



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN-TESIS DE GRADO

**AUTORES:** MARIO YESID VELOZA MONTAÑEZ

**FACULTAD:** INGENIERÍAS

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DIRECTOR:** DINAEEL GUEVARA IBARRA

**TITULO DE LA TESIS:** DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR Y UN RECEPTOR DE MICROONDAS EN LA BANDA LIBRE DE 902 A 928 MHz, PARA MODULACIÓN EN FRECUENCIA EN APLICACIONES DE EMISIÓN Y RECEPCIÓN FIJA.

### RESUMEN

Este compendio plasma la investigación sobre el diseño y el montaje de un trasmisor y un receptor de microondas en la banda libre de 902 a 928 MHz para modulación en frecuencia. Se muestra los diseños basados en metodologías de líneas de microtiras y aplicadas a través de varios software tipo CAD principalmente MWOoffice® 2001 y la simulación en diferentes gráficas de las propiedades de los puertos de entrada y de salida de los circuitos y su comportamiento electromagnético. Luego se enuncia el proceso para la construcción de los trazados físicos o Layout de cada tarjeta, las cuales fueron ensambladas con tecnología propia; los resultados se encuentran anexos al final del texto y están representados mediante mediciones reales hechas en los laboratorios de la Universidad de Pamplona. Por ultimo se muestra el análisis de los resultados y sus recomendaciones

### CARACTERÍSTICAS

PAGINAS 255 PLANOS \_\_\_\_\_ ILUSTRACIONES \_\_\_\_\_ CD-ROM 1

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR Y UN RECEPTOR DE  
MICROONDAS EN LA BANDA LIBRE DE 902 A 928 MHz, PARA MODULACIÓN  
EN FRECUENCIA EN APLICACIONES DE EMISIÓN Y RECEPCIÓN FIJA.**

**MARIO YESID VELOZA MONTAÑEZ**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTRONICA  
SAN JOSE DE CUCUTA  
2006**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR Y UN RECEPTOR DE MICROONDAS EN LA BANDA LIBRE DE 902 A 928 MHz, PARA MODULACIÓN EN FRECUENCIA EN APLICACIONES DE EMISIÓN Y RECEPCIÓN FIJA.**

**MARIO YESID VELOZA MONTAÑEZ**

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico**

**Director  
DINAEEL GUEVARA IBARRA  
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTRONICA  
SAN JOSE DE CUCUTA  
2006**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: Cúcuta, 27 de enero de 2006

HORA: 08:00

LUGAR: Sala 2 - Edificio CREAD

Plan de estudio: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Título de la tesis: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR Y UN RECEPTOR DE MICRO-ONDAS EN LA BANDA LIBRE DE 902 - 928 MHz PARA MODULACIÓN EN FRECUENCIA EN APLICACIONES DE EMISIÓN Y RECEPCIÓN FIJA"

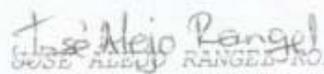
Jurados: JORGE GÓMEZ ROJAS  
JOSE ALEJO RANGEL ROLÓN  
NIDIA MARÍA RINCÓN VILLAMIZAR

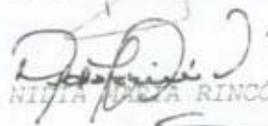
Director: DINAEL GUEVARA IBARRA

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
MARIO YESID VELOZA MONTAÑEZ	160203	Cinco, cero	5,0

L A U R E A D A

  
JORGE GÓMEZ ROJAS

  
JOSE ALEJO RANGEL ROLÓN

  
NIDIA MARÍA RINCÓN VILLAMIZAR

  
Vc. BO. JOSE ARMANDO BECERRA VARGAS  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Electrónica

Jeannette C.

A Dios creador de mi ser y mi vida.

Siempre estaré agradecido por el aporte que dieron cada persona cercana a mi ser, sobre todo esta obra investigativa se culminó gracias a la paciencia y entrega de mis padres, a todo el sacrificio que hicieron por mí durante más de 25 años y por todo el amor incondicional que me han dado, a ellos:

*Maria Magdalena y Mario Aníbal.*

A mis hermanos por ser la compañía de infancia, los verdaderos amigos de sangre, la familia que le da estabilidad emocional al ser humano que soy. A ellos Jaime Eduardo, Leonardo, Olger Eugenio les dedico esta obra.

A mis sobrinos Kevin, Aníbal, Oliver y los que están por nacer, a mi tío Agustín y a toda mi familia por toda la felicidad que aportan en esos momentos de convivencia cotidiana.

Con todo el corazón le dedico esta obra que para mí significó un sacrificio y una entrega constante a la investigación durante casi 2 años. A Nancy, mi guía y mi soporte y quien ha velado por mi felicidad y mi tranquilidad por muchos años.

A todos mis amigos, Mauricio Sequedad, Miguel Coronel, Maritza Botía, Hernando García, Bernardo Rodríguez, Jhony Montoya. Y todos mis amigos desde mi infancia quienes aportaron con su amistad y apoyo su granito de arena para que todo esto fuera realidad.

A Fernando Torija el gran farol que guió y forjó mi juventud en esos momentos difíciles que todo hombre vive.

Por último y con mucha satisfacción a mí.

***MARIO YESID***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas aquellas personas que hicieron posible mi formación como profesional y como persona.

A la ayuda sincera y desinteresada de mi novia la Ingeniera Nancy Serrano

Estoy personalmente agradecido y desde el alma a la Universidad Francisco de Paula Santander, pues más que el conocimiento que adquirí dentro de ella, fueron las vivencias y la oportunidad de conocer muchísimas personas y la forma de interactuar con ella lo que realmente es de gran valor para mí.

Agradezco muy cordialmente a la ayuda muy oportuna que me brindo la Universidad de Pamplona para realizar en sus laboratorios de comunicaciones todas las mediciones de mi prototipo, especialmente agradezco:

Al Maestro cubano Antonio Gan, jefe del departamento de electricidad electrónica y comunicaciones, al Ing. José del Carmen Peña, jefe de los laboratorios por su infinita colaboración y comprensión en las mediciones realizadas, al Ing. Jorge Ramírez Especialista de Telecom, por su asesoría desinteresada y su apoyo permanente.

Al ingeniero Edwin Torres Silva, Joven Investigador de Conciencias por trasmitirme muchos de sus conocimientos que a la larga fueron vitales para la culminación del proyecto investigativo.

Al profesor Armando Becerra, quien me ayudo en muchos momentos difíciles durante mi carrera y la realización de esta tesis.

A todos los miembros del grupo de investigación GIDT que durante mucho tiempo fueron compañía en el día a día de la investigación y soportaron situaciones adversas conmigo.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. TITULO	23
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	24
1.3 JUSTIFICACIÓN	24
1.4 OBJETIVOS	25
1.4.1 Objetivo general	25
1.4.2 Objetivos específicos	25
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	26
1.5.1 Alcances	26
1.5.2 Limitaciones	26
1.6 IMPACTO ESPERADO	26
1.6.1 Impacto Ambiental del Proyecto	27

2. MARCO TEÓRICO	28
2.1 ANTECEDENTES	28
2.2 BASES TEORICAS	29
2.2.1 Frecuencia modulada en radio frecuencias	29
2.2.2 Microondas	30
2.2.3 Líneas de Microtiras y Substratos para Microondas	31
2.2.4 Parámetros de Scattering	34
2.2.5 Figura de ruido	40
2.2.6 Amplificadores de bajo ruido	42
2.2.7 Filtros Pasabanda usando Líneas de Microtiras	47
2.2.8 Filtros de Líneas Acopladas	51
2.2.9 Diseño de Filtros Pasa-banda de Líneas Acopladas	56
2.2.10 Amplificador de Potencia	64
2.2.11 Clases de amplificadores de potencia	65
2.2.12 Redes de acoplamiento en un amplificador de potencia de dos etapas	67

2.2.13 <i>Layout</i>	68
2.3 MARCO LEGAL	86
3. METODOLOGÍA	88
3.1 TIPO DE ESTUDIO	88
3.2 DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS DEL DISEÑO	88
3.3 DESARROLLO DEL PROYECTO	89
3.3.1 Recopilación de Información	89
3.3.2 Selección de componentes	92
3.4 RESULTADOS	109
3.4.1 Diseño del bloque amplificador de bajo ruido y las redes de acoplamiento con líneas de Microtiras	109
3.4.2 Diseño del bloque amplificador de potencia y las redes de acople con líneas de microtiras	120
3.4.3 Diseño del filtro pasa-banda usando líneas acopladas de Microtiras	136
3.4.4 Trazado físico de los circuitos ( <i>layout</i> de las tarjetas)	162
4. CONCLUSIONES	171
5.RECOMENDACIONES	173

BIBLIOGRAFÍA	174
ANEXOS	176