



RESUMEN TESIS DE GRADO

AUTOR (ES)

NOMBRE **MARÍA FERNANDA** APELLIDO **GRANADOS QUINTERO**

FACULTAD: **INGENIERÍA**

PLAN DE ESTUDIOS: **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

DIRECTOR:

NOMBRE **JULIÁN** APELLIDO **FERREIRA JAIMES**

TÍTULO DE LA TESIS: **PASANTÍA PARA APOYAR EN LAS ACTIVIDADES TÉCNICAS Y EN
EL ESTUDIO DE UN SISTEMA DE MULTILATERACIÓN PARA EL CONTROL DEL
TRÁNSITO AÉREO EN EL GRUPO DE SOPORTE TÉCNICO DE LA AERONÁUTICA CIVIL
REGIONAL NORTE DE SANTANDER**

RESUMEN

Esta propuesta se desarrolla dentro de la Aeronáutica Civil con el fin de dar solución a la gestión del tránsito aéreo que no es posible con el radar secundario, se propone un modelo de multilateración que tiene las mismas prestaciones pero con mayores beneficios, teniendo en cuenta la topografía de TMA de Cúcuta. Se completa esta pasantía con el apoyo en el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de comunicaciones del Aeropuerto Camilo Daza.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS 185 PLANOS ILUSTRACIONES CD-ROM 1

PASANTÍA PARA APOYAR EN LAS ACTIVIDADES TÉCNICAS Y EN EL ESTUDIO
DE UN SISTEMA DE MULTILATERACIÓN PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO
AÉREO EN EL GRUPO DE SOPORTE TÉCNICO DE LA AERONÁUTICA CIVIL
REGIONAL NORTE DE SANTANDER

MARÍA FERNANDA GRANADOS QUINTERO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2010

PASANTÍA PARA APOYAR EN LAS ACTIVIDADES TÉCNICAS Y EN EL ESTUDIO
DE UN SISTEMA DE MULTILATERACIÓN PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO
AÉREO EN EL GRUPO DE SOPORTE TÉCNICO DE LA AERONÁUTICA CIVIL
REGIONAL NORTE DE SANTANDER

MARÍA FERNANDA GRANADOS QUINTERO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniera Electrónica

Director
JULIÁN FERREIRA JAIMES
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2010



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: Cúcuta, 3 de Septiembre de 2010

HORA: 5:00 P.M.

LUGAR: CREAD

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRONICA

Título de la Tesis: "PASANTIA PARA APOYAR EN LAS ACTIVIDADES TECNICAS Y EN EL ESTUDIO DE UN SISTEMA DE MULTILATERACION PARA EL CONTROL DEL TRANSITO AEREO EN EL GRUPO DE SOPORTE TECNICO DE LA AERONAUTICA CIVIL REGIONAL NORTE DE SANTANDER"

Jurados: Ing. SERGIO ALEXANDER CASTRO
Ing. BYRON MEDINA DELGADO
Lic. ALBERTO SARMIENTO CASTRO

Director: Ing. JULIAN FERREIRA JAIMES

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación Número Letra
MARIA FERNANDA GRANADOS QUINTERO	0160924	4,4 Cuatro, Cuatro

APROBADA

 SERGIO ALEXANDER CASTRO

 BYRON MEDINA DELGADO

 ALBERTO SARMIENTO CASTRO

Vo.Bo. JOSE ALEJO RANGEL ROLON
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Electrónica

Martha

Av. Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag- Teléfonos: 5776655 ext: 115-116 Fax:
5771988
Cúcuta - Colombia

A mis dos angelitos, a mi abuelito José Guillermo Granados que con su ejemplo de rectitud y bondad me enseñó a ser la mujer que soy.

A mi hermanita Angélica María por ser el motor que me motiva a salir siempre adelante.

A mi papá Antonio Vicente Granados, a mi mamá Gloria Cecilia Quintero, a mi hermana Any Liseth Granados Quintero, por ser la mejor familia que alguien puede tener, con ejemplo de unidad y amor infinitos.

A mis abuelitos Alirio Quintero, Carmen Jaimes y Lola Guerrero, que me motivan a salir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER por brindarme, a través de cada uno de mis profesores, los conocimientos necesarios para afrontar los retos que mi vida como profesional me proponga. En especial quiero dar gracias al DOCTOR HÉCTOR PARRA, rector de la Universidad, a mi tutor el Ingeniero Electrónico JULIÁN FERREIRA JAIMES, a los ingenieros electrónicos y docentes durante mi estadía en la universidad JOSÉ FERNANDO SANTIAGO, JHOSMAN MORA, LEONARDO CAMARGO, JHON JAIRO RAMÍREZ, CRISTIAN TARAZONA Y GERMÁN GALLEGO.

A la Aeronáutica Civil de Colombia- Regional Norte de Santander, al Ingeniero Electrónico MARTIN ALBERTO TRUYOL PALACIO, por su valiosa ayuda en la realización de mi trabajo de grado; al Ingeniero electrónico ALFONSO PAZ, por su colaboración con mi pasantía.

Al equipo técnico de la Aeronáutica Civil DAYSI MÉNDEZ, WILSON FLÓREZ, JOSÉ ANTONIO LOZANO, JOSÉ ANTONIO CORNEJO, CESAR VERGEL que me han apoyado durante este proceso.

A los jurados de sustentación Licenciado en Filosofía ALBERTO SARMIENTO, a los ingenieros electrónicos BYRON MEDINA y SERGIO CASTRO.

A todas las personas que directa o indirectamente me colaboraron en el desarrollo de mi carrera y de mi proyecto de grado, mis más sinceros agradecimientos, cada uno de ustedes ha sido un pilar sobre el cual me forje.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. GENERALIDADES EMPRESARIALES	23
1.1 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONÁUTICA CIVIL	23
1.1.1 Naturaleza jurídica de la AEROCIVIL	23
1.2 CULTURA ORGANIZACIONAL	23
1.2.1 Objetivo	23
1.2.2 Misión	23
1.2.3 Visión	24
1.2.4 Políticas institucionales	24
1.2.5 Funciones	24
1.2.6 Reseña histórica	26
1.3 REGIONAL NORTE DE SANTANDER	30
1.4 AEROPUERTO CAMILO DAZA	31
1.4.1 Reseña histórica del Aeropuerto Camilo Daza	31
1.4.2 Características del aeropuerto	31
1.5 GRUPO DE SOPORTE TÉCNICO	31
1.5.1 Características	32
1.5.2 Funciones	32
2. GENERALIDADES TEÓRICAS	34
2.1 CONCEPTOS DE COMUNICACIONES	34

2.1.1 Comunicaciones electrónicas	34
2.1.2 Espectro electromagnético	34
2.1.3 Espectro radioeléctrico	34
2.1.4 Bandas de la región de radiofrecuencia	34
2.1.5 Frecuencias very high frequencies (VHF)	34
2.1.6 Frecuencias ultra high frequencies (UHF)	36
2.1.7 Banda de frecuencias aeronáuticas	36
2.2 NORMATIVIDAD QUE RIGE DE LA BANDA DE FRECUENCIAS AERONÁUTICAS EN COLOMBIA	36
2.3 EQUIPOS USADOS EN LA AERONÁUTICA	37
2.3.1 Transmisor	37
2.3.2 Receptor	38
2.3.3 Antena	41
2.4 COMUNICACIONES ANALÓGICAS	43
2.4.1 Modulación	43
2.4.2 Tipos de modulación analógica	44
2.4.3 Modulación de amplitud (AM)	44
2.4.4 Modulación de frecuencia (FM)	45
2.5 CONCEPTOS DE AERONÁUTICA	46
2.5.1 Estaciones fijas aeronáuticas	46
2.5.2 Torre de control (TWR)	47
2.5.3 Oficina de control de aproximación (APP)	47
2.5.4 Aeronaves	47
2.5.5 Espacio aéreo controlado	47
2.5.6 Áreas de control (CTA)	47

2.5.7 Aerovías	47
2.5.8 Área de control terminal (TMA)	48
2.5.9 Servicios de tránsito aéreo (ATS)	48
2.5.10 Dependencias de control de tránsito aéreo	48
2.6 CONCEPTOS DE REDES Y TELECOMUNICACIONES	48
2.6.1 Tipos de redes	48
2.6.2 Redes de área local (LAN)	49
2.6.3 Redes de área amplia (WAN)	49
2.6.4 Tipos de cables	49
2.7 CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO	52
2.7.1 Definición de mantenimiento	52
2.7.2 Principios y aplicación del mantenimiento	52
2.8 CONCEPTOS SOBRE TÉCNICAS BÁSICAS DE LOCALIZACIÓN	53
2.8.1 Trilateración	53
2.8.2 Triangulación	53
2.8.3 Multilateración	54
3. ASPECTOS TEÓRICOS	55
3.1 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y OPERACIONALES DE LOS EQUIPOS TRANSMISORES Y RECEPTORES QUE PERTENECEN AL VHF DE CÚCUTA	55
3.1.1 Very high frequency omnirange station doopler (DVOR)	58
3.1.2 Distance Measuring Equipment (DME)	66
3.1.3 Instrument landing system (ILS)	68
3.1.4 Localizador	68

3.1.5 Glide Slope	70
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	72
4.1 DILUTION OF PRECISION (DOP)	72
4.2 RADAR SECUNDARIO	72
4.2.1 Elementos básicos	73
4.2.2 Modos de interrogación/respuesta	73
4.1.3 Características de actuación	74
4.3 PROTOCOLO ASTERIX	76
4.4 MULTILATERACIÓN Vs RADAR	77
4.5 HISTORIA DE LA MULTILATERACION	79
4.5.1 Principales causas de accidentes	81
4.5.2 Riesgo de accidentes	82
4.6 SISTEMA DE MULTILATERACIÓN	83
4.6.1 Aspectos generales	83
4.6.2 Prestaciones generales	84
4.6.3 Fundamentos de la multilateración	84
4.6.4 Técnicas aplicadas a la multilateración	85
4.7 SISTEMA SIN FECHADO EN LAS ESTACIONES RECEPTORA SECUNDARIAS	86
4.7.1 Estaciones receptoras secundarias (ERS)	87
4.7.2 Estación receptora central y de proceso (ERPC)	89
4.7.3 Estación receptora central	89
4.7.4 Módulo de sincronización y fechado (MSF)	92
4.7.5 Estación de proceso central	93

4.8 COMUNICACIONES DE DATOS DE MULTILATERACIÓN	97
4.8.1 Características del módulo de multilateración	97
4.8.2 Unidad de control y estado central	98
4.8.3 Sistema de gestión	99
4.9 INTERROGADOR MODO S (IMS)	101
4.10 TRANSPONDEDOR MODO S (TMS)	104
4.11 FORMULACIÓN MATEMÁTICA DE LA MULTILATERACION	106
4.11.1 Algoritmos empleados en la detección	107
4.12 EXACTITUD DEL SISTEMA	115
5. PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO SOBRE LA POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MULTILATERACIÓN PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO AÉREO PARA EL AEROPUERTO CAMILO DAZA	117
5.1 RESULTADO	117
5.2 EVALUACIÓN SITIOS PARA POSIBLES EMPLAZAMIENTOS DEL SISTEMA DE REDES DE ÁREA AMPLIA (WAN)	119
6. EVALUAR LA TRAMA DEL PROTOCOLO DE INTERCAMBIO DE DATOS RADAR	126
6.1 RESULTADO	126
6.2 DESCRIPCIÓN Y PRINCIPIOS DE ASTERIX	127
6.2.1 Características de los datos	127
6.2.2 Organización de los datos	127
6.3 ESTRUCTURA GENERAL DEL MENSAJE	129
6.3.1 El bloque de datos	130

6.3.2 El registro	130
6.3.3 Formatos de datos de campo	131
6.3.4 Campos de datos no estándar	132
6.3.5 Organización de campo	132
7. PARTICIPACIÓN EN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LOS EQUIPOS DE COMUNICACIONES Y DE RADIOAYUDAS EN EL GRUPO DE SOPORTE TÉCNICO DEL AEROPUERTO CAMILO DAZA DE CÚCUTA	135
7.1 RESULTADOS	135
7.2 PROCEDIMIENTOS A SEGUIR PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA VERY HIGH FREQUENCIES (VHF) DE CUCUTA	135
7.3 PROCEDIMIENTOS A SEGUIR PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL VERY HIGH FREQUENCY OMNIRANGE STATION (DVOR)	139
7.4 ELABORACIÓN Y ENTREGA DE INFORMES PARCIALES Y UN INFORME FINAL QUE CONTENGA EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL TRANCURSO DE LA PASANTÍA LLEVADA A CABO EN EL GRUPO DE SOPORTE TÉCNICO DEL AEROPUERTO CAMILO DAZA A LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER	143
7.4.1 Resultados para la elaboración y entrega de informes	143
7.5 SOCIALIZACIÓN ANTE LA COMUNIDAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER EL DESARROLLO DE LA PASANTÍA	143
7.5.1 Resultados de socialización	143
7.6 PARTICIPACIÓN DE CURSOS Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIA LLEVADAS A CABO DENTRO DEL GRUPO DE SOPORTE TÉCNICO DEL AEROPUERTO CAMILO DAZA	143
7.6.1 Resultados de la participación en otros cursos	144
8. CONCLUSIONES	145

9. RECOMENDACIONES	146
BIBLIOGRAFÍA	147
ANEXOS	148