondas se realiza el llamado “plan de frecuencias”, que consiste en asignar tanto canal de frecuencia como polarización a cada uno de los enlaces requeridos. Las frecuencias que se asignan se extraen directamente de la canalización aprobada por el ente regulador de las telecomunicaciones de un país el cual está basado en las normas de la UIT.

Ilustremos con un ejemplo. Un operador celular (nuestro cliente), desea cubrir con su servicio el pueblo X. Para llegar a esta población, es necesario instalar tres enlaces de microondas. El ente regulador ha asignado la banda de 8 GHz para efectuar esta interconexión. El cliente desea varias opciones para llegar con 800 Mb/s hasta esta población.

Tabla 48. Canalización de frecuencias en 8 GHz

RANGO [7900 - 8400] MHz		
AB [MHz]: 28	SHIFTER [MHz]: 266.00	
No. Canal	Frecuencias Tx (MHz)	Frecuencias Rx (MHz)
1	7926	8192
2	7954	8220
3	7982	8248
4	8010	8276
5	8038	8304
6	8066	8332
7	8094	8360
8	8122	8388

Fuente: (Arcotel, 2017)
Elaborado por: Paco Ortiz

El equipo ofertado al cliente es capaz de entregar una velocidad neta (conocido como “throughput”) de 200 Mb/s por cada canal de RF, con una modulación de 512 QAM. Por lo tanto requerimos el equivalente a 4 portadoras para cumplir el ancho de banda digital solicitado.

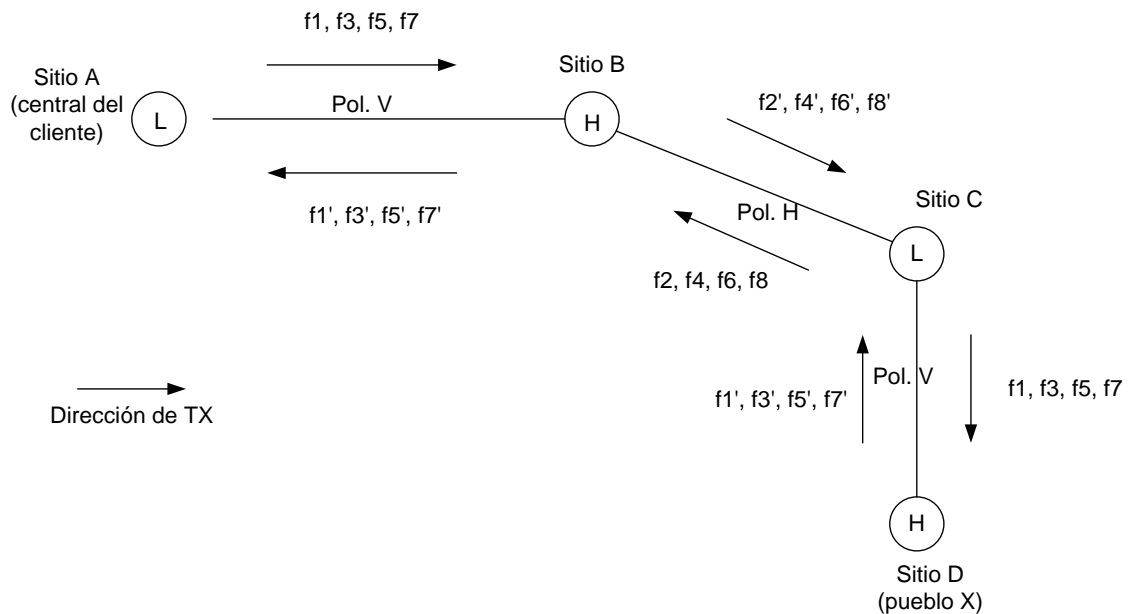
Tabla 49. Análisis de la banda de 8 GHz.

semigama baja (L)		semigama alta (H)	
f1	7926	f1'	8192
f2	7954	f2'	8220
f3	7982	f3'	8248
f4	8010	f4'	8276
f5	8038	f5'	8304
f6	8066	f6'	8332
f7	8094	f7'	8360
f8	8122	f8'	8388

Elaborado por: Paco Ortiz

Analizando la banda disponible de 8 GHz, observamos que tiene un shifter de 266 MHz. Observamos que las frecuencias están dadas en parejas (posibilita la comunicación bidireccional), las cuales forman parte de dos semigamas, semigama alta (H) y semigama baja (L). Las frecuencias f enteras asignamos a la semigama baja y las frecuencia f' primas, asignamos a la semigama alta. Existe un total de 8 radiocanales disponibles.

Gráfico 218. Solución #1. Polarización alternada

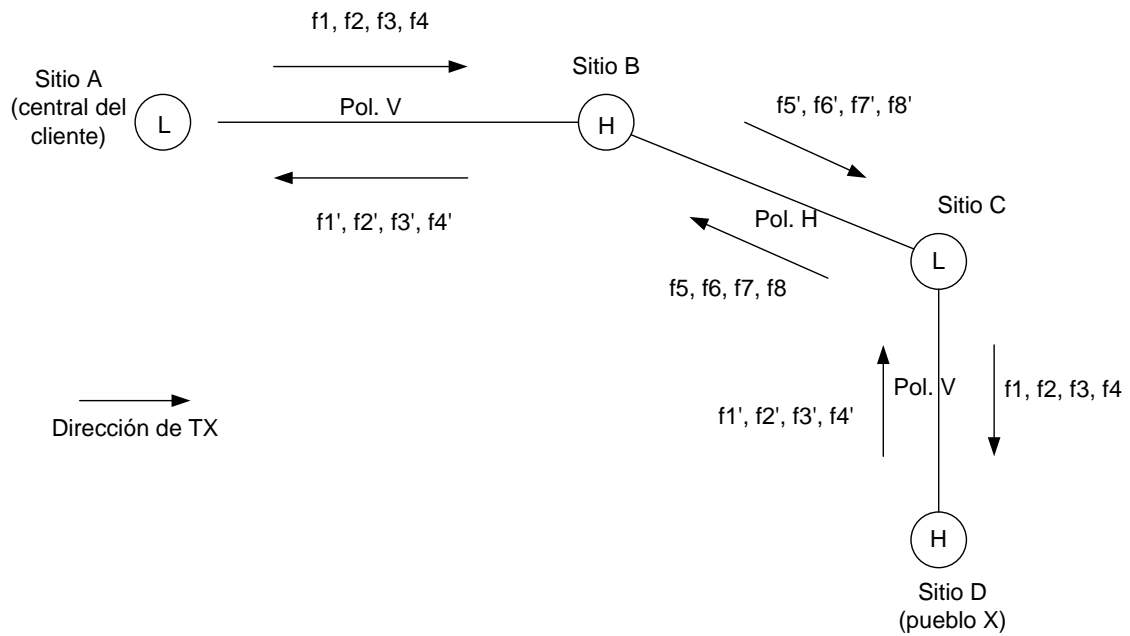


Elaborado por: Paco Ortiz

Esta solución #1, se conoce como plan de frecuencias en polarización alternada. Nótese que los enlaces contiguos tienen la polarización opuesta (cruzada). El enlace AB está en polarización Vertical, el enlace BC está en Horizontal y el enlace CD está en Vertical. Esto se hace para minimizar interferencia entre enlaces adyacentes. Note también que en el enlace AB se han definido las frecuencias impares, en el enlace BC las pares y en CD las impares nuevamente, también con objeto de minimizar interferencia.

Otro detalle muy importante es que los nodos A y C son nodos que transmiten la semigama baja, o simplemente las “bajas” (notación L). Mientras que los nodos B y D transmiten las “altas” (notación H). Este detalle es muy importante puesto que en un plan de frecuencias, un nodo debe transmitir ya sea altas o bajas, en todas las direcciones. Si un nodo transmite altas en una dirección y en otra transmite bajas, se llama violación altas-bajas, lo cual acarrea autointerferencia, o también llamada interferencia intrasistema. El piso de ruido de un receptor puede resultar innecesariamente elevado debido a la cercanía (física y en frecuencia) de un transmisor (potencia alta) que esté en su misma semigama.

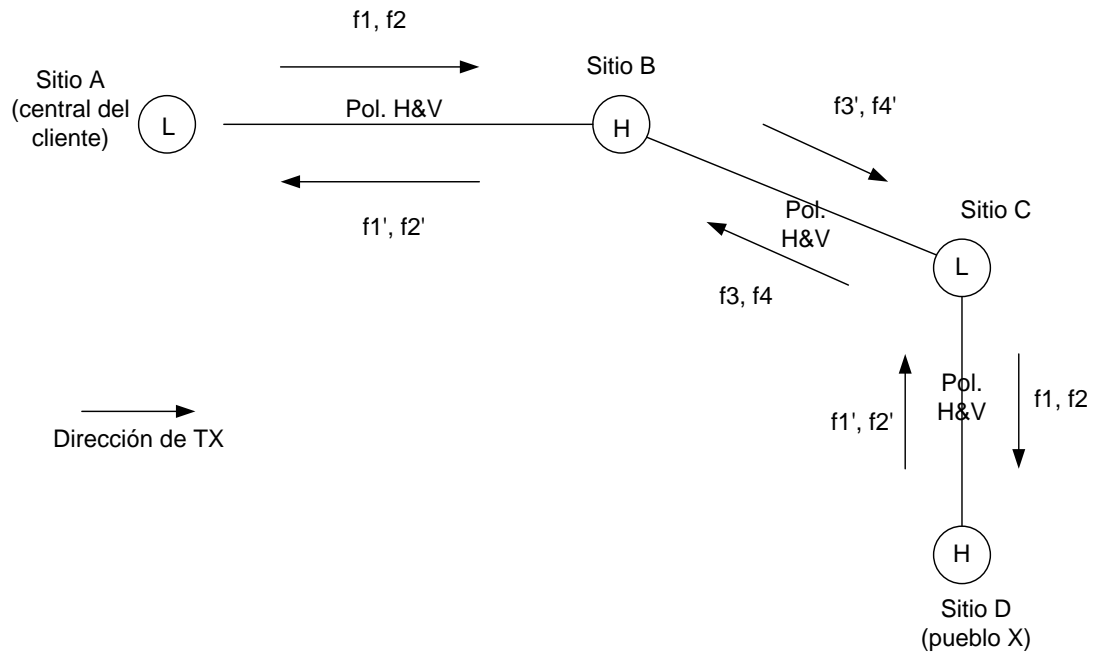
Gráfico 219. Solución #2. Canal adyacente.



Elaborado por: Paco Ortiz

La solución #2 es similar a la solución #1, la diferencia es que ya no es necesario saltarse una portadora en el mismo enlace, hemos podido poner juntas f_1, f_2, f_3, f_4 gracias a que en la actualidad los filtros de RF permiten la configuración de canal adyacente, lo cual hace 20 años era imposible. Debido a la separación de frecuencias, bien pudimos haber puesto el enlace BC también en polarización Vertical.

Gráfico 220. Solución #3. Uso de tecnología co-canal.

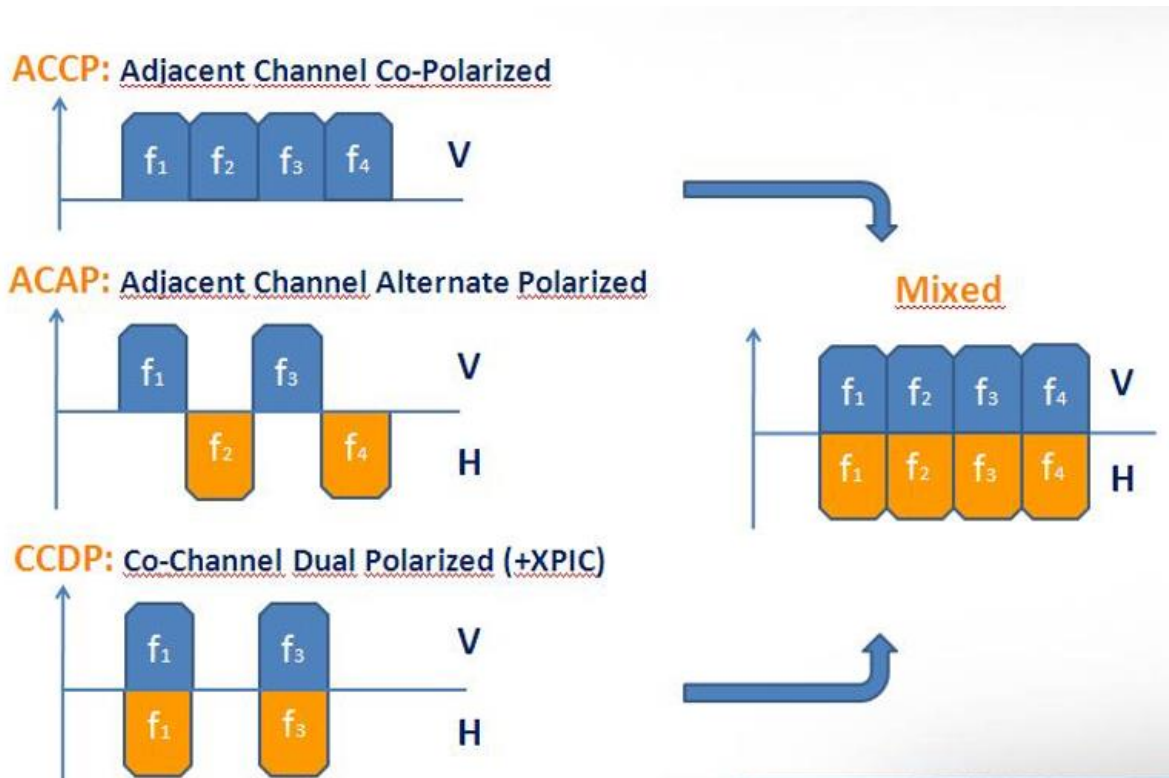


Elaborado por: Paco Ortiz

La solución #3 involucra dos adelantos sustanciales en la tecnología de radio de microonda. La primera, al igual que la solución #2, el uso de canal adyacente en la misma polarización (copolarizado) y la segunda, el hecho de que se puede transmitir dos canales de banda base en la misma portadora de radiofrecuencia por medio del uso de sus dos polaridades H y V (tecnología co-canal)

La siguiente figura resume las alternativas utilizadas en las soluciones planteadas.

Gráfico 221. Uso eficiente del espectro.



Fuente: (SIAE Microelettronica S.p.A, 2015)
Elaborado por: Paco Ortiz

La tecnología co-canal es posible gracias al desarrollo del circuito denominado “XPIC” (cancelador de interferencia de polarización cruzada, cross polar interference canceller) funcionando en conjunto con antenas de doble polarización y alto factor XPD (40 dB). La señal en polarización V, que llegue al receptor de polarización H, será atenuada por el XPIC alrededor de 18 dB. Esto, junto con el XPD de la antena, proporciona una relación C/I de 58 dB, con lo cual el funcionamiento y la duplicación de capacidad está garantizada.

Gracias a la intervención de tres adelantos tecnológicos: la modulación 512QAM o superior, los filtros de RF que admiten canal adyacente y el sistema co-canal, se ha logrado un uso realmente eficiente del espectro radioeléctrico. En nuestro ejemplo, la solución #3 proporciona 800 Mb/s en solo dos portadoras de RF.

De esta manera, para mejor aprovechamiento de este recurso natural limitado, se desaconseja el uso de antenas parabólicas estándar (solo plato) y se recomienda el uso de la tecnología XPIC siempre que sea posible.

Estudio de caso, enlace Tarapoa- Shushufindi.

En el año 2005 se realiza una visita técnica al enlace existente entre las localidades de Shushufindi y Tarapoa, cercanas a la ciudad de Nueva Loja. Aparentemente la torre de Shushufindi se mueve con el viento y está provocando que el enlace de microondas (en 7 GHz, Split, con capacidad PDH 16 E1, es decir 34 Mb/s) quede fuera de servicio. Con ayuda de un registrador de campo (similar a un voltímetro pero que deja una línea impresa sobre el papel) se verifica que efectivamente la Prx en Shushufindi se atenúa más de 40 dB, sobre todo en horas de la noche. Pero, esta atenuación no se debe al movimiento de la torre, sino a problemas de reflexión en el enlace. Se recomienda equipar el enlace con diversidad de espacio para contrarrestar las reflexiones. Así se lo realiza y aparentemente los problemas se resuelven.

En el año 2016, nuevamente se tienen noticias de este enlace. Resulta que en este año fue cambiado el equipo por otra marca distinta a la inicial que fue en el 2005. La tecnología había evolucionado, y el nuevo equipo debía suministrar ya no 34 Mb/s PDH, sino 100 Mb/s Ethernet/IP en el mismo ancho de banda espectral. A mayor cantidad de información, menor Umbral, por lo tanto menor margen de desvanecimiento. Entonces los problemas se volvieron a presentar. Siempre hubo reflexión, todos los años, pero a 34 Mb/s, el umbral era de -84 dBm; a 100 Mb/s el umbral era de -74 dBm. Esos 10 dB ahora hacían falta. En vista de ello, la dirección técnica decide colocar una tercera marca de

equipo de microonda en ese enlace, con la esperanza de que tenga un comportamiento más robusto. Pero no fue así, aún con la nueva marca el enlace seguía dando problemas.

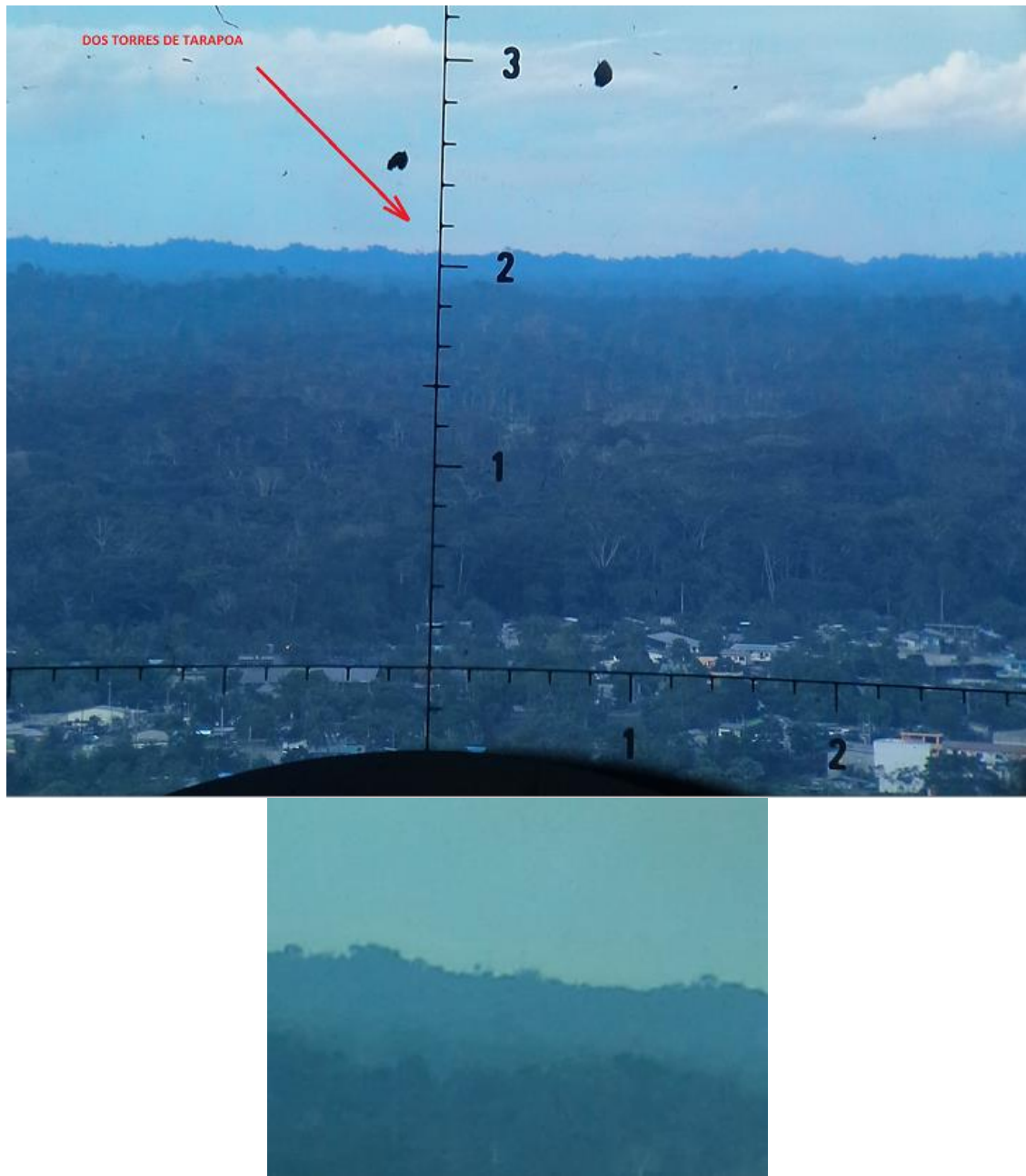
Porque el problema no era la robustez del equipo; el problema era un fenómeno natural de reflexión de las ondas radioeléctricas en una zona de clima selvático, muy variable, que depende de la época del año. Brumoso, húmedo, cálido en las mañanas, soleado y despejado en las tardes. En las noches, a veces despejado, se pueden ver claramente las estrellas, pero de pronto se nubla y empieza un terrible aguacero, con vientos huracanados, que en menos de una hora anega los campos vecinos. Por las noches, cuando está despejado se ven muchos “mecheros” como se les conoce en la industria petrolera a las llamas que queman el gas butano residual de los pozos. Cuando cae la neblina, esos mecheros, a 500 metros de distancia, que iluminaban el bosque, ya no se ven tampoco. Así es el clima en esta zona selvática, en el cual debe funcionar nuestro enlace de microondas.

Gráfico 222. Tarapoa vista desde Shushufindi, a 37 km de distancia. Obsérvese el terreno ondulado y la vegetación selvática.



Elaborado por: Paco Ortiz

Gráfico 223. Con ayuda de binoculares se logran ver las dos torres existentes en Tarapoa.



Elaborado por: Paco Ortiz

Aprovechando una situación excepcional de buen clima, se logran divisar las torres de

Tarapoa, desde los 100 metros de altura de la torre de Shushufindi.

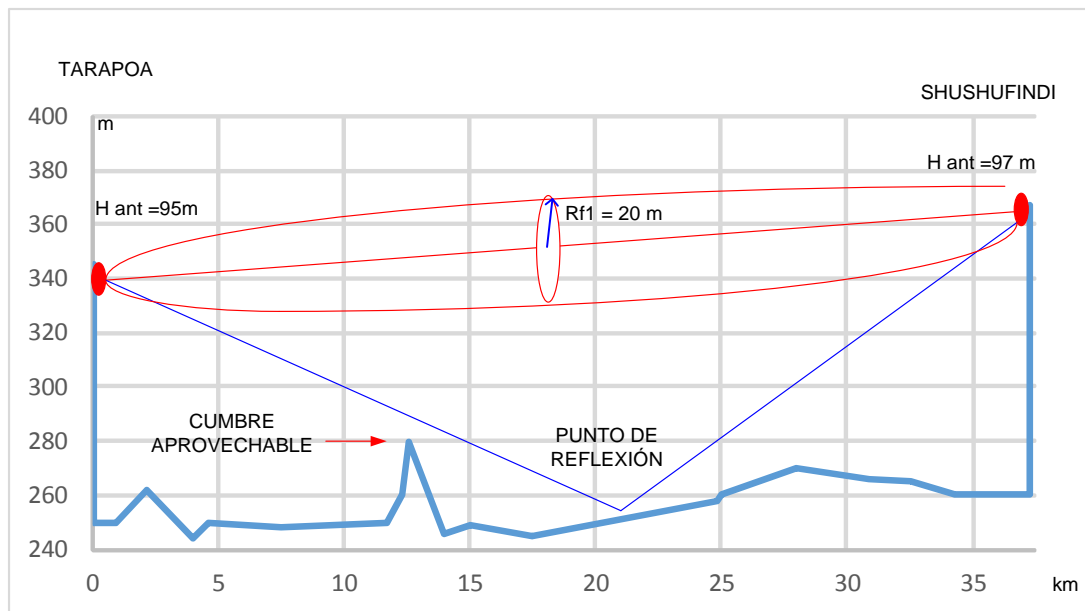
Con ayuda de cartas topográficas de escala 1:50000, se realiza el levantamiento del perfil de este radioenlace.

Tabla 50. Perfil del enlace, distancia (km) versus altura del terreno (m).

d (km)	altura (msnm)
0	250
0.11	250
1	250
2.2	262
4	244
4.6	250
7.5	248
11.7	250
12.35	260
12.6	280
14	246
15	249
17.5	245
24.8	258
25	260
28	270
30.9	266
32.5	265
34.3	260
35	260
36	260
37.29	260
37.3	270

Elaborado por: Paco Ortiz

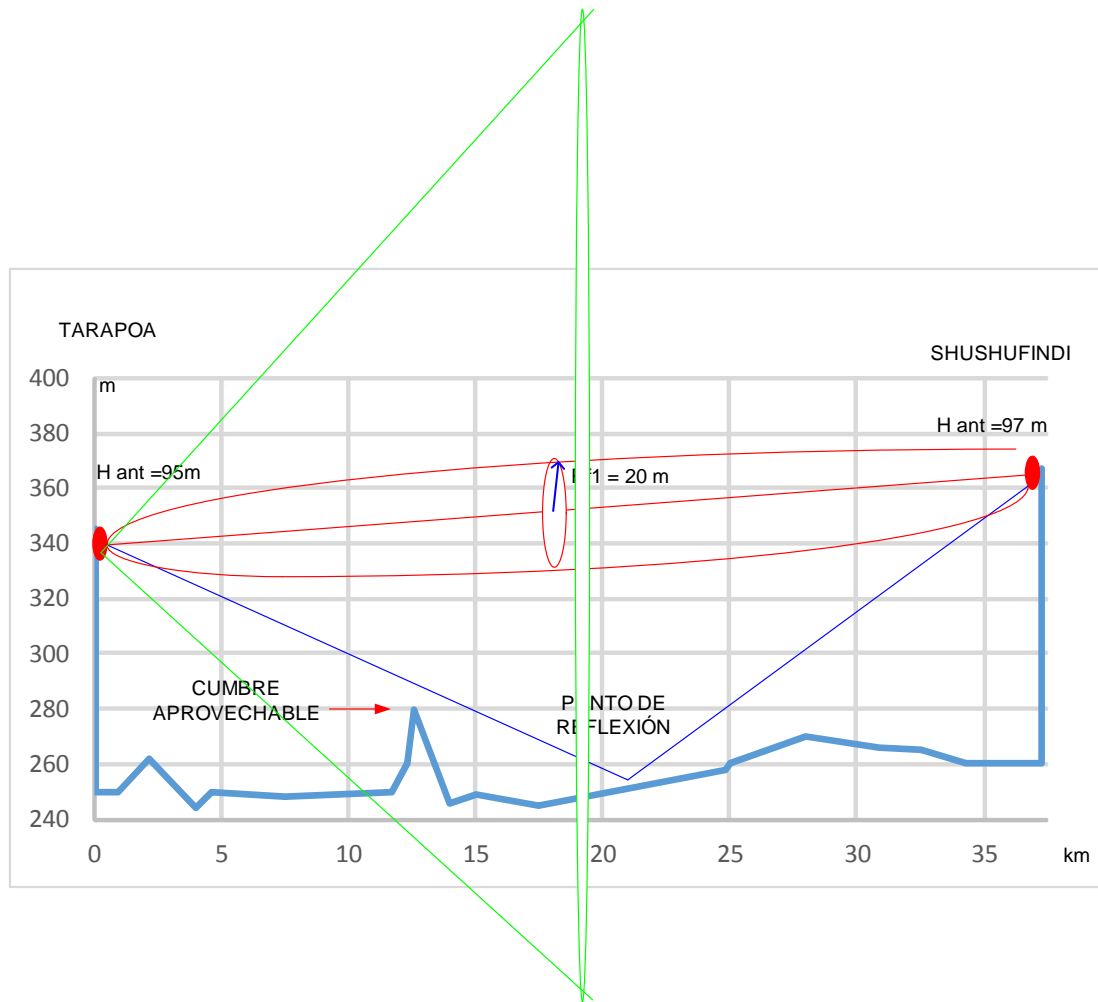
Gráfico 224. Perfil realizado en Excel.



Elaborado por: Paco Ortiz

El gráfico anterior es solamente una aproximación con fines didácticos, en la práctica existe software especializado que realiza esta función. Se ha dibujado manualmente la primera zona de Fresnel, cuyo radio a la mitad del trayecto es de 20 metros. Se ha graficado también el hipotético punto de reflexión que afecta al enlace llegando a anular la señal de potencia recibida (la ubicación del punto es hipotética, no así su existencia que es muy real). Se observa la existencia de una cumbre a 12 km de Tarapoa, que puede ser aprovechada para cubrirse del rayo reflejado, por medio de bajar la altura de antena de Tarapoa. Hay que considerar que la carta topográfica tienen una tolerancia de 20 metros en la lectura de las alturas del terreno, esto es de por sí una fuerte incertidumbre. También es necesario conocer que dichas cotas ya son sobre la copa de los árboles, como estaban cuando fue tomada la fotografía aérea en 1990.

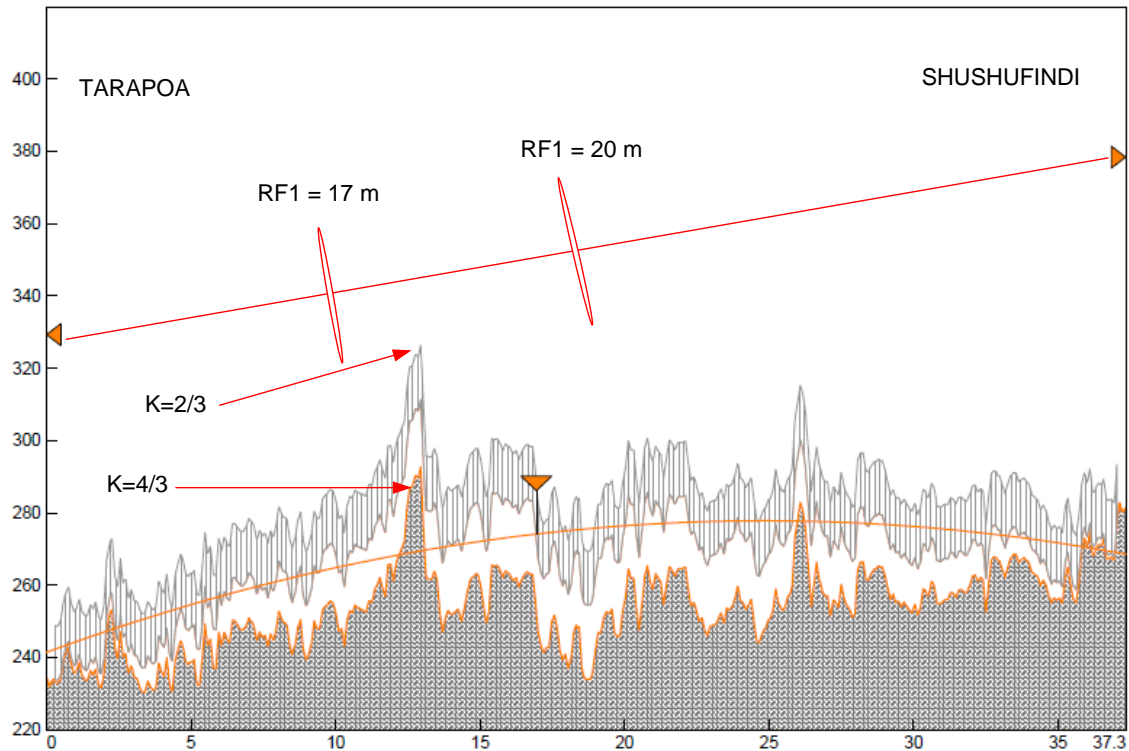
Gráfico 225. Área de iluminación debida al ancho del lóbulo, misma escala vertical.



Elaborado por: Paco Ortiz

En verde se ha adicionado lo que sería la zona de iluminación provocada por el ancho de lóbulo, asumiendo que es de $\pm 0.7^\circ$, lo cual a la mitad del enlace da una abertura del haz de 227 metros de radio. Esto significa que el rayo reflejado está dentro del conjunto de los rayos que salen por efecto del ancho lobular.

Gráfico 226. Perfil realizado por un SW especializado, con ayuda de cartografía digital

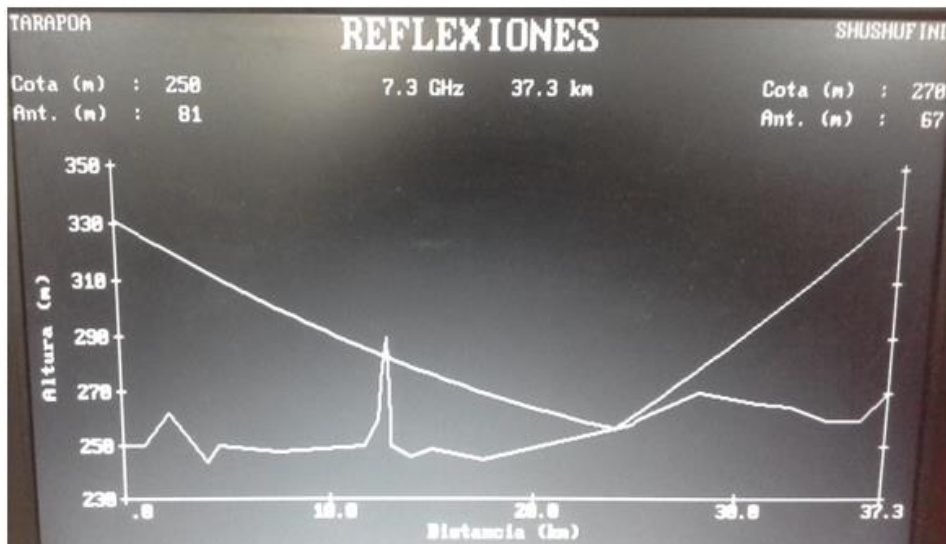


Elaborado por: Paco Ortiz

Este modelo se conoce como rayo recto y tierra curvada, aunque obviamente en la realidad las montañas no crecen, es una buena forma de observar el fenómeno de refracción de los rayos de microonda hacia la tierra. Se observa que para un $K=2/3$ (muy malo) la cumbre existente a 12,5 km de Tarapoa, podría obstruir la señal.

Por lo tanto se requiere bajar las antenas lo suficiente como para taparse del rayo reflejado, pero no tanto como para entrar en problemas de obstrucción.

Gráfico 227. Simulación de reflexión en el SW llamado DMLE.

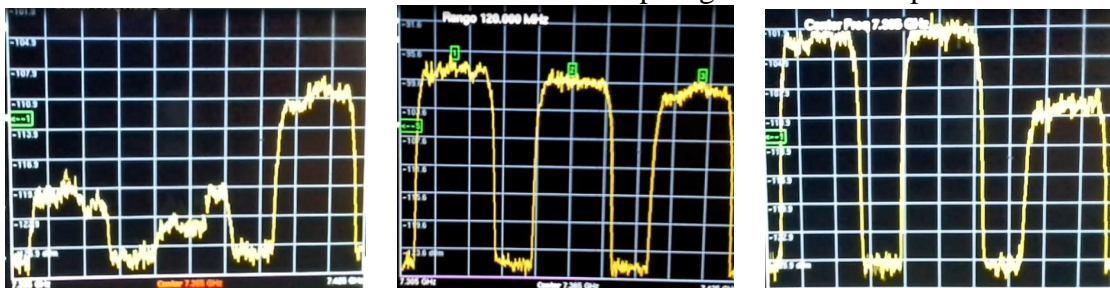


Elaborado por: Paco Ortiz

Aunque el DMLE (digital microwave link engineering) es un software antiguo (1995) que funciona bajo DOS, es muy exacto en sus predicciones. En base a esta estimación se bajan las antenas de diversidad y quedan a 67 metros en Shushufindi y a 81 metros en Tarapoa, con el fin de ¡obstruir el rayo reflejado!

Pero no es suficiente taparse del punto de reflexión. Mediciones hechas a inicios del 2016 revelaron que las reflexiones afectan según la frecuencia, (espectros con 48 MHz de separación entre frecuencias centrales)

Gráfico 228. La reflexión no afecta por igual a los tres espectros

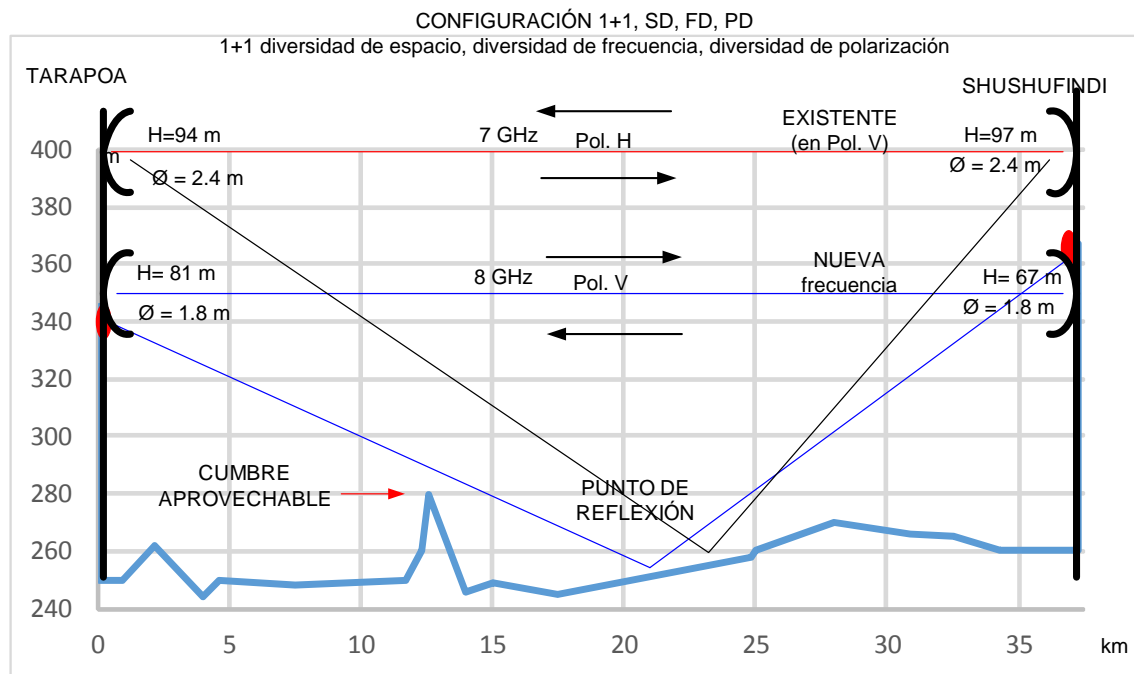


Elaborado por: Paco Ortiz

Esto indicaba la posibilidad de instalar una frecuencia distinta entre las antenas de diversidad, de modo que funcionara como un enlace 1+1 FD y a la vez con diversidad de espacio SD.

La configuración final además incluyó colocar en polarización cruzada los enlaces paralelos.

Gráfico 229. Configuración final del enlace.



Elaborado por: Paco Ortiz

Una pregunta realizada por uno de los técnicos que participó en esta serie de mejoras fue ¿con esta configuración, ya no hay desvanecimiento por reflexión? La respuesta fue “sí hay todavía, pero no afecta simultáneamente a las dos frecuencias involucradas, por lo cual el conmutador de RX, que es del tipo hitless, tiene tiempo de cambiarse a la señal que esté libre de alarmas de BER. Con lo cual los servicios (GSM, 3G, LTE) ya no se afectan y el cliente, a casi un año de los cambios, ¡no ha vuelto a quejarse!

Pruebas de laboratorio, efectuadas sobre el equipo Split instalado en el enlace anterior, arrojan la siguiente tabla:

Tabla 51. Ancho de banda neto (digital) versus modulación.

Modulación QAM	Umbral para 10E-6 (dBm), según el manual	Throughput medido, trama de 1500 bytes. (Mbps)	Confiabilidad (%)
2048	-61.5	233	
1024	-63.5	223	
512	-64	199	
256	-67	179	
128	-70	155	
64	-73	131	
32	-76	104	
16	-77	83	
4	-89	41	

Elaborado por: Paco Ortiz

Se deja planteada la siguiente pregunta: una vez que se ha conjurado el problema de la reflexión, ¿qué confiabilidad tenemos para cada modulación?

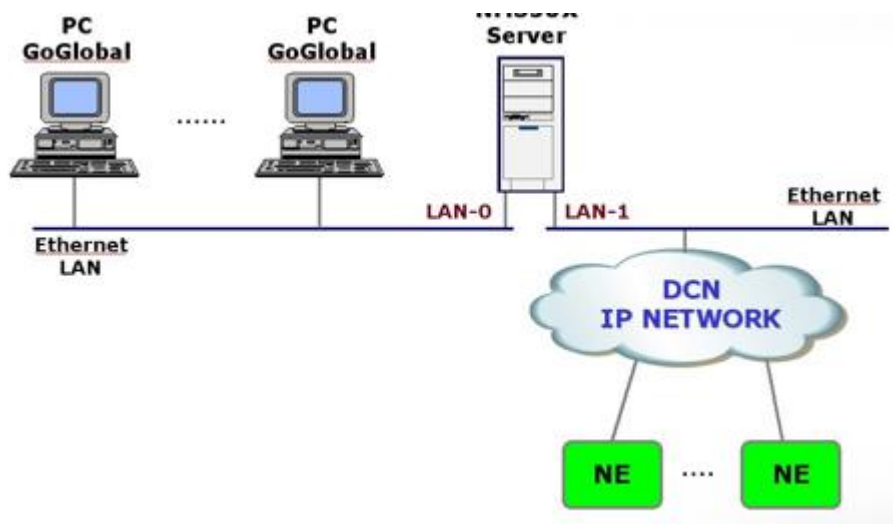
Esta es una respuesta de capital importancia que en la práctica significa qué % del tiempo el enlace opera a máxima velocidad y, cuando el factor K lo determine, cuál será la mínima velocidad aceptable. Para ello el moderno equipo cuenta con modulación adaptativa ACM.

Sistema de gestión

Una red de telecomunicaciones generalmente está formada por muchos enlaces de microondas (centenas, quizás miles), a los cuales es necesario supervisar y administrar. Se denomina sistema de gestión al conjunto de computadores y red de comunicaciones particular que permite el acceso y control de todos los enlaces. Cada enlace está formado por dos extremos que los hemos venido llamando lado A y lado B. A estos extremos de un mismo enlace se los conoce como “elementos de red” o en inglés “network elements” abreviado NE.

Los canales de comunicación entre los NE y el servidor forman la denominada DCN (data communications network).

Gráfico 230. Arquitectura cliente-servidor para un sistema de gestión de microondas.



Fuente: (SIAE Microelettronica S.p.A, 2015)

En el sistema de gestión podemos obtener en tiempo real una vista de la situación de alarmas y fallos en que se encuentra el sistema. Podemos obtener reportes de desempeño de cada enlace y de cada NE, incluyendo grabación de la potencia recibida y cumplimiento de objetivos de calidad G.821. Podemos también administrar ancho de banda y configuraciones de servicio.

Normas de seguridad

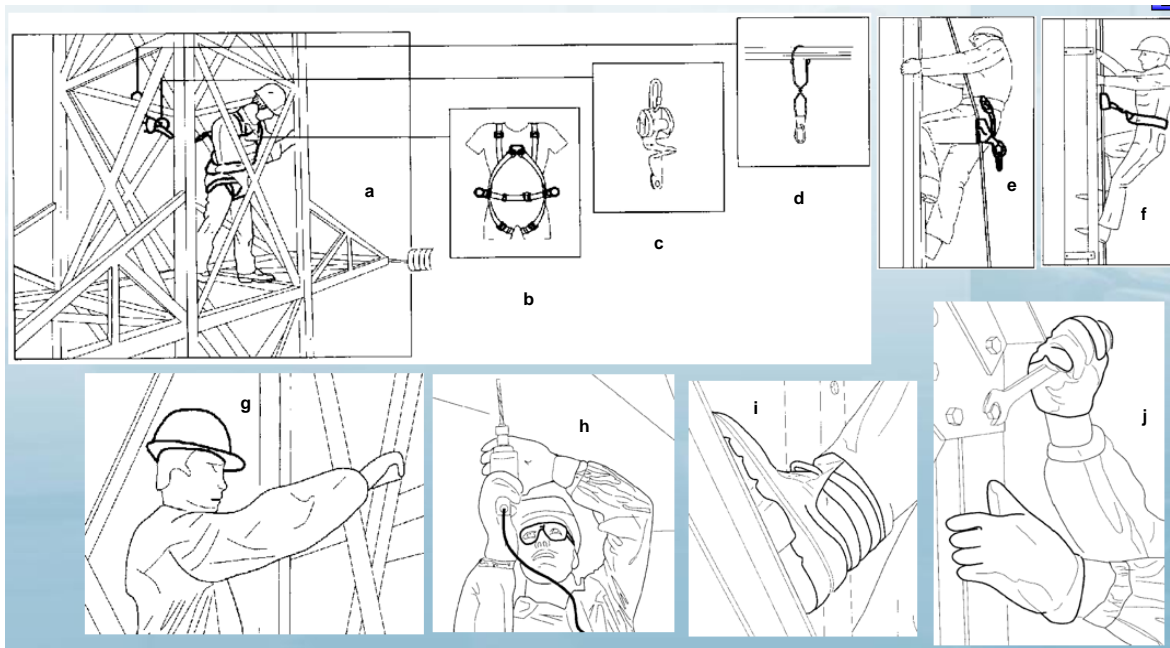
Existen algunos riesgos asociados al trabajo en telecomunicaciones en general y en microondas en particular, entre ellos:

Peligros de trabajo en altura

Las antenas generalmente se instalan en torres a alturas que van desde los 6 metros hasta los 100 metros. Los pesos de las antenas pueden ir desde unas decenas de kilogramos hasta varias centenas y para instalarlas en la torre se hace uso de herramientas de acero. Por estos motivos, mientras se instalan las antenas y sus componentes, es estrictamente prohibido permanecer debajo.

Existen riesgos de caídas que pueden causar severos daños a la salud de los trabajadores, por ello es necesario que todo trabajador que realice labores en las torres, tome anticipadamente un curso de “trabajo en alturas”. En dicho curso, de unas 16 horas, le extenderán el certificado correspondiente y le enseñarán el uso adecuado de los implementos de protección personal.

Gráfico 231. Implementos de seguridad para trabajo en torre.



Fuente: (Siemens AG, 2003)
Elaborado por: Paco Ortiz

- a.- Posicionarse adecuadamente para realizar la actividad y contar con todos los implementos.
- b.- Arnés de seguridad, ceñido al cuerpo, tiene fecha de caducidad.
- c.- Línea de vida, es un elemento con el cual el trabajador se engancha a la torre, en previsión de una caída, es de tipo elástico para amortiguar el golpe. Generalmente tiene dos puntos de enganche, para permitir transitar en la torre con al menos un apoyo seguro.
- d.- Línea de fijación, es un elemento no elástico que sirve para asegurar la posición de trabajo.
- e.- Mosquetón, sirve para realizar maniobras de aseguramiento por ejemplo unir la línea de vida vertical con el troll.
- f.- Troll, sirve para ascender a una torre cuando existe línea de vida vertical. Este dispositivo corre libremente hacia arriba, pero no desliza hacia abajo.

g.- Casco, protege la cabeza contra caídas de objetos como pernos, herramientas. Protege contra golpes en los propios hierros de la torre, al subir o al trabajar.

h.- Gafas, protección de los ojos cuando se realizan labores de taladro.

i.- Botas antideslizantes, previenen resbaladuras. Pueden ser con puntas de acero. El grosor de la suela debe ser suficiente como para suavizar el estar de pie sobre herrajes filosos.

j.- Guantes, protegen las manos al trabajar con herramientas fuertes y en el ajuste de grandes tuercas.

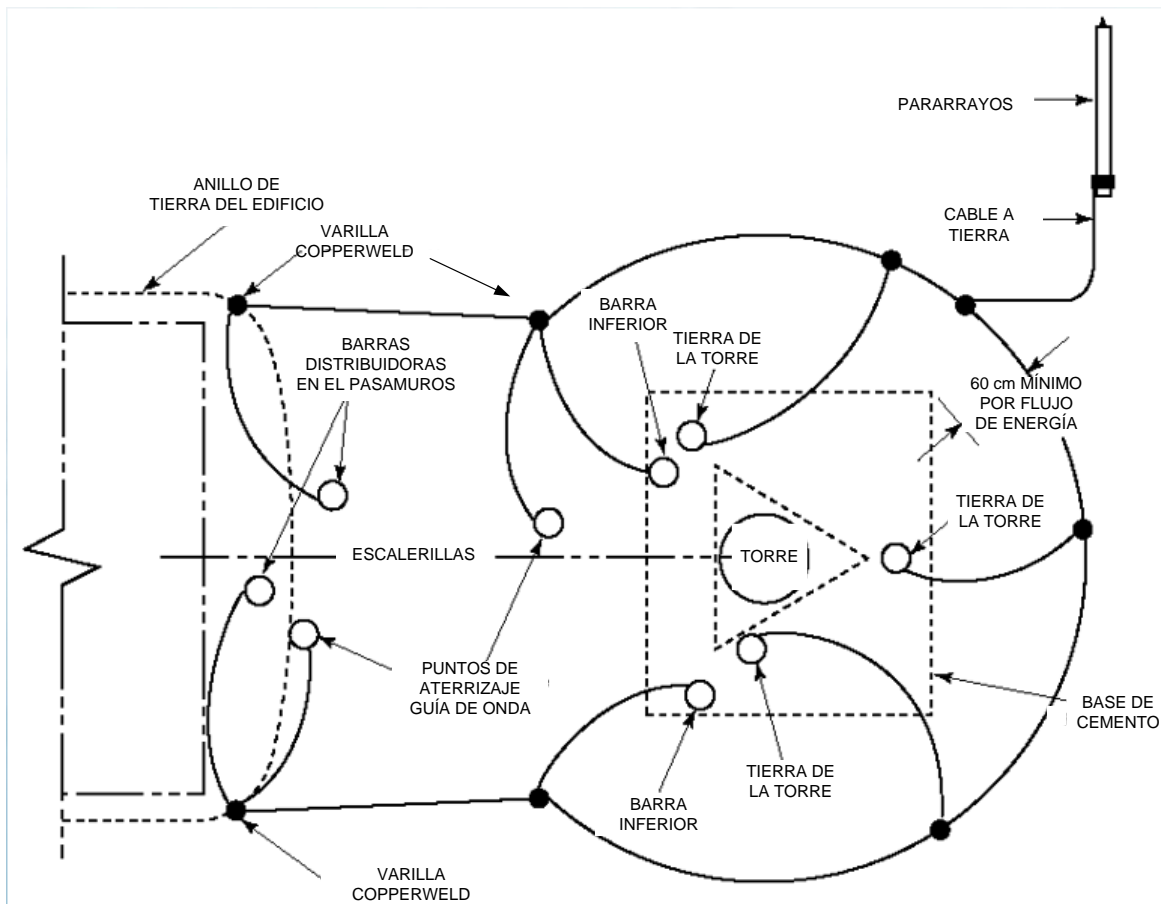
Ninguna precaución es poca, si se trata de preservar la salud y la vida. Por ello se desaconseja trabajar en la torre cuando las condiciones climáticas dificultan la tarea.

Peligros eléctricos

En el cuarto de equipos hay voltajes que pueden afectar la salud, por ejemplo al realizar conexiones de 220 voltios, es necesario verificar que el interruptor correspondiente esté desactivado.

En las estaciones de telecomunicaciones, todas las carcasas metálicas y armarios de los equipos están conectadas a tierra. Esto se hace para prevenir riesgos de electrocución y para evitar ruido electromagnético sobre los componentes electrónicos. El sistema de tierra de la estación también debe preservar la integridad de los bienes y de las personas frente a descargas atmosféricas. Generalmente la resistencia de puesta a tierra debe ser inferior a 3 ohmios.

Gráfico 232. Malla de puesta a tierra



Fuente: (Siemens AG, 2003)

Elaborado por: Paco Ortiz

Peligros de radio frecuencia

Al trabajar con energía electromagnética, sobre todo debe evitarse la exposición prolongada. A pesar de que no existe normativa clara al respecto, ciertos fabricantes colocan etiquetas que advierten la peligrosidad. Por ejemplo, no pararse delante de la antena a menos de 1 metro, y si lo tiene que hacer, que no sea más de media hora. En el suelo, ya lejos de las antenas, la radiación electromagnética de microondas es muy pequeña, prácticamente despreciable.

Otras etiquetas previenen de no mirar por la salida de la energía de microondas ya que en ese punto la densidad de potencia es muy alta.

Gráfico 233. Precaución de radiofrecuencia, no mirar la salida de una ODU.



Elaborado por: Paco Ortiz

En radiocomunicaciones se trabaja únicamente con las llamadas radiaciones no ionizantes las cuales a diferencia de las radiaciones ionizantes, no tienen la energía suficiente como para extraer electrones de los átomos, por lo tanto no alteran la constitución de la materia. Son ejemplos de radiaciones ionizantes los rayos X y los rayos gamma.

Para tranquilidad de los usuarios, el personal de ARCOTEL, continuamente monitorea los niveles de radiación no ionizante que se encuentran en las ciudades y demás aglomeraciones humanas, a fin de garantizar a la población que los niveles de potencia se encuentren bajo los límites establecidos por las normas internacionales.

Aunque parezca paradójico, las antenas que deben cubrir grandes radios de cobertura, emiten más potencia que aquellas que deben cubrir pequeñas zonas. Por lo tanto hay menos potencia de irradiación cuanto más torres de telecomunicaciones de un mismo proveedor se instalen en una ciudad. Generalmente los proveedores de servicio celular incrementan el número de sus nodos a fin de tener pequeñas zonas con gran capacidad de ancho de banda.

De todos modos, recordemos que el peligro puede estar en el tiempo de exposición, por lo tanto se recomienda el uso de manos libres al hablar por celular, situar el “ruteador wifi” alejado de las personas (varios metros), no aceptar la instalación de antenas celulares junto a la ventana de un dormitorio, o si es absolutamente necesario hacerlo, se puede solicitar una medición del nivel de radiación no ionizante. También la ARCOTEL tiene entre sus funciones la de homologar los modelos de teléfonos celulares que se comercializan en el país, y esto implica determinar el índice de absorción específico que sobre el cuerpo humano provocan durante su funcionamiento. Para ello existe un laboratorio adecuado de certificación y homologación.

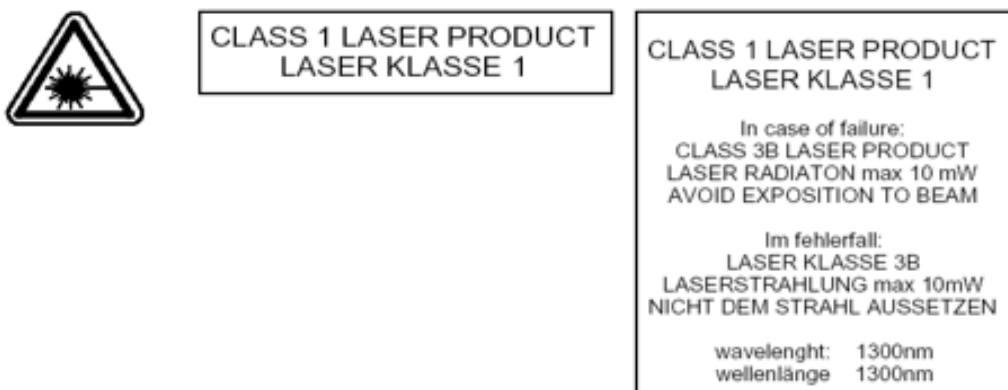
Con respecto a las normas EMI (electromagnetic interference) y EMC (electromagnetic compatibility) podemos decir que son normas internacionales que limitan las radiaciones indeseadas de los aparatos electrónicos, tanto en espectro como en potencia, a fin de no afectar el normal funcionamiento de otros aparatos electrónicos. En la Escuela Politécnica Nacional existe un laboratorio dedicado a medir estos dos parámetros. Por ejemplo, al dejar el teléfono celular junto a la radio del carro, se suele escuchar un chasquido en los parlantes del carro cuando el teléfono se está comunicando con el sistema celular; esto es un caso de EMI, interferencia electromagnética entre aparatos electrónicos de distinta

índole. Un ejemplo de regulación EMC es la conocida FCC8, una etiqueta que solía venir en los monitores de TV antiguos y que garantiza que ese aparato cumple con las regulaciones norteamericanas de emisiones para “coexistencia pacífica” con otros aparatos electrónicos. Generalmente los dispositivos electrónicos suelen venir en carcasas metálicas sólidas o malladas, a fin de encerrar las emisiones indeseables internas y externas.

Peligros de energía óptica

Ciertos equipos de microonda tienen una interfaz óptica en sus puertos de banda base. Por ello, se desaconseja mirar por los conectores ópticos a menos que haya la seguridad de que el equipo electrónico está apagado. La luz láser en comunicaciones es una luz invisible que está en el rango de los 1300 o 1500 nm (nano metros) y puede causar daño a la retina ya que puede tener potencias elevadas.

Gráfico 234. Advertencia de seguridad óptica.



Fuente: (Siemens AG, 2003)

Peligros de descarga electrostática

En este caso la advertencia no implica un riesgo para la salud del trabajador sino más bien para la integridad del equipo electrónico. Por frotamiento una persona puede resultar cargada electrostáticamente, si en esas condiciones toda una tarjeta electrónica, ciertos elementos pueden resultar quemados, por ejemplo las juntas de transistores con lo cual, la tarjeta entera deja de funcionar.

Gráfico 235. Precaución electrostática



Fuente: (Siemens AG, 2003)
Elaborado por: Paco Ortiz

Para evitar dañar los equipos, el personal que deba trabajar de cerca a los componentes electrónicos, debe usar una manilla antiestática, la cual es un brazalete puesto a tierra por medio de una resistencia de 1 Mohm.

Finalmente, ya que es parte de la actividad, el desplazarse hasta las estaciones de telecomunicaciones puede implicar muchas horas de viaje por distintas carreteras, se

recomienda observar a conciencia las leyes de tránsito, particularmente los límites de velocidad.

4.5 EVALUACIÓN DEL CURSO

Se han diseñado dos instrumentos de evaluación, el primero del instructor, los participantes califican los aspectos operativos más relevantes acerca de la prolijidad y el desempeño del profesor y del sitio de aprendizaje. El segundo instrumento evalúa la adquisición de los conocimientos de una manera genérica, ya que se considera que el participante acudirá al material escrito para ulteriores consultas.

Evaluación del instructor

Instrucciones:

a.-) Por favor califique lo más objetivamente posible, en la escala de 1 a 5.

Siendo 1 deficiente, 5 excelente.

b.-)Poner el nombre en esta hoja no es necesario.

Tabla 52. Evaluación del instructor

1.-	Las explicaciones fueron claras	
1.-	Las explicaciones fueron claras	
2.-	El lenguaje utilizado fue sencillo y concreto	
3.-	Conoce el tema que pretende enseñar	
4.-	Ha usado recursos pedagógicos con el objetivo de aclarar los conceptos	
5.-	Ha podido solventar preguntas que se le han formulado	
6.-	Ha sido respetuoso y amable con los estudiantes	
7.-	Se nota que ha preparado la clase	
8.-	Mantuvo buena presencia y pulcritud durante el curso	
9.-	El curso inició y terminó puntualmente	
10.-	El ambiente fue adecuadamente luminoso y aireado	
11.-	Hubo la comodidad necesaria para crear un ambiente de concentración	
12.-	Los temas que se trataron fueron pertinentes a mi actividad laboral	
13.-	Ha despertado una actitud de seguir aprendiendo	
14.-	Tomaría otra vez un curso con este instructor	
15.-	La actitud de los compañeros de clase ayudó al proceso de aprendizaje	

Elaborado por: Paco Ortiz

Evaluación de conocimientos

Tabla 53. Evaluación de conocimientos

		Verdadero	Falso
1	-44 dBm es la mitad de potencia que -41 dBm		
2	1 MHz equivale a 1000 kHz		
3	Seno de 90 grados es 1		
4	Logaritmo de 1 millón es 6		
5	La corriente alterna es aquella que no cambia de polaridad al pasar del tiempo		
6	Mientras más grande es mejor el valor de una resistencia a tierra		
7	Longitud de onda (m) es $300/f(\text{MHz})$		
8	La señal modulante se conoce también como banda base		
9	La ganancia de una antena es su capacidad de concentrar la energía electromagnética en una misma dirección		
10	La antena parabólica tiene el alimentador (<u>feeder</u>) posicionado en el foco		
11	El radio de la primera zona de Fresnel es máximo justo a la mitad del trayecto del enlace		
12	La <u>flange</u> PDR70 tiene forma cuadrada y no tiene empaque de presurización		
13	Electrónica analógica es cuando la salida de un circuito es semejante a la entrada		
14	Electrónica digital es cuando la salida de un circuito no es semejante a la entrada debido a que ha sufrido un proceso de codificación binaria en 1s y 0s		
15	Primero es la seguridad e integridad física del personal antes que cumplir con los plazos del proyecto.		
16	El factor K representa el grado de curvatura del rayo de microonda.		

Elaborado por: Paco Ortiz

Evaluación cualitativa del programa

¿Qué de bueno?

—

¿Qué de malo?

—

¿Qué te llevas?

—

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evolución de la ciencias y de las tecnologías de telecomunicaciones a nivel mundial y nacional, nos ha servido de marco para realizar una apreciación acerca de cómo ha ido avanzando el conocimiento humano hasta llegar al estado del arte actual en ésta área. A continuación se realizó una exposición de las teorías del aprendizaje basadas en la psicología del aprendizaje y el proceso cognitivo del ser humano. El objetivo es poner en práctica los métodos pedagógicos más apropiados con el fin de lograr un proceso de enseñanza/aprendizaje significativo que al final produzca un material útil para la capacitación en radiocomunicaciones. El contenido escrito para este programa de capacitación y las actividades prácticas propuestas durante el mismo, sirven también como un ejemplo práctico de la aplicación de los fundamentos educativos en temas científico-tecnológicos.

Es deseable una cultura matemática básica la cual sea parte de la formación secundaria. Esta debe incluir el álgebra y funciones, especialmente las funciones trigonométricas, la función logaritmo y la función cuadrática. Es realmente preocupante escuchar a algunas personas decir que odian las funciones matemáticas porque cuando el profesor se las enseñaba en la secundaria, no le entendían nada. También ha sido preocupante conocer que a algunos chicos les pusieron a dibujar funciones en el programa “geogebra”, pero sin entender aquello que estaban graficando. Si el conocimiento se construye como un tinglado, vaya falla si nuestros jóvenes de secundaria odian una parte del propio andamio.

En temas del conocimiento lo más sensato es ser intelectualmente humilde. El conocimiento puede ser infinitamente profundo. El contenido del curso de microondas por

ejemplo, puede dar lugar a innumerables puntualizaciones y ulteriores explicaciones. Por ejemplo, ¿es capaz de demostrar el teorema de Pitágoras?

Cada profesional en su área. Todos somos útiles a la sociedad. Lo importante es respetar el trabajo de los demás y no creer con falso orgullo que somos más que alguien porque sabemos un poco más. Todo lo que una persona pueda llegar a saber, es poco comparado con la realidad, de modo que no caben actitudes presuntuosas que lo único que hacen es poner límites a la propia superación personal.

Muchas veces ocurre que al tratar de enseñar es cuando uno mejor comprende el contenido que pretendía enseñar. La meta inicial que era la elaboración de una propuesta para capacitación en tecnología de radiocomunicaciones por microonda, se convirtió en una excelente oportunidad para reflexionar asuntos tan importantes como la educación en ciencia y tecnología, el proceso cognitivo del ser humano y la forma más adecuada de transmisión del conocimiento de orden científico y técnico.

Las reflexiones nos han permitido observar que es mejor expresar que el conocimiento se construye antes que decir que el conocimiento se adquiere. En la construcción del propio conocimiento participa activamente el estudiante, bajo la dirección pedagógica de su profesor. Los estudiantes también deben ser capacitados en el proceso cognitivo y en teorías del aprendizaje.

Sabemos que el entorno es determinante en los logros académicos de los individuos y de los centros de enseñanza; la sociedad organizada y armoniosa de forma natural promueve el desarrollo de las ciencias.

Más que conclusión, una aspiración, es que este trabajo sirva de referencia pedagógica a muchos docentes y capacitadores, sobre todo de ciencias y tecnología, a quienes seguramente les motivará escuchar palabras filosóficas y humanísticas acerca de su actividad profesional. Cuando alguien se moviliza por ideales llega mucho más lejos que alguien que se mueve por intereses.

Por otra parte, el curso en sí mismo, puede convertirse en un material útil de estudio y de consulta no solo para los trabajadores de las telecomunicaciones, sino para estudiantes de ingeniería de telecomunicaciones y para el público en general que desee conocer el tema o afianzar conocimientos.

No solo los docentes, toda la comunidad educativa incluyendo autoridades y estudiantes deben ser capacitados en pedagogía, modelos pedagógicos, teorías del aprendizaje. Por ejemplo el estudiante debe estar consciente de que su educación la debe construir el mismo y debe participar activamente en el proceso del “desequilibrio cognitivo” que lleva al nuevo conocimiento y al aprendizaje significativo. Las autoridades por su parte deberán también tener clara cuál es la filosofía educativa que engloba la actividad de su institución.

El material escrito en este trabajo puede resultar útil a los capacitadores profesionales de otras áreas, que deseen conocer el enfoque humanista de las ciencias de la educación. Un curso de capacitación deberá iniciar con una descripción de la metodología pedagógica a seguirse para luego desarrollar la “agenda”.

BIBLIOGRAFÍA

- Acaso, M. (2016). *rEDUvolution* (1.^a ed.). Barcelona España: Espasa Libros.
- Arcotel. (2017, septiembre). Estadísticas del servicio móvil avanzado. Recuperado a partir de <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-movil-avanzado-sma/>
- Ares, R. (1997). *Manual de las Telecomunicaciones*. Buenos Aires Argentina: Siemens Telecomunicazioni Italia.
- Asamblea Nacional. (2015, febrero 18). Ley orgánica de la telecomunicaciones. Recuperado a partir de http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/002_ley-organica-de-telecomunicaciones-LOT.pdf
- Aubert, A., Flecha, A., García, C., Flecha, R., & Racionero, S. (2013). *Aprendizaje Dialógico en la Sociedad de la información* (Cuarta, Vol. 1). Barcelona España: Hipatia.
- Ayala, E. (2010). *lecciones de Ética Personal, Social y Profesional*. Quito Ecuador: wilson.
- Ayala, E. (2014). Introducción a la filosofía.
- Bajwa, H., & Mulcahy, E. (2012). Redesigning teaching approaches for undergraduate engineering classrooms. *In Integrated STEM Education Conference (ISEC), 2012 IEEE 2nd (pp. 1-4). IEEE.*
- Bilbao, G., Fuertes, J., & Guibert, J. (2006). *Ética para Ingenieros* (1.^a ed.). Universidad de Deusto.
- Carrera, P., & Luque, E. (2016). *Nos quieren mas tontos* (1.^a ed.). Barcelona España: El Viejo Topo.
- Casa de la Cultura ecuatoriana. (2004). *Maldonado, conciencia geográfica y modernidad en el Ecuador*. Riobamba Ecuador: Pedagógica Freire.

- Dettmer, P. (2006). New Blooms in Established Fields: Four domains of learning and doing. *Roepers Review*, 28(2).
- Einstein, A., & Infeld, L. (1986). *La Evolución de la Física* (Vol. 1). Barcelona España: Salvat editores.
- Enciclopedia Británica. (s. f.). Telecommunication. Recuperado a partir de <https://www.britannica.com/technology/telecommunication>
- Freire, P. (2014). *Pedagogía de la Esperanza* (2.ª ed., Vol. 1). Buenos Aires Argentina: Siglo Veintiuno Editores.
- Gobierno del Ecuador. (2010). Ley orgánica de educación superior.
- Gómez, J. (1993). *Las misiones pedagógicas alemanas y la educación en el Ecuador*. Quito Ecuador: Abya Yala.
- K&K engineering. (1995). Radio Access Seminar.
- Lehmann, S. (2015). Didáctica para el aprendizaje.
- Maturana, H., & Varela, F. (2003). *El Árbol del Conocimiento*. Buenos Aires Argentina: Lumen.
- Maxwell, J. (1876). *A Treatise on electricity and magnetism* (Vol. 1). London: Clarendon Press Series.
- Ministerio de Telecomunicaciones. (2016). plan nacional de telecomunicaciones. Recuperado a partir de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/Plan-de-Telecomunicaciones-y-TI.pdf>
- Miranda, F. M. (1972). *La Primera Escuela Politécnica del Ecuador*. Quito Ecuador: La Unión.
- Miranda, J., Sierra, M., & Margineda, J. (2002). *Ingeniería de Microondas, Técnicas experimentales*. Madrid España: Prentice Hall.

- National Instruments. (2012). Simulación QAM. Recuperado a partir de <http://www.ni.com/example/30100/en/>
- Olivera, S. (2011). Olivera, S. W. (2011). Taxonomía de bloom. Universidad Cesar Vallejo, 4. universidad César Vallejo. Recuperado a partir de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39801731/4-taxonomia-de-bloom_CESAR_VALLEJO.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1510632721&Signature=XG7hRNMUSX98TySW0b%2FEw%2BNIr%2F4%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D4-taxonomia-de-bloom_CESAR_VALLEJO.pdf
- Ortiz, P., Cianferoni, V., & Vázquez, G. (2000). Un radioenlace poco común. *Anales de las XVII Jornadas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica*, 264.
- Pejcinovic, B, & Campbell, R. L. (2013). Active learning, hardware projects and reverse instruction in microwave/RF education. *In Radar Conference (EuRAD), 2013 European (Pp. 259-262). IEEE.*
- Penton. (2017). Electronic design. New York. Recuperado a partir de <http://www.electronicdesign.com/engineering-essentials/understanding-error-vector-magnitude>
- Ríos, F. (2014). Programa de asignatura.
- Sagan, C. (2000). *El mundo y sus demonios*. Bogotá Colombia: Planeta.
- Serrano, A. (2016). *Elaboración de un manual de comprensión lectora*. Quito Ecuador.
- SIAE Microelettronica S.p.A. (2015). Planning Criteria for Digital Radio Relay Networks.
- SIEMENS AG. (1997). 150 años de Siemens. *enero 1997*, 88.
- Siemens AG. (2003). I&C training.
- Siemens Telecomunicazioni. (2001). Introduction MW systems.

- Tipler, P., & Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología* (sexta, Vol. II).
Barcelona España: Reverté.
- Tobar, B. (2016, marzo 30). Ética del docente universitario.
- Tunnerman, C. (2011). La educación superior frente a los desafíos del mundo contemporáneo. *asociación colombiana de universidades*. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7457/1/carlostunnersmannbernheim.20111.pdf>
- Usbeck, C. (2004). *Ecuador y las comunicaciones. Una historia compartida* (1.^a ed.).
Quito Ecuador: SENATEL.
- Viedma, J. (2005). *Introducción al cálculo infinitesimal* (1.^a ed., Vol. 1). Cali Colombia:
Norma.
- Wankat, P. C., & Oreovicz, F. S. (2015). *Teaching Engineering* (Vol. Second edition).
West Lafayette, Indiana: Purdue University Press. Recuperado a partir de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1067069&lang=es&site=ehost-live>

ANEXO 1: formatos de encuestas

CONOCIMIENTOS BÁSICOS MATEMÁTICAS Y FÍSICA

diagnóstico capacitación en microondas

Conocimientos básicos

Conceptos a repasar antes de entrar en materia

1. El logaritmo de 100 en base 10 es:

- 3
 2
 5
 otro
 Otro (especifique)

2. La raíz cuadrada de 81 es:

- 7
 5
 9
 Otro (especifique)

3. Cuanto es 5 dividido para 0

- 1
 5
 50
 Otro (especifique)

4. Cuántos grados tiene un ángulo recto

- 60
 90
 360
 180

5. Triángulo isósceles es:

- El que tiene los tres lados iguales
- El que tiene un ángulo recto
- El que tiene dos lados iguales

6. Una línea es vertical cuando:

- Es perpendicular a otra
- Forma ángulo de 90 grados (perpendicular) con la superficie del agua en reposo
- Toca a 60 grados la superficie del suelo
- Otro (especifique)

7. Cuántos centímetros hay en un metro?

- 10
- 55
- 100

8. Cuántos segundo hay en una hora

- 100
- 1000
- 3600

9. Cuántas libras hay en un kilogramo

- 1
- 2,2
- 100

10. Cuántos centímetros tiene una pulgada

- 10
- 5
- 2,54
- Otro (especifique)

CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD

Básico electricidad

1. La corriente eléctrica se mide en

- Voltios
- Amperios
- Ohmios

2. La corriente eléctrica comercial en los hogares es

- Alterna de 110 voltios
- Directa de 48 voltios
- Directa de 12 voltios

3. Un capacitor almacena

- Corriente eléctrica
- Carga eléctrica
- Magnetismo

4. La batería de un vehículo suministra

- Voltaje alterno de 12 voltios
- Corriente directa a 12 Amperios
- Voltaje directo de 12 voltios

5. En los vehículos el negativo de la batería está a masa

- Verdadero
- Falso

6. Si un rectificador suministra 1 amperio a 50 voltios, que potencia entrega

- 100 watt
- 200 watt
- 50 watt

7. Cuando una corriente eléctrica atraviesa una bobina se genera

- Un campo eléctrico
- Un campo magnético
- Un campo desconocido

8. Si se une con un alambre el positivo con el negativo de una batería se produce

- Nada
- Cortocircuito
- Desgaste

9. La resistencia a tierra de una estación de telecomunicaciones debe

- Ser mayor a 10 ohm
- Ser menor a 4 ohm
- Ser mayor a 1000 ohm

10. El pararrayos sirve para

- Proteger los equipos de las descargas atmosféricas
- Proteger al personal de las descargas atmosféricas
- Las dos anteriores

CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE RADIOCOMUNICACIONES

Básico comunicación por microondas

1. AM, FM, QAM son tipos de

- Velocidad
- Ancho de banda
- Modulación

2. 250 kHz significa

- 25 mega hertz
- 250 mil Hertz
- 2.5 hertz

3. dBm significa

- Decibelios sobre el milivatio
- logaritmo en base 10
- el doble de potencia

4. Ancho de banda espectral significa

- La velocidad a la que se transmite una señal
- La porción de espectro que ocupa una señal
- El margen de seguridad que se guarda entre dos señales

5. La primera zona de Fresnel es

- La porción del espacio por el que viaja la mayor parte de energía electromagnética, entre dos puntos
- El espacio que está entre dos antenas
- La línea de vista entre dos puntos

6. Acimuth es

- El ángulo respecto al suelo en una estación
- El ángulo horizontal respecto al Norte
- El ángulo más pequeño entre dos estaciones adyacentes

7. Una guía de onda es más gruesas a medida que la frecuencia de la señal que transporta disminuye

- Verdadero
- Falso
- Otro (especifique)

8. Interferencia ocurre cuando

- Cuando una montaña obstruye la línea de vista
- Cuando una o mas señales con potencias similares llegan a un sitio
- Cuando dos o mas señales de frecuencia similar llegan al mismo receptor

9. La polaridad de un enlace está dada por la frecuencia de la señal

- Verdadero
- Falso

10. La fibra óptica tiene mayor capacidad de transporte de información que la microonda

- Verdadero
- Falso

DIAGNÓSTICO DE INTERÉS

Diagnóstico de interés

1. Cuántos años lleva trabajando en el área de las telecomunicaciones

2. Cuántas veces ha configurado un equipo de microondas

3. Ha viajado al extranjero a trabajar en instalaciones de radioenlaces?

4. La capacitación representa una oportunidad de mejora salarial?

5. Le gusta su actividad laboral?

6. Qué es lo que mas le gusta de esta actividad laboral?

- Los viajes
- La paga
- Aprender a manejar los equipos

ANEXO 2: resultados encuestas conocimientos básicos de matemáticas y
física

1.- ¿Cuál es el logaritmo de 100 en base 10?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	4	6	10



2.- ¿Cuál es la raíz cuadrada de 81?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	16	0	4



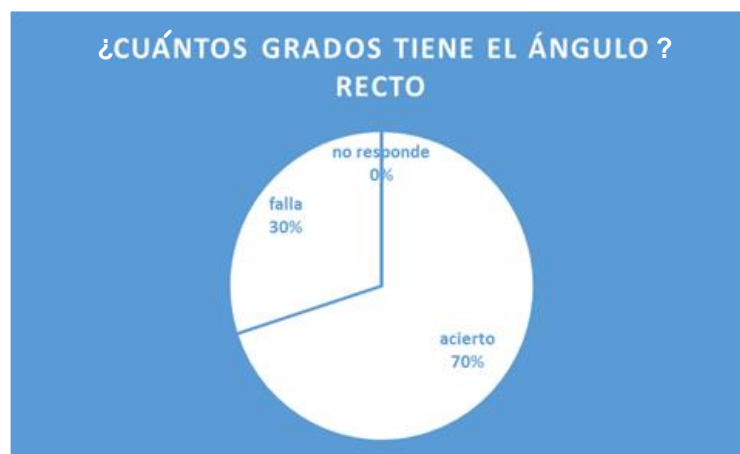
3.- ¿Cuánto es 5 dividido para 0?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	6	14	0



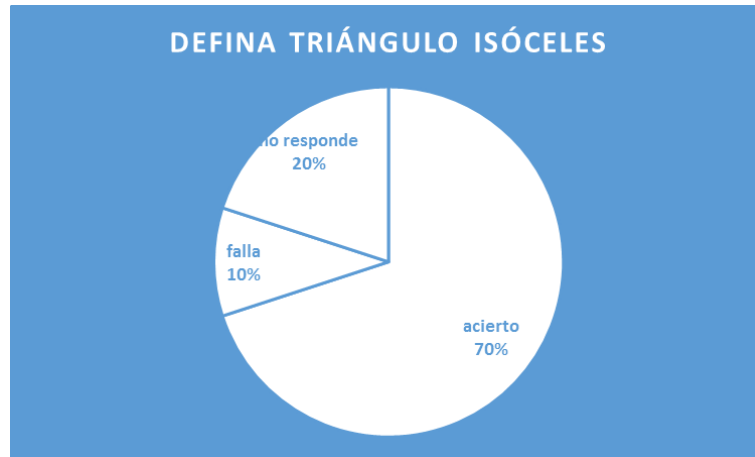
4.- ¿Cuántos grados tiene un ángulo recto?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	14	6	0



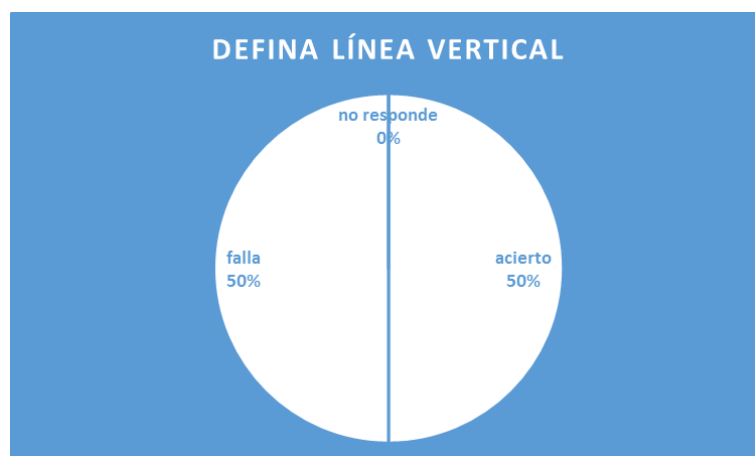
5.-Defina un triángulo isóceles

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	14	2	4



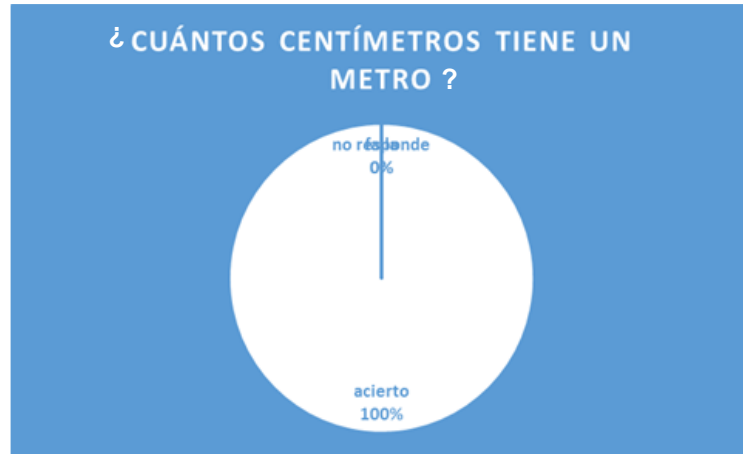
6.- ¿Cuándo se considera que una línea es vertical?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	10	10	0



7.- ¿Cuántos centímetros hay en un metro?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	20	0	0



8.- ¿Cuántos segundos hay en una hora?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	18	0	2



9.- ¿Cuántas libras hay en un kilogramo?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	18	2	0



10.- ¿Cuántos centímetros tiene una pulgada?

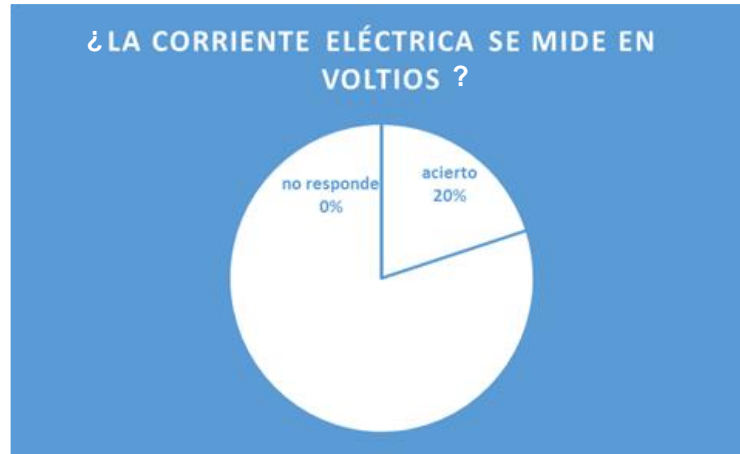
Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	20	0	0



ANEXO 3: resultados encuesta conocimientos básicos de electricidad

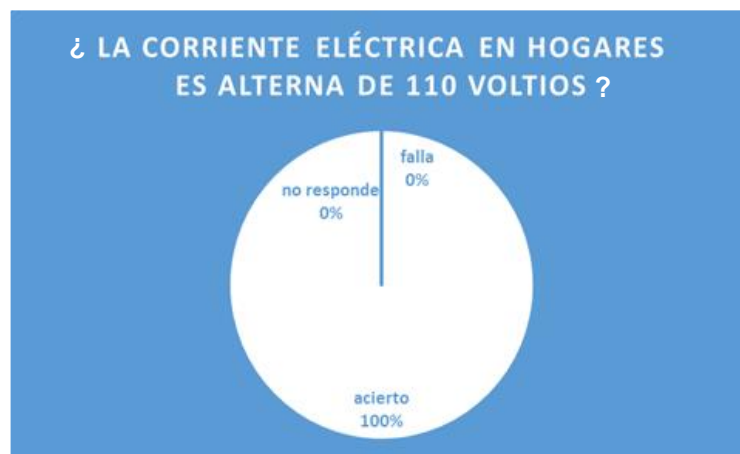
1.- ¿La corriente eléctrica se mide en voltios?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	4	16	0



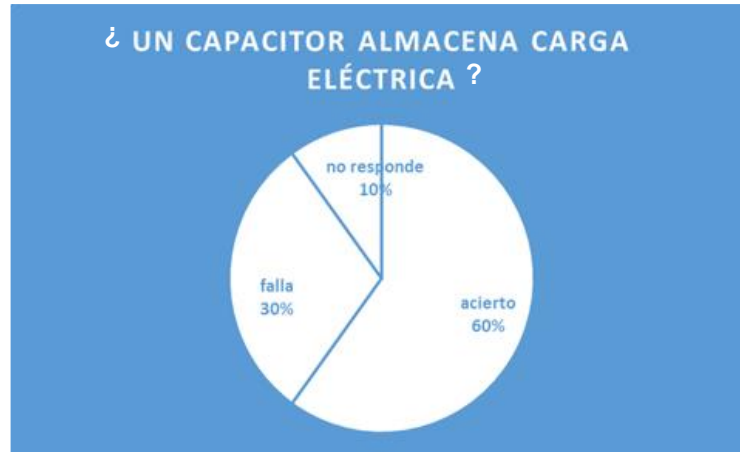
2.- ¿La corriente eléctrica en los hogares es alterna de 110 voltios?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	20	0	0



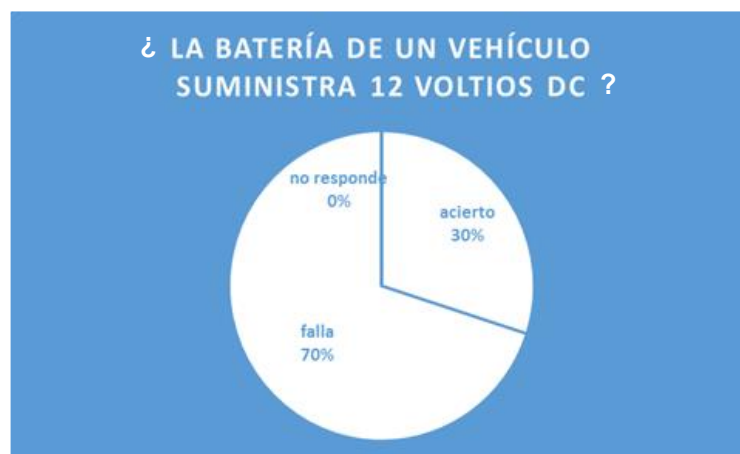
3.- ¿Un capacitor almacena carga eléctrica?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	12	6	2



4.- ¿La batería de un vehículo suministra voltaje directo de 12 voltios?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	6	14	0



5.- ¿En los vehículos el negativo está a masa?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	20	0	0



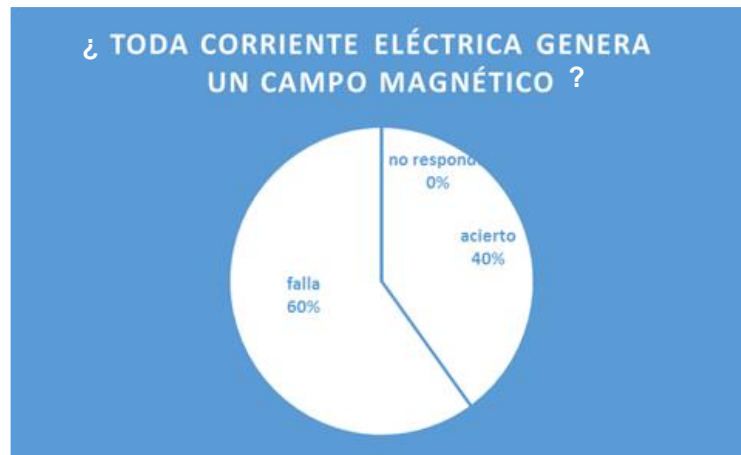
6.- ¿Cuál es la potencia de un rectificador que suministra una corriente de 1 amperio con un voltaje de 50 voltios?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	8	4	8



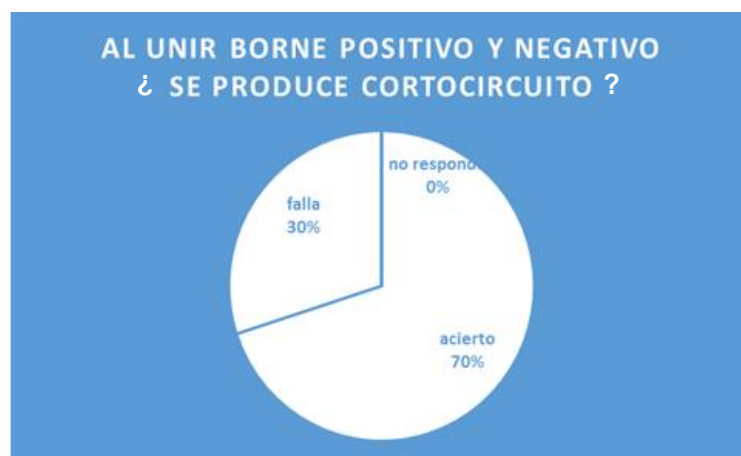
7.- ¿Toda corriente eléctrica genera un campo magnético?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	8	12	0



8.-Si se une con un alambre el positivo con el borne negativo de una batería ¿se produce cortocircuito?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	14	6	0



9.- ¿La resistencia a tierra de una estación de telecomunicaciones debe ser inferior a 4 ohmios?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	6	14	0



10.- ¿El pararrayos sirve para proteger tanto equipos como personal de las descargas atmosféricas?

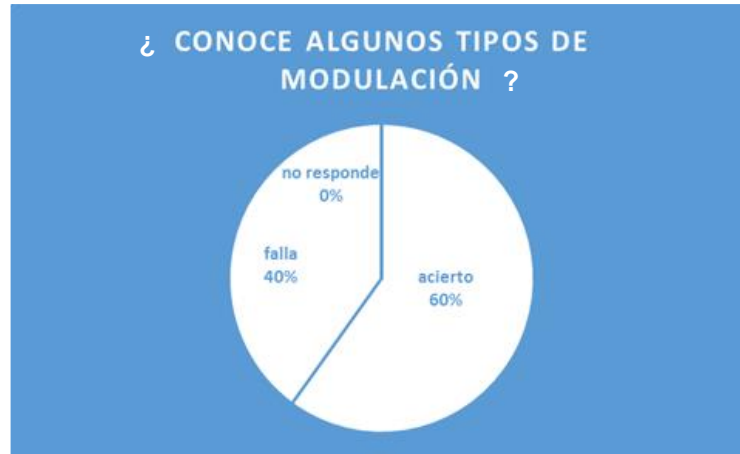
Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	12	8	0



ANEXO 4: resultados encuesta conocimientos básicos de
radiocomunicaciones

1.- ¿Algunos tipos de modulación son AM, FM, QAM?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	12	8	0



2.- ¿Qué significa 250 kHz?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	8	6	6



3.- ¿dBm significa decibelios sobre un milivatio de potencia?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	16	4	0



4.- ¿Ancho de banda espectral es la porción de espectro radioeléctrico que ocupa una determinada señal de comunicaciones?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	16	4	0



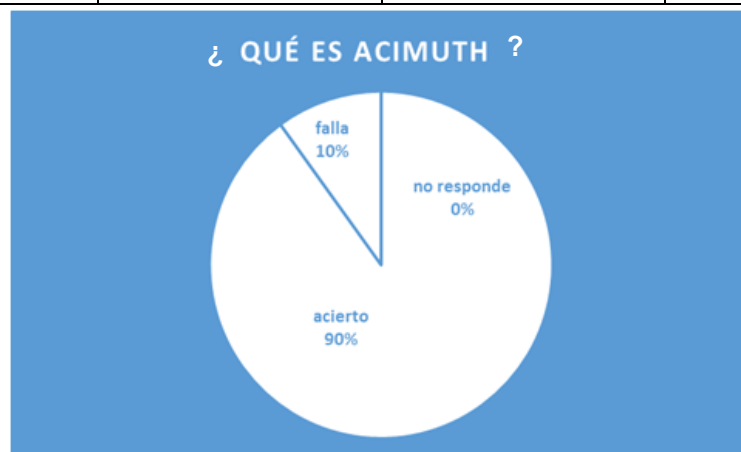
5.- ¿La primera zona de Fresnel es la porción de espacio por donde viaja la mayor parte de la energía de una onda electromagnética?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	12	2	6



6.- ¿Acimuth es el ángulo que tiene una determinada dirección, a partir de norte geográfico?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	18	2	0



7.- ¿El tamaño de los componentes de microonda disminuye a medida que aumenta la frecuencia?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	10	8	2



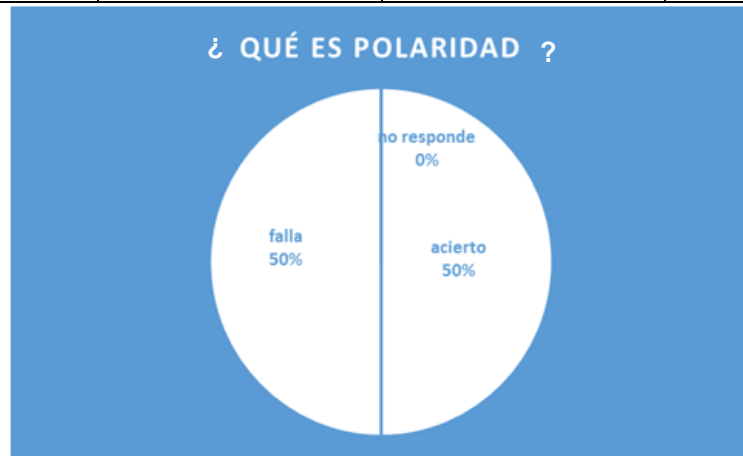
8.- ¿Interferencia es cuando dos o más señales de la misma frecuencia llegan a un único receptor?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	12	6	2



9.- ¿La polaridad de un enlace de radio está dada por la dirección del vector de campo eléctrico?

Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	10	10	0



10.- ¿La fibra óptica tiene mayor capacidad de transporte de información que la microonda?

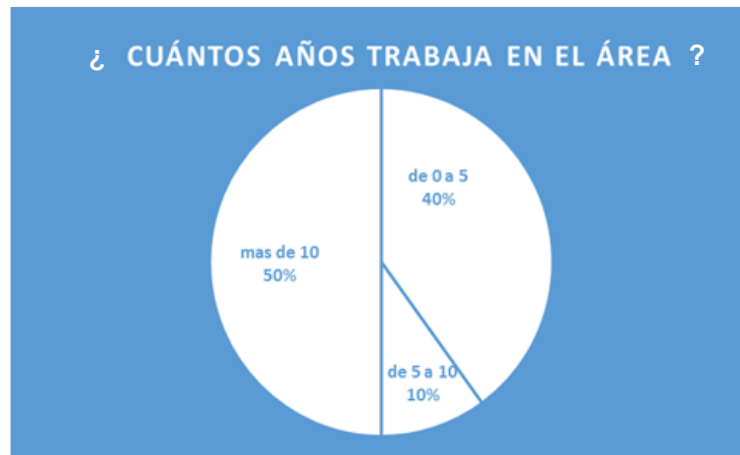
Nro. De encuestados	Número de aciertos	Número de fallas	No responde
20	18	2	0



ANEXO 5: resultados del diagnóstico de interés

1.- ¿Cuántos años lleva trabajando en el área de las telecomunicaciones?

Total/periodo (años)	0-5	5-10	>10
20	8	2	10



2.- ¿Cuántas veces ha configurado un equipo de microondas?

Total/veces	<10	10-100	>100
20	10	8	2



3.- ¿Ha viajado al extranjero a trabajar con equipos de telecomunicaciones?

Total	si	no	No responde
20	6	14	0



4.- ¿Considera que la capacitación en radio comunicaciones representa una oportunidad de mejora laboral?

Total	si	no	No responde
20	12	6	2



5.- ¿Le gusta su actividad laboral?

Total/veces	si	no	No responde
20	20	0	0



6.- ¿Qué es lo que más le gusta de esta actividad laboral: viajes, salario, aprender las técnicas y los equipos?

Total	Los viajes	El salario	Aprender la técnica
20	0	2	18



ANEXO 6: agenda de curso piloto

CURSO GENERAL DE CAPACITACIÓN EN COMUNICACIÓN POR MICROONDAS

Dirigido a: personal de instalación y técnicos que colaboran con SIAE.

Temática: microondas, antenas, propagación, espectro radio eléctrico.

Instructor: Ing. Paco Ortiz, candidato a Magíster en Ciencias de la Educación.

Lugar: aula de capacitación de SIAE.

Tlf. 0999 452051

14, 18, 26, 27 Y 28 DE SEPTIEMBRE DE 2017
DE 17 A 22 H00
CUPO LIMITADO



TEMARIO DÍA 1. Parte 1

- ▶ Origen del lenguaje y necesidad de comunicación.
 - ▶ Breve historia de las telecomunicaciones.
 - ▶ Breve historia de la radio, desde Marconi hasta nuestros días.
 - ▶ Estado actual de las telecomunicaciones. Cifras de usuarios e infraestructura a nivel nacional e internacional
 - ▶ La telecomunicaciones en el mercado de trabajo ecuatoriano.
-
- ▶ EXPERIMENTO: ENLACE DE RADIO AM

TEMARIO DÍA 1. Parte 2

- ▶ Base matemática: álgebra, funciones, la función senoidal, la función logarítmica.
- ▶ Base física: Sistema internacional de unidades. Fenómenos eléctrico, magnético, electromagnético. Definiciones cualitativas y cuantitativas. Unidades de medición. Definición de decibelio.
- ▶ Base tecnológica: corrientes y voltajes.
 - ▶ Definición de voltaje y corriente
 - ▶ Definición de resistencia.
 - ▶ Definición de potencia
 - ▶ Instrumentos de medida
 - ▶ Sistemas de energía AC y DC. Rectificadores.
 - ▶ Concepto de tierra eléctrica.
- ▶ EXPERIMENTO: GENERACIÓN DE CAMPOS ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO. MEDICIÓN DE POTENCIA SONORA MEDIANTE LA APLICACIÓN SONÓMETRO.

TEMARIO DÍA 2. Parte 1

- ▶ El espectro radio eléctrico
- ▶ Señales oscilatorias.
- ▶ Ondas longitudinales y ondas transversales en la naturaleza.
- ▶ Definiciones básicas de las ondas: frecuencia, potencia, longitud de onda
- ▶ Unidades de medida de frecuencia y de potencia.
- ▶ Generación de señales de radio frecuencia
- ▶ Manipulación de señales de radio: modulación, amplificación, concepto de atenuación.
- ▶ Banda base: señal modulante y modulada.
- ▶ EXPERIMENTOS: GENERACIÓN DE ONDAS EN EL AGUA. PROVOCACIÓN DE INTERFERENCIAS DE RADIO.

TEMARIO DÍA 2. Parte 2

- ▶ Radiación de señales electromagnéticas
- ▶ Antenas
 - ▶ Ganancias
 - ▶ Patrones de radiación
 - ▶ Directividad, lóbulos principales y secundarios

- ▶ Cables alimentadores de antena y guías de onda
 - ▶ Transferencia de potencia
 - ▶ Relación de onda estacionaria

- ▶ EXPERIMENTO: ANTENA PARABÓLICA

TEMARIO DÍA 3. Parte 1

- ▶ Propagación de señales radio eléctricas
- ▶ Bandas de frecuencia
- ▶ Ondas terrestres, ionosféricas, troposféricas
- ▶ Areas de cobertura, enlaces punto a punto
 - ▶ Zonas de Fresnel
- ▶ Cálculo de enlaces punto a punto, balance de pérdidas y ganancias

- ▶ EXPERIMENTO: ELIPSOIDES DE FRESNEL

TEMARIO DÍA 3. Parte 2

- ▶ Concepto de interferencias radio eléctricas.
Cálculos de interferencia
- ▶ Tecnología de las radio comunicaciones
 - ▶ Tipos de cables
 - ▶ Tipos de conectores
 - ▶ Guías de onda
 - ▶ Tipos de flange
 - ▶ Patrón de radiación típico de antena parabólica
 - ▶ Componentes básicos: filtros, circuladores, cargas acopladas, acoplador direccional.
 - ▶ Diferencia entre radios Split y radios indoor.
- ▶ EXPERIMENTO: RECONOCIMIENTO DE FLANGES Y CONECTORES

TEMARIO DÍA 4. Parte 1

- ▶ Instrumentos de medición
 - ▶ Multímetro
 - ▶ Power meter
 - ▶ Analizador de espectro
 - ▶ Frecuencímetro
 - ▶ Osciloscopio
 - ▶ Generador de barrido (sweep oscillator)
 - ▶ Medición de la relación de onda estacionaria
 - ▶ Site master (medidor de VSWR)
 - ▶ Confiabilidad de la lectura de parámetros en el computador personal.
- ▶ EXPERIMENTO: MEDICIÓN DE FRECUENCIAS. MEDICIÓN DE POTENCIAS Y ATENUACIONES. MEDICIÓN DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA DE FILTROS.

TEMARIO DÍA 4. Parte 2

- ▶ Tecnologías analógicas VS tecnologías digitales
 - ▶ Álgebra booleana
 - ▶ Concepto de bit y de Byte. Múltiplos de bit y byte.
 - ▶ Codificación y decodificación
 - ▶ Conversión analógica/digital
 - ▶ Velocidad de transmisión digital, ancho de banda de la conexión
-
- ▶ EXPERIMENTO: ESTUDIO DEL GENERADOR DE TRAMAS PCM30 (PATTERN DE 2 Mb/S)

TEMARIO DÍA 5. Parte 1

- ▶ Comunicaciones vía satélite
 - ▶ Comunicaciones por fibra óptica
 - ▶ Servicios móviles celulares.
 - ▶ Ethernet eléctrica y óptica
 - ▶ El protocolo TCP/IP
 - ▶ La Internet
-
- ▶ EXPERIMENTO: VISUALIZACIÓN Y ESTUDIO DEL ESPECTRO DE TELEFONÍA CELULAR 850, 1900 MHz PARA GSM (2G) Y HSPA (3G); 1700 Y 2400 PARA LTE (4G)

TEMARIO DÍA 5. Parte 2

- ▶ Normas de seguridad del personal que trabaja en telecomunicaciones
- ▶ Breve introducción a los riesgos para la salud de la radiación electromagnética
 - ▶ Radiaciones ionizantes y no ionizantes
 - ▶ Parámetro SAR (specific absorption rate)
 - ▶ Tiempo de exposición
- ▶ Instituciones que regulan las radiocomunicaciones a nivel internacional
- ▶ Instituciones y marco legal de las radio comunicaciones en Ecuador.

- ▶ EVALUACIÓN DEL CURSO.
- ▶ Instructor a los asistentes.
- ▶ Asistentes al instructor.
- ▶ Coevaluación.