

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previa a la obtención del Título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFACE DE
CONTROL PARA EL APUNTAMIENTO DE UNA ANTENA EN
5.8GHZ EN ELEVACIÓN Y AZIMUT CON POSICIÓN
AUTOMÁTICA Y MANUAL

AUTORES:

BORIS OMAR BETANCOURT FIGUEROA
FERNANDO DANIEL SORIA CARRASCAL

DIRECTOR:
ING. RICARDO CAJO

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE DEL 2014

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, septiembre del 2014

(f) _____
Boris Betancourt Figueroa

(f) _____
Daniel Soria Carrascal

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis principalmente a Dios que me ha enseñado a seguir adelante en momentos difíciles, que me ha dado fortaleza, constancia y perseverancia llenándome de espíritu de superación.

Mi padre el Sr. Omar Betancourt Viteri siempre una persona firme que gracias a su criterio me ha llevado a ser una persona de éxito tomándose tiempos que no le alcanzan para poder dialogar tratando temas de toda índole y eso lo hace un padre especial. Dedico en general a toda la familia que me brinda su apoyo incondicional inclusive encontrándose fuera del país, a mi Tío Octavio que dedicó su tiempo para ayudarnos y aportarnos con conocimientos fundamentales.

Un sentimiento muy especial para las tres mujeres de mi vida que siempre están conmigo cuando más las necesito, a mi madre la Sra. Gladys Figueroa Almazán por ser una mujer responsable, admirable preocupándose perennemente por el bienestar de toda la familia, le regalo este título tan deseado por mí y por mis seres queridos, demostrándole que esto es un gran paso de los muchos que aún me faltan por recorrer. Mi abuelita Leonor Almazán una mujer valiente que constantemente nos tiene en sus oraciones siendo de mucha utilidad para cumplir mis objetivos y mi Novia Jazmín Toro Naranjo por ser un pilar fundamental preocupándose en cada momento con mis objetivos y metas acompañándome siempre en las buenas y malas.

Boris Betancourt Figueroa

A Dios por bendecirme y darme la fortaleza de seguir adelante.

A mis padres y hermano por su apoyo incondicional, por la confianza total que me han dado, son la motivación de mi vida. A mi familia que siempre se preocupó por mi bienestar y porque siga adelante.

A mi novia quien no me dejo caer en los malos momentos y me motivo a que continúe hasta el final.

Daniel Soria Carrascal

AGRADECIMIENTO

Agradezco eternamente a Dios por ser fuente de iluminación y mi guía. A los profesores por brindarnos con toda cordura su profesionalismo e impulsarnos a ser profesionales de éxito.

A los Sres. Profesores e Ingenieros Ricardo Cajo y Carlos Bosquez que con su apoyo y preocupaciones se ha sacado adelante este proyecto y poder realizarme como profesional, portándose en cada momento como grandes amigos y eso es muy admirable de la cual les estoy muy agradecido.

A mi familia que incondicionalmente me brindó su apoyo siendo mi pilar fundamental para la obtención de mi título profesional.

Boris Betancourt Figueroa

Agradezco infinitamente a Dios por cuidarme, guiarme, iluminarme y bendecirme a lo largo de la obtención de este título.

A mi padre el Sr. Fernando Soria Castro y a mi madre la Sra. Ángela Carrascal Coral pilares fundamentales de mi vida, gracias por enseñarme el camino del bien inculcándome buenos modales y ponerme siempre en manos de Dios, gracias por enseñarme a luchar hasta alcanzar mis objetivos, no rendirme y ser una persona de bien.

A mi hermano Ariel Soria Carrascal que me ve como un ejemplo a seguir y que a la vez es mi gran inspiración para seguir creciendo profesionalmente.

Agradezco a toda mi familia por siempre apoyarme e inculcarme que debo salir adelante y ayudarme en lo que necesite, gracias por preocuparse por mí.

A mi novia Leslie Gainza Pulia que siempre me levanto de los malos momentos, gracias por confiar en mí y darme todo tu apoyo para seguir luchando.

A mi tutor de tesis, el Ing. Ricardo Cajo que ayudo a que pueda terminar el desarrollo de este proyecto, gracias por guiarme y ayudarme hasta el final.

A los diferentes maestros que compartieron su conocimiento y me ayudaron a ser el profesional que ahora soy.

A todos mis amigos y demás personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo y consejos a lo largo de mi carrera como estudiante y a terminar exitosamente el proyecto.

Daniel Soria Carrascal

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN.....	17
ABSTRACT.....	18
INTRODUCCIÓN.....	19
1 CAPÍTULO 1.....	20
1.1 EL PROBLEMA.....	20
1.1.1 Planteamiento del problema.....	20
1.2 Delimitación de problema	20
1.3 Objetivos	21
1.3.1 Objetivo general	21
1.3.1.1 Objetivos Específicos	21
1.4 Justificación.....	21
1.5 Hipótesis.....	22
1.6 Variables e Indicadores	22
1.7 Metodología.....	23
1.7.1 Métodos.....	23
1.7.2 Técnicas.....	23
1.7.3 Instrumentos de investigación y recolección de datos	24
1.8 Población y Muestra	24
1.9 Descripción de la Propuesta	24
1.10 Beneficiarios.....	25
1.11 Impacto	25
2 CAPÍTULO 2.....	26
2.1 MARCO TEÓRICO	26
2.1.1 Telecomunicaciones	26
2.2 Sistema de Comunicación	26
2.3 Medios de Transmisión	27
2.3.1 Medios de transmisión guiados.....	27
2.3.2 Medios de Transmisión no guiados.....	28
2.4 Modo de Trasmisión según su sentido	29
2.5 Radio Frecuencia	29
2.6 Espectro Electromagnético.....	29

2.7	Propagación	30
2.8	Radioenlace	30
2.9	Antenas	31
2.9.1	Diagrama de radiación	31
2.9.1.1	Dirección de apuntamiento.....	31
2.9.1.2	Lóbulo principal	32
2.9.1.3	Lóbulos secundarios	32
2.9.1.4	Ancho de haz	32
2.9.1.5	Relación de lóbulo principal a secundario	32
2.9.1.6	Relación delante-atrás	32
2.9.2	Ancho de banda.....	33
2.9.3	Directividad.....	33
2.9.4	Ganancia.....	33
2.9.5	Eficiencia.....	33
2.9.6	Impedancia	33
2.9.7	Apertura de haz	34
2.9.8	Polarización.....	34
2.9.9	Clasificación de las antenas	34
2.9.9.1	Antenas Dipolo.....	34
2.9.9.2	Antenas Dipolo Multi-elemento.....	35
2.9.9.3	Antenas Yagi	35
2.9.9.4	Antenas Panel Plano o Patch	36
2.9.9.5	Antenas Parabólicas	37
2.9.9.6	Antena Grillada	38
2.10	Líneas de Transmisión.....	38
2.10.1	Cables.....	39
2.10.1.1	Cable RG 8.....	39
2.11	Conectores	40
2.11.1	Conector Tipo N.....	40
2.11.2	Conector SMA	41
2.12	Radio BulletM5	42
2.13	POE	43
2.14	Motores paso a paso	44

2.14.1	Principio de funcionamiento	45
2.14.2	Clasificación de motores	45
2.14.2.1	Unipolar	45
2.14.2.1.1	Secuencia de las bobinas.....	46
2.14.3	Bipolar.....	46
2.14.3.1.1	Secuencia de la bobinas	47
2.15	Puente H	47
2.15.1	Circuito integrado L 298	48
2.16	Fuente de Alimentación.....	48
2.17	NI-USB 6009.....	49
2.18	Transistor 7805.....	49
2.19	Octocoplador 4N35	50
2.20	Relé DC	50
2.21	Condensador	51
2.22	Resistencia.....	51
2.23	Diodo Led.....	51
2.24	Diodo rectificador.....	52
2.25	Fusible	52
2.26	Labview	53
2.27	PIC16F88.....	53
2.28	LM35	53
2.29	MOC 3041	54
2.30	Max 232.....	54
2.31	Convertidor RS-232 a Ethernet	56
2.32	Sensores Magnéticos de Proximidad.....	56
2.33	Plataforma PXI	57
2.33.1	Analizador de señales vectoriales	58
2.33.1.1	Características	58
3	CAPÍTULO 3.....	59
3.1	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	59
3.1.1	Introducción	59
3.2	Especificaciones	60
3.3	Tarjeta Sistema de Inicialización	62

3.4	Sistema de Inicialización.....	64
3.5	Sistema de Control de movimiento	65
3.5.1	Motores paso a paso	65
3.5.1.1	Configuración de conexión utilizada.....	66
3.5.1.2	Dimensiones	67
3.5.2	Configuración del Puente H.....	68
3.5.3	NI USB-6009 Adquisición de datos.....	68
3.5.4	Estructura Metálica de soporte y movilidad.....	69
3.6	Medio de Transmisión y Recepción.	71
3.7	Configuración del enlace de radio Transmisor y Receptor	72
3.7.1	Configuración transmisor: wireless	73
3.7.1.1	Explicación de la configuración inalámbrica del transmisor	73
3.7.2	Configuración receptor: wireless	76
3.7.2.1	Explicación de la configuración inalámbrica del Receptor.....	77
3.7.3	Conexión del sistema enlace punto a punto	79
3.8	Arranque del sistema de Posicionamiento Automático Software Labview	79
3.8.1	Presentación	80
3.8.2	Variables del sistema.....	80
3.8.3	Inicialización de Tarjetas	81
3.8.4	Asignación de puertos para tarjeta de control NI USB-6009.....	84
3.8.5	Control de Secuencia de bobinas	86
3.8.6	Arreglos bloques de control	86
3.8.7	Construcción gráfico XY	90
3.8.8	Bloque de Estadísticas.....	91
3.8.9	Escribir un archivo de hoja de cálculo	91
3.8.10	Activación fuente de motores.....	93
3.8.11	Configuración de la ventana espectro	93
3.8.12	Control de muestras.....	94
3.8.13	Dato progresivo de Umbral.....	95
3.8.14	Configuración datos Manual	95
3.8.15	Inicio del Sistema.....	96
3.8.16	Proceso de Enceramiento Elevación	96
3.9	Proceso de Enceramiento Azimut	98

3.10	Análisis de Espectro en Azimut	99
3.10.1	Azimut 0° a 180° Labview.....	100
3.10.2	Azimut 180° a 0° Labview.....	101
3.10.3	Búsqueda Valor de Umbral.....	101
3.10.3.1	Definición de Umbral	101
3.10.3.2	Diagrama De Flujo.....	103
3.10.3.2.1	Verificación, justificación y codificación Umbral.....	103
3.10.3.2.1.1	Búsqueda de Umbral.....	105
3.10.4	Análisis Espectro en Azimut.....	106
3.10.5	Posición Parcial de Azimut	108
3.10.6	Estadística 1000 Datos Azimut	109
3.10.7	Análisis de Espectro en Elevación	109
3.10.8	Posición Final y comparación de niveles de Potencia Azimut vs Elevación.....	111
4	CAPÍTULO 4.....	113
4.1	EVALUACIÓN DEL SISTEMA.....	113
4.1.1	Presupuesto de Enlace.....	113
4.1.1.1	Definición.....	113
4.1.2	Elementos de un presupuesto de enlace	113
4.1.3	Ubicación del sistema	113
4.1.4	Transmisor	113
4.1.4.1	Receptor.....	114
4.1.5	Diagrama de conexiones para el cálculo de presupuesto de enlace ...	114
4.1.6	Pérdidas en el espacio libre	115
4.1.7	Ley De Cuadrado Inverso	115
4.1.8	Atenuación	115
4.1.9	Absorción	115
4.1.10	Cálculo Pérdida del espacio libre ecuación de Friis.....	116
4.1.11	Cálculo de presupuesto de enlace	117
4.2	TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS	118
4.2.1	Introducción	118
4.2.2	Sistema conversor de protocolo TCP/IP A RS-232	118
4.2.2.1	Tarjeta ConvertidorUSR-TCP232.....	118

4.2.3	Labview orientado a comunicación TCP/IP.	120
4.2.4	Bloques principales de comunicación TCP/IP mediante Labview	120
4.2.4.1	Bloque TCP/IP Listen	120
4.2.4.2	Bloque TCP/IP Write	121
4.2.4.3	Bloque TCP/IP Read	121
4.2.5	Desarrollo del Software comunicación Full Dúplex.....	122
4.2.5.1	Inicio del Sistema	122
4.2.5.2	Verificación Tarjeta convertidor en red	123
4.2.6	Transmisión de datos comandos seriales.	123
4.2.6.1	Comando *CÓDIGO:T	124
4.2.6.2	Comando *CODIGO:E	125
4.2.6.3	Comando *CODIGO:A.....	125
4.2.7	Sistema de Control y Protección de Proceso	126
4.2.8	Almacenamiento de datos de temperatura en Excel	127
4.3	Resultados.	128
	CONCLUSIONES.....	129
	RECOMENDACIONES.....	130
	BIBLIOGRAFIA.....	131
	ANEXOS.....	132
	Anexo 1 Hoja técnica de Antena Panel.....	132
	Anexo 2 Hoja técnica de Divisor de señal.....	134
	Anexo 3 Hoja técnica de Cable RG8.....	135
	Anexo 4 Hoja técnica Convertidor	137
	Anexo 5 Pérdidas en el cable.....	140
	Anexo 6 Gráfica en Excel de datos capturados.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Sistema de Comunicación	26
Figura 2.2 Espectro Electromagnético	30
Figura 2.3 Radioenlace.....	31
Figura 2.4 Diagrama de radiación	32
Figura 2.5 Antena Dipolo.....	35
Figura 2.6 Antena Yagi	36
Figura 2.7 Antena Panel Plano	36
Figura 2.8 Antena parabólica	38
Figura 2.9 Antena Grillada.....	38
Figura 2.10 Cable RG 8	39
Figura 2.11 Conector N.....	41
Figura 2.12 Conector SMA	41
Figura 2.13 Divisor de señal	41
Figura 2.14 BulletM5	42
Figura 2.15 POE.....	43
Figura 2.16 Motor paso a paso	44
Figura 2.17 Motor unipolar	45
Figura 2.18 Motor Bipolar	46
Figura 2.19 Puente H	48
Figura 2.20 CI L298.....	48
Figura 2.21 Fuente de Alimentación.....	49
Figura 2.22 Ni-USB 6009	49
Figura 2.23 Transistor 7805	50
Figura 2.24 Optoacoplador 4N35.....	50
Figura 2.25 Relé DC	51
Figura 2.26 Condensador	51
Figura 2.27 Resistencia	51
Figura 2.28 Diodo Led	52
Figura 2.29 Diodo Rectificador.....	52
Figura 2.30 Fusible	52
Figura 2.31 PIC16F88.....	53

Figura 2.32 LM35	54
Figura 2.33 MOC 3041	54
Figura 2.34 MAX 232	54
Figura 2.35 Conexiones del MAX 232	55
Figura 2.36 Convertidor RS232 – Ethernet.....	56
Figura 2.37 Sensor Magnético	57
Figura 2.38 Plataforma PXI	57
Figura 2.39 Módulo NI-PXIE-5663.....	58
Figura 3.1 Estructura del sistema	59
Figura 3.2 Tarjeta de Activación del sistema.....	62
Figura 3.3 Activar Sistema Labview.....	63
Figura 3.4 Esquema de tarjeta de activación.....	64
Figura 3.5 Sistema de inicialización	65
Figura 3.6 Motor bipolar	66
Figura 3.7 Conexión de motor bipolar	66
Figura 3.8 Dimensión de motor bipolar	67
Figura 3.9 Tarjeta de Adquisición NI USB-6009	69
Figura 3.10 Torre Tx	70
Figura 3.11 Torre Rx.....	70
Figura 3.12 Sistema Movil.....	71
Figura 3.13 Radio Bullet M5	72
Figura 3.14 Configuración de Tx	73
Figura 3.15 Configuración de Rx.....	76
Figura 3.16 Enlace punto a punto	79
Figura 3.17 Ventana de presentación	80
Figura 3.18 Variables de Labview	81
Figura 3.19 Labview Tarjetas RF_inicio	81
Figura 3.20 Labview Tarjetas RF_final	82
Figura 3.21 RFSA Initialize VI.....	82
Figura 3.22 Configuración del reloj.....	82
Figura 3.23 Tipo de Adquisición	83
Figura 3.24 Nivel de Referencia	83
Figura 3.25 Frecuencia Espectral.....	83

Figura 3.26 Ancho de banda	84
Figura 3.27 Lectura de espectro	84
Figura 3.28 Cerrar espectro.....	84
Figura 3.29 Tarjeta de control DAQ	85
Figura 3.30 Asignación de puertos en DAQ	85
Figura 3.31 Secuencia de bobinas	86
Figura 3.32 Index Array	87
Figura 3.33 Unbundle	87
Figura 3.34 Build Array	87
Figura 3.35 Array size.....	88
Figura 3.36 Insert into array.....	88
Figura 3.37 Decimate 1D array	88
Figura 3.38 Cluster array function	89
Figura 3.39 Transpose2D Array Function	89
Figura 3.40 Array Max & Min Function.....	89
Figura 3.41 Icono de construcción Gráfica XY	90
Figura 3.42 Construcción Gráfica XY	90
Figura 3.43 Bloque de Estadísticas	91
Figura 3.44 Escribir un archivo de hoja de cálculo.....	92
Figura 3.45 Hoja de cálculo con datos obtenidos	92
Figura 3.46 Activación de Sistema	93
Figura 3.47 Ventana de Espectro	93
Figura 3.48 Control de Muestras.....	95
Figura 3.49 Umbral	95
Figura 3.50 Dato manual.....	96
Figura 3.51 Inicio del Sistema	96
Figura 3.52 Representación de movimiento en elevación	97
Figura 3.53 Proceso enceramiento elevación.....	97
Figura 3.54 Proceso posicionando a elevación	98
Figura 3.55 Posición exitosa realizada.....	98
Figura 3.56 Posicionamiento de Azimut.....	99
Figura 3.57 Posición exitosa en azimut	99
Figura 3.58 Esquema de movimiento en Azimut.....	100

Figura 3.59 Movimiento de 0° - 180°	100
Figura 3.60 Movimiento 180° - 0°	101
Figura 3.61 Representación de búsqueda de umbral.....	105
Figura 3.62 Representación de Umbral encontrado.....	106
Figura 3.63 Espectro en Azimut.....	107
Figura 3.64 Espectro en azimut.....	108
Figura 3.65 Tabla de datos máximos capturados	108
Figura 3.66 Gráfica de 1000 datos en Azimut	109
Figura 3.67 Análisis de espectro en Elevación	110
Figura 3.68 Gráfica de datos capturados en elevación.....	110
Figura 3.69 Gráfica de 1000 datos en Elevación	111
Figura 3.70 Gráfica de Sistema posicionado	112
Figura 3.71 Gráfica de Sistema Culminado	112
Figura 4.1 Presupuesto de enlace	114
Figura 4.2 Distancia de Radios	117
Figura 4.3 Tarjeta Convertidor USB-TCP232-T24	119
Figura 4.4 Configuración de tarjeta	119
Figura 4.5 Bloque TCP/IP Listen.....	120
Figura 4.6 Bloque TCP/IP Write.....	121
Figura 4.7 Bloque TCP/IP Read	121
Figura 4.8 Contraseña para inicio del sistema	122
Figura 4.9 Verificación de tarjeta.....	123
Figura 4.10 Gráfica de encendido captura de temperatura	124
Figura 4.11 Gráfica de encendido de reflector.....	125
Figura 4.12 Gráfica de apagado del reflector captura de temperatura	126
Figura 4.13 Gráfica de datos de temperatura obtenidos.....	127
Figura A1 Pérdidas de cable.....	140
Figura A2 Gráfica en Excel final.....	141

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1 Tabla de Cables	28
Tabla 2.2 Características de antena Panel	37
Tabla 2.3 Características RG8.....	40
Tabla 2.4 Características de divisor de señal	42
Tabla 2.5 Características de radio	43
Tabla 2.6 Características POE.....	44
Tabla 2.7 Secuencia de motor unipolar.....	46
Tabla 2.8 Secuencia de motor bipolar.....	47
Tabla 2.9 Conexiones del MAX 232.....	55
Tabla 2.10 Características de convertidor RS232-Ethernet	56
Tabla 3.1 Ventajas de Antena Panel	71
Tabla 3.2 Ventajas de radio bullet M5	72
Tabla 3.3 Ejemplo de cálculo de movimiento.....	104
Tabla 3.4 Valores de grados de movimiento.....	104
Tabla 4.1 Tabla de valores para cálculo de presupuesto de enlace	117
Tabla 4.2 Comandos seriales de transmisión	123

RESUMEN

AÑO	TÍTULO	ALUMNOS	DIRECTOR DE TESIS	TEMA DE TESIS
2013	Ingeniero electrónico	Betancourt Figueroa Boris Omar Soria Carrascal Fernando	Ing. Ricardo Cajo	Diseño e implementación de una interface de control para el apuntamiento de una antena en 5.8 GHz en elevación y azimut con posición automática y manual.

El presente trabajo muestra el diseño, construcción, implementación y transmisión de datos, mediante una interfaz de control para el posicionamiento automático en Azimut y elevación de una antena que opera en la banda de 5.8 GHz. Esto se logra realizando barridos espectrales de potencia mediante el cual se analiza los niveles de potencia emitidos por un sistema transmisor, primero se realiza el barrido en Azimut en el rango de 0° a 180° a pasos de 0.18° . Para luego posicionarse momentáneamente en su mejor nivel detectado. Inmediatamente se activa el motor del eje de elevación que se encargara de afinar su máximo nivel de potencia graduados en el rango de -21° a 21° , tomando sus máximos niveles de potencia que serán comparados con los resultados obtenidos en azimut. Y el mejor de todos los niveles máximos medidos garantizará su posicionamiento final.

El sistema utiliza un algoritmo diseñado por los autores llamado BETASOR basado en muestreos y adquisiciones de datos espectrales que son analizados mediante el equipo PXI de National Instruments que posee una tarjeta analizadora de espectro PXIe-5663 capaz de medir canales desde los 10MHz hasta 6.6GHz y desarrollado en la plataforma Labview. Todas las muestras realizadas en las diferentes etapas del sistema se guardan en archivos de formato Excel, para llevar un registro del comportamiento de niveles de potencia en cada grado. Los mismos que serán promediados para compararlos con el cálculo obtenido del presupuesto de enlace en el cual se asume que ambas antenas están correctamente alineadas. Finalizada la etapa de posicionamiento entra a funcionar el sistema de enlace punto a punto para la transmisión y recepción de datos para un proceso de control de temperatura.

ABSTRACT

YEAR	TITLE	STUDENTS	THESIS DIRECTOR	THESTOPIC
2013	Electronic engineer	Betancourt Figueroa Boris Omar Soria Carrascal Fernando Daniel	Ing. Ricardo Cajo	Design and implementation of a control interface for pointing an antenna at 5.8 GHz in elevation and azimuth position with automatic and manual.

This paper presents the design, construction, implementation and data transmission, using a control interface for automatic positioning azimuth and elevation of an antenna that operates in the 5.8 GHz band. This is accomplished by power spectral sweeps through that the power level emitted by a transmitter system is analyzed, the scanning is performed first in Azimuth in the range 0 ° to 180 ° in steps of 0.180. Then momentarily positioned at its best level detected. Immediately the motor shaft lift to take care of tuning its maximum power level graduates in the range of -21 ° to 21 °, taking their maximum power levels will be compared with the results obtained in azimuth his activated. And best of all measured maximum levels will ensure their final positioning.

The system uses an algorithm designed by the author with the name BETASOR based on spectral sampling and data acquisition are analyzed using National Instruments PXI team that has a spectrum analyzer card PXIe-5663 capable of measuring channels from 10MHz to 6.6GHz and developed in the Labview platform. All samples taken at different stages of the system files are saved in Excel format to track the behavior of power levels at each grade. There of which will be averaged for comparison to the calculation of the link budget obtained in which it is assumed that two antennas are correctly aligned. After the positioning phase began operating system for point-to-point transmission and reception of data for a process temperature control.

INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto trata de contrarrestar los imprecisos enlaces existentes en la actualidad, la cantidad de tiempo perdido en calibraciones produciendo pérdidas de sintonización y sincronización causando disminución en la velocidad de conexión y muchas veces pérdida total de la misma.

Para su efecto se ha diseñado e implementado un sistema capaz de corregir dichos errores en la mínima cantidad de tiempo requerida, reduciendo riesgos y costos, garantizando la funcionalidad del sistema.

En el **Capítulo 1** se describen los hechos preliminares como planteamiento del problema, objetivos, justificación, metodología, técnicas, impacto del proyecto para los estudiantes beneficiados.

En el **Capítulo 2** se realiza el marco teórico donde se definen conceptos específicos de telecomunicaciones, adquisiciones de datos, instrumentación virtual y características técnicas de los elementos utilizados en el desarrollo del proyecto.

En el **Capítulo 3** se efectúan todos los parámetros y pasos necesarios para la puesta en marcha del proyecto. Se detallan las conexiones realizadas en el montaje, desarrollo de software del sistema y construcción de elementos necesarios para la ejecución.

En el **Capítulo 4** se detalla la evaluación del sistema los elementos utilizados para el sistema de enlace, con sus respectivos cálculos correspondientes al presupuesto de enlace. Para la prueba de transmisión se habla de un diseño e implementación para la transmisión y recepción de datos, conexiones de equipos y adquisición de datos de control de temperatura.

1 CAPÍTULO 1

1.1 EL PROBLEMA

1.1.1 Planteamiento del problema

La temática surgió por problemas puntuales deficientes en sistemas de radioenlaces gracias a la experiencia uno tuvo la iniciativa y tratar de descubrir alguna solución a los mismos.

El problema surge al momento de intentar alinear las antenas para conseguir los mejores niveles de señal, a esto se le suma los diversos factores externos que pueden provocar realineamiento de las antenas.

Sería muy provechoso tener un sistema el cual pueda alinear estos equipos de una manera secuencial y automática para la optimización satisfactoria de transmisión.

Los mecanismo utilizados para la calibración de los radio-enlace son basados en mediciones de campo, generalmente realizados de manera manual, lo que motiva que estos suelen ser imprecisos.

En este contexto se generan múltiples problemas entre ellos se tienen:

- Mantenimientos continuos para calibraciones de radio-enlaces.
- Problemas de pérdida de sintonización y sincronización causando disminución en la velocidad de conexión o pérdida total de la misma posiblemente por cambios climáticos.

1.2 Delimitación de problema

El tema requiere de precisión y eficacia, para esto se ha optado por la plataforma Labview que es un entorno de desarrollo, con un lenguaje de programación visual gráfico. Junto de la mano con la tarjeta de Adquisición de Datos NI USB-6009 que consiste en adquirir y generar datos, que permite posicionar una antena en la banda de 5.8 GHz utilizando un análisis de espectro PXIe-5663.

El tema requiere de estudios y pruebas, y se implantará en la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA Sede Guayaquil con antena tipo panel que opera en la banda de 5.8 GHz, donde el transmisor estará ubicado en la terraza del edificio de administración y toda la infraestructura del receptor está ubicado en el edificio de ingenierías, tanto el módulo del analizador de espectro como la adquisición de datos serán conectados en un tablero de control ubicado en el balcón del tercer piso del mismo edificio, para la visualización en tiempo real de datos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar una interface de control que permita realizar automáticamente el posicionamiento de una antena con adquisición de datos espectrales que se generan en cada uno de los grados de los motores azimut y elevación y la demostración de transmisión de datos en tiempo real.

1.3.1.1 Objetivos Específicos

- Estudiar los sistemas de control de posicionamiento en azimut y elevación para soportes de antenas de 5.8 GHz
- Diseñar e implementar un sistema de control de posicionamiento en dos ejes.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema de control de posición.
- Analizar los datos requeridos por medio de la tarjeta de adquisición de datos y analizador de espectro para el desarrollo en la plataforma Labview.
- Demostrar su efectividad con pruebas de transmisión y recepción de datos

1.4 Justificación

Los sistemas inalámbricos nos rodean por todas partes. En el mundo de las Telecomunicaciones al momento de instalar enlaces de radio, luego de haber realizado previamente estudios, alcances, frecuencias, las características climáticas de la zona y las especificaciones técnicas de los equipos de radio: potencia del transmisor, ganancia de las antenas, sensibilidad del receptor, tasa de error,

disponibilidad, etc. Surge un problema muy especial a la hora de apuntar dichas antenas.

Existen varios mecanismos brújula, cartografías, puntos cardinales, orientación, entre otros, pero si se pudiera hacerlo de una forma más eficiente. Si se desarrollara un dispositivo que nos ayude de manera automática, bajo análisis de espectro en la cual captura los distintos niveles de potencia que se producen por cada movimiento de la antena en azimut y elevación además del afinamiento del enlace, sería una herramienta de suma utilidad al momento de implementar sistemas de radios y su uso sería muy eficiente. Se tendría el control de ejes tanto en azimut y elevación de las antenas y se podrá apuntar a un lugar determinado dentro de un perímetro establecido.

La oportunidad de aprender, de investigar, de desarrollar, respecto a nuestro tema, se tiene la facilidad gracias a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, que cuenta con bloques independientes y equipos de alto rendimiento tecnológico para experimentar pruebas, simulaciones e inquietudes en base a la evolución de la tesis.

1.5 Hipótesis

A través de la implementación del prototipo del sistema se podrá realizar las pruebas necesarias para la verificación y justificación de un sistema de posicionamiento automatizado, la cual servirá para el desarrollo y prácticas de los estudiantes que ejerzan dicha carrera.

1.6 Variables e Indicadores

Las variables son el sistema de control y el diseño de la adquisición como lo son elementos mecánicos, tarjetas de control que nos ayudaran a la captura de datos.

Los indicadores radican a los barridos que se realizan para obtener el mejor nivel de potencia de recepción, los ángulos respectivos y los registros de datos.

1.7 Metodología

1.7.1 Métodos

Para el desarrollo de la investigación se han utilizado los siguientes métodos:

- **Método Experimental**

Se utilizó el método experimental al desarrollar pruebas reales entre varios lugares para fijar las antenas, además con la estructura móvil se hicieron varios diseños y con las diferentes pruebas se fue puliendo.

- **Método Deductivo**

Con varias pruebas realizadas y luego de analizar cada una de estas muestras, se concluyen conceptos particulares de teorías generales ya establecidas y estudiadas en las diferentes materias. Debido a esto se puede sacar la conclusión y relación entre los datos obtenidos experimentalmente y cálculo realizado con presupuesto de enlace.

1.7.2 Técnicas

Las técnicas aplicadas en el transcurso de la investigación fueron las siguientes:

- **Técnica Documental**

Se utilizó la técnica documental al recolectar la información necesaria para poder sustentar los conceptos de transmisión, antenas, sistemas de control, programación, Labview, instrumentación y diseño. Además del desarrollo del marco teórico que fue realizado a partir de la técnica mencionada.

- **Técnica de Campo**

Esta técnica fue utilizada durante la mayoría del tiempo de la implementación de este proyecto, ya que todas las pruebas y estudios fueron realizadas en campo, con datos reales.

1.7.3 Instrumentos de investigación y recolección de datos

Para este proyecto se utilizaron varios elementos que ayudaron con el desarrollo de la investigación a continuación detallados.

Los instrumentos de investigación fueron:

- Los problemas planteados en el capítulo 1 sección 1.1.

Los instrumentos que se utilizó fueron:

- Tablas de datos de las mediciones tomadas con la ayuda del analizador PXIe-5663
- Tarjeta NI USB-6009 para adquisición de datos.
- Antenas Panel con radio BulletM5 para transmisión de enlace.

1.8 Población y Muestra

Este proyecto va a ser de mucha utilidad para todos los estudiantes de la carrera Ingeniería Electrónica de la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA sede Guayaquil específicamente en las materias de Redes Inalámbricas, Antena y Propagación, Medios de Transmisión, Control Automático y Labview.

1.9 Descripción de la Propuesta

Diseñar e implementar un sistema de radio enlace en la banda de 5.8 GHZ en el que el transmisor estará ubicado en la terraza del edificio de Administración y el receptor en la terraza del edificio de Ingenierías ambos de la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA sede Guayaquil el cual se posicionara automáticamente según el mejor nivel de potencia capturado en los ejes de azimut y elevación mediante el equipo PXI con su tarjeta analizadora de espectro PXIe-5663 haciendo una serie de barridos para garantizar el menor error posible y la mayor precisión.

Estos barridos serán hechos por dos motores paso a paso bipolares y controlados con un puente h cada uno más la tarjeta de control NI USB-6009 que se encargará de enviar los pulsos para el giro de los mismos, El movimiento en azimut será de 0° a 180° en ida y venida y en elevación será de -21° a 21°.

Cuando se tenga el mejor nivel de potencia capturado, el sistema se posicionará en ese valor y comenzará el enlace de transmisión en el cual se capturará datos de temperatura ambiente que serán enviados desde el edificio del transmisor para ser visualizado mediante Labview en nuestro trasmisor y a la vez se simulará un sistema de control.

1.10 Beneficiarios

Estudiantes de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil; en las diferentes materias mencionadas anteriormente, para realizar prácticas reales, pruebas de errores, conocimientos de equipos telecomunicación y sistemas industriales, desarrollo e investigación orientado al nivel de impacto de cada uno.

1.11 Impacto

A nivel estudiantil el sistema construido ayudara en el desarrollo académico de los estudiantes que estén cursando la carrera de ingeniería electrónica en niveles superiores donde se pueden realizar muchas practicas con un sistema real de radio enlace y que se a mediana distancia.

Fortalecerá la parte técnica, de conocimiento y práctica de materias como propagación, redes inalámbricas, la plataforma de instrumentación virtual Labview en materias de especialidad telecomunicaciones. En sistemas industriales se generan conceptos y desarrollo de sensores, instrumentación, micro controladores, y gran parte de conceptos básicos.

Además de lo académico se pensó en la parte de calibración de los sistemas de radio enlace reales que normalmente son hechos mediante mediciones de campo y de manera manual lo que origina que sean imprecisos y esto a su vez causa que las calibraciones sean continuas, problemas de conexión y bajo nivel de transmisión.

2 CAPÍTULO 2

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Telecomunicaciones

Es toda transmisión y recepción de señales en nuestro caso ondas electromagnéticas que tengan cualquier tipo de información que se desea comunicar a cierta distancia.

La telecomunicación incluye muchas tecnologías como la radio, televisión, teléfono y telefonía móvil, comunicaciones de datos, redes informáticas o Internet. Gran parte de estas tecnologías, que nacieron para satisfacer necesidades militares o científicas, ha convergido en otras enfocadas a un consumo no especializado llamadas tecnologías de la información y la comunicación, de gran importancia en la vida diaria de las personas, las empresas o las instituciones estatales y políticas.

2.2 Sistema de Comunicación

Un sistema de comunicación es cualquier sistema que permite establecer una interconexión entre dos o más medios. Esta definición incluye tanto la red de transmisión, que sirve de soporte físico, como todos los elementos que permiten encaminar y controlar la información:

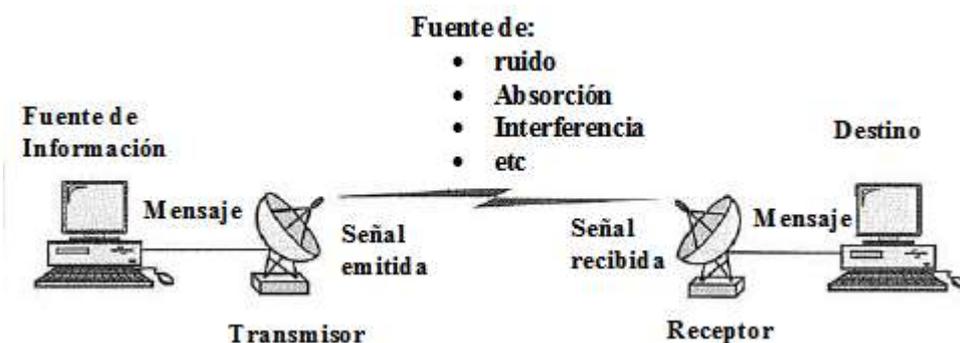


Figura 2.1 Sistema de Comunicación

Fuente: <http://transmision-de-datos.wikispaces.com/Clase+1+Transmision+de+datos>

- **Emisores:** es la parte del sistema que codifica y emite el mensaje. Puede ser una antena, una computadora, un teléfono, etc.

- **Receptores:** es todo dispositivo capaz de recibir un mensaje y extraer la información de él. Es el caso de una radio, un televisor, etc.
- **Medio de transmisión:** El soporte físico por el que se transmite la información, ya sea alámbrico o llamado medio guiado o inalámbrico medio no guiado.
- **Repetidores:** Son dispositivos que amplifican la señal que les llega, por lo que se pueden establecer comunicaciones a gran distancia.
- **Conmutadores:** Son dispositivos encaminan cada trama de red hacia su destino en una red de computadoras.
- **Encaminadores:** Son dispositivos que permiten elegir en cada momento cual es el camino más adecuado para que las tramas de red lleguen a su destino en una red con soporte TCP/IP.
- **Filtros:** Dispositivos que permiten el paso de ciertas frecuencias de la señal pero impiden el paso de otras. Se usan para sintonizar de multiplexar canales en una radio o en un televisor

2.3 Medios de Transmisión

Un medio de transmisión es el canal que permite el envío de información entre dos entidades de un sistema. La transmisión se realiza habitualmente empleando ondas electromagnéticas que se propagan a través del denominado canal de comunicación. A veces el canal es un medio físico y otras veces no, ya que las ondas electromagnéticas son susceptibles de ser transmitidas por el vacío.

Se pueden clasificar en dos grandes grupos: medios de transmisión guiados y medios de transmisión no guiados.

2.3.1 Medios de transmisión guiados

Son los constituidos por un canal sólido como un cable, que generalmente es de cobre, el mismo que se protege con un recubrimiento o aislamiento para evitar cortocircuitos, ruidos o interferencias.

- **Par Trenzado:** Es el medio guiado más económico y más usado para aplicaciones generales. Consiste en dos alambres de cobre aislados, que se trenzan de forma helicoidal. Puesto que dos alambres paralelos constituyen

una antena simple; en el par trenzado las ondas de diferentes vueltas se cancelan, por lo que la radiación del cable es menos efectiva y permite reducir la interferencia eléctrica tanto exterior como de pares cercanos. Este tipo de cables puede estar o no protegido por una malla protectora metálica.

- **Cable Coaxial:** Este tipo de cable también se compone de dos conductores, pero en este caso uno de ellos es un alambre interno donde viaja la señal y la otra una malla metálica que lo rodea. Los dos conductores están separados por un aislante y la malla tiene una cubierta de plástica. Comúnmente se lo encuentra en cámaras analógicas, transmisión análoga de video, etc.
- **Fibra óptica:** Es un enlace hecho con un hilo muy fino de material transparente de pequeño diámetro y recubierto de un material opaco que evita que la luz se disipe. Por el núcleo, generalmente de vidrio o plásticos, se envían pulsos de luz, no eléctricos actualmente se pueden enviar información con una tasa de transferencia hasta o un poco más de 2Gbits/s. Hay dos tipos de fibra óptica: la multimodo y la monomodo. En la fibra multimodo la luz puede circular por más de un camino pues el diámetro del núcleo es de aproximadamente 50 μm . Por el contrario, en la fibra monomodo solo se propaga un modo de luz, la luz sólo viaja por un camino. Un cable de fibra óptica no puede ser doblado en 90° esto hace quebrar el medio interno guiado sea de vidrio o alambre.

Medio de transmisión	Material	Ancho de banda (Mhz)	Tasa de Transferencia (Mbits/s)
Par Trenzado	Metal(cobre)	3	4
Cable Coaxial	Metal(cobre)	350	500
Fibra Óptica	Vidrio o plástico	2000	2000

Tabla 2.1 Tabla de Cables

Fuente: Los Autores

2.3.2 Medios de Transmisión no guiados

Los medios de transmisión no guiados son aquellos que se usan variaciones del campo electromagnético.

Con la radiocomunicación se pueden establecer telecomunicaciones a través de las denominadas radiofrecuencias, la parte del espectro de frecuencias menos energética. La transmisión y recepción de ondas de radio se realizan con una antena, un dispositivo que transforma variaciones del voltaje que se le aplica en ondas electromagnéticas y viceversa. Los servicios que se pueden aprovechar de esta tecnología son la radiodifusión, la televisión, la telefonía móvil o las comunicaciones entre radioaficionados.

2.4 Modo de Trasmisión según su sentido

- **Simplex**

Este modo de transmisión permite que la información se envíe en un solo sentido y de forma permanente. Con esta fórmula es difícil la corrección de errores causados por deficiencias de línea.

- **Half-duplex**

En este modo la transmisión fluye en los dos sentidos, pero no simultáneamente, solo una de las dos estaciones del enlace punto a punto puede transmitir.

- **Full-duplex**

Es el método de comunicación más aconsejable puesto que en todo momento la comunicación puede ser en dos sentidos posibles y al mismo tiempo, es decir, que las dos estaciones simultáneamente pueden enviar y recibir datos y así corregir errores de manera instantánea y permanente.

2.5 Radio Frecuencia

También denominada RF esta se la puede transmitir aplicando corriente eléctrica en un generador de antena, estas ondas electromagnéticas van desde los 30Hz a 300Ghz y viajan a la velocidad de la luz. La unidad de medida de la frecuencia de las ondas es el hercio el cual corresponde a un ciclo por segundo.

2.6 Espectro Electromagnético

Se denomina espectro electromagnético a la división energética del grupo de las ondas electromagnéticas. El espectro electromagnético se extiende desde la radiación

de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio.

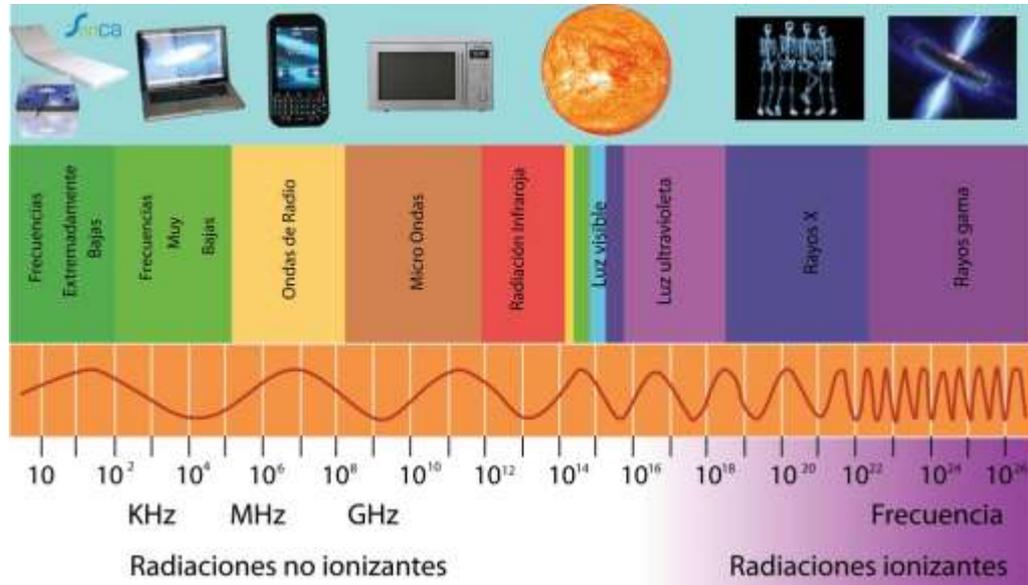


Figura 2.2 Espectro Electromagnético

Fuente: <http://www.mimagnetoterapia.com/espectro-electromagnetico>

2.7 Propagación

La propagación de una onda es la forma en cómo llega del transmisor al receptor, en las ondas electromagnéticas existe una características principal que está compuesta de un campo eléctrico y un campo magnético que forman un ángulo de 90° entre ellas.

2.8 Radioenlace

Un radioenlace es un tipo de transmisión en el que la señal se propaga libremente por el espacio libre, y no a través de un cable.

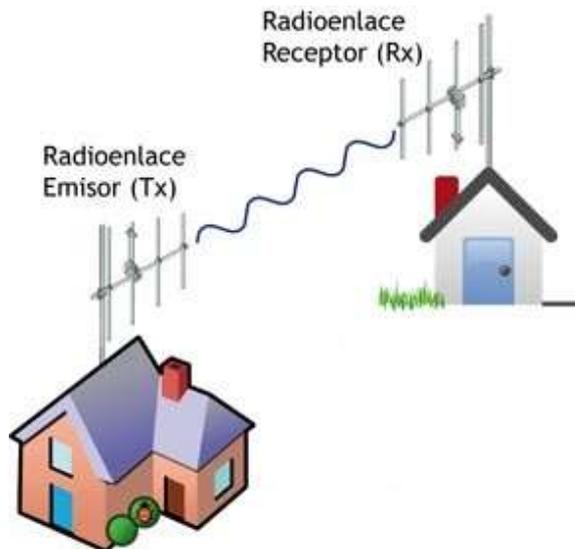


Figura 2.3 Radioenlace

Fuente: <http://analfatecnicos.net/pregunta.php?id=24>

2.9 Antenas

Una antena es un dispositivo metálico capaz de transmitir y recibir ondas electromagnéticas. Existen diferentes tipos de antenas como por ejemplo omnidireccionales, dipolo, yagi, parabólica, etc.

Las características de las antenas dependen de la relación entre sus dimensiones y la longitud de onda de la señal de radiofrecuencia transmitida o recibida. Si las dimensiones de la antena son mucho más pequeñas que la longitud de onda las antenas se denominan elementales, si tienen dimensiones del orden de media longitud de onda se llaman resonantes, y si su tamaño es mucho mayor que la longitud de onda son directivas.

2.9.1 Diagrama de radiación

Es la característica de radiación representada gráficamente de una antena estas están dadas en coordenadas de azimut y elevación. Con esta grafica se puede saber la directividad de la antena.

Los parámetros más importantes del diagrama de radiación son:

2.9.1.1 Dirección de apuntamiento

Es la de máxima radiación. Directividad y Ganancia.

2.9.1.2 Lóbulo principal

Es el margen angular en torno a la dirección de máxima radiación.

2.9.1.3 Lóbulos secundarios

Son el resto de máximos relativos, de valor inferior al principal.

2.9.1.4 Ancho de haz

Es el margen angular de direcciones en las que el diagrama de radiación de un haz toma un valor de 3dB por debajo del máximo. Es decir, la dirección en la que la potencia radiada se reduce a la mitad.

2.9.1.5 Relación de lóbulo principal a secundario

Es el cociente en dB entre el valor máximo del lóbulo principal y el valor máximo del lóbulo secundario.

2.9.1.6 Relación delante-atrás

Es el cociente en dB entre el valor de máxima radiación y el de la misma dirección y sentido opuesto.

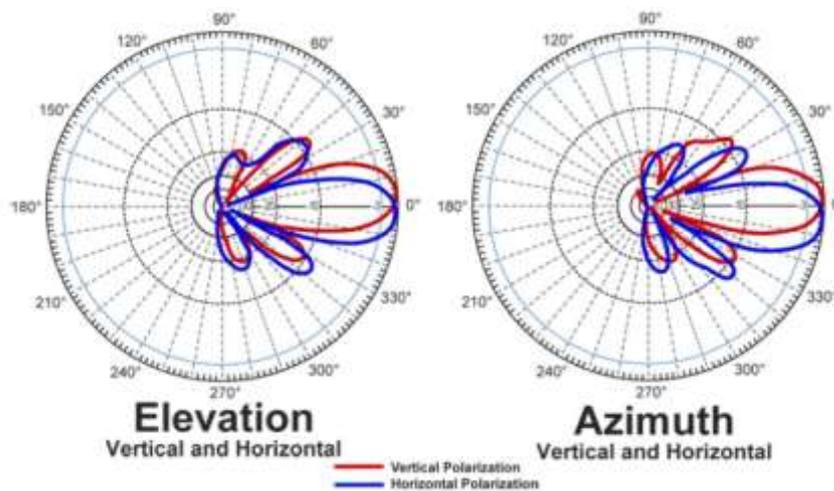


Figura 2.4 Diagrama de radiación

Fuente: <http://www.l-com.com/wireless-antenna-49-ghz-to-58-ghz-23-dbi-broadband-patch-antenna>

2.9.2 Ancho de banda

Es el margen de frecuencias en el cual los parámetros de la antena cumplen unas establecidas características. Se puede definir un ancho de banda de polarización, de impedancia o de ganancia.

2.9.3 Directividad

Es la relación entre la intensidad de una antena de potencia radiada en una dirección y distancia definida y la densidad de potencia que radia a la misma distancia una antena isotrópica. Se expresa en unidad logarítmica dBi.

$$D = 10 * \log\left(\frac{U(max)}{U(iso)}\right) dBi$$

2.9.4 Ganancia

Se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que radiaría una antena isotrópica, a igualdad de distancias y potencias entregadas a la antena, si una antena no tiene pérdidas óhmicas se dice que la directividad y ganancia son iguales.

$$G = 10 \log\left(4\pi * \frac{U(max)}{P(in)}\right)$$

2.9.5 Eficiencia

Es la relación entre la potencia entregada vs la potencia radiada de la antena, también puede ser la relación entre la directividad y la ganancia.

$$e = P(r)/P(in) \quad \text{O} \quad e = \frac{G}{D}$$

2.9.6 Impedancia

Se define como la relación entre la tensión y la corriente en sus terminales de entrada, tiene forma compleja por tal motivo se denomina la parte real resistencia y la imaginaria la reactancia.

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} = R_a + jX_a$$

2.9.7 Apertura de haz

Este se encuentra atado al diagrama de radiación. Se puede definir este ancho de haz a -3dB ya que es el intervalo angular en el que la densidad radiada es igual a la mitad de la potencia máxima.

2.9.8 Polarización

Es la orientación de las ondas electromagnéticas al salir de la antena. Hay dos tipos básicos de polarización que aplican a las antenas, como son: Lineal dentro de este tipo se tiene vertical, horizontal y oblicua; y circular que incluye circular derecha, circular izquierda, elíptica derecha, y elíptica izquierda. No olvide que tomar en cuenta la polaridad de la antena es muy importante si se quiere obtener el máximo rendimiento de esta. La antena transmisora debe de tener la misma polaridad de la antena receptora para máximo rendimiento.

2.9.9 Clasificación de las antenas

Existen varios tipos de antenas pero las más importantes son las que a continuación se detallan:

- Antenas Dipolo
- Antenas Dipolo multi-elemento
- Antenas Yagi
- Antenas Panel Plano o Parche
- Antenas Parabólicas

2.9.9.1 Antenas Dipolo

Todas las antenas de dipolo tienen un patrón de radiación generalizado. Primero el patrón de elevación muestra que una antena de dipolo es mejor utilizada para transmitir y recibir desde el lado amplio de la antena. Es sensible a cualquier movimiento fuera de la posición perfectamente vertical. Se puede mover alrededor de 45 grados de la verticalidad antes que el desempeño de la antena se degrade más de la mitad. Otras antenas de dipolo pueden tener diferentes cantidades de variación vertical antes que sea notable la degradación.

Físicamente las antenas dipolo son cilíndricas por naturaleza, y pueden ser ahusadas o con formas específicas en el exterior para cumplir con especificaciones de medidas. Estas antenas son usualmente alimentadas a través de una entrada en la parte inferior, pero también pueden tener el conector en el centro de la misma.



Figura 2.5 Antena Dipolo

Fuente: <http://www.wni.mx/index.php?option=com>

2.9.9.2 Antenas Dipolo Multi-elemento

Las antenas multi-elemento tipo dipolo cuentan con algunas de las características generales del dipolo simple. Cuentan con un patrón de elevación y azimut similar al de la antena dipolo simple. La diferencia más clara entre ambas es la direccionalidad de la antena en el plano de elevación, y el incremento en ganancia debido a la utilización de múltiples elementos. Con el uso de múltiples elementos en la construcción de la antena, esta puede ser configurada para diferentes ganancias, lo cual permite diseños con características físicas similares. Múltiples antenas de dipolo son muy direccionales en el plano vertical. Debido a que la antena de dipolo radia igualmente bien en todas las direcciones del plano horizontal, es capaz de operar igualmente bien en configuración horizontal.

2.9.9.3 Antenas Yagi

Estas se componen de un arreglo de elementos independientes de antena, donde solo uno de ellos transmite las ondas de radio. El número de elementos específicamente,

el número de elementos directores determina la ganancia y directividad. Las antenas Yagi no son tan direccionales como las antenas parabólicas, pero son más directivas que las antenas panel.

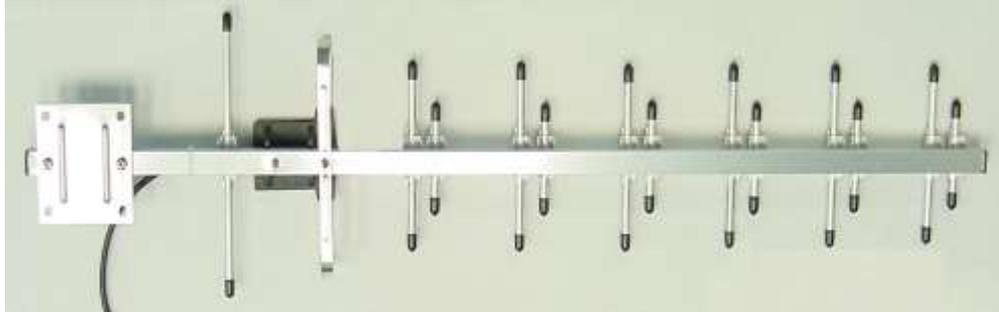


Figura 2.6 Antena Yagi

Fuente: <http://antenayagi.com/antena-yagi.html>

2.9.9.4 Antenas Panel Plano o Patch

Como su nombre lo dice son un panel con forma cuadrada o rectangular y están configuradas en un formato plano. Las antenas tipo Flat Panel son muy direccionales ya que la mayoría de su potencia radiada es una sola dirección ya sea en el plano horizontal o vertical. Las antenas Flat Panel pueden ser fabricadas en diferentes valores de ganancia de acuerdo a su construcción. Esto puede proveer excelente directividad y considerable ganancia.



Figura 2.7 Antena Panel Plano

Fuente: <http://www.l-com.com/wireless-antenna-49-ghz-to-58-ghz-23-dbi-broadband-patch-antenna>

Características:

Especificaciones Eléctricas	
Rango de frecuencia	4.9 – 5.850 GHz
Ganancia	23dBi
Polarización	Vertical y Horizontal
Ancho de haz	11° vertical y horizontal
Potencia máxima de salida	50 Watts
Impedancia	50 Ω
Especificaciones Mecánicas	
Conector	N-Hembra
Dimensiones	315 x 315 x 25 mm
Peso	3.5 libras
Temperatura de operación	-40° - 85°

Tabla 2.2 Características de antena Panel

Fuente: Los Autores

2.9.9.5 Antenas Parabólicas

Las antenas parabólicas usan características físicas así como antenas de elementos múltiples para alcanzar muy alta ganancia y direccionalidad. Estas antenas usan un plato reflector con la forma de una parábola para enfocar las ondas de radio recibidas por la antena a un punto focal. La parábola también funciona para capturar la energía radiada por la antena y enfocarla en un haz estrecho al transmitir. Al concentrar toda la potencia que llega a la antena y enfocarla en una sola dirección, este tipo de antena es capaz de proveer muy alta ganancia.



Figura 2.8 Antena parabólica

Fuente: http://www.telesystem-world.com/web/mx_sp/electronic/oem/103/antenas-parabolicas-steel-line.html

2.9.9.6 Antena Grillada

Esta antena es ideal para largo alcance altamente direccionales en 5.8GHz, son ideales para sistemas punto a punto, punto a multipunto se pueden instalar tanto vertical como horizontalmente según el ángulo de espectro que se necesite.

Gracias a su diseño de rejilla abierto minimiza la carga del viento.



Figura 2.9 Antena Grillada

Fuente :<http://www.l-com.com/wireless-antenna-58-ghz-27-dbi-die-cast-aluminum-reflector-grid-antenna-5-pack>

2.10 Líneas de Transmisión

El transmisor que genera la energía de radio frecuencia para entregar a las antenas generalmente está ubicado a cierta distancia de la misma. El enlace entre ambos es la línea de transmisión RF. Su propósito es transportar la energía de RF desde un lugar hacia otro de la forma más eficiente posible. Del lado del receptor la antena es la

encargada de captar las señales de radio desde el aire y pasarlas al receptor con la mínima cantidad de distorsión para que el radio pueda decodificar la señal.

Por estas razones el cable de RF tiene un rol muy importante en los sistemas de radio enlace, debe mantener la integridad de las señales en ambas direcciones.

2.10.1 Cables

En el caso de frecuencias mayores los cables utilizados son casi exclusivamente los coaxiales. Estos cables coaxiales tienen un conductor central recubierto por un material no conductor denominado dieléctrico, o simplemente aislante. El dieléctrico se recubre con una pantalla conductora envolvente a menudo en forma de malla. El material dieléctrico evita una conexión eléctrica entre el conductor central y la pantalla. Finalmente, el coaxial está protegido por un recubrimiento generalmente de PVC. El conductor interior transporta la señal de RF, y la pantalla evita que la señal de RF sea radiada a la atmosfera es así como impide que posibles señales externas interfieran con las que se está transmitiendo por el cable.

2.10.1.1 Cable RG 8

Este tipo de cable por sus características técnicas es ideal para hacer una red de transmisión de datos, tiene un conductor de cobre interno protegido de un material dieléctrico con su respectiva malla o apantallado para las corrientes parásitas y conexión a tierra todo esto viene protegido con su respectiva chaqueta resistente a la intemperie.



Figura 2.10 Cable RG 8

Fuente: <http://www.belden.com/techdatas/metric/9913.pdf>

Características:

Características físicas	
Calibre	10 AWG
Conductores	1
Diámetro de conductor	2.7432 mm
Chaqueta	PVC ¹
Diámetro nominal externo	10.287 mm
Rango de temperatura	-40° a +80°
Características Eléctricas	
Impedancia	50 Ω
Inductancia	0.193579 $\mu\text{H/m}$
Capacitancia	80.7126 pF/m

Tabla 2.3 Características RG8

Fuente: Los Autores

2.11 Conectores

Por medio de los conectores el cable puede ser conectado a otro cable o a un componente de la cadena de RF. Hay una gran cantidad de adaptadores y conectores diseñados para concordar con diferentes tamaños y tipos de líneas coaxiales. A continuación se detallan diferentes modelos.

2.11.1 Conector Tipo N

Este tipo de conectores tiene 2 variables macho y hembra son usados para cable coaxial y funcionan hasta frecuencias de 11GHz su gran ventaja es que se puede usar un cable muy robusto que resista la intemperie. Tiene una impedancia de 50 Ω .

¹PVC material termoplástico obtenido del cloruro de vinilo



Figura 2.11 Conector N

Fuente: <http://es.data-alliance.net/conectores-cables-antena/>

2.11.2 Conector SMA

Denominado Sub Miniatura versión A, este tipo de conector se lo usa para cables coaxiales en frecuencias que van hasta los 18GHz tiene una impedancia de 50Ω.



Figura 2.12 Conector SMA

Fuente: <http://es.data-alliance.net/conectores-cables-antena/>

2.1.1 Divisor de señal

Este dispositivo electrónico se lo usa para separar dos señales que vienen desde una misma fuente, divide señales de frecuencia desde 5,3GHz a 5,9GHz está construido con aluminio fundido en grado industrial ideal para intemperies.



Figura 2.13 Divisor de señal

Fuente : <http://www.l-com.com/bandpass-filter-rf-splitter-diplexer-for-24-ghz-5-ghz-wireless-lan-systems>

Características:

Especificaciones Mecánicas	
Puertos	1 entrada, 2 salidas
Conectores	N-hembra
Dimensiones	(89L x 48An x 33Al) mm
Peso	0.5 libras
Especificaciones eléctricas	
Frecuencia	5.3 – 5.9 GHz
Perdidas de inserción	< 0.5 dBi
Impedancia	50 Ω
Potencia	25 Watts

Tabla 2.4 Características de divisor de señal

Fuente: http://www.l-com.com/multimedia/datasheets/DS_SC5802N.PDF

2.12 Radio BulletM5

Esta radio es la encargada de hacer que un sistema de radio enlace funcione adecuadamente, la frecuencia de operación es desde 5170-5825 MHz configurable con una potencia de salida máxima de 25dBm lo cual también es totalmente configurable, sencilla de instalar y puede ir conectada directamente a la antena sin necesidad de acoples, la configuración se la hace mediante una PC ya que se debe ingresar a la dirección ip que viene por default con su respectivo usuario y contraseña, las mismas q pueden ser configuradas.



Figura 2.14 BulletM5

Fuente: http://dl.ubnt.com/datasheets/bulletm/bm_ds_web.pdf

Características:

Información de Sistema	
Procesador	Atheros MIPS 24KC, 400MHz
Información de memoria	32MBSDRAM, 8MB Flash
Interface de red	1 x 10/100 BASE-TX (Cat.5, RJ-45) Ethernet
Información física / Eléctrica	
Conector	N-macho
Dimensiones	15.2 x 3.7 x 3.1 cm
Peso	0.40 libras
Alimentación	24Vdc
Potencia de consumo	6 watts

Tabla 2.5 Características de radio

Fuente: Los Autores

2.13 POE

Por sus siglas en ingles POE (PowerOver Ethernet) que significa alimentación a través de Ethernet es una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura LAN estándar. Permite que la alimentación eléctrica se suministre a un dispositivo de red ya sea por ejemplo un switch, punto de acceso, router, teléfono, cámara IP, etc.)



Figura 2.15 POE

Fuente: http://dl.ubnt.com/datasheets/bulletm/bm_ds_web.pdf

Características:

Voltaje salida	24 VDC
Corriente	1 Amp
Alimentación	90 – 260 VAC
Conector	RJ-45 hembra
Temperatura funcionamiento	-10° a +60°
Dimensiones	85 x 55 x 33 mm

Tabla 2.6 Características POE

Fuente: Los Autores

2.14 Motores paso a paso

Este motor está compuesto de un mecanismo electromecánico que convierte señales de pulsos eléctricos en movimientos angulares, lo que hace que sea capaz de avanzar o retroceder una serie de grados o llamados también pasos, dependiendo del control con el cual se lo está controlando. La gran ventaja de usar este tipo de motores es la alta precisión y repetitividad en cuanto al posicionamiento.



Figura 2.16 Motor paso a paso

Fuente: <http://www.eminebea.com/en/product/rotary/steppingmotor/hybrid/>

2.14.1 Principio de funcionamiento

Este tipo de motores están compuestos por un rotor sobre el que están distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator. Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. La excitación de las bobinas deber ser controlada externamente en nuestro caso se usó la tarjeta NI-USB 6009.

2.14.2 Clasificación de motores

Los motores paso a paso se clasifican en 2 grupos principalmente: unipolar y bipolar, la diferencia entre cada uno de ellos es la conexión del controlador; El unipolar tiene de 5 a 6 cables, el bipolar 4 esto quiere decir que en el unipolar se tiene 2 comunes para las bobinas, mientras que en el bipolar son totalmente independientes.

2.14.2.1 Unipolar

Se denominan así porque la corriente que circula por sus bobinas siempre va en un mismo sentido. Estos motores exteriormente poseen 5 o 6 cables donde cuatro corresponden a cada uno de los extremos de las dos bobinas, el cable del medio es el común para ambas bobinas va a ser el mismo, mientras que si sobran dos corresponden al punto medio de cada una de las bobinas.

Si el motor es híbrido y si el motor lo permite las bobinas se pueden unir y hacer que el motor unipolar sea bipolar. Esto es de gran importancia ya que en el mercado local solo se encuentran tarjetas para control de motores bipolares.

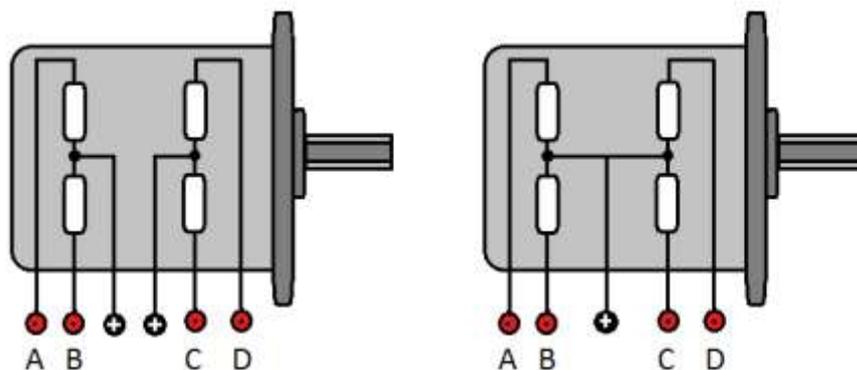


Figura 2.17 Motor unipolar

Fuente: Los Autores

2.14.2.1.1 Secuencia de las bobinas

La secuencia de las bobinas siempre va ser de a dos por vez, se aprovecha la configuración para tener el mayor torque posible.

PASO	TERMINALES			
	A	B	C	D
1	ON	ON	OFF	OFF
2	OFF	ON	ON	OFF
3	OFF	OFF	ON	ON
4	ON	OFF	OFF	ON

Tabla 2.7 Secuencia de motor unipolar

Fuente: Los Autores

2.14.3 Bipolar

Estos motores tienen por lo general cuatro cables de salida y por el cambio de dirección del flujo de corriente que pasa por las bobinas en la secuencia apropiada para ser un movimiento este debe ser controlado por un puente en H.

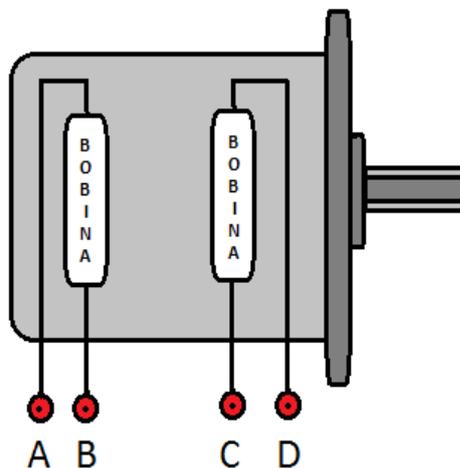


Figura 2.18 Motor Bipolar

Fuente: Los Autores

2.14.3.1.1 Secuencia de la bobinas

A continuación se indica la secuencia de la bobinas, hay que tener en cuenta que se necesita invertir la corriente ya que esto permite el giro del motor, esto se lo controla directamente desde el puente en H.

	TERMINALES			
PASO	A	B	C	D
1	ON	OFF	ON	OFF
2	ON	OFF	OFF	ON
3	OFF	ON	OFF	ON
4	OFF	ON	ON	OFF

Tabla 2.8 Secuencia de motor bipolar

Fuente: Los Autores

2.15 Puente H

El nombre de este circuito electrónico surge por la posición de los transistores que lo componen, se lo usa para controlar motores de corriente continua tanto en avance como en retroceso. Hay que tener muy en cuenta en el momento de hacer el control que nunca deben de coincidir avance y retroceso a la vez, ya que se produciría un corto en los transistores como en la fuente de alimentación.

Este circuito es el que está conectado a los motores para enviar las señales a la bobinas ya sea para girar en avance o retroceso, se alimenta con 12 Vdc. Adicional se necesitan las señales de control que vienen de las tarjeta NI USB-6009 para habilitar los pulsos.



Figura 2.19 Puentes H

Fuente: <http://www.ideastechnology.com/?q=node/121>

2.15.1 Circuito integrado L 298

Este elemento electrónico permite controlar motores paso a paso modelo bipolar, este encapsulado ya tiene todo lo necesario para hacer funcionar el motor, se lo complementa con conexiones básicas de protección.



Figura 2.20 CI L298

Fuente: <http://www.technologicalarts.ca/details/73/15/components/l298-motor-driver-bridge.html>

2.16 Fuente de Alimentación

Es un dispositivo que nos permite convertir la corriente alterna en continua según el voltaje que se necesite, también se puede tener en la misma fuente diferentes voltajes de salida sean fijos o variables.



Figura 2.21 Fuente de Alimentación

Fuente: <http://www.soloelectronica.net/fuente%20alimentacion%200-20v.htm>

2.17 NI-USB 6009

Este módulo de adquisición de datos permite realizar funciones básicas para el estudiante como registro de datos y medidas portátiles, posee 12 entradas/salidas digitales y estas se pueden configurar según como se necesiten, 8 entradas analógicas sean estas de 4-20mA o 0-10V y a su vez 2 salidas analógicas.



Figura 2.22 Ni-USB 6009

Fuente: Los Autores

2.18 Transistor 7805

Este tipo de transistores es un regulador de voltaje positivo, tiene tres terminales para la conexión: voltaje de entrada, negativo y voltaje de salida. Su corriente de salida máxima es de 1Amp.

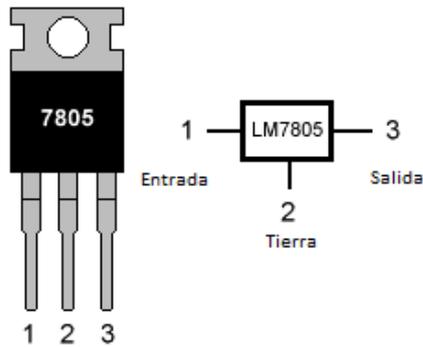


Figura 2.23 Transistor 7805

Fuente: <http://www.puntofotante.net/REGULADOR-DE-VOLTAJE-7805.htm>

2.19 Octocoplador 4N35

Este dispositivo de emisión y recepción funciona como interruptor que es activado mediante la luz de un diodo led. La ventaja primordial de este octocoplador es en aplicaciones de alta tensión en las que los potenciales de los dos circuitos pueden diferir en varios miles de voltios.

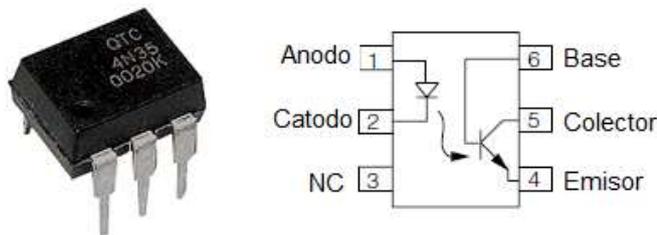


Figura 2.24 Optocoplador 4N35

Fuente: <http://measure.feld.cvut.cz/groups/edu/osv/4n35.pdf>

2.20 Relé DC

Este dispositivo electromecánico es como tener un interruptor pero controlado mediante un circuito eléctrico, Consta de 5 pines de los cuales dos son para la alimentación y los otros 3 el juego de contactos; donde uno es el común, otro el contacto normalmente abierto y el último contacto normalmente cerrado.

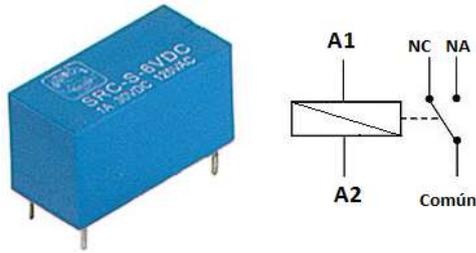


Figura 2.25 Relé DC

Fuente: <http://measure.feld.cvut.cz/groups/edu/osv/rele>

2.21 Condensador

Este elemento pasivo tiene como finalidad ayudar con la estabilización y que no se produzcan picos de voltajes. Su unidad de medida es el faradio (F)

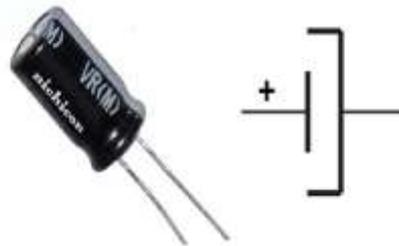


Figura 2.26 Condensador

Fuente: <http://measure.feld.cvut.cz/groups/edu>

2.22 Resistencia

Es la oposición al paso de la corriente y se la utiliza principalmente para ayudar a disipar la corriente en forma de calor.

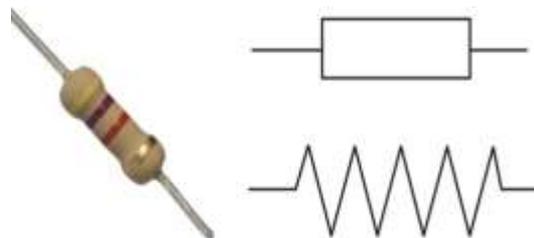


Figura 2.27 Resistencia

Fuente: Los Autores

2.23 Diodo Led

Este tipo de diodo emite luz y se lo usa como indicador

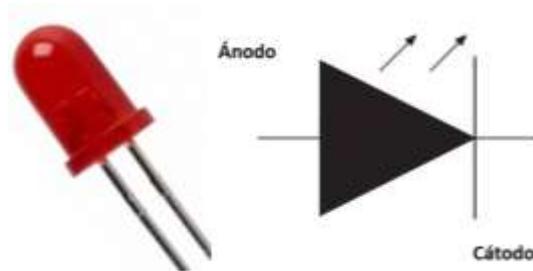


Figura 2.28 Diodo Led

Fuente: <http://electronica-teoriaypractica.com/diodo-led/>

2.24 Diodo rectificador

Este tipo de diodos semiconductores se usan para rectificar la corriente alterna a continua y a la vez para proteger tarjetas electrónicas ya que solo dejan pasar la corriente en un sentido, soporta 1 Amperio.

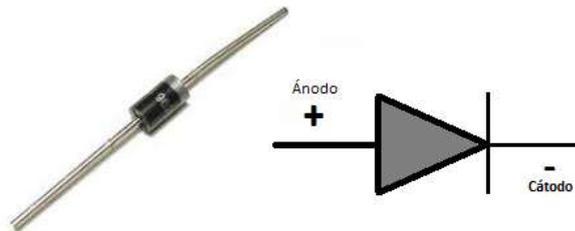


Figura 2.29 Diodo Rectificador

Fuente: <http://electronica-teoriaypractica.com/diodo-1n4001-1n4007/>

2.25 Fusible

Este dispositivo se lo usa para proteger los circuitos eléctricos y electrónicos de picos de corrientes o cortos circuitos, internamente están hechos con un filamento que al haber una sobre corriente este se funde abriendo el circuito de alimentación.

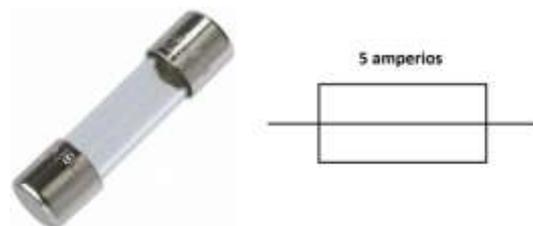


Figura 2.30 Fusible

Fuente: <http://electronica-teoriaypractica.com/proteccion>

2.26 Labview

Es un entorno gráfico de programación. El lenguaje utilizado para programar en él se llama “Lenguaje G, que significa que es un lenguaje de tipo gráfico. Los programas desarrollados en Labview se llaman VI su origen provenía del control de instrumentos, pero hoy en día su uso se ha expandido más allá.

Un gran beneficio de este programa es que no es necesario escribir sino que se dibuja para programar, y esto gracias a que Labview consta de una gran cantidad de bloques prediseñados.

2.27 PIC16F88

Es un micro controlador o circuito integrado programable capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales los cuales cumplen una tarea específica.

18-Pin PDIP, SOIC

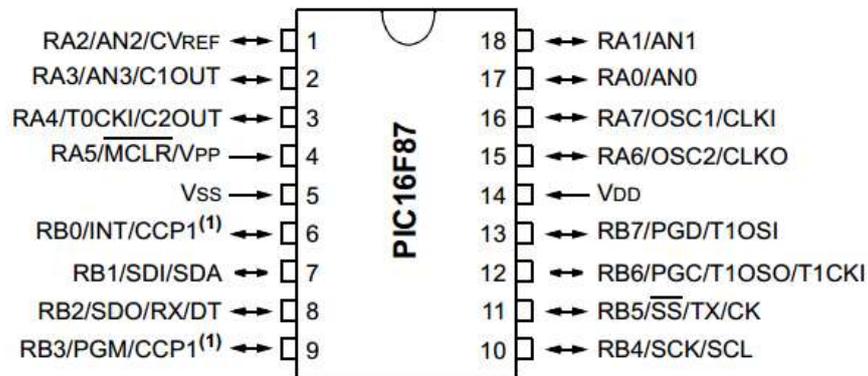


Figura 2.31 PIC16F88

Fuente: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30487c.pdf>

2.28 LM35

Es un sensor de temperatura con una precisión de 1°C, su rango de medición va desde los -55°C hasta 150°C, opera entre los 4 y 30 VDC de alimentación.

Diagrama de conexiones:

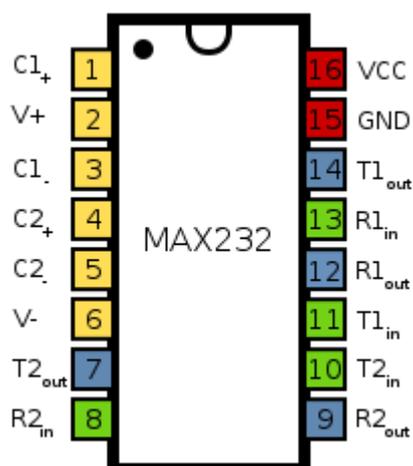


Figura 2.35 Conexiones del MAX 232

Fuente: <http://www.futurlec.com/Maxim/MAX232DRa.shtml>

C1+	Conexión positiva del condensador C1 del doblador de voltaje de +5V a +10V.
C1-	Conexión negativa del condensador C1 del doblador de voltaje de +5V a +10V.
C2+	Conexión positiva del condensador C2 del inversor de voltaje de +10V a -10V.
C2-	Conexión negativa del condensador C2 del inversor de voltaje de +10V a -10V.
V-	Conexión de salida del voltaje de -10V
V+	Conexión de salida del voltaje de +10V.
T1in, T2in, R1out, R2out	Conexiones a niveles de voltaje de TTL o CMOS
T1out, T2out, R1in, R2in	Conexiones a niveles de voltaje del protocolo RS-232.
VCC	Alimentación positiva del MAX232
GND	Alimentación negativa del MAX232

Tabla 2.9 Conexiones del MAX 232

Fuente: Los Autores

2.31 Convertidor RS-232 a Ethernet

Esta tarjeta convierte señales seriales RS-232 a protocolo Ethernet



Figura 2.36 Convertidor RS232 – Ethernet

Fuente: <http://en.usr.cn/download/USR-TCP232-T-EN.pdf>

Especificaciones técnicas:

Características	Parámetros
Alimentación	5 Vdc1A
Puerto serial	RS-232
Interfaz de red	RJ45
Dimensiones	86,6 x 34 x 25 mm
Rango de temperatura	-25° a 75° C

Tabla 2.10 Características de convertidor RS232-Ethernet

Fuente: Los Autores

2.32 Sensores Magnéticos de Proximidad

Este tipo de sensores de proximidad tienen como objetivo detectar un imán para que su electrónica conmute, por lo general son fabricados con contactos normalmente abiertos. Sus ventajas son: muy pequeños, no necesitan alimentación, fácil conexión e instalación y sobre todo muy bajo precio.

Características:

- Alimentación de 2 – 30VDC
- Distancia de sensado 3mm
- 2 hilos – Normalmente abierto
- Frecuencia de conmutación 180 Hz



Figura 2.37 Sensor Magnético

Fuente: http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/SMX8

2.33 Plataforma PXI

Es una plataforma diseñada por National Instruments para el desarrollo del aprendizaje avanzado en instrumentación virtual. Es un equipo de alto rendimiento, diseñado en arquitectura modular ya que están compuestos por controlador, módulo y chasis, ofrece la flexibilidad de utilizar más de 200 módulos. El PXI es una “Pc” que permite realizar procesos de control, automatización y medición de señales.

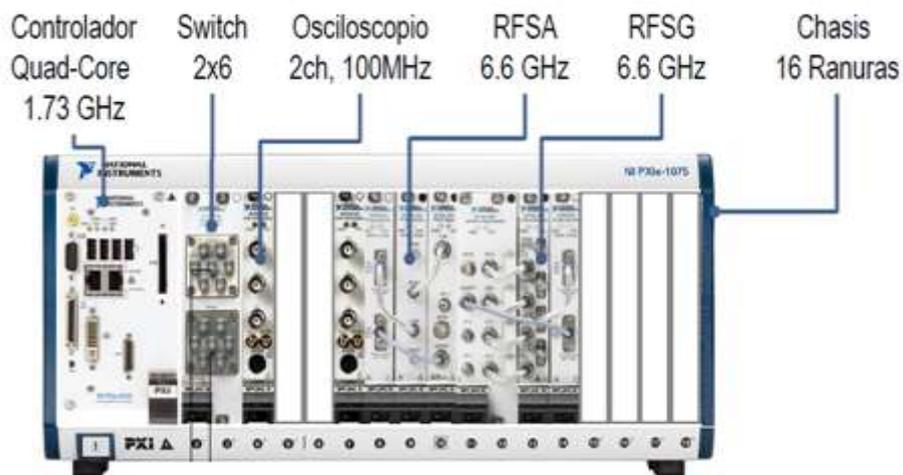


Figura 2.38 Plataforma PXI

Fuente: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/205592>

2.33.1 Analizador de señales vectoriales

El PXIe-5663 es un analizador de señales de los más avanzados que existen, opera en el rango de frecuencia de 10 MHz a 6.6GHz y ancho de banda instantáneo de 50 MHz. Junto con el Soft Front Panel se pueden medir señales espectrales y de constelaciones y modulaciones, en tasas de muestreo como potencia vs tiempo, amplitud vs tiempo, I vs Q e IQ vs tiempo. El analizador PXIe-5663 está compuesto por 3 módulos que operan de forma acoplada, NI PXIe-5601, que recibe la señal modulada y la lleva a frecuencia intermedia, sintonizado por NI PXI 5652, generador de señal de RF y microondas; y NI PXIe-5622, convertidor análogo a digital de 16 bits que recibe la señal de frecuencia intermedia y la digitaliza a 16 bits con tasa de muestreo de 150 MS/s. (MelédezFarid, 2012).

2.33.1.1 Características

- Rango de frecuencia de 10 MHz a 6.6 GHz
- Ancho de banda instantáneo (3 dB) de 50 MHz
- Plano típico de ± 0.35 dB en ancho de banda de 20 MHz
- Precisión típica de amplitud de ± 0.65 dB
- Ruido típico de < -158 dBm/Hz a 1 GHz
- Típico rango dinámico sin espurio (SFDR) de 80 dB



Figura 2.39 Módulo NI-PXIe-5663

Fuente: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/205592>

3 CAPÍTULO 3

3.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1.1 Introducción

En este capítulo se desarrollara un sistema de alineamiento automático capaz de moverse en azimut y elevación para ello se utiliza la plataforma Labview como sistema de control y adquisición de datos y a la vez el equipo PXI que es utilizado como analizador de espectro para posteriormente diseñar la arquitectura del sistema de enlace.

La estructura del sistema se compone de la siguiente manera:

- Analizador de señales vectoriales NI PXIe-5663.
- Sistema mecánico de movimiento en azimut y elevación.
- Interfaz para el control de motores paso a paso mediante Labview.
- Interfaz de control para la activación del sistema de enlace mediante Labview.
- Sistema de adquisición de datos para el nivel de potencia desarrollado en Labview.

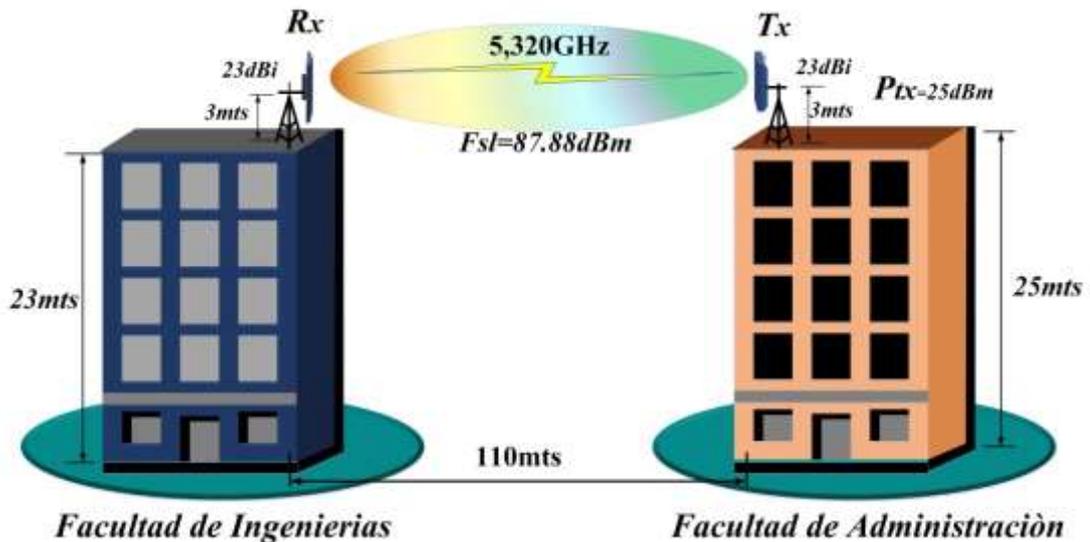


Figura 3.1 Estructura del sistema

Fuente: Los Autores

3.2 Especificaciones

- La radio BulletM5 configurada como transmisor, emite una portadora en el canal de 5.320Ghz utilizando una modulación de multiplexación por división de frecuencia ortogonal más conocida como OFDM:
- La señal emitida es adquirida por la antena analizadora, procesando dichos datos que son visualizados mediante la tarjeta analizadora de señales vectoriales PXIe-5663 utilizando un chasis PXIe-1075 que alberga dicho módulo, cuya tarjeta opera desde los 10Mhz a 6.6Ghz colectivamente con un software creado en Labview para obtener los barridos de datos en el canal seteado.
- El sistema automático comienza con la iteración de los motores tanto en Azimut y Elevación llevándolos a su posición inicial que equivalen a las posiciones 0° en elevación y 0° en azimut y estos a su vez están controlados por sensores magnéticos para ambos movimientos.
- Para el sistema receptor se hace uso del motor que mueve la antena en azimut que está configurada para que realice el movimiento desde 0° a 180° controlando las secuencias de las bobinas con la tarjeta NI-USB 6009 gobernada desde el sistema de control hecho en Labview, cuya función es capturar la portadora emitida por el trasmisor en la frecuencia de 5.320Ghz mediante el sistema de análisis de señal que son visualizados en Labview.
- Para garantizar la ubicación del canal se ha implementado un algoritmo que es capaz de detectar un nivel de potencia de referencia mediante la variable denominada umbral que significa la captura del nivel mínimo de señal. Con el que el sistema se guiará a partir de su mejor nivel de potencia.
- EL valor del umbral se lo determina mediante un promedio entre el presupuesto de enlace calculado y el nivel de ruido del analizador.

- En caso de que el valor del umbral no ha sido superado por las muestras que generó el motor en azimut durante su recorrido de 0° a 180° y de 180° a 0° con pasos de 0.18° dando como resultado 2000 datos, el motor de elevación que está configurado para que baje y suba la misma proporción partiendo de su posición cero.
- Si los niveles de potencia que fueron capturados son superiores al valor del umbral el sistema determina un nivel de potencia de referencia, lo que significa que se encuentra en el canal.
- A partir de este momento el sistema realiza automáticamente la cantidad de barridos proporcionados, para unas muestras más confiables. Guardando los niveles de potencias más altos con su respectivos grados. Todas las muestras que fueron realizadas serán guardadas en un archivo de formato Excel, para llevar un registro del comportamiento de niveles de potencia en cada grado.
- Una vez obtenido todos los niveles de potencia más alto con su respectivo grado que se generaron tanto de 0 a 180° y de 180 a 0° en azimut , el sistema asume el mayor nivel, para poder recién posicionarse previamente.
- Luego de su posición previa, el sistema captura 1000 muestras en ese punto , es decir, sin movimiento del motor, con la finalidad de llevar una estadística en la cual se obtendrá un promedio que es parcialmente comparado con el presupuesto de enlace, no obstante estos datos aparte de ser visualizados en Labview también se lleva un registro en Excel.
- Desde este punto se comienza analizar en elevación partiendo desde su punto cero para luego subir en pasos de $0,015^\circ$ hasta llegar a 21° . Una vez ubicado en esta posición empieza a capturar datos en el orden de los 21° a -21° y viceversa según los barridos proporcionados. Todas las muestras que son realizadas son guardadas en un archivo de formato Excel, para llevar un registro del comportamiento de niveles de potencia en cada grado.

- Al finalizar la cantidad de barridos que se produjeron en elevación el sistema captura los niveles de potencia más alto con su respectivo grado que según las pruebas realizadas resultan ser mejores.
- Para fijar la antena en una posición final el sistema realiza un último proceso que es hacer una comparación entre el nivel de potencia más alto que se generó en azimut vs elevación. Si el nivel mayor resulto en azimut este se posiciona en 0° con respecto al eje Y caso contrario si el nivel obtenido más alto es en elevación el sistema se posiciona en el grado resultante.
- Luego de su posición final, el sistema captura 1000 muestras en ese punto , es decir, sin movimiento del motor, con la finalidad de llevar una estadística en la cual se obtendrá un promedio que será finalmente comparado con el presupuesto de enlace, no obstante estos datos aparte de ser visualizados en Labview también se lleva un registro en Excel.

3.3 Tarjeta Sistema de Inicialización

Se diseñó esta tarjeta para dividir nuestro sistema de enlace del sistema de búsqueda de potencias, esto permite que sean totalmente independientes.



Figura 3.2 Tarjeta de Activación del sistema

Fuente: Los Autores

El sistema tiene un primer paso antes de empezar con el funcionamiento del programa y es el de encender el botón de ACTIVAR MOTOR señalado en la Figura 3.3 del recuadro rojo.

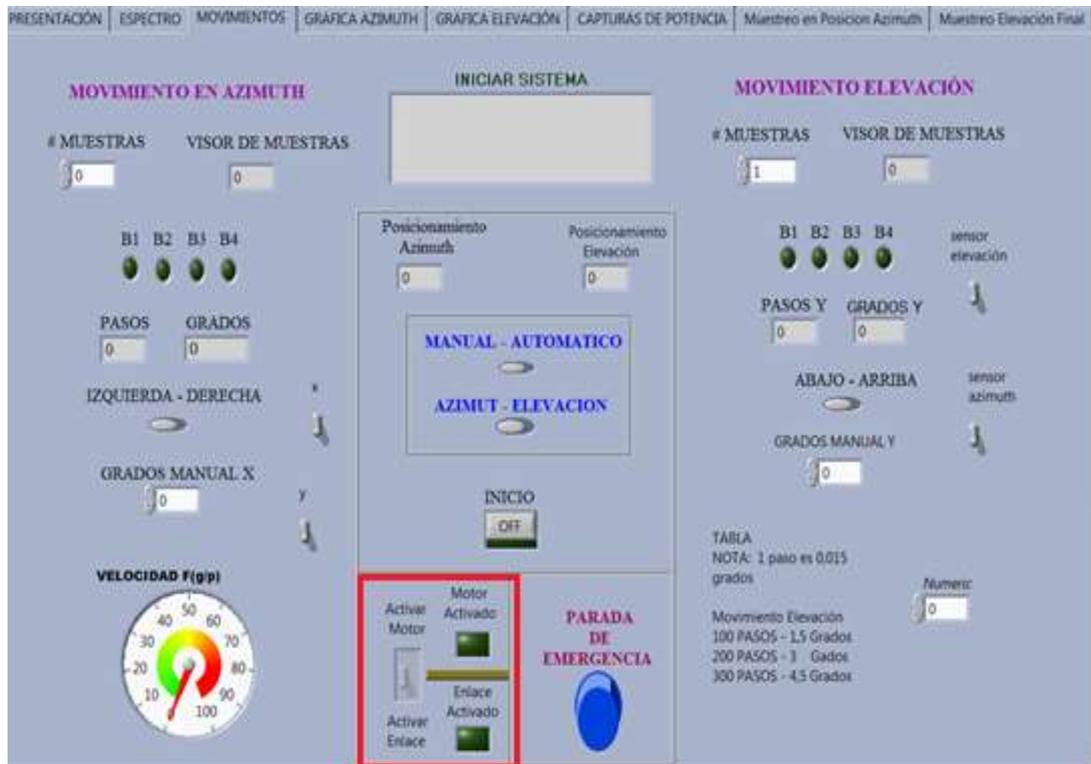


Figura 3.3 Activar Sistema Labview

Fuente: Los Autores

Por defecto el transmisor perennemente esta activado mientras que el receptor siempre está encendida por la conexión en el contacto normalmente cerrado del relé.

Cuando se cambia de estado al selector y se lo pone en la posición activar motor este envia un pulso mediante la salida P1.2 de la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009 a la tarjeta que controla el encendido de los motores Figura 3.3 e inmediatamente la radio se apaga y los motores quedan energizados listos para empezar a funcionar.

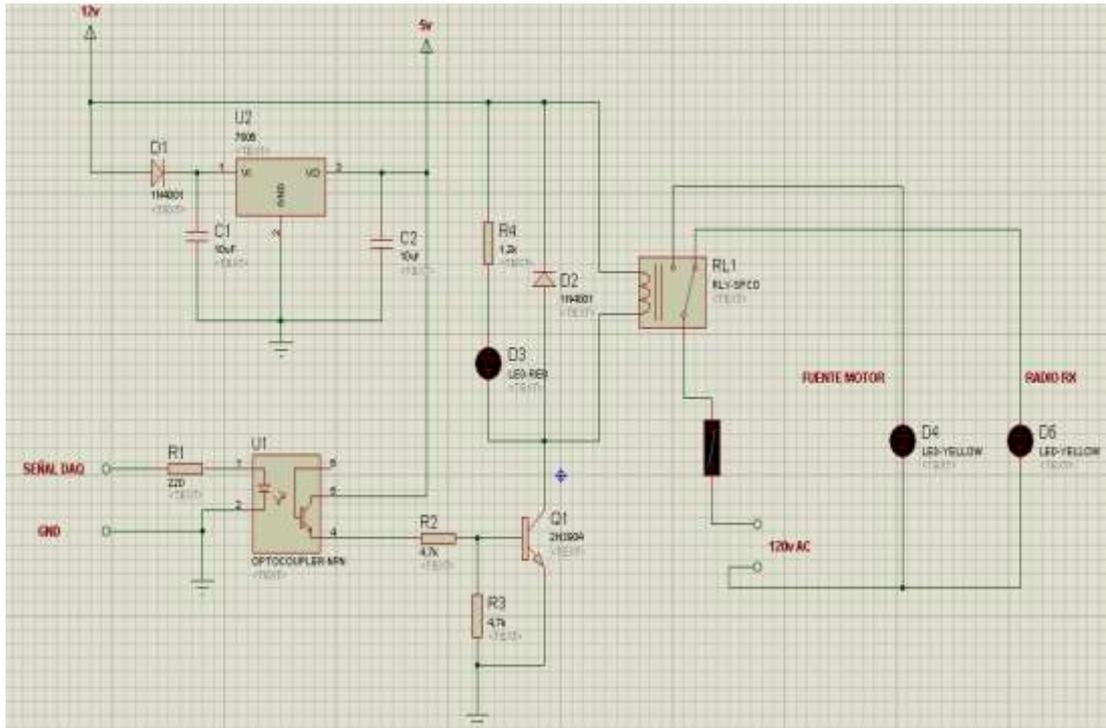


Figura 3.4 Esquema de tarjeta de activación

Fuente: Los Autores

3.4 Sistema de Inicialización

En esta parte del proceso se utiliza los sensores magnéticos de proximidad para saber la posición inicial del sistema; dos de ellos están instalados en el engranaje para el motor de azimut que va a indicar la posición 0° y 180° , adicional se tiene dos sensores más para el movimiento con el motor de elevación que indican la posición 21° y -21° .

A continuación en la figura 3.5 se observa la posición inicial del sistema, esto quiere decir; 0° en azimut y 21° en elevación.

Estos sensores además de encerrar el sistema también cuida que los motores no hagan movimientos más allá de los indicados, se comportan como finales de carrera en ambos sentidos de giro de los motores; ya que como este sistema está en la terraza no se tiene facilidad para observar los movimientos; con los sensores en el caso de que los detecten se para automáticamente el programa para que valla al lado contrario.



Figura 3.5 Sistema de inicialización

Fuente: Los Autores

3.5 Sistema de Control de movimiento

Para el sistema de posicionamiento en azimut y elevación se utiliza dos tipos de motores paso a paso con la ayuda de engranes para cada uno de ellos; esto se hizo para tener mayor cantidad de muestras ya que normalmente los motores tienen pasos de $1,8^\circ$ y al hacer el sistema con engranes se logró que el movimiento en azimut sea a $0,18^\circ$ y el de elevación a $0,015^\circ$.

Estos motores son controlados con un puente h cada uno de ellos que está diseñado con el integrado L298, ya que se necesita hacer avance y retroceso y estos a su vez son dirigidos desde una tarjeta controladora que en nuestro caso es la NI-USB 6009 para hacer el control de las secuencias que son los movimientos sincronizados de las bobina de cada uno de los motores.

3.5.1 Motores paso a paso

Los dos tipos de motores utilizados para el movimiento del sistema son bipolares esto quiere decir que tienen 4 bobinas y dos de ellas conectadas en serie resultando 4 cables para hacer el control.

Características:

- Alimentación 12VDC
- Corriente por fase 1A
- Resistencia por fase 5Ω
- Torque 69 Ncm



Figura 3.6 Motor bipolar

Fuente: Los Autores

3.5.1.1 Configuración de conexión utilizada

En la siguiente figura se verá la conexión que se realizó en los motores poniendo en serie 2 de sus cuatro bobinas.

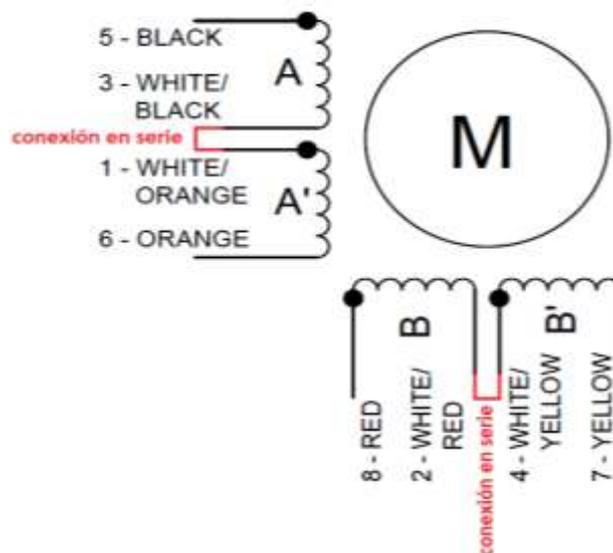


Figura 3.7 Conexión de motor bipolar

Fuente: Los Autores

3.5.1.2 Dimensiones

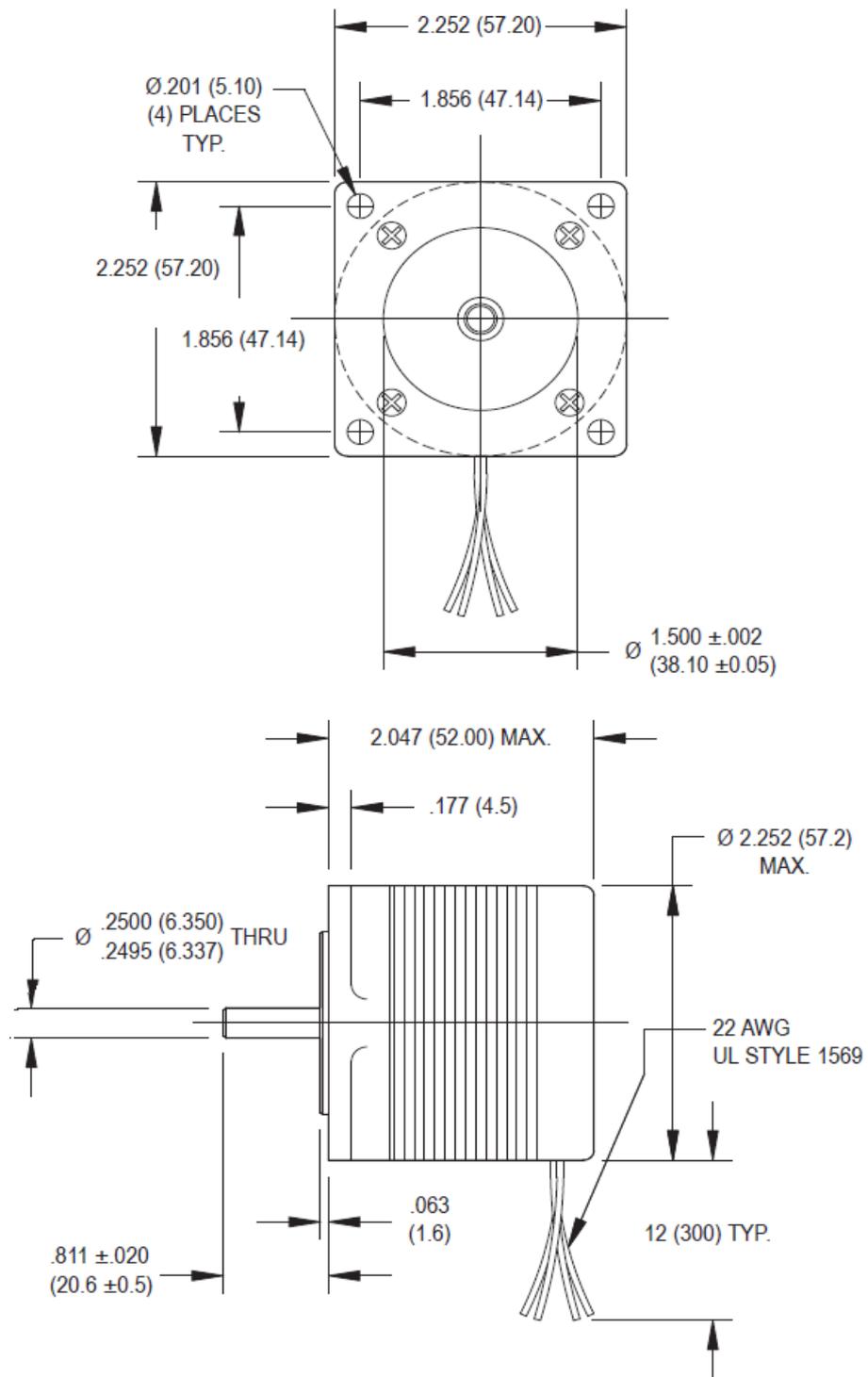


Figura 3.8 Dimensión de motor bipolar

Fuente: Catalogo de motores AMETEK-MAE noviembre del 2012

3.5.2 Configuración del Puente H

El integrado que se utiliza es el L298 que maneja corrientes de salida de hasta 2 A y picos máximos de 3A. Se alimenta con una fuente de 12VDC y tiene una velocidad de conmutación de hasta 40Khz.A continuación se detallan los pines de conexión:

- IN1: Entrada de control 1
- IN2: Entrada de control 2
- IN3: Entrada de control 3
- IN4: Entrada de control 4
- Vcc:(4.5v – 7v) VDC
- ENA: Señal ENA de habilitación motor A
- ENB: Señal ENB de habilitación motor B
- GND: Referencia 0 VDC
- S1,S2,S3,S4->Conexiones del motor paso a paso

3.5.3 NI USB-6009 Adquisición de datos

Para el sistema de posicionamiento se utilizó la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009 de National Instruments ya que cuenta con 12 salidas o entradas digitales la cantidad suficiente para nuestra aplicación.

La conexión es mediante puerto usb y tiene como valor maximo de entrada o salida de 0 – 5VDC E/O².

Esta tarjeta se encarga de mandar las senales de pulsos al puente H para este posteriormente hacer girar los motores, al ser bipolar y tener dos motores utilizó 8 puertos como salida de senales. Además un puerto para la activación de una tarjeta que se encarga de activar ya sea la radio para la transmisión de datos o los motores para el posicionamiento, mas adelante detallada. Adicional a esto para el control del sistema de encerramiento los sensores magneticos tambien van conectados a esta tarjeta y se utilizo 2 puertos como entrada de datos.

²Entrada o salida

En la figura 3.9 se detallan las conexiones que se realizaron con cada uno de los puertos de la tarjeta, desde la asignación de puertos para cada motor, así como también el de los sensores magnéticos para finalmente indicar los pines de alimentación.

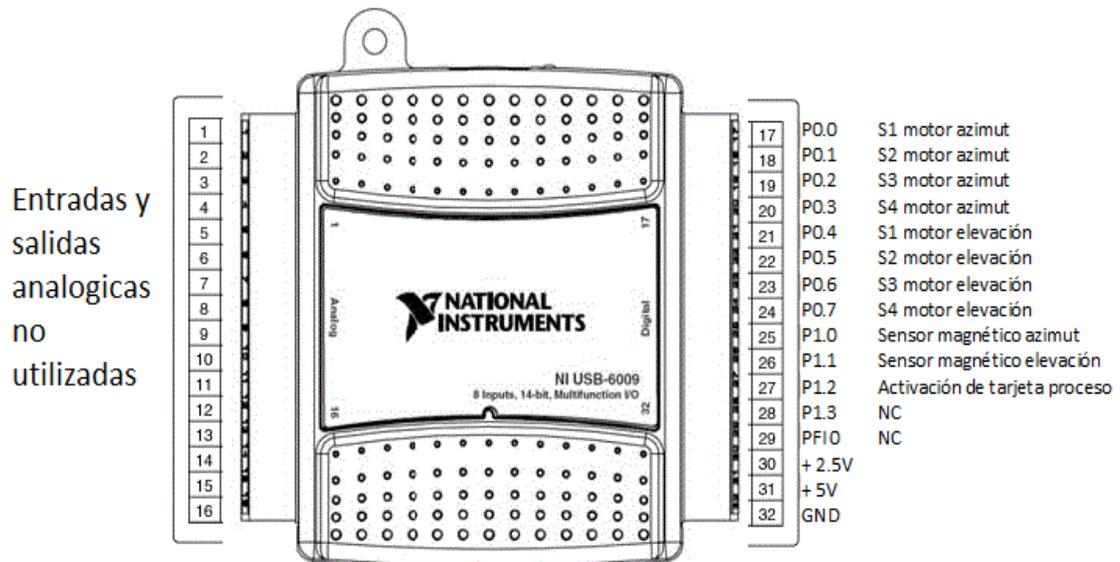


Figura 3.9 Tarjeta de Adquisición NI USB-6009

Fuente: Labview

3.5.4 Estructura Metálica de soporte y movilidad

En nuestro sistema se usan 2 torres para las antenas, la primera es la torre de transmisión Tx la cual está ubicada en la terraza del edificio de Administración de la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA sede Guayaquil, esta torre es de propiedad de la Universidad y se aprovechó que ya estaba instalada para ubicar nuestra antena para la transmisión. La antena está instalada a 25 metros con referencia al nivel del mar.

En la figura 3.10 se observa la antena instalada en la torre descrita anteriormente.



Figura 3.10 Torre Tx

Fuente: Los Autores

La torre para el Receptor Rx que se instaló en el edificio de Ingenierías se la contruyó con ángulos de metal de tal forma que sea segura para el sistema móvil de la antena receptora, la altura de la torre es de 2,40metros.



Figura 3.11 Torre Rx

Fuente: Los Autores

Para la parte móvil en primer lugar se diseñaron dos engranajes para el movimiento de los motores en azimut y elevación, dando como resultado que el movimiento en azimut sea de $0,18^\circ$ por paso y en elevación $0,015^\circ$ por paso; Además se contruyó una base para adaptar la antena receptora al sistema móvil.

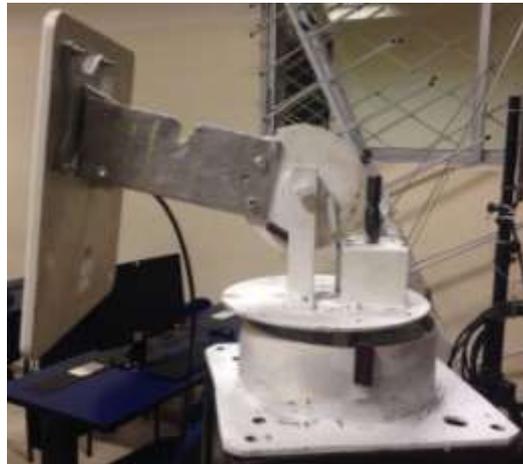


Figura 3.12 Sistema Movil

Fuente: Los Autores

3.6 Medio de Transmisión y Recepción.

Para poder propagar datos de cualquier índole, se habla del dispositivo más conocido como Antena.

Para este proyecto se utiliza la Antena Panel de L-com Hyperlink altamente Directiva.

VENTAJAS	Antena ligera, de polarizaciones vertical y horizontal.
	Nos permite una fácil instalación.
	Rango de frecuencia 4,9Ghz a 5,850Ghz.
	Tiene una ganancia aceptable de 23 Dbi.
	Totalmente Directiva con un ancho de haz de 11° en ambas polarizaciones.

Tabla 3.1 Ventajas de Antena Panel

Fuente: Los Autores

3.7 Configuración del enlace de radio Transmisor y Receptor

Tal como se mostro en la figura 3.1 para poder transmitir una portadora se necesita los complementos que hace que este sistema sea posible, es decir, el PoE como medio de alimentación y la Antena como medio de propagación.



Figura 3.13 Radio Bullet M5

Fuente: Los Autores

VENTAJAS	Diseño diminuto, compacto, ligero, fácil instalación.
	Precio muy cómodo, accesible al mercado.
	Fácil acoplamiento a la antena.
	Sin problemas de estabilidad mecánica, sin problemas de montaje de caja.
	Alcance dependiendo de la antena 50 km.
	Software incluido configuración de parámetros de radio-enlace conexión de protocolo ethernet.
	Puede cumplir la función de router, cliente, punto de acceso, repetidor.
	Dispone de un grado alto de seguridad.
	Control de emparejamiento por mac, etc..
	Ofrece configuraciones avanzadas como: redes vlan, control de tráfico, proteccion firewall, entre otras.

Tabla 3.2 Ventajas de radio bullet M5

Fuente: Los Autores

3.7.1 Configuración transmisor: wireless

La ventana WIRELESS, contiene los parámetros de configuración de enlace inalámbrico, se relaciona con las configuración básicas inalámbricas, donde se define el modo de operación, detalles de asociación y opciones de seguridad de datos.

Configuración Inalámbrica Básica

Modo Inalámbrico: Punto de Acceso A

WDS (Transparent Bridge Mode): Enable B

SSID: tesis Esconder SSID C

Código País: Ecuador D

Modo IEEE 802.11: A/N mixed E

Channel Width:[?] 20 MHz F

Cambio de canal:[?] Disable G

Frequency, MHz: 5320 H

Extension Channel: None I

K Frequency List, MHz: Enable 5320 J

L Auto Adjust to EIRP Limit: Enable

M Antenna Gain: 23 dBi Cable Loss: 0 dB N

Potencia de salida: 25 dBm O

Max TX Rate, Mbps: MCS 7 - 65 Automatic P

Seguridad inalámbrica

Seguridad: WPA-AES Q

WPA Authentication: PSK R

WPA Clave Pre-Compartidas: ***** Show S

ACL de MAC: Enable T

Figura 3.14 Configuración de Tx

Fuente: Los Autores

3.7.1.1 Explicación de la configuración inalámbrica del transmisor

- Se configura el modo del funcionamiento del dispositivo, existen 4 modos de operación: Estación, Estación WDS, Punto de Acceso y Punto de Acceso WDS. El transmisor se configura como Punto de Acceso y es un punto de conexión de la norma 802.11. También conocido como Servidor.
- WDS permite realizar un puente de tráfico inalámbrico entre los dispositivos que operan como punto de acceso y estación.

- c) Identifica el servicio de la red inalámbrica 802.11. Determinado por el punto de acceso anfitrión. Todos los dispositivos estación que se encuentren dentro del alcance reciben mensajes de difusión desde el punto de acceso. También tiene la opción de ocultar el SSID, es decir el control solo es visible mientras que funciona como punto de acceso.
- d) Selección del País a operar el sistema para que vaya de acorde a las regulaciones de régimen del mismo.
- e) Modo IEEE 802.11 : Éste es el estándar de radio usado para la operación de su dispositivo basado en AirOS. 802.11b, 802.11g (2.4GHz) y 802.11a (5GHz) son modos antiguos, mientras que 802.11n (2.4GHz y/o 5GHz) es el estándar más reciente basado en la modulación OFDM.
http://wiki.ubnt.com/AirOS_5_Spanish
- f) Se define el ancho del canal, o también llamado ancho espectral del canal de radio, se configura por default a 20Mhz. La reducción de anchura del canal podría implicar lo siguiente:
- aumentar la cantidad de canal sin traslapo, las redes podrían escalar mejor.
 - Aumentar la densidad espectral del nivel de energía, permitiendo una distancia mucho mayor del enlace.
 - Reduciría el rendimiento del tamaño del canal, ejemplo mientras que en 40Mhz o modo turbo aumenta la velocidad probablemente el doble, el medio canal de espectro 10Mhz, disminuirá la velocidad posible a la mitad.
- g) Es una característica desarrollada por ubiquiti y consiste en activar canales especiales que se encuentran fuera de la frecuencia de los estándares 802.11a/b/g/n.
- h) Se selecciona el canal o la frecuencia en la que se desea operar.

- i)** Solo es aplicable para punto de acceso o punto de acceso wds de un canal de 40Mhz, la particularidad es que permite a la red AirMax tomar dos canales como si fueran uno. Esto implica mejorar el rendimiento de la conexión y lo hace automáticamente el sistema.

- j)** Simplemente limita los canales a ser explorados.

- k)** Permite la habilitación o des habilitación de la búsqueda de canales.

- l)** Calibra en cero la potencia de transmisión.

- m)** Parámetros de guía de la ganancia de la antena.

- n)** Parámetro de guía de pérdidas acoples y cables de lado transmisor.

- o)** Se configura la máxima potencia de salida de transmisión medidas en dBm.

- p)** Se define la tasa de datos o velocidad de transmisión expresados en (Mbps), en la cual el dispositivo debe transmitir los paquetes. La función automática tiene un algoritmo capaz de seleccionar la mejor tasa de datos dependiendo de la calidad del enlace.

- q)** Es el método de seguridad que permite determinar los parámetros de asociación del suscriptor de la estación a un dispositivo inalámbrico y el cifrado/descifrado de datos.

- r)** Autenticación WPA define el método de protección.

- s)** Se define la clave de protección del sistema.

- t)** Se puede obtener una lista de control para el emparejamiento mediante Mac, en otras palabras permite a ciertos cliente conectarse a un punto de acceso. Hay dos maneras de determinar la lista de control mediante Mac

- Si la política Mac se fija a PERMITIR, esto significa que solo ciertos clientes inalámbricos pueden conectarse a un AP.
- Si la política Mac se fija a DENEGAR, solo se rechaza los clientes inalámbricos de la lista, y el resto de los cliente conservaran su acceso.

3.7.2 Configuración receptor: wireless

La ventana WIRELESS, contiene los parámetros de configuración de enlace inalámbrico, se relaciona con la configuración básica inalámbrica, donde se define el modo de operación, detalles de asociación y opciones de seguridad de datos.

The screenshot displays the 'Configuración Inalámbrica Básica' (Basic Wireless Configuration) page for a Bullet M5 device. The interface includes a navigation menu with 'WIRELESS' selected. The configuration is divided into two sections: 'Configuración Inalámbrica Básica' and 'Seguridad inalámbrica'.

Configuración Inalámbrica Básica:

- Modo Inalámbrico: Estación (A)
- WDS (Transparent Bridge Mode): Enable (B)
- SSID: tesis (C)
- Vincular al MAC AP: DC:9F:DB:0C:3B:51 (D)
- Código País: Ecuador (E)
- Modo IEEE 802.11: A/N mixed (F)
- Channel Width:[?] 20 MHz (G)
- Cambio de canal:[?] Disable (H)
- Frequency Scan List, MHz: Enable, 5320 (I)
- Auto Adjust to EIRP Limit: Enable (K)
- Antenna Gain: 23 dBi (L)
- Cable Loss: 0 dB (M)
- Potencia de salida: 12 dBm (N)
- Max TX Rate, Mbps: MCS 7 - 65 Automatic (O)

Seguridad inalámbrica:

- Seguridad: WPA-AES (P)
- WPA Authentication: PSK (Q)
- WPA Clave Pre-Compartidas: ***** Show (R)

Figura 3.15 Configuración de Rx

Fuente: Los Autores

3.7.2.1 Explicación de la configuración inalámbrica del Receptor

A continuación se interpreta el significado de cada ítem:

- a) Se configura el modo del funcionamiento del dispositivo, existen 4 modos de operación: Estación, Estación WDS, Punto de Acceso y Punto de Acceso WDS.
Como será el Receptor se coloca Estación y es un punto de conexión de la norma 802.11, también conocido como cliente
- b) WDS permite realizar un puente de tráfico inalámbrico entre los dispositivos que operan como punto de acceso y estación.
- c) Identifica el servicio de la red inalámbrica 802.11, Busca el nombre de la red definida por el punto de acceso configurado.
- d) Dirección Mac de el punto de acceso se lo debe colocar para poder asociar la comunicación con el receptor.
- e) Selección del País a operar el sistema para que vaya de acorde a las regulaciones de régimen del mismo.
- f) Modo IEEE 802.11 : Éste es el estándar de radio usado para la operación de su dispositivo basado en AirOS. 802.11b, 802.11g (2.4GHz) y 802.11a (5GHz) son modos antiguos, mientras que 802.11n (2.4GHz y/o 5GHz) es el estándar más reciente basado en la modulación OFDM.
http://wiki.ubnt.com/AirOS_5_Spanish
- g) Se define el ancho del canal, o también llamado ancho espectral del canal de radio, se configura por default a 20Mhz. La reducción de anchura del canal podría implicar lo siguiente:
 - Aumentar la cantidad de canal sin traslape, las redes podrían escalar mejor.
 - Aumentar la densidad espectral del nivel de energía, permitiendo una distancia mucho mayor del enlace.

- Reduciría el rendimiento del tamaño del canal, ejemplo mientras que en 40Mhz o modo turbo aumenta la velocidad probablemente el doble, el medio canal de espectro 10Mhz, disminuirá la velocidad posible a la mitad.
- h)** Es una característica desarrollada por ubiquiti y consiste en activar canales especiales que se encuentran fuera de la frecuencia de los estándares 802.11a/b/g/n.
- i)** Se selecciona el canal o la frecuencia en la que se desea operar.
- j)** Permite la habilitación o des habilitación de la búsqueda de canales.
- k)** Calibra en cero la potencia de recepción.
- l)** Parámetros de guía de la ganancia de la antena.
- m)** Parámetro de guía de pérdidas acoples y cables de lado receptor.
- n)** Se configura la máxima potencia de salida de recepción medidas en dBm.
- o)** Se define la tasa de datos o velocidad de transmisión expresados en (Mbps), en la cual el dispositivo debe transmitir los paquetes. La función automática tiene un algoritmo capaz de seleccionar la mejor tasa de datos dependiendo de la calidad del enlace.
- p)** Es el método de seguridad que permite determinar los parámetros de asociación del suscriptor de la estación a un dispositivo inalámbrico y el cifrado/descifrado de datos.
- q)** Autenticación WPA define el método de protección.
- r)** Se define la clave de protección del sistema.

3.7.3 Conexión del sistema enlace punto a punto

A continuación se adjunta una imagen detallada con las distancias, alturas, ganancias y pérdida del espacio libre.

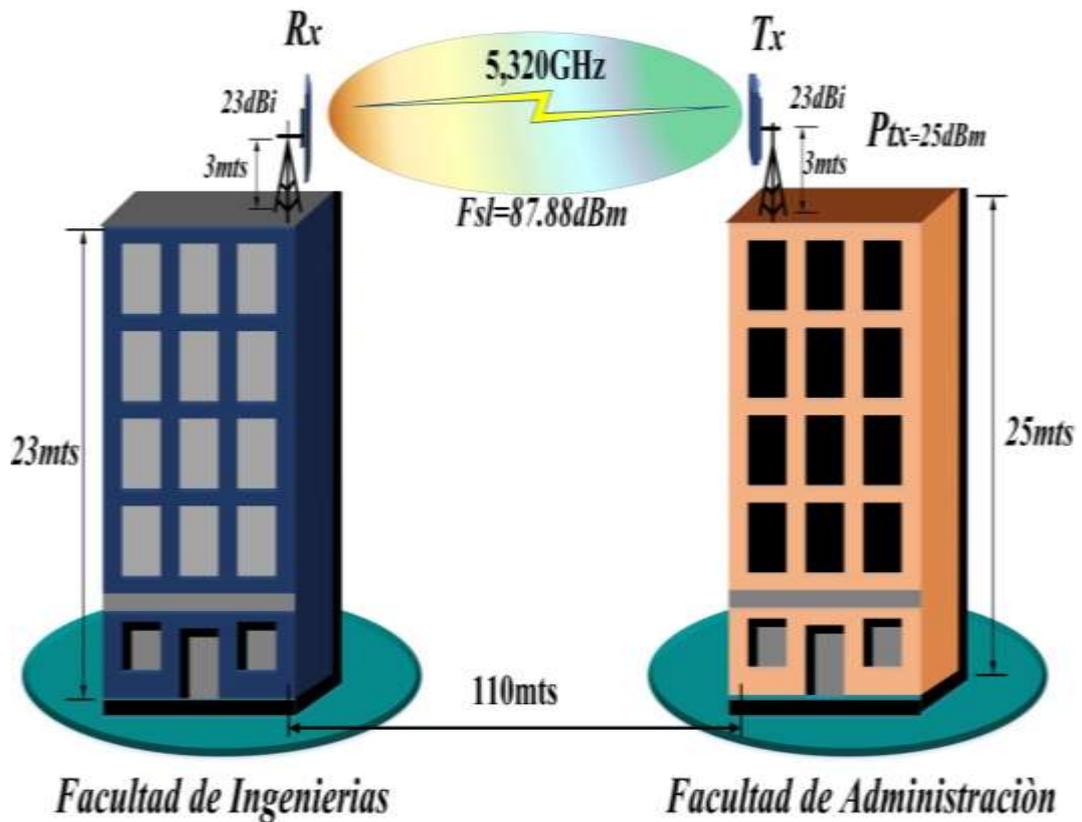


Figura 3.16 Enlace punto a punto

Fuente: Los Autores

3.8 Arranque del sistema de Posicionamiento Automático Software Labview

Como se explicó al inicio de este capítulo, aquí se expone el desarrollo experimental del sistema. Antes de presionar el botón de inicio, primero se detallan las configuraciones que se colocó para que el sistema pueda funcionar correctamente y no hallan malas capturas.

3.8.1 Presentación

Ventana de presentación de inicio del programa, en esta parte de la ventana de control se observa la bienvenida al sistema pero no se hace ninguna configuración.



Figura 3.17 Ventana de presentación

Fuente: Los Autores

3.8.2 Variables del sistema

En la siguiente gráfica se podrán observar las variables creadas para nuestro sistema las cuales se usaron en diferentes partes de la programación por tal motivo se hacían variables locales, lo cual permite que sea mucho más fácil al momento de llamar la variable que se necesita utilizar más de una vez.

Como se observa las variables tienen un cero ya que esto permite que al momento de comenzar el programa todas las variables se enceren y no haya errores de interpretación, falsas señales o error al momento de capturar los datos.

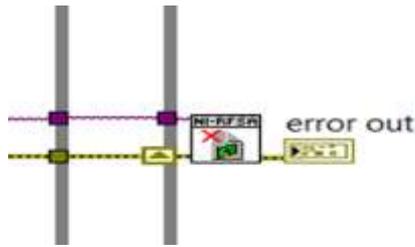


Figura 3.20 Labview Tarjetas RF_final

Fuente: Labview

A continuación se describe el funcionamiento de cada uno de estos bloques:

- **Inicialización.** “Este paso es la inicialización de una nueva sesión del instrumento o módulo a utilizar. (Labview 2009,2013)”



Figura 3.21 RFS_initialize VI

Fuente: Labview

- **Configuración RFS.** En esta parte se escriben los bloques de los VI's que permite hacer la configuración del reloj del dispositivo, la configuración del rango de frecuencia de trabajo, ancho de banda, niveles de referencia de medición y el tipo de adquisición que se va a realizar.

- **NIRFSA Configure Ref Clock VI**
“configuración de reloj del equipo. (Labview 2009, 2013)”



Figura 3.22 Configuración del reloj

Fuente: Labview

- **NIRFSA Configure Acquisition Type VI**

“Mediante este bloque se configura el tipo de adquisición que se va a realizar ya sea *Spectral* o *I/Q*, para este caso será *Spectral* .(Labview 2009, 2013)”



Figura 3.23 Tipo de Adquisición

Fuente: Labview

- **NI RFSA Configure Reference Level VI**

“Este bloque configura el nivel de referencia y representa la potencia máxima esperada de una señal de entrada de RF. (Labview 2009, 2013)”

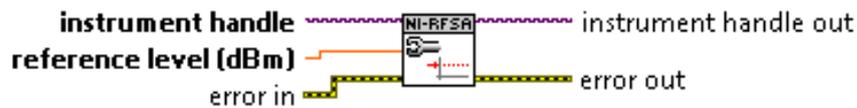


Figura 3.24 Nivel de Referencia

Fuente: Labview

- **NI RFSA Configure Spectral Frequency VI**

“Configura el rango del espectro leído y su duración, además de configurar el spam y poniendo el valor de la frecuencia que se desea (Labview 2009, 2013)”

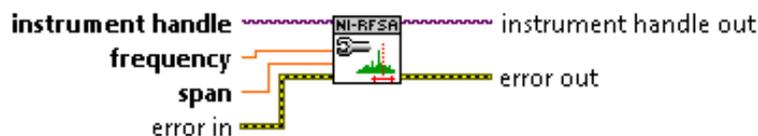


Figura 3.25 Frecuencia Espectral

Fuente: Labview

- **NI RFSA Configure Resolution Bandwidth VI**

“Configura el ancho de banda de resolución de una adquisición de espectro.(Labview 2009, 2013)”

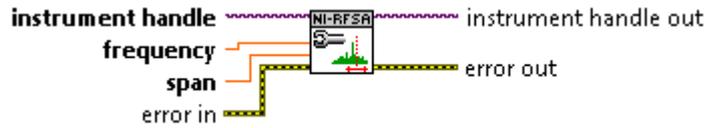


Figura 3.26 Ancho de banda

Fuente: Labview

- **LECTURA DEL ESPECTRO**

Luego de la configuración del espectro se debe leer y enviar el dato obtenido.



Figura 3.27 Lectura de espectro

Fuente: Labview

- **SALIR RFSA.-** con este VI se cierra la sesión de equipo, y el espectro no se captura hasta volver activarlo.

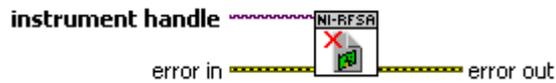


Figura 3.28 Cerrar espectro

Fuente: Labview

3.8.4 Asignación de puertos para tarjeta de control NI USB-6009

Para que la tarjeta de control haga girar los motres en avance o retroceso se le debe asignar una bobina del motor a cada uno de los puertos en un orden fijo y secuencial. En la figura 3.29 se puede visualizar los puertos asignados a cada una de las bobinas.

Pero a continuación se describe como se debe asignar estos puertos:

- En el Diagrama de bloques se elije IMPUT luego de esto se pone DAQ Assist y se despliega una segunda ventana donde se elije las salidas digitales que se necesitan para el control autámatico de apuntamiento.

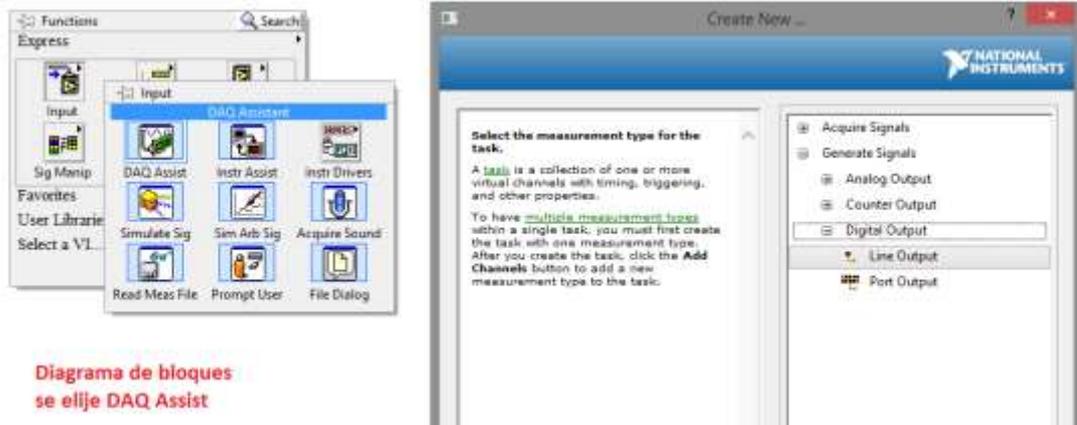


Figura 3.29 Tarjeta de control DAQ

Fuente: Los Autores

- Luego se asigna la cantidad de puertos que se utilizan los mismos que son encargados del movimiento. En la Fig. 2.38 se observa como ejemplo los puertos para el motor del movimiento de elevación que van desde el P0.4 al P0.7; para el motor de azimut estan los puertos desde el P0.0 asta el P0.3

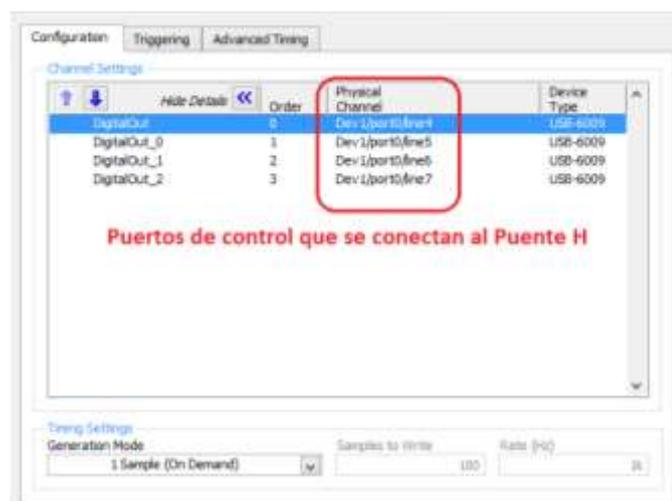


Figura 3.30 Asignación de puertos en DAQ

Fuente: Los Autores

3.8.5 Control de Secuencia de bobinas

Para hacer el control de los movimientos en los motores de azimut y elevación se diseñó un diagrama donde se envía secuencialmente los pulsos a las bobinas ya sea para girar en avance o retroceso mediante la tarjeta NI USB-6009.

En la fig. 2.47 se observa la cadena para el movimiento en elevación donde las bobinas se activan según los casos que van cambiando en orden secuencial y estos son enviados a la tarjeta controladora. La misma secuencia se usa para el movimiento en Azimut, lo único que se cambia es los puertos de la DAQ.

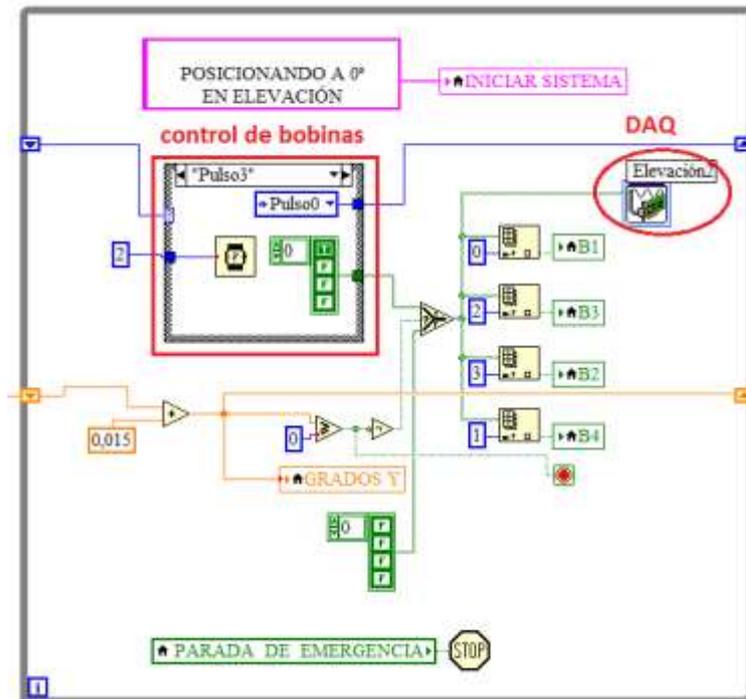


Figura 3.31 Secuencia de bobinas

Fuente: Los Autores

3.8.6 Arreglos bloques de control

Los bloques de Arreglos permiten organizar un conjunto de datos del mismo tipo en este caso son los niveles de potencia capturados, para con estos datos organizados tener promedios, valores máximo y mínimos, realizar nuevas tablas de arreglos para ubicarlos con su respectivo ángulos.

A continuación los bloques de arreglos que utiliza el sistema son:

- **Index array**

“Devuelve el elemento o submatriz de la matriz de n dimensiones en el Índice (Labview 2009, 2013)”



Figura 3.32 Index Array

Fuente: Labview

- **Unbundle**

“Devuelve los elementos cuyos nombres se especifican del Cluster. (Labview 2009, 2013)”

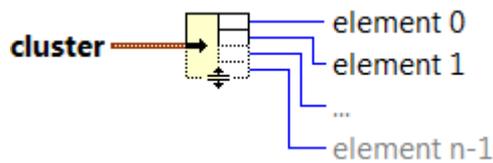


Figura 3.33 Unbundle

Fuente: Labview

- **Build array**

“Concatena múltiples arreglos de discos o añade elementos a una matriz n-dimensional. (Labview 2009, 2013)”

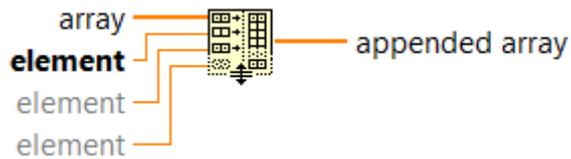


Figura 3.34 Build Array

Fuente: Labview

- *Array size*
 “Devuelve el número de elementos en cada dimensión de matriz.
 (Labview 2009, 2013)”

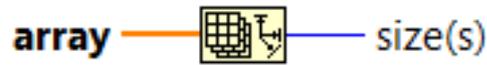


Figura 3.35 Array size

Fuente: Labview

- *Insert into array*
 “Inserta un elemento o submatriz n-dim en el punto especificado en el Índice.(Labview 2009, 2013)”

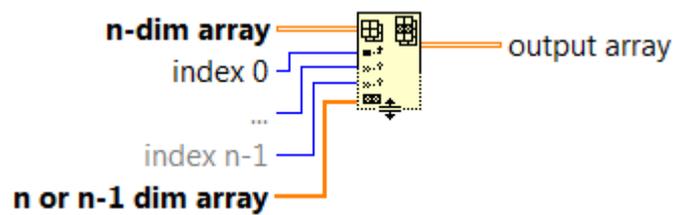


Figura 3.36 Insert into array

Fuente: Labview

- *Decimate 1d array*
 “Divide los elementos de matriz en las matrices de salida, colocar los elementos en las salidas sucesivamente. (Labview 2009, 2013)”



Figura 3.37 Decimate 1D array

Fuente: Labview

- ***Index&bundle cluster array function***

“Indexa un conjunto de *arrays* y crea un *array* de clúster en el que el elemento x_i contiene el elemento x de la de cada matriz de entrada. (Labview 2009, 2013)”

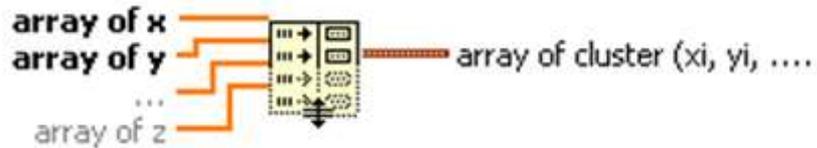


Figura 3.38 Cluster array function

Fuente: Labview

- ***Transpose2D Array Function***

“Reorganiza los elementos del array 2D tales que array matriz 2D $[i, j]$ se convierte traspuesto $[j, i]$. (Labview 2009, 2013)”

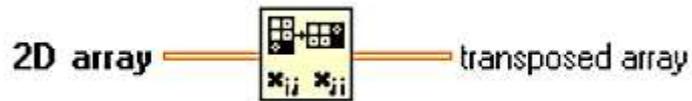


Figura 3.39 Transpose2D Array Function

Fuente: Labview

- ***Array Max & Min Function***

“Devuelve los valores máximos y mínimos que se encuentran en la matriz, junto con los índices para cada valor.(Labview 2009, 2013)”

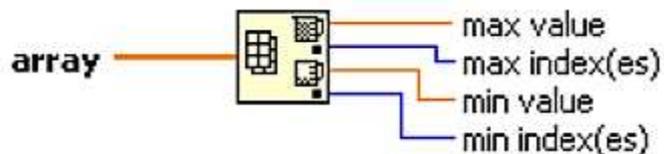


Figura 3.40 Array Max & Min Function

Fuente: Labview

3.8.7 Construcción gráfico XY

Para poder visualizar los datos obtenidos de una forma más sencillas se utiliza el bloque de construir gráficos lo cual nos permite graficar en tiempo real en dos ejes que son la potencia capturada vs los grados del movimiento del motor.

Este bloque debe ir dentro de un while para que se valla graficando según se valla moviendo el motor caso contrario no se podrá graficar.

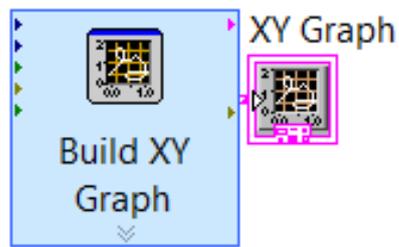


Figura 3.41 Icono de construcción Gráfica XY

Fuente: Labview

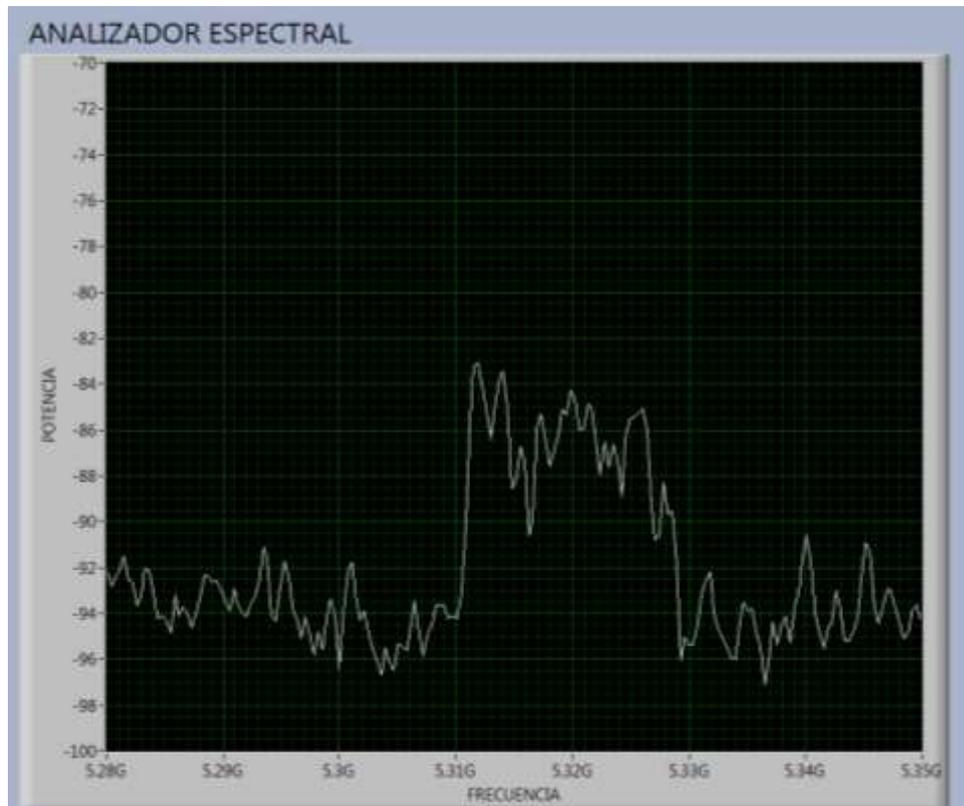


Figura 3.42 Construcción Gráfica XY

Fuente: Los Autores

3.8.8 Bloque de Estadísticas

Mediante este bloque se presenta diferentes datos obtenidos a lo largo del proceso, cuando el sistema se posiciona en la mejor potencia capturada en azimut y elevación este hace 1000 capturas en cada una de esas posiciones y es en ese momento donde se toman esos datos capturados para sacar la sumatoria, promedio, máximo, mínimo y mediana.

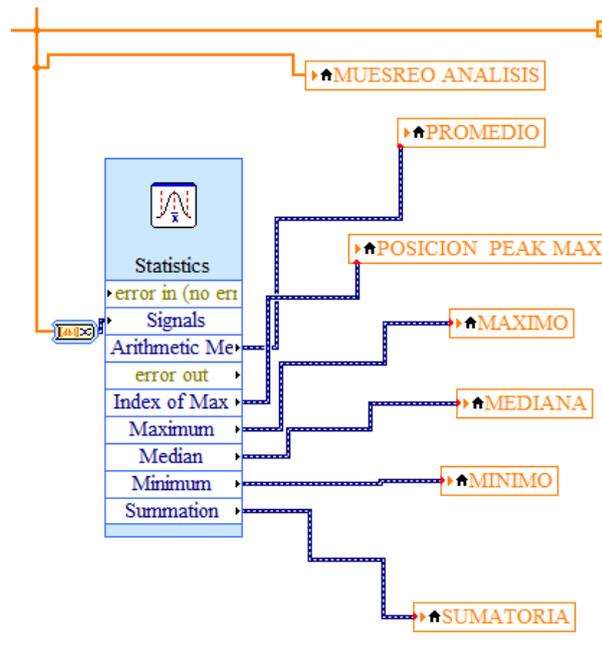


Figura 3.43 Bloque de Estadísticas

Fuente: Los Autores

3.8.9 Escribir un archivo de hoja de cálculo

Mediante este bloque de control se guarda todos los datos capturados a lo largo del proceso para poder hacer un control estadístico además de respaldo para visualizar en cualquier parte del proceso los datos capturados.

“Convierte una matriz de cadenas, enteros con signo, o números de doble precisión 2D o 1D a una cadena de texto y escribe la cadena en un nuevo archivo de flujo de bytes o añade la cadena a un archivo existente. Datos de cables a la entrada de datos en 2D o 1D entrada de datos para determinar la instancia polimórfica para usar o seleccione la instancia manualmente (Labview 2009, 2013)”

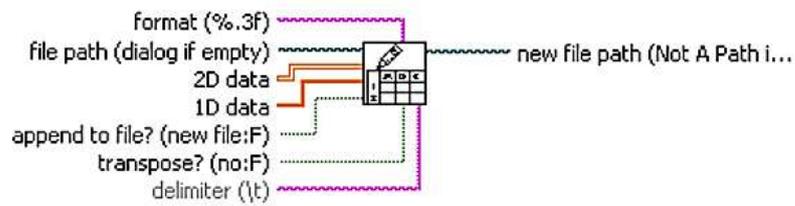


Figura 3.44 Escribir un archivo de hoja de cálculo

Fuente: Labview

	A	B	C	D	E	F	G
4	CREADO POR:						
5	BORIS BETANCOURT						
6	DANIEL SORIA						
7							
8							
9	CAPTURA ESPECTRAL ADQUISICION DE DATOS						
10							
11	POTENCIA	ANGULOº					
12							
13	-91.054.155	0.000000					
14	-89.458.116	0.180000					
15	-91.489.640	0.360000					
16	-91.074.301	0.540000					
17	-90.240.075	0.720000					
18	-89.935.644	0.900000					
19	-90.946.096	1.080.000					
20	-90.710.551	1.260.000					
21	-90.490.349	1.440.000					
22	-91.513.408	1.620.000					
23	-90.032.217	1.800.000					
24	-91.296.567	1.980.000					
25	-91.218.786	2.160.000					
26	-90.241.933	2.340.000					
27	-90.174.957	2.520.000					
28	-90.243.742	2.700.000					

Figura 3.45 Hoja de cálculo con datos obtenidos

Fuente: Los Autores

3.8.10 Activación fuente de motores

Este cuadro muestra el estado de los motores y el sistema de alimentación del poe para activar el enlace.

Como se puede apreciar antes de inicializar el sistema se activa la fuente de alimentación de los motores. El pulso de la señal de entrada es recibida por la DAQ y este se encarga de enviarle un valor de 5v a la tarjeta de activación mesionado en el capítulo 2 figura 2.24b



Figura 3.46 Activación de Sistema

Fuente: Los Autores

3.8.11 Configuración de la ventana espectro



Figura 3.47 Ventana de Espectro

Fuente: Los Autores

- **Tipos de picos:** es una técnica de tomar la lectura de los diferentes niveles de potencia que mide el espectro. Se tomó las medidas en peak hold porque favorece al sistema por el tipo de modulación de la radio.
- **Empezar frecuencia y parar:** es simplemente el rango del canal, para detectar dentro del mismo un nivel de potencia enviado desde el transmisor, mientras este rango es mas pequeño las capturas son mucho mas exactas.
- **Nivel de referencia:** sabemos que al momento de hacer mediciones hay ruido, con este control hacemos que el ruido se mantenga en los 100 dBm para así poder hacer capturas con potencia real captada y no interferenci o ruido que se pueda captar.
- **Resolucion de ancho de banda:** sirve para aumentar o disminuir el ancho de banda del canal.
- **Umbral:** es un parámetro de suma importancia y la clave para determinar un verdadero sistema de posicionamiento. se habla de umbral en el subtema búsqueda valor de umbral.
- **Busqueda de picos:** significa el valor mas bajo en que comienze a buscar los niveles de potencia.

3.8.12 Control de muestras

Se configura N cantidad de muestras a partir de un valor de umbral superado. Esto nos ayuda a tomar muchos más datos y realizar un analisis mucho mas efectivo al momento del posicionamiento.

Cabe recalcar que el control de 1 muestra significa que analizo 2000 puntos, es decir de 0 a 180° hay 1000 datos tomados y de 180° a 0° 1000 datos más.



Figura 3.48 Control de Muestras

Fuente: los Autores

3.8.13 Dato progresivo de Umbral

Este parámetro es fundamental al momento de buscar el valor de umbral. Quiere decir, que al momento de realizarse una búsqueda en azimut, el dato de portadora del transmisor no son detectados por el analizador, entra en función el motor de elevación haciendolo primero bajar n grados y luego subir n grados, y así se mantiene en cada bucle o secuencia, donde por cada valor de secuencia existe una progresión del grado de elevación.

Como observación se configura el grado dependiendo de la cantidad de pasos, tal como se observa en la tabla.

TABLA	
NOTA: 1 paso es 0,015 grados	
Movimiento Elevación	Numeric 250
100 PASOS - 1,5 Grados	
200 PASOS - 3 Grados	
300 PASOS - 4,5 Grados	

Figura 3.49 Umbral

Fuente: Los Autores

3.8.14 Configuración datos Manual

La configuración consiste en maniobrar al libre albedrío los movimientos de los motores con sus respectivos lados y ángulos. Teniendo en consideración que si se abusa de los grados el sistema no irá más allá desde la ubicación de los límites de los sensores. Al activarse uno de ellos, el motor automáticamente se detiene.



Figura 3.50 Dato manual

Fuente: Los Autores

3.8.15 Inicio del Sistema

Por cada procedimiento que el sistema de posicionamiento realice son visualizados por el cuadro de diálogo de labview. Aquí se muestra el control del sistema de manera manual como automático. El interruptor de azimuth y elevación hace énfasis al movimiento manual.



Figura 3.51 Inicio del Sistema

Fuente: Los Autores

3.8.16 Proceso de Enceramiento Elevación

Luego de haber arrancado el sistema con el boton de inicio, la etapa siguiente radica en el movimiento de la antena en el eje de elevación no importa en que posición se

encuentre. El sistema posee dos sensores de magnéticos que detectan los límites calibrados desde 21° (arriba) y -21° hacia (abajo) partiendo de su eje cero. La señal es enviada por la tarjeta de adquisición de datos, indicando según la programación que la posición en elevación fue exitoso.

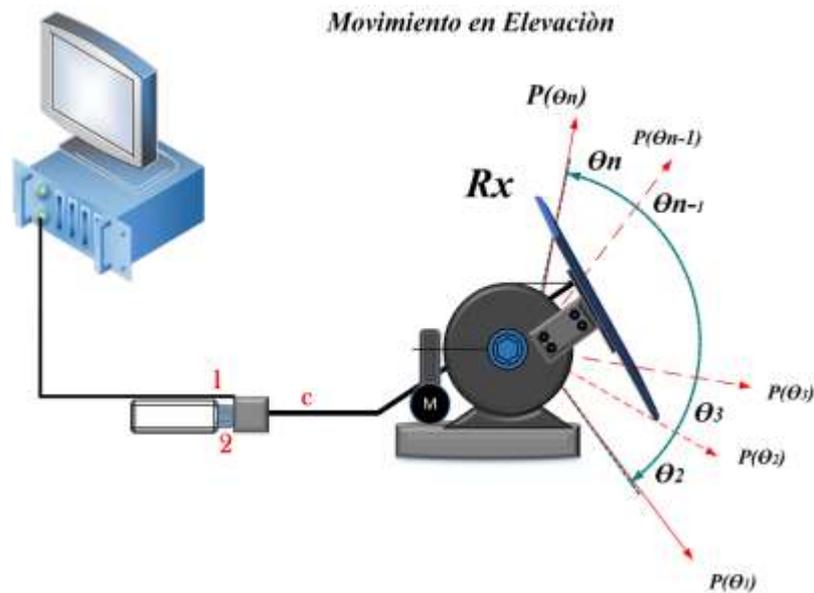


Figura 3.52 Representación de movimiento en elevación

Fuente: Los Autores

En la figura 3.53 muestra que el motor de elevación está en movimiento, esto significa que está buscando el sensor magnético, la programación se configuró para que busque el ángulo en 21° .



Figura 3.53 Proceso enceramiento elevación

Fuente: Los Autores

En la figura 3.54 muestra el comportamiento mecánico del motor del movimiento Elevación eje Y.



Figura 3.54 Proceso posicionando a elevación

Fuente: Los Autores

En la figura 3.55 se monitorea que efectivamente el motor llego a la posición de 0°, configurado un tiempo de 2 segundos para que realice la posicion de enceramamiento de azimut.



Figura 3.55 Posición exitosa realizada

Fuente: Los Autores

3.9 Proceso de Enceramamiento Azimut

Tal como se realizó en elevación, este proceso cumple las mismas metodologías. Con la particularidad que Azimut efectua un movimiento de 0° a 180° sobre su eje, dependiendo de que posición este. Éste busca siempre su cero.

En la figura 3.56 demuestra que el motor esta en movimiento hasta encontrar la señal del sensor de 0°, sin importar en que posición se ubique su movimiento siempre empieza hacia la derecha.



Figura 3.56 Posicionamiento de Azimut

Fuente: Los Autores

En la figura 3.57 se monitoreó que su posición en el grado cero fue exitoso. Se consideró un pausa para el siguiente análisis.



Figura 3.57 Posición exitosa en azimuth

Fuente: Los Autores

3.10 Análisis de Espectro en Azimut

A partir de esta etapa se comienza a medir el espectro radio-eléctrico, moviéndose el motor de azimut en el eje X. el motor gira 1.8° con una reducción 1 a 10, es decir, cada paso gira a 0,18°.

Como se nota en esta figura se tiene ubicado dos sensores magnéticos, que nos ayudan a regular el movimiento del motor en caso de un mal funcionamiento deteniendolo por completo.

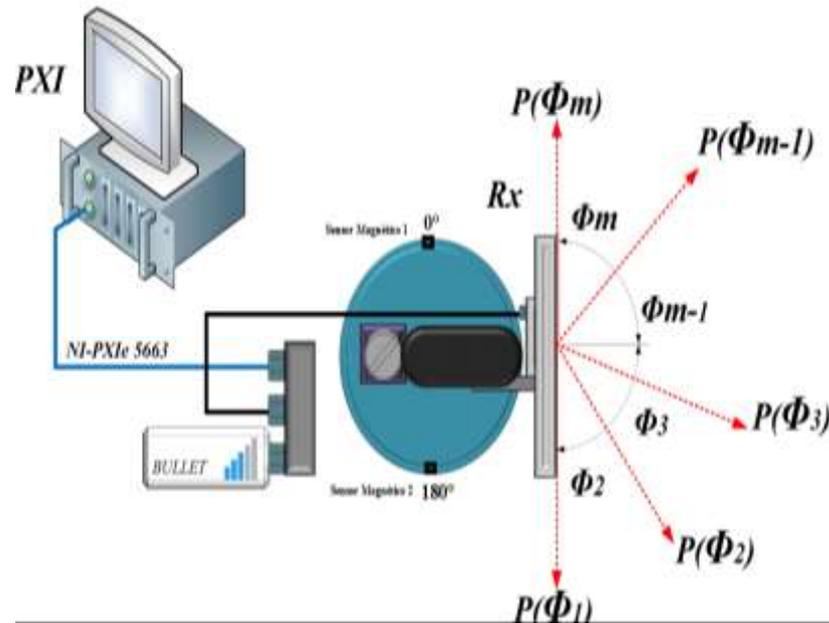


Figura 3.58 Esquema de movimiento en Azimut

Fuente: Los Autores

3.10.1 Azimut 0° a 180° Labview

Los movimientos son visualizados en la ventana gráfica de labview, donde se monitorea los pasos, grados, y el movimiento de las bobinas. Para saber si el movimiento del motor lo hace correctamente, se añadió indicadores led que muestran la excitación de cada bobina del motor de manera ordenada. Cuando el movimiento se realiza de 0° a 180° las bobinas giran hacia la izquierda.



Figura 3.59 Movimiento de 0° - 180°

Fuente: Los Autores

3.10.2 Azimut 180° a 0° Labview

Los movimientos son visualizados en la ventana gráfica de labview, donde se monitorea los pasos, grados, y el movimiento de las bobinas. Para saber si el movimiento del motor lo hace correctamente, se añadió indicadores led que muestran la excitación de cada bobina del motor de manera ordenada. Cuando el movimiento se realiza de 0° a 180° las bobinas giran hacia la izquierda.



Figura 3.60 Movimiento 180° - 0°

Fuente: Los Autores

3.10.3 Búsqueda Valor de Umbral

3.10.3.1 Definición de Umbral

En este segmento se enseña la parte analítica de configuración de cómo funciona el sistema a partir de un valor umbral conocido.

Este método que se ha diseñado nos permite ayudar a buscar un valor de referencia de potencia al momento que se analiza el espectro-radioeléctrico para encontrar un punto dentro del canal configurado, es decir en 5.320 GHZ.

Para poder establecer el valor del umbral, se empleó el siguiente cálculo con datos reales:

- Antes de cualquier análisis o demostración del sistema, primero se debe calcular y conocer EL PRESUPUESTO DE ENLACE, es decir, la potencia en el lado Receptor.

- La relación señal/ruido (SNR)³ es un parámetro fundamental para la caracterización del desempeño de un enlace inalámbrico. La potencia de la señal receptora depende de la potencia transmitida y de la atenuación que se produce en el trayecto entre transmisor y receptor considerado como pérdidas en el espacio libre. La potencia de ruido consiste del aporte del receptor mismo y del ruido externo, que se recibe a través de la antena. Normalmente el ruido dominante es el del propio receptor, sin embargo hay factores relevantes como el aporte de usuarios externos que interviene en la misma banda de frecuencia, en este caso generalmente no se habla de ruido sino de “interferencia”. El proyecto se limita a considerar el enlace en que el ruido dominante es el receptor ya que no existe enlaces que intervengan en la frecuencia transmitida.

Con este pequeño concepto se calcula el valor del umbral, sacando un promedio entre el valor teórico de la potencia del receptor obtenida por el presupuesto de enlace y el valor del nivel de ruido de piso, es decir:

Potencia de receptor = -78,20dBm

Señal de ruido = -95,67dBm

$$\text{Umbral} = \frac{(\text{Potencia de receptor} + \text{Señal de ruido})}{2}$$

$$\text{Umbral} = \frac{[-78,20 + (-95,67)]\text{dBm}}{2}$$

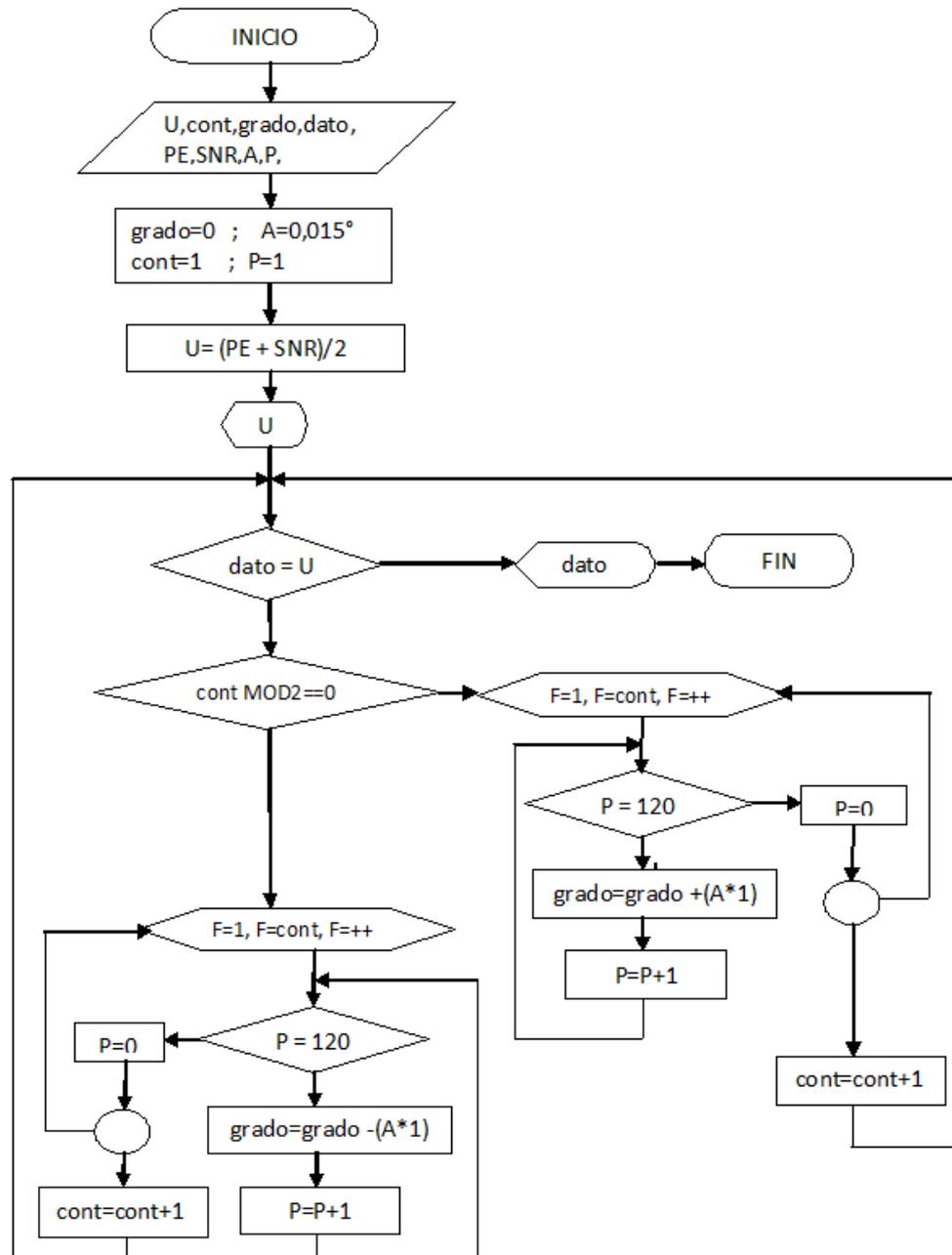
Resultado:

$$\text{Umbral} = -86,935 \text{ dBm}$$

Con un error de +5%, esto lo hemos determinado gracias a las varias pruebas empleadas siendo los resultados confiables, garantizados y muy satisfactorios.

³SNR señal de ruido

3.10.3.2 Diagrama De Flujo



3.10.3.2.1 Verificación, justificación y codificación Umbral

Tal como se describe en el algoritmo, este nos indica que si la variable contador (Cont) es PAR el sistema debe bajar, es decir, desde su posición cero el motor de elevación desciende, este valor se lo representa como $-1,8^\circ$. Si la variable Cont es IMPAR, asciende a $1,8^\circ$ retornando por cero, este proceso adquiere un incremento de

1,8° dependiendo del valor del contador por cada iteración. Y lo hará progresivamente hasta que el valor de umbral sea superado por un dato mayor medido del analizador de espectro.

Ejemplo representativo, constante de grado a actuar: 1.8°

Cont	Proceso
1	grado=grado-(1,8*cont) grado=grado-(1,8*1) grado= 0 -1,8= -1,8°
2	grado=grado+(1,8*cont) grado= - 1,8+ (1,8*2) grado= - 1,8+ 3,6= 1,8°
3	grado=grado-(1,8*cont) grado=1,8- (1,8*1,8) grado= 1,8 - 5,4= - 3,6°
4	grado=grado+(0,6*cont) grado= - 6+ (3*4) grado= -6+ 12= 3,6°
n	grado= n

Tabla 3.3 Ejemplo de cálculo de movimiento

Fuente: Los Autores

El proceso se incrementa hasta que la variable dato sea $\geq U$

Cont	Motor elevación Desciende (PAR)	Motor Elevación Asciende(IMPAR)
1	-1,8°	
2		1,8°
3	-3,6°	
4		3,6°
5	-5,4°	
6		5,4°
n	n	N

Tabla 3.4 Valores de grados de movimiento

Fuente: Los Autores

3.10.3.2.1 Búsqueda de Umbral.

Cuando se dice búsqueda de umbral, significa el mínimo valor de nivel de potencia que debe captar la antena capturando datos radio-electrico en azimut. Si el registro de cada punto del espectro no se encontró un nivel de potencia, el motor de elevación entra en acción moviéndose 3° como constante de operación y de esta manera actua el algoritmo que se desarrolló de búsqueda de valor de Umbral.

Cabe indicar que esta constante es programable y varía dependiendo de la distancia entre las antenas.

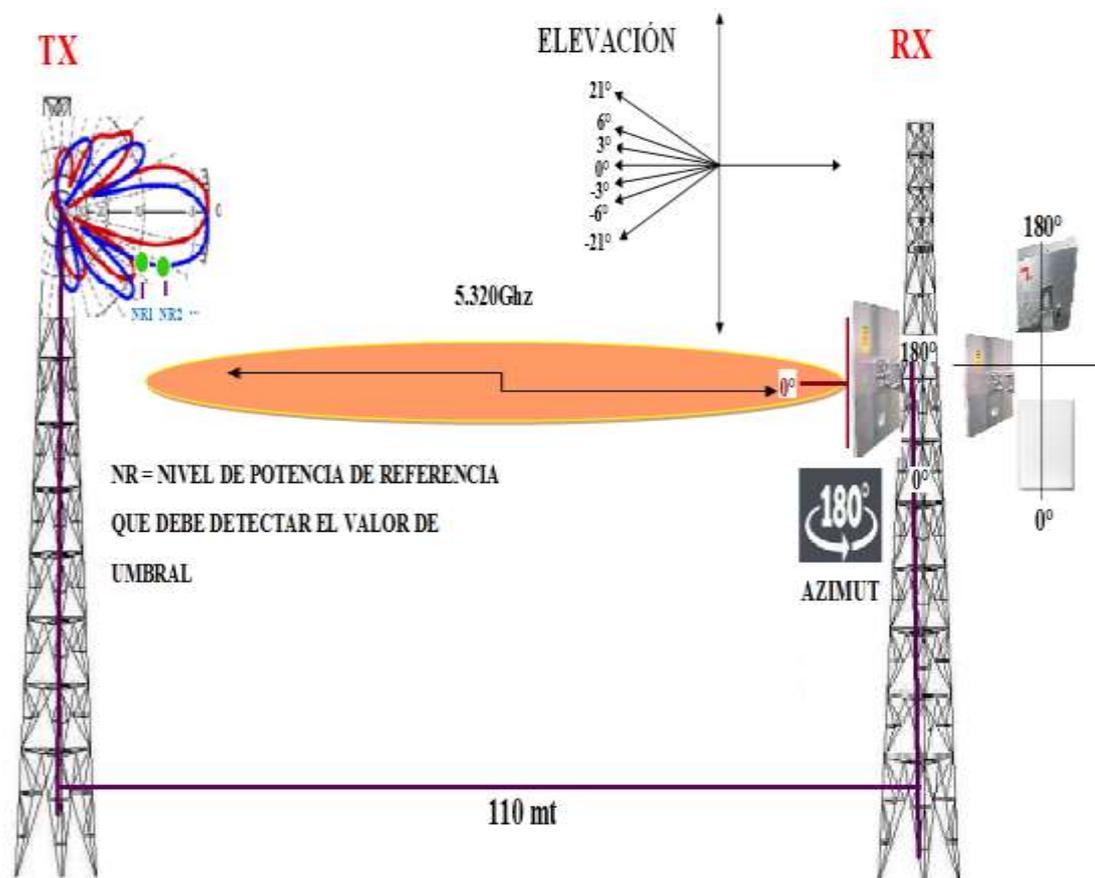


Figura 3.61 Representación de búsqueda de umbral

Fuente: Los Autores

Al culminar el primer barrido de espectro en Azimut, es decir, 0° a 180° y 180° a 0° y no se superó el valor de umbral establecido, el sistema automáticamente responde y empieza bajando -3° en elevación y analiza otra vez en azimut, sino vuelve a

encontrar ahora regresa a 0 y sube 3°, y así se mantiene en esa progresión hasta que un dato del espectro sea igual o mayor al umbral.

Ejemplo punto de nivel de referencia encontrado

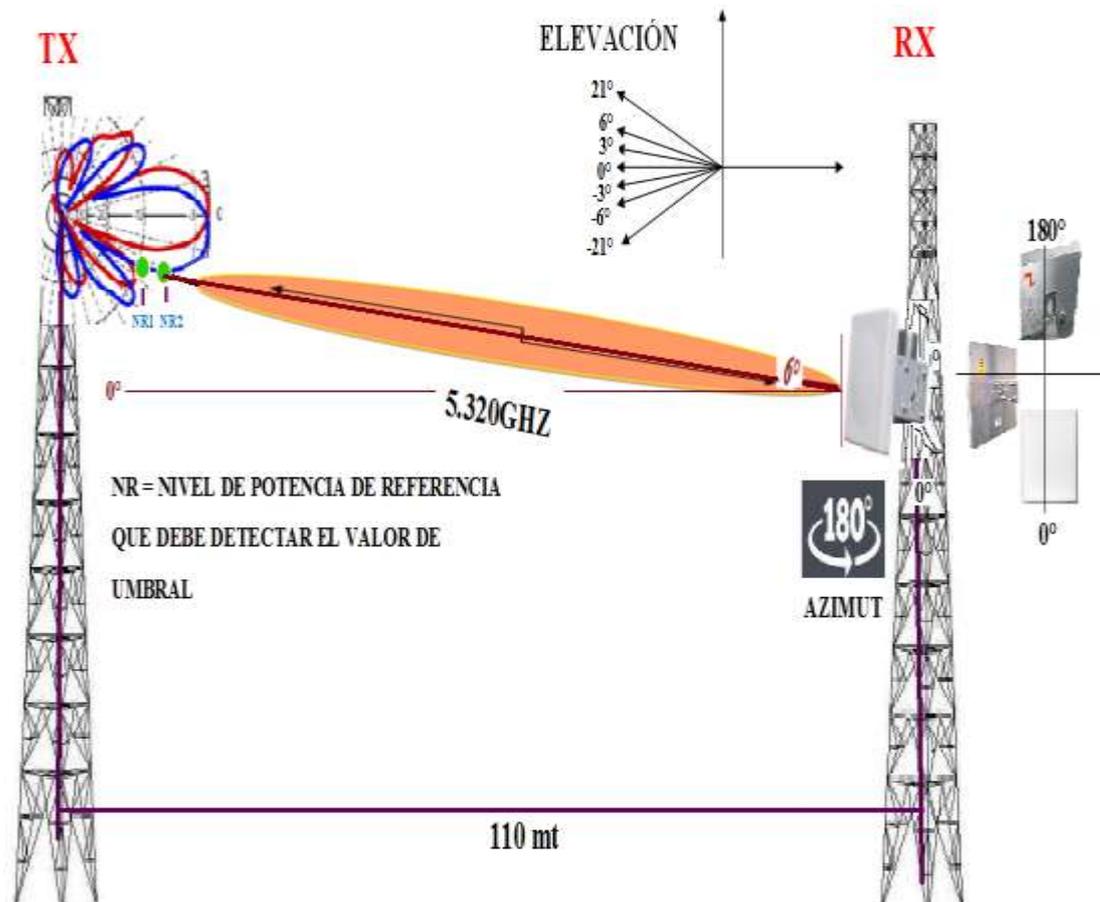


Figura 3.62 Representación de Umbral encontrado

Fuente: Los Autores

3.10.4 Análisis Espectro en Azimut.

Una vez que se encontró el nivel de potencia de referencia mayor al umbral, esto quiere decir que ya se ubicó en un punto dentro del canal transmitido por la portadora a una frecuencia de 5.320Ghz.

Se realizó 1 muestra, tomando en consideración que se pueden realizar n cantidad de barridos, donde cada barrido equivale a 2000 datos, para unas muestras más confiables. Guardando los niveles de potencias más altos con su respectivos grados.

Todas las muestras que fueron realizadas serán guardadas en un archivo de formato Excel, para llevar un registro del comportamiento de niveles de potencia en cada grado.

En la figura 3.63 podemos ver el software de analizador de espectro encontrando un nivel de potencia en el canal de 5.320 GHz.



Figura 3.63 Espectro en Azimut

Fuente: Los Autores

En la figura 3.64 se aprecia el registro de datos de potencia con su respectivo ángulo, registrando y almacenando dichos datos en un formato Excel para tener un análisis del comportamiento de los niveles de potencia en cada grado. También se visualiza una gráfica conforme a los datos registrando.

En la esquina inferior izquierda también se observa los valores capturado del nivel de potencia mayor mostrando también el ángulo en que ocurrió dicha potencia.

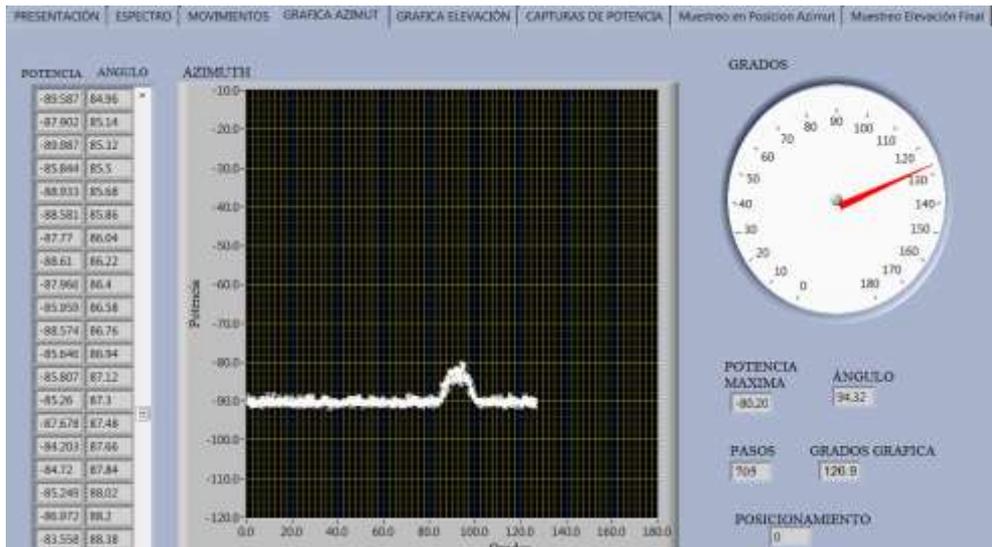


Figura 3.64 Espectro en azimut

Fuente: Los Autores

3.10.5 Posición Parcial de Azimut

Una vez obtenido todos los niveles de potencia más alto con su respectivo grado que se generaron tanto de 0 a 180° y de 180 a 0° en azimut , el sistema calcula el mayor nivel, para poder recién posicionarse previamente.

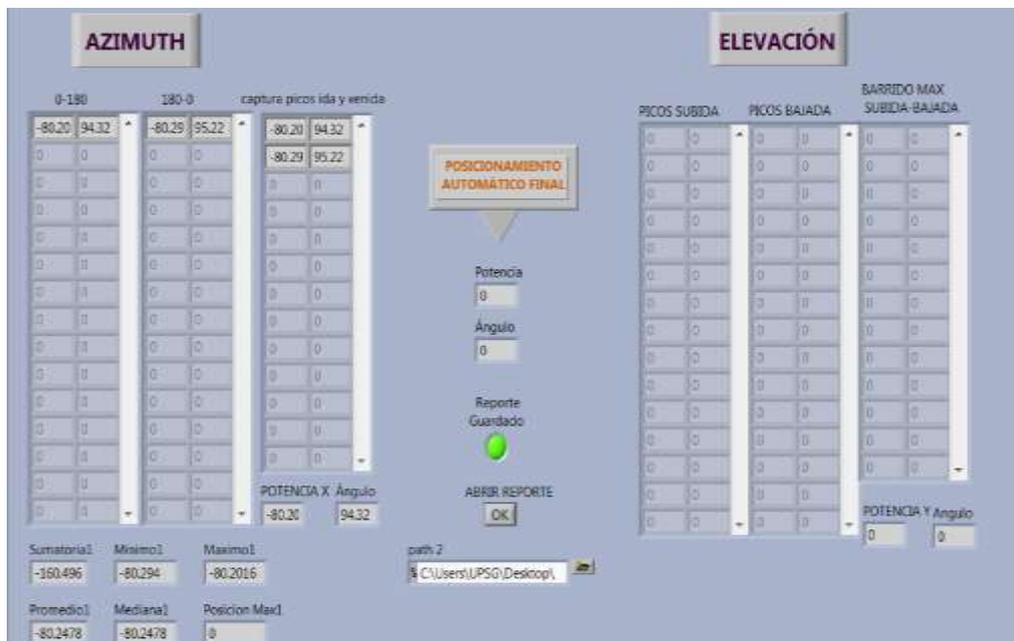


Figura 3.65 Tabla de datos máximos capturados

Fuente: Los Autores

3.10.6 Estadística 1000 Datos Azimut

Luego de su posición previa, el sistema captura 1000 muestras en ese punto, es decir, sin movimiento del motor, con la finalidad de llevar una estadística en la cual se obtendrá un promedio que parcialmente es comparado con el presupuesto de enlace, no obstante estos datos aparte de ser visualizados en Labview también se lleva un registro en Excel.

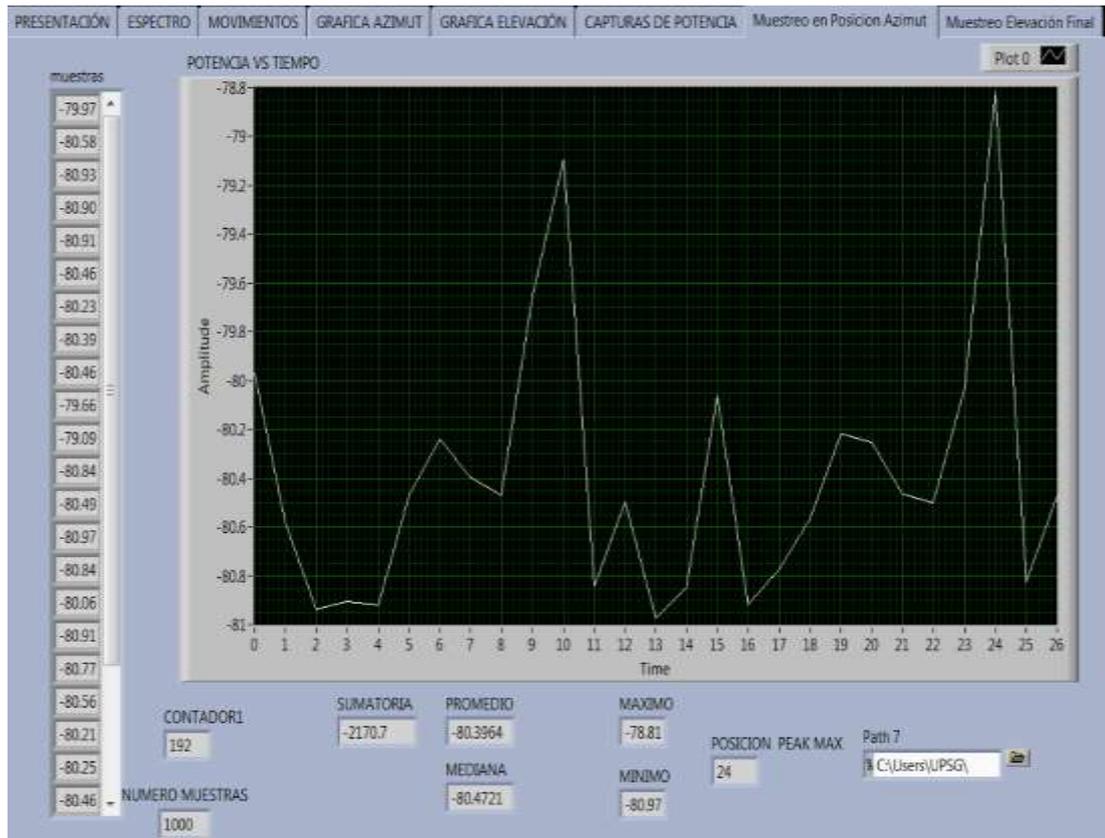


Figura 3.66 Gráfica de 1000 datos en Azimut

Fuente: Los Autores

3.10.7 Análisis de Espectro en Elevación

Desde este punto se comienza a analizar en elevación partiendo desde su punto cero para luego subir en pasos de $0,015^\circ$ hasta llegar a 21° .

Una vez ubicado en esta posición el sistema empieza a capturar datos en el orden de los 21° a -21° y viceversa según los barridos proporcionados. Todas las muestras que son realizadas serán guardadas en un archivo de formato Excel,

Para llevar un registro del comportamiento de niveles de potencia en cada grado.



Figura 3.67 Análisis de espectro en Elevación

Fuente: Los Autores

En la figura 3.68 se aprecia el registro de datos de potencia con su respectivo ángulo, siempre mejorando en Elevación. Se efectúa captura de datos en Excel.

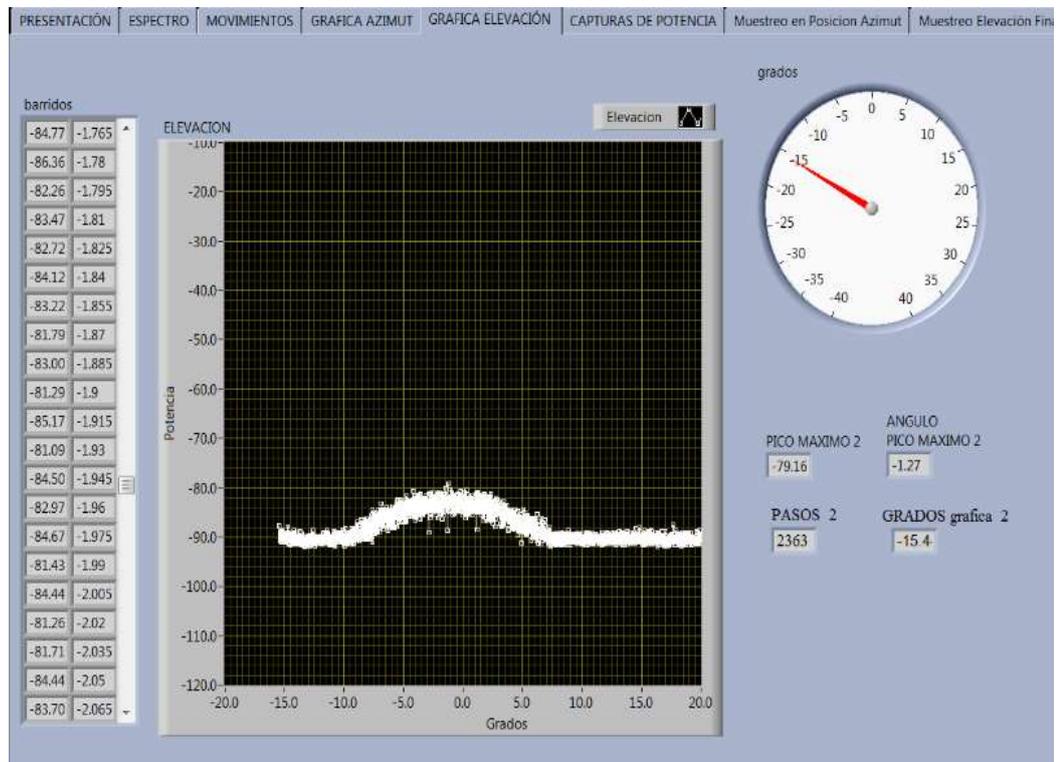


Figura 3.68 Gráfica de datos capturados en elevación

Fuente: Los Autores

3.10.8 Posición Final y comparación de niveles de Potencia Azimut vs Elevación.

Al finalizar la cantidad de barridos que se realizó en elevación, el sistema captura los niveles de potencia más alto con su respectivo grado que según las pruebas realizadas resultan ser mejores.

Para fijar la antena en una posición final el sistema realiza un último proceso que es hacer una comparación entre el nivel de potencia más alto que se generó en azimut vs elevación. Si el nivel mayor resultado en azimut este se posiciona en 0° con respecto al eje Y caso contrario si el nivel obtenido más alto es en elevación el sistema se posiciona en el grado resultante.

Luego de su posición final, el sistema captura 1000 muestras en ese punto, es decir, sin movimiento del motor, con la finalidad de llevar una estadística en la cual se obtiene un promedio que finalmente es comparado con el presupuesto de enlace, no obstante estos datos aparte de ser visualizados en Labview también se lleva un registro en Excel.

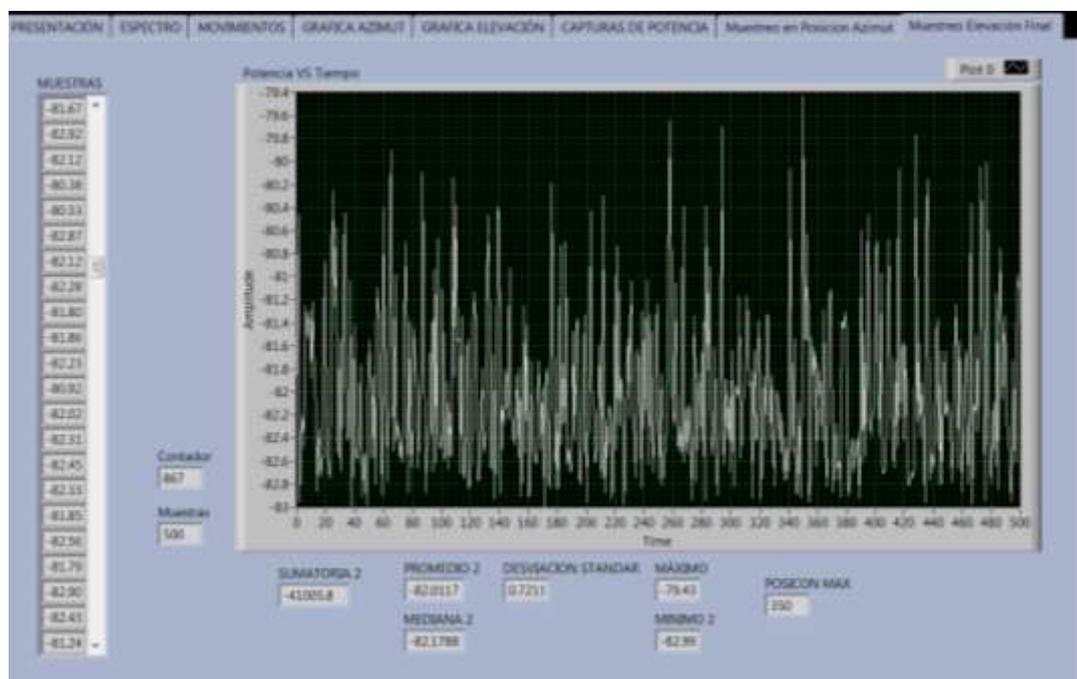


Figura 3.69 Gráfica de 1000 datos en Elevación

Fuente: Los Autores

Como parte final del sistema; se presenta la ventana del proceso terminado. A su vez muestra la posición del dato mayor de azimut y elevación. Por lo general y esto depende de que tan bien se encuentre direccionada la antena, el registro experimental resulte ser que en elevación siempre el sistema detecta su mejor nivel de potencia.



Figura 3.70 Gráfica de Sistema posicionado

Fuente: Los Autores

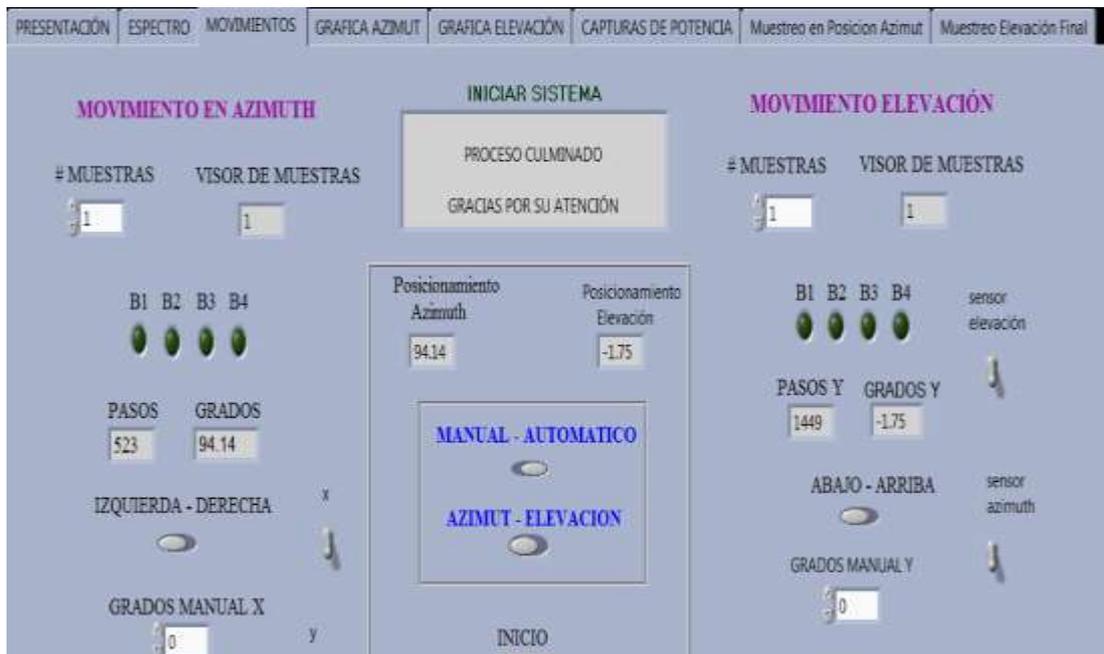


Figura 3.71 Gráfica de Sistema Culminado

Fuente: Los Autores

4 CAPÍTULO 4

4.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA

4.1.1 Presupuesto de Enlace

4.1.1.1 Definición

Un presupuesto de enlace consiste en el cálculo de las sumas de todas las ganancias y pérdidas, que se producen desde el transmisor hasta el receptor.

Realizar un buen presupuesto de enlace es fundamental para el correcto funcionamiento del mismo.

4.1.2 Elementos de un presupuesto de enlace

Los elementos de un radio enlace se basan en tres medidas esenciales:

- Parte de Transmisión
- Parte de Propagación
- Parte de Recepción

4.1.3 Ubicación del sistema

4.1.4 Transmisor

EL lado transmisor está ubicado en la terraza de edificio Administrativo de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil donde se consta con los siguientes equipos:

- Antena Panel
- Radio BulletM5
- POE

Para analizar el debido cálculo del presupuesto de enlace se considera la potencia de transmisión, ganancia de la antena, perdidas en cables y conectores.

Al realizar la prueba de transmisión se cuenta con un sistema de control de temperatura donde se realiza una comunicación half-duplex. Este sistema se encarga

de tomar medidas de temperatura que se encuentran en el ambiente para ser monitoreadas mediante Labview donde será dirigido desde el lado receptor.

4.1.4.1 Receptor

El lado receptor está ubicado en el edificio de ingeniería de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil y los equipos utilizados son:

- Antena Panel
- Radio BulletM5
- POE
- Divisor de señal – 1 con SC5802N
- Cable 24 m

De igual manera que en el transmisor, en el receptor se considera ganancia de la antena, pérdidas en cables, conectores, divisor de señal, sensibilidad en el receptor.

4.1.5 Diagrama de conexiones para el cálculo de presupuesto de enlace

A continuación se adjunta un diagrama esquemático de los elementos del sistema de enlace para realizar los cálculos del mismo.

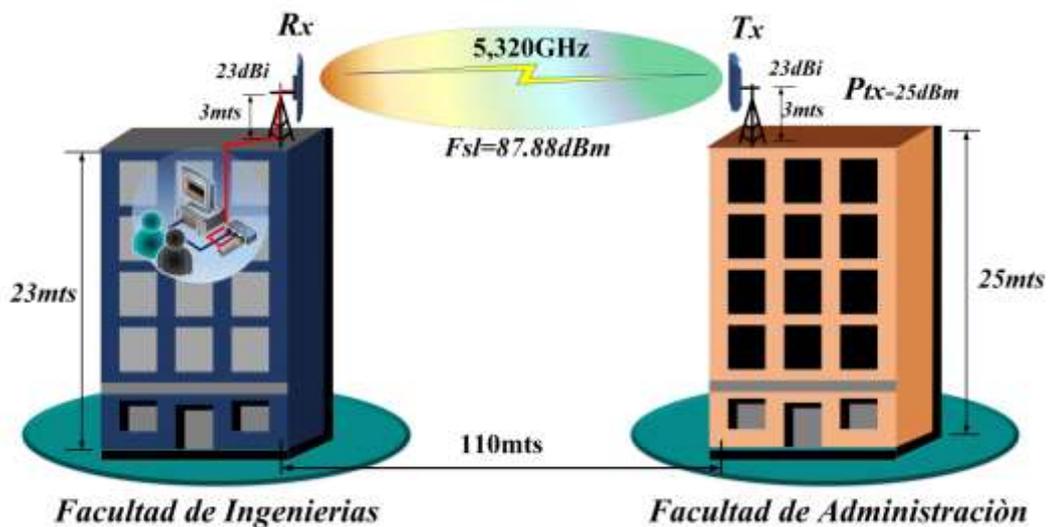


Figura 4.1 Presupuesto de enlace

Fuente: Los Autores

4.1.6 Pérdidas en el espacio libre

La pérdida de trayectoria en espacio libre normalmente se define como la pérdida a la que se somete una onda electromagnética cuando se irradia en línea recta por el espacio libre.

Esta pérdida de trayecto no se pierde energía alguna, simplemente que son dispersas alejándose de la fuente principal. Por este fenómeno es conocido como pérdida de dispersión y esta conocido por la ley de cuadrado inverso.

4.1.7 Ley De Cuadrado Inverso

Esta ley dice que entre más lejano va el frente de onda de la antena transmisora, la densidad de potencia es más pequeña. Esto indica que la potencia total distribuida sobre la esfera queda de la misma cantidad, pero por otro lado el área de la esfera se ve afectado porque aumenta en proporción directa a la distancia a la que se encuentra de la fuente elevada al cuadrado, es decir, el área de la esfera elevado al cuadrado nos causa una menor densidad de potencia ya que esta disminuye inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente.

4.1.8 Atenuación

La atenuación está relacionada por la ley del cuadrado inverso, hablando en términos de telecomunicaciones, ya que se reduce la densidad de potencia con la distancia de la fuente. El campo electromagnético se dispersa del frente de onda se aleja de la fuente. Lo que significa que las ondas electromagnéticas se alejen cada vez más entre sí a medida que la distancia aumenta.

4.1.9 Absorción

La causa de la absorción de las ondas electromagnéticas al viajar por el aire es que el aire no es un vacío. Es nada menos a las partículas que están conformados por átomos y moléculas de distintas sustancias gaseosas, líquidas y gaseosa. Estos materiales pueden absorber las ondas electromagnéticas denominado pérdida por absorción.

4.1.10 Cálculo Pérdida del espacio libre ecuación de Friis.

El espacio libre prácticamente puede considerársele como vacío y no se considera pérdidas. Como las ondas electromagnéticas se encuentran en el vacío, son dispersas y se reduce la densidad de potencia a lo que se considera como atenuación. La atenuación está presente en el espacio libre como en la atmosfera terrestre. La atmosfera terrestre no se la considera como vacío ya que existen partículas que pueden absorber la energía electromagnética y a este tipo de reducción de potencia se considera pérdidas por absorción.

La ecuación que se usa según Harald Friis en telecomunicaciones para calcular la relación señal/ruido de la pérdida del espacio libre es

$$LPL = -20\log\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)$$

Se trabajó a una frecuencia $f = 5,320\text{Ghz}$ a una distancia $d = 110\text{mt}$. La distancia es referenciada por google earth fig. 3.2

$$\lambda = \frac{c}{f}$$
$$\lambda = \frac{300000000 \text{ mt/s}}{532000000 \text{ hz}}$$

$$\lambda = 0,05639 \text{ mt}$$

$$LPL = -20\log\left(\frac{0,05639 \text{ mt}}{4\pi[110 \text{ mt}]}\right)$$

$$LPL = -87,7880 \text{ dBm}$$



Figura 4.2 Distancia de Radios

Fuente: Los Autores

4.1.11 Cálculo de presupuesto de enlace

Para el cálculo del presupuesto de enlace se hace referencia a las sumas de todas las ganancias y pérdidas desde el transmisor hacia el receptor.

Lado del Enlace	Elementos Incidente	Valores
Transmisor	Potencia del transmisor (Ptx)	-25 dBm
	Pérdidas en cables y conectores (Lcctx)	-0,5 dB
	Ganancia de la Antena Transmisora (Gtx)	-23 dBi
Pérdida espacio libre	Pérdida del espacio libre (LPL)	-87,7880dBm
Receptor	Ganancia de la Antena Receptora(Grx)	23dBi
	Pérdidas en cables y conectores(Lccrx)	-58,80 dB

Tabla 4.1 Tabla de valores para cálculo de presupuesto de enlace

Fuente: Los Autores

$$Prx = Ptx - Lcctx + Gtx - LPL + Grx - Lccrx$$

$$Prx = 25dBm - 0,5dB + 23dBi - 87,7880dBm + 23dBi - 58,80dBm$$

$$Prx = -76,088dBm$$

En base a esta Potencia se hará una comparación, la cual debe ser la más exacta posible con el valor experimental que producirá el proyecto.

4.2 TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS

4.2.1 Introducción

Una vez culminado el sistema de posicionamiento automático, se activa la radio que opera de modo estación , para tener un poco de conocimiento estas radios tienen un periodo de captarse no más de 30 segundos del tiempo estimado para que la radio se enganche de esta manera la comunicación demuestra que el sistema está comunicado.

Para realizar la comunicación del enlace punto a punto se diseñó un sistema de control y lectura de datos de temperatura efectuando una comunicación full-duplex para demostrar la efectividad del proceso capaz de controlar, comandar, visualizar, almacenar, registrar y auto-protegerse con los valores limitados de temperatura.

4.2.2 Sistema conversor de protocolo TCP/IP A RS-232

El sistema clave para lograr una comunicación y tener un control y visualización de datos se basa de la siguiente tarjeta:

4.2.2.1 Tarjeta ConvertidorUSR-TCP232

Se trata de una tarjeta que realiza la conversión de protocolo Ethernet TCP/IP a RS-232 y viceversa. Puede hacer mediciones remotas, control de dispositivos a través de la red de internet y LAN, monitoreo de datos, de video, etc. Posee una velocidad de transmisión de comunicación serial de hasta 230kbps.

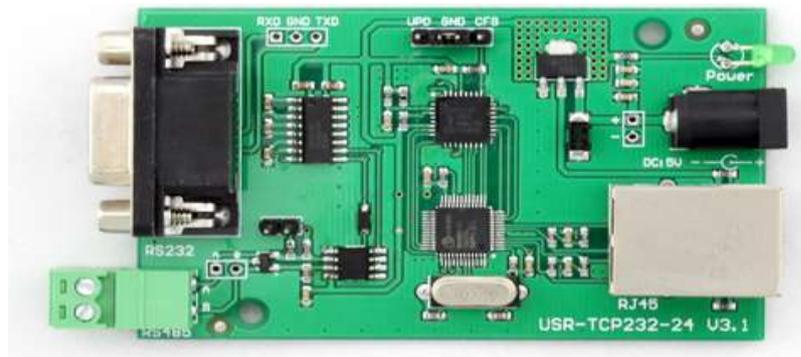


Figura 4.3 Tarjeta Convertidor USR-TCP232-T24

Fuente: <http://en.usr.cn/download/USR-TCP232-T-EN.pdf>

Aprovechando el enlace punto a punto, estos equipos fueron configurados con una dirección ip fija, no obstante se colocó la tarjeta convertidor en la misma red del sistema.

El lado de operación de la tarjeta wiznet se encuentra en el edificio administrativo siendo éste Servidor.

Se la configuró como modo cliente, con esta configuración tenemos una IP de destino que es establecida la dirección ip del servidor, donde nuestro medio de comunicación será la plataforma Labview que posee aplicaciones Tcp/ip, de igual manera éstas pueden configurarse como cliente o servidor.

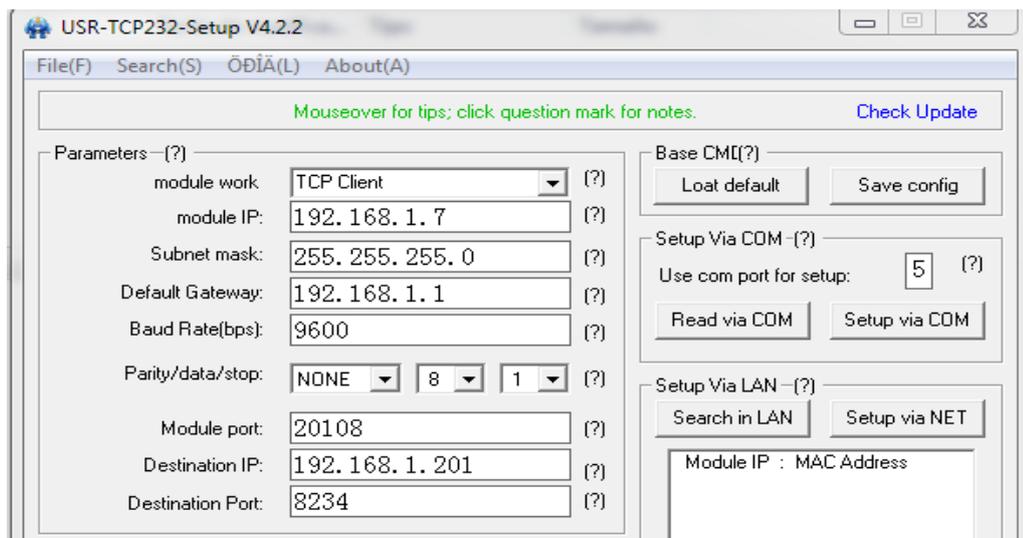


Figura 4.4 Configuración de tarjeta

Fuente: Los Autores

4.2.3 Labview orientado a comunicación TCP/IP.

Protocolo de Internet (IP), User Datagram Protocol (UDP) y Protocolo de Control de Transmisión (TCP) son las herramientas básicas para la comunicación de red. El nombre TCP / IP proviene de dos de los protocolos más conocidos de la suite de protocolo de Internet, el Protocolo de Control de Transmisión y Protocolo de Internet. Con TCP / IP puede comunicarse a través de redes individuales o redes interconectadas (Internet).

La comunicación TCP / IP proporciona una interfaz de usuario simple que oculta la complejidad de asegurar las comunicaciones de red confiables.

Labview posee bloques de comunicación Tcp/ip, configurables como cliente o servidor.

En este caso se estableció un servidor del cual éste predomina, sin embargo la lógica programática cumple con la condición y la seguridad del sistema para que pueda transmitir y recibir datos confiables y a manera full-dúplex.

Principales bloques tcp/ip orientado a la transmisión de datos.

4.2.4 Bloques principales de comunicación TCP/IP mediante Labview

4.2.4.1 Bloque TCP/IP Listen

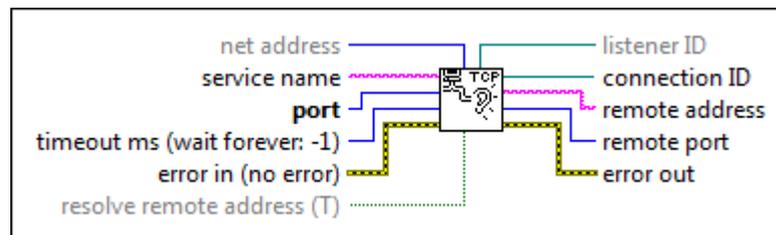


Figura 4.5 Bloque TCP/IP Listen

Fuente: Labview

Las configuraciones más sobresalientes son:

- **Net Address** especifica la dirección en que la red va a escuchar a otra dirección
- **Service name** simplemente se asigna un nombre al servicio de red
- **Port** es el número de puerto en que se desea escuchar para establecer una conexión.

- **Remote Address** es la dirección de la máquina remota asociada a la conexión TCP. Esta dirección está en notación de puntos IP.
- **Connetion ID** es una conexión de red refnum que identifica de forma exclusiva la conexión TCP. Utilice este valor para hacer referencia a esta conexión en llamadas posteriores VI.
- **Error Out** es un parámetro de datos erróneos.

4.2.4.2 Bloque TCP/IP Write

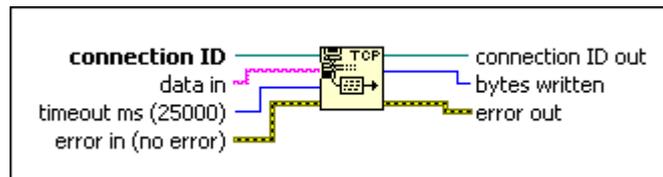


Figura 4.6 Bloque TCP/IP Write

Fuente: Labview

Las configuraciones utilizadas son:

- **Connection ID** conexión de red refnum que identifica de forma exclusiva la conexión tcp.
- **Data in** datos contiene los datos que desea escribir en la conexión.
- **Timeout ms** especifica el tiempo en milisegundos.para la función de escribir bytes en un dispositivo antes de que la función se completa y devuelve un error.
- **Bytes written** es el número de bytes del VI escribe a la conexión.

4.2.4.3 Bloque TCP/IP Read

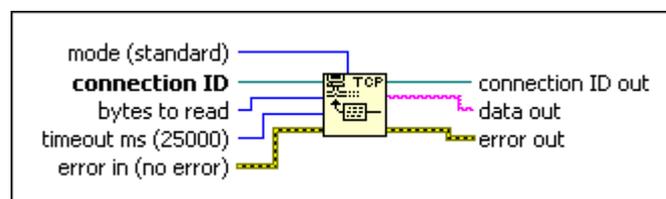


Figura 4.7 Bloque TCP/IP Read

Fuente: Labview

Las configuraciones utilizadas son:

- **Byte to read.-** es el número de byte que lee la conexión TCP
- **Data out.-** contiene los datos leídos de la conexión TCP/IP

4.2.5 Desarrollo del Software comunicación Full Dúplex.

Se desarrolló un sistema de comunicación capaz de comportarse como un sistema de comunicación full dúplex, por efecto de los datos de temperatura se colocó un tiempo, para que los valores sean visualizados cada 2,5 segundos.

4.2.5.1 Inicio del Sistema

Una vez abierto el programa para la prueba de transmisión y recepción de datos. Al querer dar run en Labview, se tiene un sistema de protección que pide una contraseña, de esta manera solo el personal autorizado puede hacerse cargo de la manipulación del software, no obstante al introducir correctamente la clave, una voz inteligente da la bienvenida pronunciando el nombre de la persona autorizada por dicha clave.

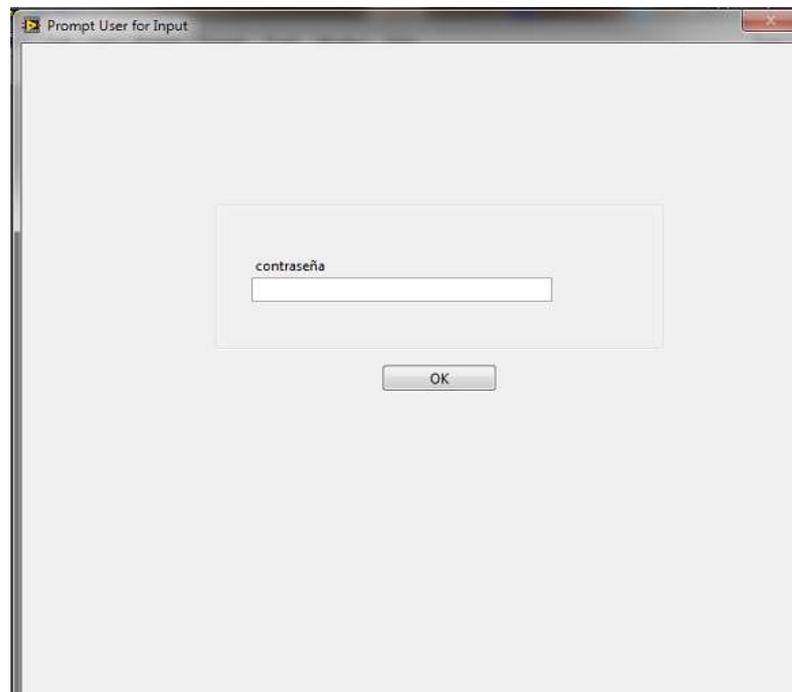


Figura 4.8 Contraseña para inicio del sistema

Fuente: Los Autores

4.2.5.2 Verificación Tarjeta convertidor en red

Al dar run al programa, éste automáticamente después de 5 segundos, se asocia la tarjeta que convierte RS-232 al sistema de red empleado. En esta figura cuando la dirección remota aparece significa que está la comunicación en perfecta condiciones. Si se quiere buscar otra manera de comprobar, se dirige al comando CMD, para realizar una prueba de Ping apuntando a la dirección de la tarjeta.

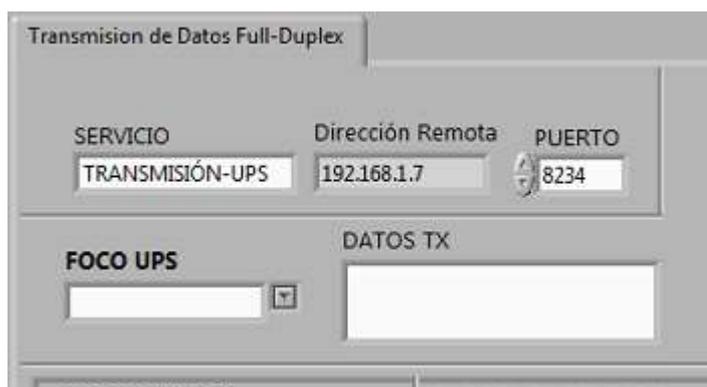


Figura 4.9 Verificación de tarjeta

Fuente: Los Autores

4.2.6 Transmisión de datos comandos seriales.

Se diseñó tres comandos de asociación para la comunicación serial del receptor.

Comandos seriales (transmisor)	Función del código	Respuesta receptor
*CÓDIGO: T	Lee dato de temperatura	LEER TEMPERATURA
*CÓDIGO: E	Lee dato de temperatura y activa reflector	FOCO-ENCENDIDO
*CÓDIGO: A	Lee dato de temperatura y apaga reflector	FOCO-APAGADO

Tabla 4.2 Comandos seriales de transmisión

Fuente: Los Autores

Hablando de los envíos de datos desde la fuente hacia el receptor, la respuesta es inmediata, indicando la función de cada código y se monitorea desde Labview.

En el caso del encendido del reflector se tiene una comunicación full dúplex, en la cual se indica la efectividad del encendido del foco. Lo mismo sucede cuando se envía el comando *CÓDIGO: A, inmediatamente devuelve un mensaje indicando foco apagado.

4.2.6.1 Comando *CÓDIGO:T

Al enviar este comando el sistema comienza a registrar datos de temperatura el sensor que se utilizó es el conocido LM35 siendo su rango de medición entre los -55°C hasta 150°C. Su comportamiento de salida es lineal y cada grado centígrado equivale a 10mV. Puede trabajar con una tensión de 4 a 30V.

Estos datos de temperatura son almacenados en una hoja de cálculo de Excel, para tener un registro del comportamiento de la temperatura con su respectiva hora y fecha.

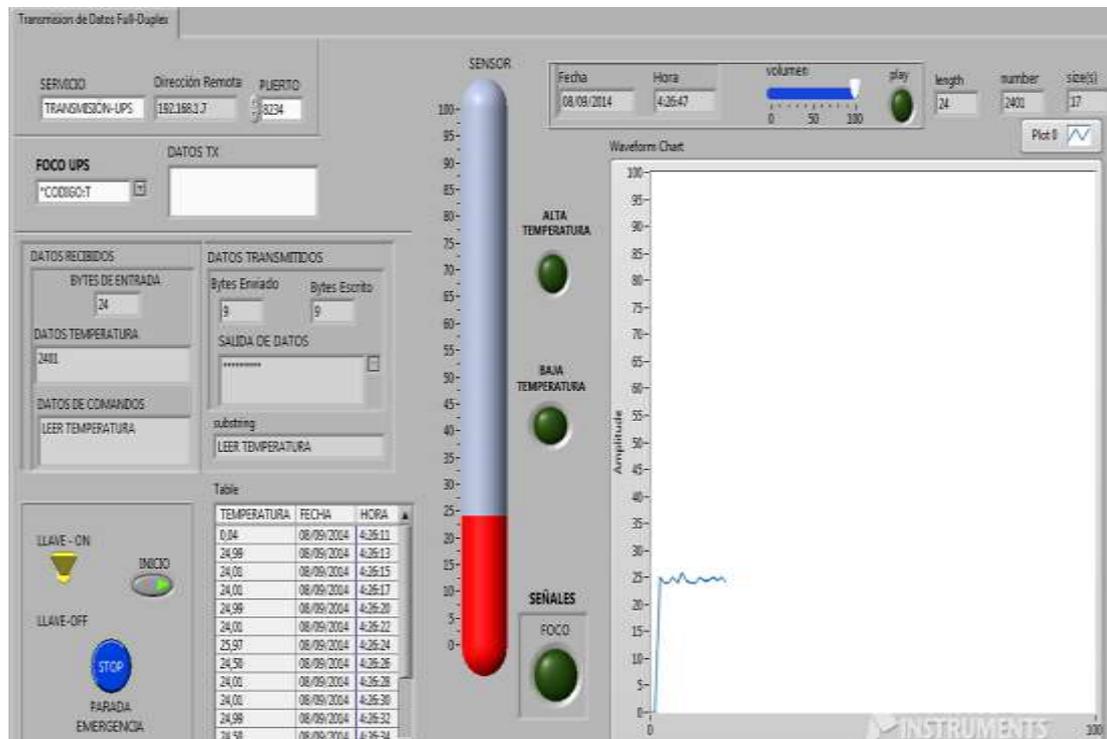


Figura 4.10 Gráfica de encendido captura de temperatura

Fuente: Los Autores

4.2.6.2 Comando *CODIGO:E

Con este comando enviado se encendió un reflector para simular el control de un proceso provocando el desequilibrio del sistema y a su vez demostrando la comunicación transmisión y recepción de datos en tiempo real.

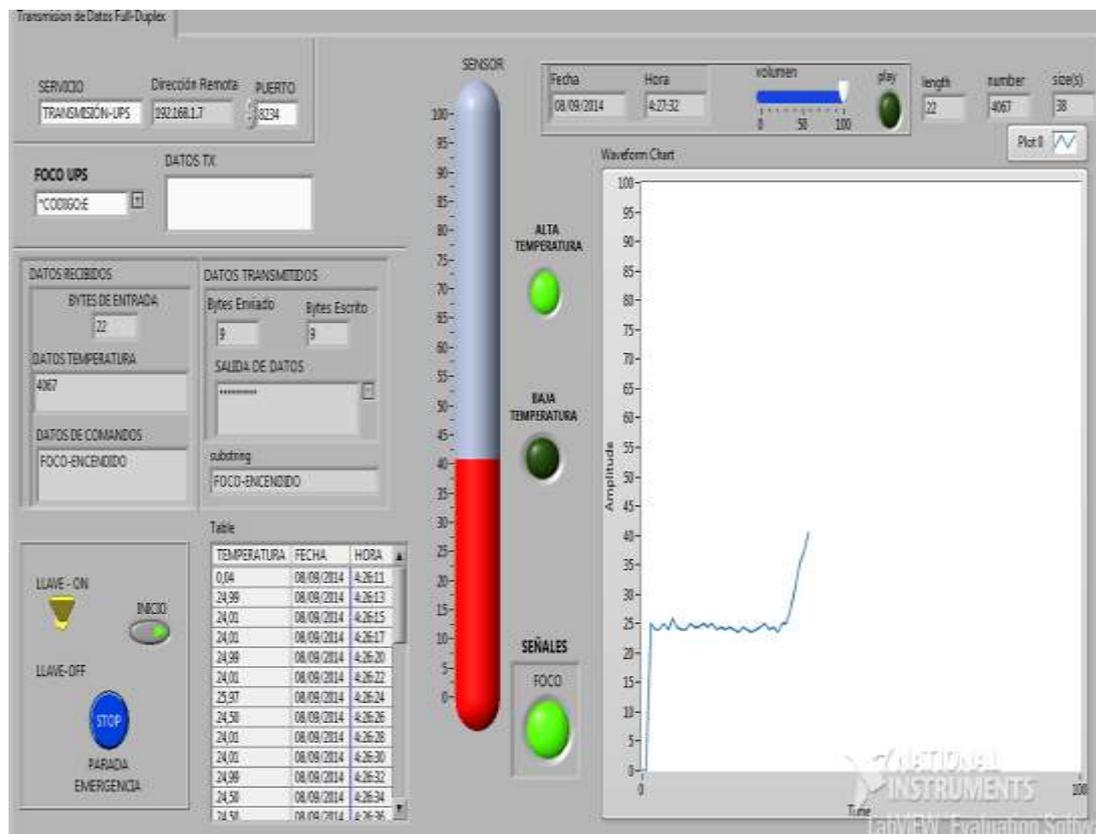


Figura 4.11 Gráfica de encendido de reflector

Fuente: Los Autores

4.2.6.3 Comando *CODIGO:A

Con este comando enviado se apaga el reflector para simular el control de transmisión de datos y recepción por parte del cliente. Cuyos datos son medidos y actualizados cada 2,5 segundos debido al registro de temperatura.

Este tiempo es programable según la cantidad de lecturas que necesitemos ya que podemos hacer históricos de lecturas de temperatura para así poder llevar un control.

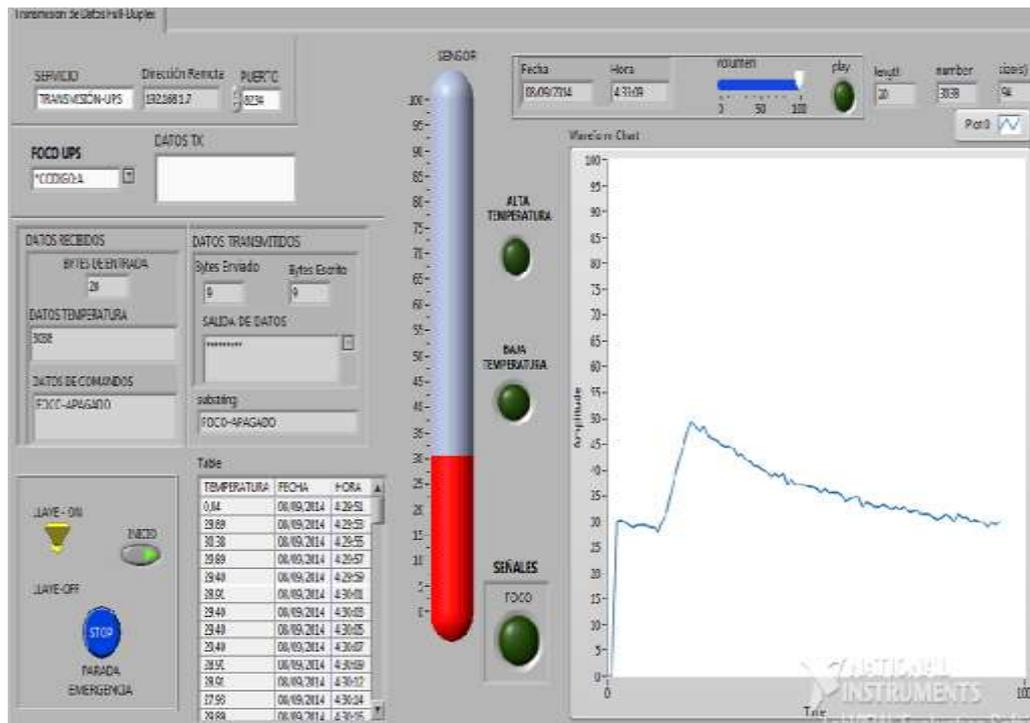


Figura 4.12 Gráfica de apagado del reflector captura de temperatura

Fuente: Los Autores

4.2.7 Sistema de Control y Protección de Proceso

Como se apreció en las gráficas anteriores se tiene un control de temperatura donde se estableció límites que corresponden:

Alta Temperatura: Mayor e Igual a 40°C

Baja Temperatura: Menor e Igual 18°C

En este sistema se obtuvo una prueba real aproximándose al control de un proceso industrial.

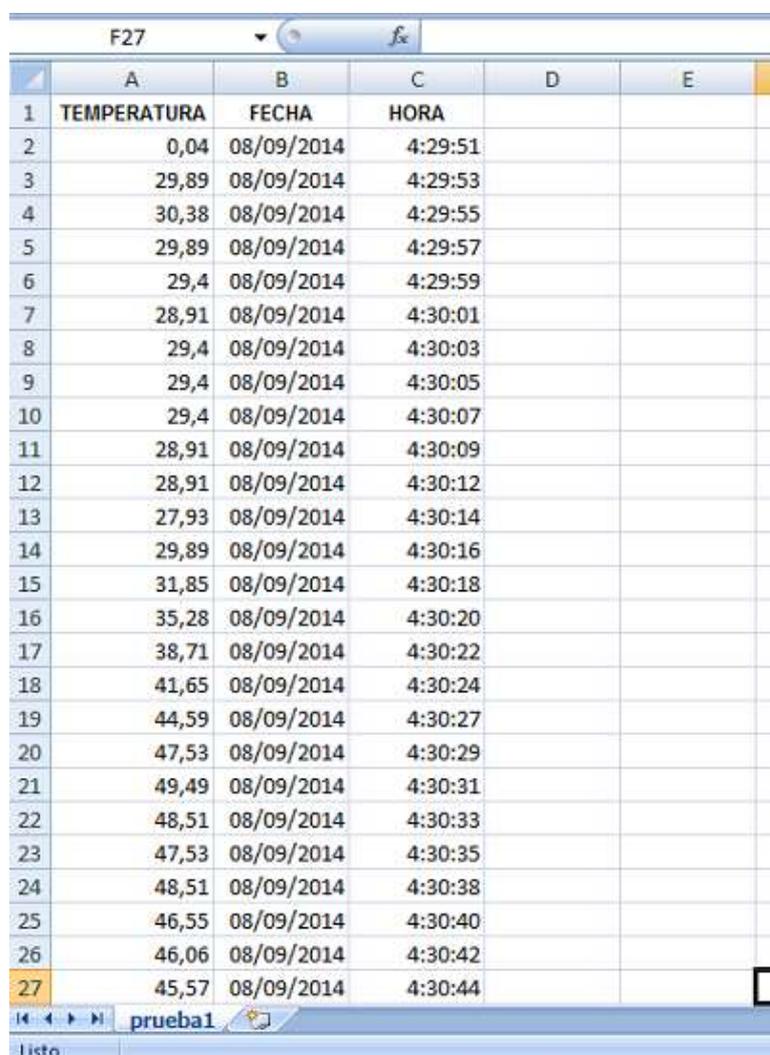
Gracias a la comunicación full-duplex se realizó, tomas de datos de temperatura ambiente y a su vez formar un desequilibrio en el proceso provocando el encendido del reflector el cual incrementará el valor de la temperatura, siendo capaz de demostrar que cuando el sistema exceda los 40°C, éste se auto protege mandando a apagar el reflector. Una vez que el valor se encuentra por debajo de 40° C, el sistema

cambia directamente a solo leer datos de temperatura, es decir, al comando *CODIGO:T

Para culminar por cada alarma que se pueda presentar se programó una voz inteligente que nos anuncia el momento en que sucedió alguna alerta.

4.2.8 Almacenamiento de datos de temperatura en Excel

Muestra los registros de temperatura en Excel, con su respectiva fecha y hora de esta manera se puede lograr datos estadísticos del comportamiento del sensor en función del tiempo o de cualquier factor.



	A	B	C	D	E
1	TEMPERATURA	FECHA	HORA		
2	0,04	08/09/2014	4:29:51		
3	29,89	08/09/2014	4:29:53		
4	30,38	08/09/2014	4:29:55		
5	29,89	08/09/2014	4:29:57		
6	29,4	08/09/2014	4:29:59		
7	28,91	08/09/2014	4:30:01		
8	29,4	08/09/2014	4:30:03		
9	29,4	08/09/2014	4:30:05		
10	29,4	08/09/2014	4:30:07		
11	28,91	08/09/2014	4:30:09		
12	28,91	08/09/2014	4:30:12		
13	27,93	08/09/2014	4:30:14		
14	29,89	08/09/2014	4:30:16		
15	31,85	08/09/2014	4:30:18		
16	35,28	08/09/2014	4:30:20		
17	38,71	08/09/2014	4:30:22		
18	41,65	08/09/2014	4:30:24		
19	44,59	08/09/2014	4:30:27		
20	47,53	08/09/2014	4:30:29		
21	49,49	08/09/2014	4:30:31		
22	48,51	08/09/2014	4:30:33		
23	47,53	08/09/2014	4:30:35		
24	48,51	08/09/2014	4:30:38		
25	46,55	08/09/2014	4:30:40		
26	46,06	08/09/2014	4:30:42		
27	45,57	08/09/2014	4:30:44		

Figura 4.13 Gráfica de datos de temperatura obtenidos

Fuente: Los Autores

4.3 Resultados.

Al culminar el posicionamiento automático, se comparó, el dato teórico calculado del presupuesto de enlace y el dato experimental. Para ello se hace uso de la formula cálculo del margen de error.

Recordar:

$$\begin{aligned}Prx &= Ptx - Lcctx + Gtx - LPL + Grx - Lccrx \\Prx &= 25\text{dBm} - 0,5\text{dB} + 23\text{dBi} - 87,7880\text{dBm} + 23\text{dBi} - 58,80\text{dBm}\end{aligned}$$

$$\mathbf{Prx = -76,088\text{dBm}}$$

Sistema de posicionamiento Nivel de potencia Medido

$$\mathbf{NPSP= -79,16 \text{ dBm}}$$

CÁLCULO MARGEN DE ERROR

$$x = \frac{(\text{Valor Teórico} - \text{Valor Medido})}{\text{Valor Teórico}} * 100\%$$

$$x = \frac{[-76.088 - (-79.16)]\text{dBm}}{-76.088 \text{ dBm}} * 100\%$$

$$\mathbf{x = 4.03\%}$$

CONCLUSIONES

Al finalizar este proyecto académico, se concluye de manera positiva en ayudar a contrarrestar los imprecisos enlaces existentes en la actualidad, por la rápida calibración del sistema la cantidad de tiempo perdido en calibraciones es reducido considerablemente.

Los problemas actuales con pérdidas de sintonización y sincronización quedaran atrás ya que el sistema automáticamente se va a estar alineando para que no sigan los problemas como disminución en la velocidad de conexión y muchas veces pérdida total de la misma.

Por estos y demás problemas se ha diseñado e implementado un sistema capaz de corregir dichos errores en la mínima cantidad de tiempo requerida, reduciendo riesgos y costos, garantizando la funcionalidad del sistema.

Con el fin de asegurarnos que la toma de datos es precisa se realizó un sistema de engranes con los motores paso a paso lo que permitió que los movimientos sean muy pequeños y precisos, en azimut se da pasos de $0,18^\circ$ y en elevación pasos de $0,015^\circ$ haciendo capturas de 1000 datos en azimut y 2800 en elevación por cada muestra que se dé.

Se concluye también que los datos calculados matemáticamente son muy parecidos con los prácticos, existiendo un error de menos del 4%; esto nos demuestra que el sistema es confiable. Recordar que es un sistema de posicionamiento en la cual depende mucho que tan bien este alineado el transmisor, esto quiere decir que el receptor buscará su mejor nivel de potencia en ese enfoque de enlace. Esto implica que el presupuesto de enlace puede variar respecto al valor medido del sistema.

Cabe indicar que la modulación de las radios es OFDM, por lo tanto se empleó un método de retención de picos en milisegundos para poder capturar el nivel de potencia con mayor precisión.

RECOMENDACIONES

Para el uso de este sistema se recomienda conocer la funcionalidad del equipo NI-PXIe junto con sus tarjetas.

Conocimiento en programación con la interfaz gráfica Labview para comprender cada uno de los bloques utilizados en las diferentes partes del sistema.

Antes de iniciar la ejecución del programa considerar que se debe encender el interruptor de alimentación de las tarjetas y demás equipos electrónicos que se encuentra en la base que está en la terraza del edificio de ingeniería electrónica.

Se debe de conectar el cable de alimentación y comunicación de la tarjeta NI-USB 6009 de Labview y el cable RF a la tarjeta NI-PXIe-5663 del PXIe para realizar la adquisición de potencia.

Luego de tener las conexiones hechas se debe de abrir el programa y ejecutarlo en la ventana de control de Labview se debe mover el botón de ACTIVAR MOTOR ya que esto permite el paso de voltaje hacia ellos.

BIBLIOGRAFÍA

Labview 2009. (17 de Octubre de 2013) ayudas Labview. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

National Instrument. (7 de Enero de 2012). *National Instrument*. Recuperado el 17 de Octubre de 2013, de NI PXIe-5663:<sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid

AMETEK, *productcatalogMAE MOTORS*, AMETEKEurope, Noviembre del 2012 p. 14

Ideas&Tecnología. (1 de Enero). *Ideastechnology*. Recuperado el 1 de Octubre de 2013, Puente H L298

TOMASI, Wayne. (2003). “*Sistemas de comunicación Electrónicas*”. 4ta Edición, Editorial Pearson Educación de México. México,2003

ANEXOS

Anexo 1 Hoja técnica de Antena Panel



www.L-com.com

HyperLink Wireless 4.9/5.8 GHz 23 dBi Flat Panel Antenna Model: HG4958-23P

Features

- Heavy duty UV-resistant all weather radome
- DC ground lightning protection
- Can be mounted for horizontal or vertical polarization
- N-female connector
- Includes tilt and swivel mast mount

Applications

- 4.9/5.8 GHz Indoor/Outdoor Wireless LAN systems
- Supports IEEE 802.11 a/n applications
- WiMAX, WISP, WiFi, Communication
- Homeland Security and Public Safety Band
- Wireless video systems



Description

Superior Performance

The Hyperlink HG4958-23P flat panel antenna is designed to operate from 4.9 GHz to 5.8 GHz (4750-5850MHz). The wide band design of this antenna eliminates the need to purchase different antennas for each frequency. This simplifies installations since the same antenna can be used for a wide array of wireless applications.

Rugged and Weatherproof

This aesthetically pleasing antenna features a heavy-duty UV-resistant plastic radome ideal for all-weather indoor and outdoor operation. The HG4958-17DP-3NF antenna is supplied with a tilt and swivel mast mount kit. This allows quick installation at various degrees of up/down tilt for easy alignment.



L-COM, INC. 45 BEECHWOOD DRIVE NORTH ANDOVER, MA 01845
WWW.L-COM.COM E-MAIL: SALES@L-COM.COM PHONE: 1-800-343-1455 FAX: 1-978-689-9484
© L-com, Inc. All Rights Reserved. L-com Global Connectivity and the L-com logo are registered marks.

Specifications

Electrical Specifications

Frequency Range	4900-5850 MHz
Gain	20 dBi @ 4.9 GHz / 23 dBi @ 5.8 GHz
Polarization	Vertical or Horizontal
VSWR	<1.5:1 avg.
Horizontal Beam Width	11°
Vertical Beam Width	11°
Max. Input Power	50 Watts
Lightning Protection	DC Ground
Input Impedance	50 Ohm

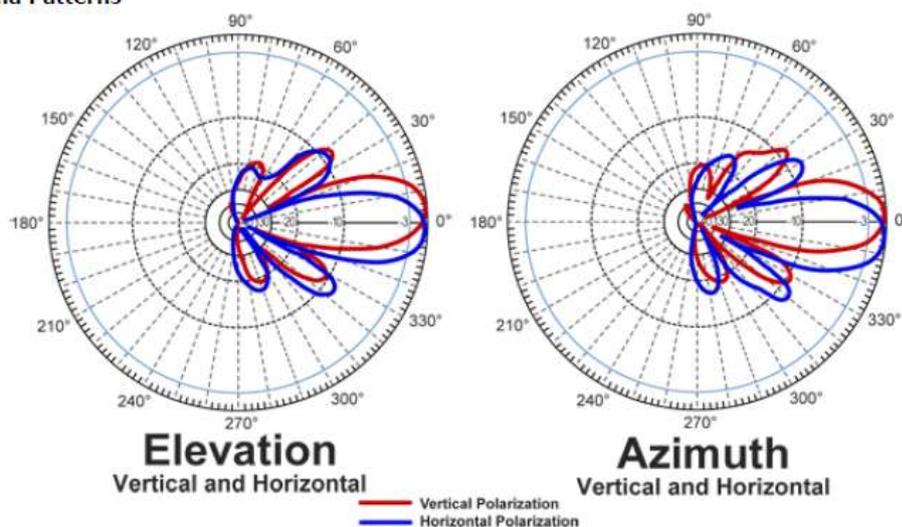
Mechanical Specifications

Connector	N-Female
Radome Material	Gray ASA
Dimensions	12.40 x 12.40 x 0.98 in. (315 x 315 x 25mm)
Weight	3.5 lbs (1.6 kg including the bracket)
Operating Temperature	-40° C to 85° C (-40° F to 185° F)
Mounting Mast Size (Dia.)	0.75–2.00 in. (19-50 mm)
Rated Wind Velocity	130mph (210km/h)
RoHS Compliant	Yes

Wind Loading Data

Wind Speed (MPH)	Loading
100	54 lbs.
125	85 lbs.

RF Antenna Patterns



L-COM, INC. 45 BEECHWOOD DRIVE NORTH ANDOVER, MA 01845
 WWW.L-COM.COM E-MAIL: SALES@L-COM.COM PHONE: 1-800-343-1455 FAX: 1-978-689-9484
 © L-com, Inc. All Rights Reserved. L-com Global Connectivity and the L-com logo are registered marks.

Anexo 2 Hoja técnica de Divisor de señal



www.L-com.com

2-Way 5.8 GHz Signal Splitter - N-Female Connectors Model: SC5802N

Applications

- Connect more than one antenna to a single radio Wireless Video Systems
- 5.3 GHz IEEE 802.11a and 5.8 GHz ISM/UNII Band

Features

- 5.3 GHz to 5.9 GHz Frequency Range
- Compatible with ISM, UNII and 802.11a Wireless LAN WiFi applications
- High performance glass reinforced hydrocarbon/ceramic laminate
- Industrial grade cast aluminum construction, weatherproof for outdoor use
- DC power will pass to all ports



Description

The SC5802N is a 2-way 5.3 GHz - 5.9GHz signal splitter designed for the 5.3 GHz IEEE 802.11a and 5.8 GHz ISM/UNII Bands. They feature weather-proof construction and can be installed indoors or outdoors. It can be used to connect two antennas to one wireless bridge or for "stacking" multiple directional antennas for increased gain. The SC5802N can be used for amplified systems since it passes DC power to all ports.

Note:

To ensure proper operation, any open splitter ports should be terminated with a high quality 50 Ohm terminator. We recommend the L-com **ANM-TERM1**.

Specifications

Mechanical Specifications

Ports	1 Input, 2 Output
Connectors	N-Female
Dimensions (L x D x H)	3.5 x 1.9 x 1.3 in. (89 x 48 x 33mm)
Weight	0.5 lbs. (.23 kg)

Electrical Specifications

Frequency	5300-5900 MHz
Insertion Loss*	<0.5 dBi
Impedance	50 Ohms
VSWR	<2.0:1 Typical
Power Rating	25 Watts
Output Port Isolation	15 dB Typical

*Insertion loss figure excludes power division.

L-COM, INC. 45 BEECHWOOD DRIVE NORTH ANDOVER, MA 01845
WWW.L-COM.COM E-MAIL: SALES@L-COM.COM PHONE: 1-800-343-1455 FAX: 1-978-689-9484
© L-com, Inc. All Rights Reserved. L-com Global Connectivity and the L-com logo are registered marks.

Anexo 3 Hoja técnica de Cable RG8

Detailed Specifications & Technical Data

METRIC MEASUREMENT VERSION



9913 Coax - RG-8/U Type

For more Information
please call

1-800-Belden1



General Description:

10 AWG solid .108" bare copper conductor, semi-solid polyethylene insulation, Duobond II® + tinned copper braid shield (90% coverage), PVC jacket.

Physical Characteristics (Overall)

Conductor

AWG:

# Coax	AWG	Stranding	Conductor Material	Dia. (mm)
1	10	Solid	BC - Bare Copper	2.7432

Total Number of Conductors: 1

Insulation

Insulation Material:

Insulation Material	Dia. (mm)
Semi-Solid PE - Semi-Solid Polyethylene	7.2644

Outer Shield

Outer Shield Material:

Layer #	Outer Shield Trade Name	Type	Outer Shield Material	Coverage (%)
1	Bonded DuoFoil®	Tape	Bonded Aluminum Foil-Polyester Tape-Aluminum Foil	100
2		Braid	TC - Tinned Copper	90

Outer Jacket

Outer Jacket Material:

Outer Jacket Material
PVC - Polyvinyl Chloride

Overall Cable

Overall Nominal Diameter: 10.287 mm

Mechanical Characteristics (Overall)

Operating Temperature Range:	-40°C To +90°C
Non-UL Temperature Rating:	75°C
Bulk Cable Weight:	159.237 Kg/Km
Max. Recommended Pulling Tension:	1334.460 N
Min. Bend Radius/Minor Axis:	101.600 mm

Applicable Specifications and Agency Compliance (Overall)

Applicable Standards & Environmental Programs

EU Directive 2011/65/EU (ROHS II):	Yes
EU CE Mark:	Yes
EU Directive 2000/53/EC (ELV):	Yes
EU Directive 2002/95/EC (RoHS):	Yes
EU RoHS Compliance Date (mm/dd/yyyy):	01/01/2004
EU Directive 2002/96/EC (WEEE):	Yes
EU Directive 2003/11/EC (BFR):	Yes
CA Prop 65 (C.J for Wire & Cable):	Yes
MII Order #39 (China RoHS):	Yes
RG Type:	8/U

Plenum/Non-Plenum

Plenum (Y/N):	No
Plenum Number:	89913

Detailed Specifications & Technical Data

METRIC MEASUREMENT VERSION



9913 Coax - RG-8/U Type

Electrical Characteristics (Overall)

Nom. Characteristic Impedance:

Impedance (Ohm)
50

Nom. Inductance:

Inductance (µH/m)
0.193579

Nom. Capacitance Conductor to Shield:

Capacitance (pF/m)
80.7126

Nominal Velocity of Propagation:

VP (%)
84

Nominal Delay:

Delay (ns/m)
3.9372

Nom. Conductor DC Resistance:

DCR @ 20°C (Ohm/km)
2.9529

Nominal Outer Shield DC Resistance:

DCR @ 20°C (Ohm/km)
5.9058

Nom. Attenuation:

Freq. (MHz)	Attenuation (dB/100m)
5.000	1.312
10.000	1.641
50.000	3.281
100.000	4.593
200.000	5.906
400.000	8.531
700.000	11.812
900.000	13.452
1000.000	14.438

Max. Power Rating:

Freq. (MHz)	Rating (W)
5.000	4021.000
10.000	3217.000
50.000	1609.000
100.000	1149.000
200.000	894.000
400.000	619.000
700.000	447.000
900.000	393.000
1000.000	366.000

Max. Operating Voltage - Non-UL:

Voltage
600 V RMS

Notes (Overall)

Notes: Recommend use of 7810R, 7810A, 9913F7, or 9914 for applications above 1 GHz.

Put Ups and Colors:

Item #	Putup	Ship Weight	Color	Notes	Item Desc
9913 010100	30 MT	6.441 KG	BLACK	C	RG-8/U TYPE COAX
9913 0101000	305 MT	52.617 KG	BLACK	C	RG-8/U TYPE COAX
9913 010250	76 MT	14.402 KG	BLACK	C	RG-8/U TYPE COAX
9913 010500	152 MT	25.855 KG	BLACK	C	RG-8/U TYPE COAX
9913 0105000	1,524 MT	283.497 KG	BLACK	C	RG-8/U TYPE COAX

Notes:

C = CRATE REEL PUT-UP.

Anexo 4 Hoja técnica Convertidor



2.4 USR-TCP232-2

USR-TCP232-2 Model is RS232 level, 2KV electromagnetic isolation RJ45 connector, USB type B or terminals powered serial server.



2.4.1 Technical Specifications

Major characteristic	Parameter
Power Supply	DC5V@1A power adapter
Serial port level	RS232
Network interface	RJ45 ports with 2KV electromagnetic isolation
Physical Size:	PCB size: 67.3*34mm(L*W) Product size: 86.6*34*25mm (L*W*H)
Temperature and humidity range	Operating temperature: -25 to 75 ° C Storage temperature: -40 to 80 ° C Storage humidity: 5% to 95% RH
Warranty period	2 years

2.4.2 Hardware Description

2.4.2.1 Pin Description

There are two leds in RJ45 connector, one is green, and the other is yellow. And 1 power led.

LED	Name	Description
red	Power	Light When Power on
green	Link state	Light when 100Mbps network linked
yellow	Data transfer	Blink when there is data in or out

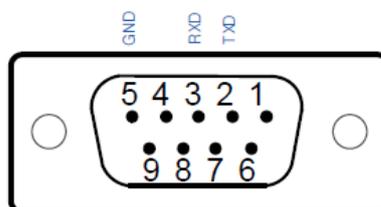
2.4.2.2 Interface Description

Power interface

DC5V power supply, you can make the B-type USB or 3.81mm pitch terminal blocks, terminal block power.

RS232 interface

RS232 use 9 pin female (hole), only 3 pins in use, others are NC, the detail is below.



ID	Mark	Description
2	TXD	RS232 Send of module
3	RXD	RS232 Receive of module
5	GND	Ground

We can offer two kinds of serial cables, if needed, please choose to buy.

Male to Female direct serial cable: connect serial server and the computer directly to debugging and Testing.

Male to Male and Cross Pin2 and Pin3 serial cable: used to connect RS232 serial port server and general user equipment.

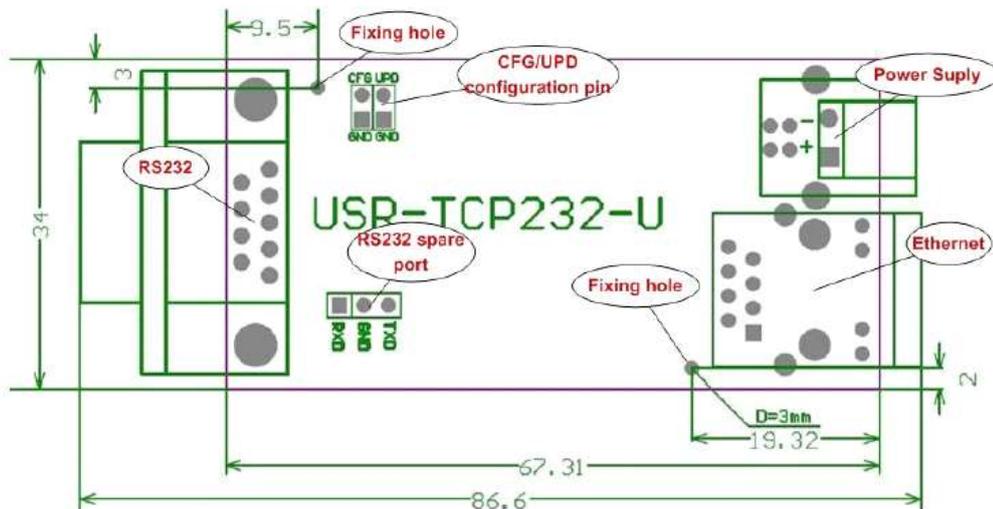
Note: You can DB9-9 feet supply. The PCB pads jumper need it with the power input a positive connection for the serial sensor supply via the serial line or external power to the device is not turned on by default.

RJ45 internet interface

Auto detected 10M/100M RJ45 interface, support AUTO MDI/MDIX, that is to say you can use crossover cable or a straight cable to connect it to PC for test.

Pin	Name	Description
1	TX+	Transceiver Data+
2	TX-	Transceiver Data-
3	RX+	Receive Data+
4	n/c	Not connected
5	n/c	Not connected
6	RX-	Receive Data-
7	n/c	Not connected
8	n/c	Not connected

2.4.23 Jumper usage Mechanical Dimensions



There are three jumpers and one Welding hole:

UPD: Update jumper, connect it and then power on the module to make module into update mode.

CFG: configuration jumper, when use RS232 for configuration, connect it to configuration mode ,and leave it free to go work mode.

Notice: CFG is needed only When config via RS232, when config via RJ45, it is no use.

Anexo 5 Pérdidas en el cable

Se calculó las pérdidas en el cable con la misma plataforma NI PXIe.

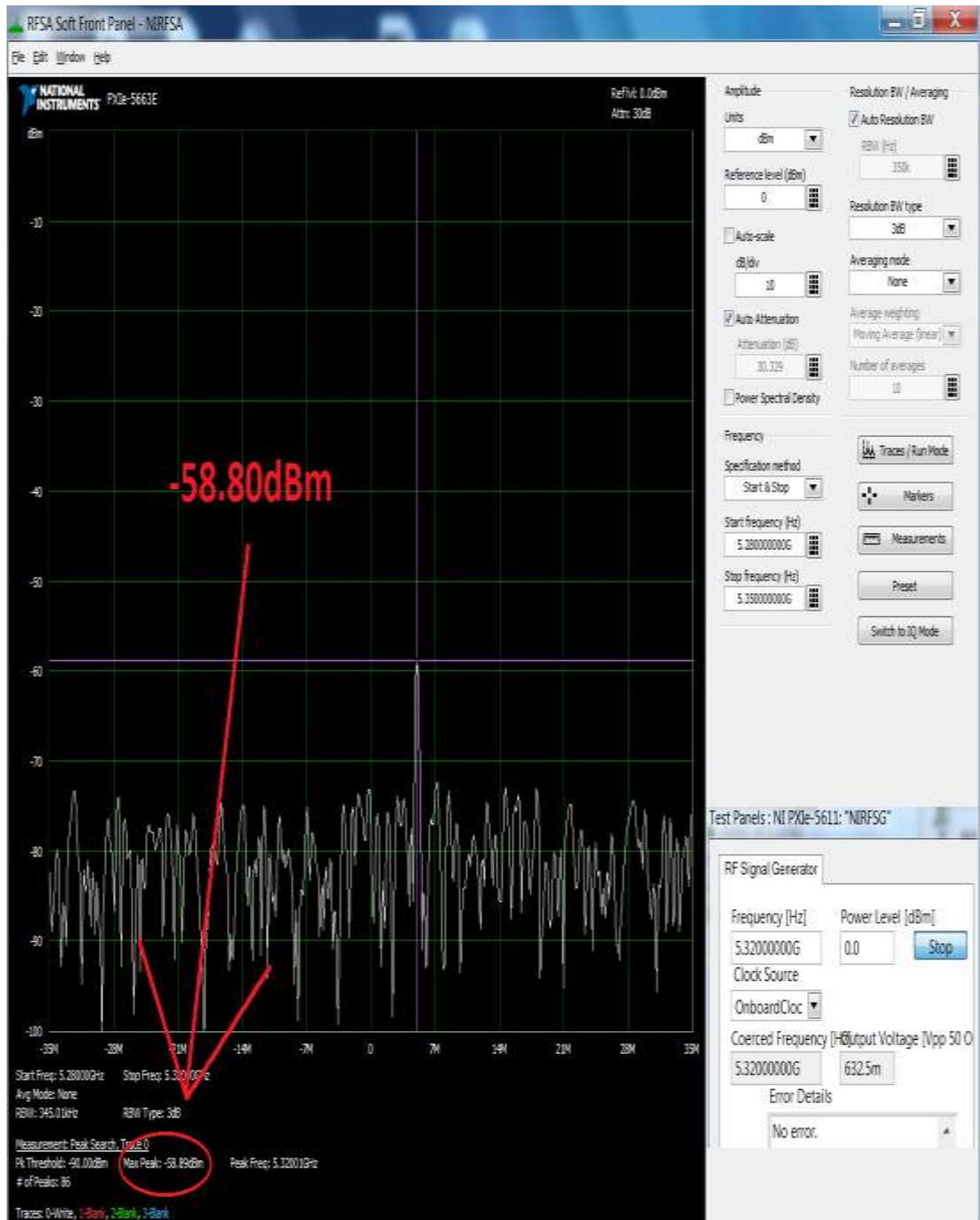


Figura A1 Pérdidas de cable

Fuente: Los Autores

Anexo 6 Gráfica en Excel de datos capturados

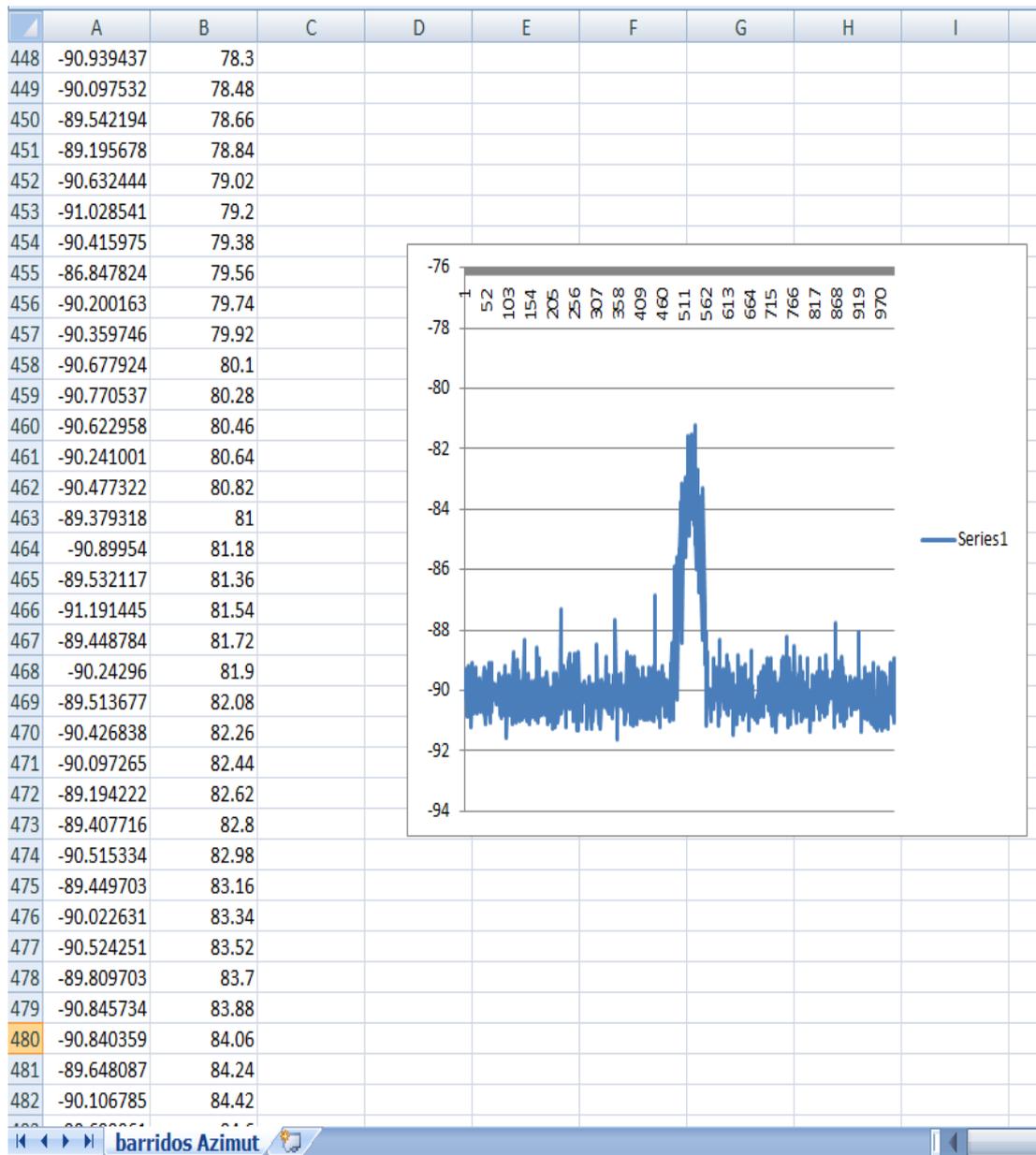


Figura A2 Gráfica en Excel final

Fuente: Los Autores