



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones

TEMA:

**“SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMÁTICO DE UNA ANTENA PARA
LA RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DE TV”**

Proyecto de Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI. Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Antenas y propagación

AUTOR: Viviana Elizabeth Freire Guevara

PROFESOR REVISOR: Ing. Edgar Freddy Robalino Peña, Mg.

Ambato - Ecuador

Junio 2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMÁTICO DE UNA ANTENA PARA LA RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DE TV” de la señorita Viviana Elizabeth Freire Guevara, estudiante de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones , de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe de investigación reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Junio 2015

EL TUTOR

Ing. Edgar Freddy Robalino Peña, Mg

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado “SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMÁTICO DE UNA ANTENA PARA LA RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DE TV” es absolutamente original, auténtico y personal en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicas que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Junio 2015

.....

Freire Guevara Viviana Elizabeth

CC: 1804978086

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad

Ambato, Junio 2015

.....
Freire Guevara Viviana Elizabeth

CC: 1804978086

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMÁTICO DE UNA ANTENA PARA LA RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DE TV” presentado por la señorita Viviana Elizabeth Freire Guevara de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

.....
Ing. José Vicente Morales Lozada, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Marco Antonio Jurado Lozada, Mg
DOCENTE CALIFICADOR

.....
Ing. Julio Enrique Cuji Rodríguez, Mg
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi madre Rosa por sus consejos, sus valores, su amor, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, y sobre todo por el valor que ha demostrado para salir adelante.

A mi padre Ramiro por darme su apoyo, confianza e infinito amor durante mi vida.

A mi hermano mayor por ser mi ejemplo a seguir, ya que aprendí de sus aciertos y sus momentos difíciles.

A mis hermanas Emily, Andrea y Nayeli por estar siempre a mi lado y ser mi motivo para salir adelante.

A mi familia y amigos por ayudarme con sus consejos para no darme por vencida y seguir adelante.

A mí misma como muestra de todo lo que es posible conseguir a base de esfuerzo y dedicación.

Freire Guevara Viviana Elizabeth

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme sabiduría que me ha permitido poder alcanzar mis metas y hacer realidad este sueño.

A mi madre ya que gracias a todo su esfuerzo y dedicación estoy cumpliendo una meta en mi vida.

A mis maestros que supieron aportar con un granito de arena a mi formación, especialmente al Ing. Julio Cuji y al Ing. Geovanni Brito por brindarme su ayuda para realizar este proyecto.

A mis amigos quienes fueron un apoyo emocional durante el tiempo que hemos compartido.

Y especialmente a Alex por su guía, paciencia, y comprensión.

Freire Guevara Viviana Elizabeth

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
ACRÓNIMOS	xvi
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xviii
INTRODUCCIÓN	xxii
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1 Tema.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.3 Delimitación.....	2
1.4 Justificación.....	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes Investigativos.....	5
2.2 Fundamentación Teórica.....	7
2.2.1 Convertidores electromecánicos de energía	7
2.2.2 Sistemas Mecánicos	8
2.2.3 Sistemas Eléctricos	8

2.2.4	Sistema de posicionamiento.....	9
2.2.5	Sistema de Comunicaciones	17
2.2.6	Líneas de transmisión	18
2.2.7	Modos de propagación de ondas electromagnéticas.....	19
2.2.8	Factores que influyen en la propagación	20
2.2.9	Pérdidas por transmisión por cable.....	20
2.2.10	Pérdidas por propagación por medio del aire	21
2.2.11	Receptor de TV.....	25
2.2.12	Transmisión de TV	31
CAPÍTULO III.....		32
METODOLOGÍA.....		32
3.1	Modalidad de la Investigación	32
3.2	Población y Muestra.....	33
3.3	Recolección de la Información	33
3.4	Procesamiento y Análisis de datos.....	33
3.5	Desarrollo del Proyecto.....	33
CAPÍTULO IV		35
DESARROLLO DE LA PROPUESTA		35
4.1	Análisis de requerimientos.....	36
4.2	Diseño del sistema.....	38
4.2.1	Antena.....	39
4.2.2	Circuito de control	44
4.2.3	Diseño del programa.....	58
4.3	Corrección de errores	65
4.4	Construcción del prototipo.....	70
4.5	Pruebas de funcionamiento	71
4.6	Evaluación.....	77
4.6.1	Confiabilidad del sistema.....	77
4.6.2	Análisis económico del proyecto.....	79
CAPITULO V.....		82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		82
5.1	Conclusiones	82

5.2 Recomendaciones.....	83
Bibliografía	84
ANEXOS	87
ANEXO 1. Árbol del problema	87
ANEXO 2. Diagramas de Venn.....	88
ANEXO 3. Construcción de la antena Yagi de TV	89
ANEXO 4. Simulación antena Yagi en Mmana-Gal.....	90
ANEXO 5. Esquemático del circuito realizado en Eagle	92
ANEXO 6. Diseño del circuito impreso	93
ANEXO 7. Diseño de la caja para el prototipo realizada en Autocad.....	94
ANEXO 8. Manual para el prototipo.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO II

Fig. 2. 1 Esquema convertidor electromecánico.....	7
Fig. 2. 2 Diagrama de bloques sistema mecánico.....	8
Fig. 2. 3 Esquema sistema eléctrico.....	9
Fig. 2. 4 Partes de un motor.....	10
Fig. 2. 5 Partes de un motor paso a paso.....	11
Fig. 2. 6 Motor bipolar.....	11
Fig. 2. 7 Motor unipolar de 5 y 6 hilos respectivamente.....	12
Fig. 2. 8 Servomotor eléctrico de baja potencia.....	14
Fig. 2. 9 Servomotor eléctrico de alta potencia.....	15
Fig. 2. 10 Componentes de un microcontrolador.....	15
Fig. 2. 11 Digrama de bloques de un sistema de comunicaciones.....	17
Fig. 2. 12 Propagación por Ondas de Superficie.....	19
Fig. 2. 13 Propagación por Reflexión Ionosférica.....	19
Fig. 2. 14 Propagación con Visión Directa.....	20
Fig. 2. 15 Reflexión de una Onda.....	21
Fig. 2. 16 Obstrucción causada por la tierra.....	22
Fig. 2. 17 Fuentes secundarias del receptor.....	23
Fig. 2. 18 Refracción de una Onda.....	23
Fig. 2. 19 Estructura de bloques del receptor.....	26
Fig. 2. 20 Bucle de Enganche de Fase (PLL).....	27
Fig. 2. 21 Transmisión de la señal de video y sonido.....	28
Fig. 2. 22 Señal compuesta de video.....	28
Fig. 2. 23 Mosaico Fotoemisor.....	29
Fig. 2. 24 Estructura de un cañón electrónico.....	30

CAPITULO IV

Fig. 4. 1 Etapas del sistema de posicionamiento de una antena.....	36
Fig. 4. 2 Esquema de bloques etapa de recepción de la señal de TV.....	37
Fig. 4. 3 Esquema de bloques etapa de alimentación del sistema.....	37
Fig. 4. 4 Esquema de bloques etapa de control.....	38
Fig. 4. 5 Esquema general del sistema.....	38
Fig. 4. 6 Antena Yagi para el prototipo.....	44
Fig. 4. 7 Distribución de puertos PIC 16F876A.....	46
Fig. 4. 8 Motor PN55L-048-HG69.....	47
Fig. 4. 9 Esquema fuente de alimentación.....	49
Fig. 4. 10 Frecuencia a la salida del puente de diodos.....	50
Fig. 4. 11 Conexión de resistencias del LM350K.....	53
Fig. 4. 12 Diodos de protección de la fuente de alimentación.....	54
Fig. 4. 13 Esquema de la fuente de alimentación.....	54
Fig. 4. 14 Bobinas de un motor unipolar.....	55
Fig. 4. 15 Conexión del microcontrolador con el motor.....	57
Fig. 4. 16 Flujograma movimiento del motor.....	59

Fig. 4. 17 Flujograma subproceso horario	60
Fig. 4. 18 Flujograma subproceso antihorario	61
Fig. 4. 19 Flujograma subproceso motor	62
Fig. 4. 20 Transistor para encender/apagar el motor	65
Fig. 4. 21 Corrección de la fuente de voltaje de 24V	68
Fig. 4. 22 Interferencia por bandas horizontales en el TV	69
Fig. 4. 23 Diseño sistema de posicionamiento.....	70
Fig. 4. 24 Prototipo sistema de posicionamiento	71

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla 2. 1 Tipos de movimiento de un sistema mecánico	8
Tabla 2. 2 Secuencia de control motor bipolar	12
Tabla 2. 3 Secuencia paso simple	13
Tabla 2. 4 Secuencia paso doble	13
Tabla 2. 5 Secuencia medio paso	14
Tabla 2. 6 Comparación entre la gama de microcontroladores	16
Tabla 2. 7 Características de la promoción de bajo y alto nivel	16

CAPITULO IV

Tabla 4. 1 Comparación de ganancias de las antenas	39
Tabla 4. 2 Rango de frecuencias VHF y UHF	40
Tabla 4. 3 Dimensiones de la Antena Yagi	43
Tabla 4. 4 Comparación de microcontroladores	45
Tabla 4. 5 Comparación motores eléctricos.....	46
Tabla 4. 6 Características técnicas motor PN55L-048-HG69	48
Tabla 4. 7 Características software Microcode.....	48
Tabla 4. 8 Consumo total de corriente de la fuente de alimentación.....	49
Tabla 4. 9 Voltajes canales VHF	55
Tabla 4. 10 Voltajes canales UHF	56
Tabla 4. 11 Mediciones de voltaje más altas en VHF y UHF	56
Tabla 4. 12 Características transistor 2n3055	67
Tabla 4. 13 Medición de corriente en el circuito	68
Tabla 4. 14 Distancia a la que el TV se ve afectado por el motor	69
Tabla 4. 15 Relación porcentaje-voltaje	72
Tabla 4. 16 Prueba 1 de orientación automática del sistema	72
Tabla 4. 17 Prueba 2 de orientación automática del sistema	73
Tabla 4. 18 Prueba 3 de orientación automática del sistema	74
Tabla 4. 19 Prueba 4 de orientación automática del sistema	75
Tabla 4. 20 Prueba 5 de orientación automática del sistema	76
Tabla 4. 21 Resultado pruebas de funcionamiento	77
Tabla 4. 22 Análisis pruebas de funcionamiento	77
Tabla 4. 23 Resultados pruebas de funcionamiento	78
Tabla 4. 24 Precios elementos antena	79
Tabla 4. 25 Precios elementos fuente de alimentación	79
Tabla 4. 26 Precios elementos circuito control del motor	80
Tabla 4. 27 Sueldo anual de un Ingeniero Electrónico y Comunicaciones	81
Tabla 4. 28 Costo total del proyecto	81

RESUMEN

En la sociedad actual la televisión es uno de los medios de comunicación más importantes, ya que tiene como finalidad informar y entretener al público, es por ello que ha sufrido diferentes cambios, para que se pueda acceder a mayor calidad y flexibilidad de sus servicios referente a cobertura y distancia, lo que ha traído nuevos métodos para minimizar los posibles inconvenientes e interferencias que se pueden tener al momento de transmitir y receptar la señal.

En el presente proyecto se ha desarrollado un prototipo que permite orientar de manera automática la antena de televisión, realizando una investigación acerca del receptor de la señal de TV para cumplir con este propósito, este dispositivo funciona de manera que el circuito detecte un nivel de señal, el cual determina si un canal de TV está siendo visualizado correctamente o no. En función de este valor el circuito de control enviara la orden de orientación hacia el motor que es el encargado de posicionar la antena de manera adecuada. Además se han realizado mediciones a la entrada de la antena, de tal forma que se conozca la relación que existe entre el voltaje y una buena señal, de modo que se determine qué valor de tensión será considerado como óptimo.

El circuito de control consta de un microcontrolador que es el cerebro del dispositivo, este es el encargado de evaluar el valor de tensión para determinar si es óptimo o no y ejecutar las órdenes de orientación. Estas órdenes permiten activar o apagar el motor con el objetivo de encontrar una posición en la cual la recepción de señal sea óptima.

El software utilizado para la programación del microcontrolador es MicroCode Studio, se lo ha escogido porque presenta una sintaxis sencilla y una interfaz amigable con el usuario. Además está basado en el lenguaje de programación Basic considerado uno de los leguajes más simples.

ABSTRACT

In today's society television it is one of the most important means of communication as it is to inform and entertain the public, that is why it has undergone several changes, so they can access higher quality and flexibility of their services concerning coverage and distance, which has brought new ways to minimize the possible disadvantages and interferences that can be had when both receive and transmit the signal.

In the present project it has developed a prototype that allows automatically orient the TV antenna, conducting research about the receiver signal TV to fulfill this purpose. This device operates so that the circuit detects a signal level, which determines whether a TV channel being viewed properly or not. Based on this value the control circuit to send the order orientation engine is responsible for positioning the antenna properly. Measurements have also been made to the input of the antenna, so that the relationship between the voltage and a good sign, so that the determination of the voltage value will be considered as optimal.

The control circuit contains a microcontroller that is the brain of the device. This is in charge of evaluating the voltage value to determine whether optimal or not and execute the orders of orientation. These commands enable or stop the engine with the aim of finding a position where signal reception is optimal.

The software used for programming the microcontroller is MicroCode Studio, it has been chosen because it has a simple syntax and a friendly user interface. It is also based on the Basic programming language considered one of the simplest languages.

ACRÓNIMOS

ADJ= Pin de Ajuste del transistor

AGC= Automatic Gain Control - Control Automático de Ganancia

AM= Amplitud Modulada

CAF= Automatic Frequency Control - Control Automático de Frecuencia

DAQ= Data Acquisition - Adquisición de Datos

DC= Direct Current – Corriente Directa.

Db= Decibelio

EEPROM= Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory - Memoria de lectura programable y borrada eléctricamente.

f= Frecuencia.

FI= Frecuencia Intermedia.

FIV= Frecuencia Intermedia de Video.

FM= Frecuencia Modulada.

Ghz= Gigahercio.

HS= High Speed – Oscilador de alta frecuencia.

LP= Low Power – Oscilador para baja frecuencia.

Mhz= Megahercio.

PLL= Phase Locked Loop - Bucle de Enganche de Fase.

RC= Resistor/Capacitor – Oscilador con resistencia y capacitor.

RF= Radio Frecuencia.

RISC= Reduced Instruction Set Computer – Computadora con Juego de Instrucciones Reducidas.

SEM= Sistema Electromecánico

TRC= Tubo de Rayos Catódicos

TV= Televisión

UHF= Ultra High Frequency - Frecuencia Ultra Alta

VCO= Oscilador Controlado por Tensión

VHF= Very High Frequency - Frecuencia muy Alta

VO= Voltaje Optimo de la Señal de TV.

XT= Xtal – Oscilador cristal.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Átomo. Es la cantidad menor de un elemento químico que tiene existencia propia y que es considerada indivisible, está formado por un núcleo con protones, neutrones y electrones.

Antena. Es un dispositivo diseñado para emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre.

Cañón electrónico. Es el elemento que sirve para generar y dirigir un haz de electrones adecuadamente y con energía suficiente.

Cátodo. Es un electrodo que posee una carga negativa.

Cojinetes. También conocidos como rodamientos, contribuye a la óptima operación de las partes giratorias del motor.

Cpu Risc. Es un tipo de diseño de CPU utilizado en microcontroladores y microprocesadores, que reconoce y ejecuta solo operaciones básicas (suma, resta, copiar, etc.).

Decodificador. Es un circuito combinacional que convierte un código binario de entrada (natural, BCD, etc.) de N bits y activa un código binario de M líneas de salida, donde se pueden encontrar 2^n posibles combinaciones.

Deflexión magnética. Es la desviación del haz que es producida por un campo magnético generado por dos bobinas.

Dieléctrico. Se aplica al cuerpo o sustancia que es un aislante o mal conductor de la electricidad.

Dipolo. Es una antena con alimentación central empleada para transmitir o recibir ondas de radiofrecuencia. Estas antenas son las más simples desde el punto de vista teórico.

Director. Este elemento aumenta la direccionalidad de la antena, además de la ganancia aumenta la captación hacia adelante de la antena. Pueden agregarse más elementos directores teniendo un máximo de elementos aconsejables de diez.

Elementos parásitos. Son dipolos abiertos realizados mediante un simple conductor recto.

Energía. Es una propiedad asociada a los objetos y sustancias y se manifiesta en las transformaciones que ocurren en la naturaleza.

Estator. Forma parte del motor, es la parte fija construida a base de cavidades en las que van depositadas las bobinas.

Filtro. Es un dispositivo capaz de discriminar una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal eléctrica que pasa a través de él, pudiendo modificar tanto su amplitud como su fase.

Fotoemisor. Son dispositivos que emiten electrones cuando existe energía radiante que incide sobre material sensible a dicha radiación.

Ganancia. Es una magnitud que expresa la relación entre la amplitud de una señal de salida respecto a la señal de entrada.

Gradiente. Es una operación vectorial, que opera sobre una función escalar, para producir un vector cuya magnitud es la máxima razón de cambio de la función en el punto del gradiente y que apunta en la dirección de ese máximo.

Haz. Es un conjunto de rayos luminosos de un mismo origen.

Impedancia. Es la medida de oposición que presenta un circuito a una corriente cuando se aplica una tensión.

Impedancia característica. Se denomina impedancia característica de una línea de transmisión a la relación existente entre la diferencia de potencial aplicada y la corriente absorbida por la línea en el caso hipotético de que esta tenga una longitud infinita, o cuando aun siendo finita no existen reflexiones.

Interface. Es una conexión entre dos máquinas de cualquier tipo, a las cuales les brinda un soporte para la comunicación entre ambas.

Interferencia electromagnética. Es la perturbación que ocurre en cualquier circuito, componente o sistema electrónico causada por una fuente de radiación electromagnética externa al mismo.

Ionosfera. Se localiza en la parte superior de la atmósfera donde hay una densidad libre de electrones, lo suficientemente elevada, como para tener una influencia apreciable en la propagación de las ondas electromagnéticas de radiofrecuencia.

Jaula de Faraday.- Es el efecto por el cual el campo electromagnético en el interior de un conductor en equilibrio es nulo, anulando el efecto de los campos externos.

Línea de transmisión. Confinan la energía electromagnética a una región del espacio limitada por el medio físico que constituye la propia línea, está formada por conductores eléctricos determinados que condicionan las características de las ondas electromagnéticas en ella.

Multiplexar. Es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor.

Onda electromagnética. Es la perturbación simultánea de los campos eléctricos y magnéticos existentes en una misma región.

Oscilador. Es un circuito capaz de generar una señal periódica.

Prescaler. Es una electrónica circuito contador utilizado para reducir una alta frecuencia de la señal eléctrica a una frecuencia más baja por división de enteros

Propagación. Se llama propagación al conjunto de fenómenos físicos que conducen a las ondas de radio con el mensaje del transmisor al receptor.

Radiodifusión. Es la producción y difusión de señales radioeléctricas de audio y/o video a través de ondas o cable destinadas al público en general o bien a un sector del mismo.

Radiofrecuencia. Es la característica que define a un grupo o subconjunto de ondas electromagnéticas que se propagan en el espectro en unos rangos utilizados principalmente en las comunicaciones de radio, las cuales posteriormente han tenido otras aplicaciones diferentes a las de la radiodifusión.

Receptor. Es el dispositivo que recibe la información que envía el emisor.

Rectificador. Es el elemento o circuito que permite convertir la corriente alterna en corriente continua.

Reflector. La función de este elemento es impedir que el dipolo capte energía por la parte posterior (con esto se evita la imagen fantasma). De tal manera que el dipolo recibe señales en una dirección.

Regulador. Es un dispositivo electrónico diseñado para mantener un nivel de tensión constante

Reset. Se conoce como reset a la puesta en condiciones iniciales de un sistema.

Rotor. Es considerado la parte móvil del motor, construido por un imán permanente, ubicado sobre un eje soportado por dos cojinetes que le permiten girar libremente.

Ruido. Se conoce como ruido a toda señal no deseada que se mezcla con la señal útil que se quiere transmitir.

Sincronismo. Es un procedimiento por el que un emisor y un receptor se ponen de acuerdo sobre el instante preciso en el que comienza o acaba una información que se ha puesto en el medio de transmisión.

Subportadora. Es una señal ya modulada en otra señal de frecuencia más alta y ancho de banda, que lleva la información adicional.

Varicap. Es un diodo que se comporta como un condensador donde la capacidad está controlada por la tensión.

Transformador. Son dispositivos electromagnéticos estáticos que permiten obtener a la salida una tensión alterna mayor o menor a la de su entrada.

Transmisor. Es un equipo que emite una señal, código o mensaje a través de un medio.

INTRODUCCIÓN

Las ondas electromagnéticas al ser irradiadas hacia el aire, sufren diferentes tipos de atenuaciones por distintos factores, los cuales influyen en su propagación, en nuestro país el perfil del terreno es muy irregular, lo cual provoca que las señales sean obstruidas por montañas, elevaciones, árboles en las zonas rurales y en las ciudades los elementos que causan interferencia son los edificios, líneas de alta tensión y señales de telefonía móvil, lo que ocasiona que continuamente se esté orientando la antena para receptar una estación de televisión de manera óptima.

En el presente proyecto se desarrolló un sistema de posicionamiento automático para una antena de televisión, este dispositivo se lo realizó con la finalidad de permitir al usuario observar un canal de TV con mayor nitidez, sin la necesidad de reubicar constantemente la antena de forma manual. El mismo se encuentra estructurado de la siguiente manera:

En el primer capítulo se describe la problemática que existe alrededor de la recepción de señal una buena señal de TV, además se realiza la justificación del porque realizar un proyecto de este tipo.

En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico, en el cual se describen los distintos tipos de sistemas eléctricos y mecánicos que existen y de que está formado cada uno, además se analizan los factores que afectan la propagación de ondas y de igual forma se realiza un estudio del receptor de TV y las etapas que lo conforman.

En el tercer capítulo se detalla la metodología utilizada en el proyecto, haciendo referencia al tipo de investigación, recolección de la información necesaria para su realización y las actividades que se realizan para cumplir con los objetivos propuestos.

En el cuarto capítulo se detalla el proceso de construcción del prototipo de posicionamiento automático de la antena de TV. Para lo cual fue necesario realizar: un análisis de requerimientos, selección de los elementos que se utilizaran, diseño del sistema de posicionamiento, implementación del prototipo y la validez del mismo en base a pruebas de funcionamiento.

Por último, en el quinto capítulo se redacta las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron al finalizar el sistema de posicionamiento automático de una antena para la recepción de la señal de TV.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema

Sistema de posicionamiento automático de una antena para la recepción de la señal de TV.

1.2 Planteamiento del Problema

La idea de transmitir imágenes o fotografías surge en el año de 1884 en la ciudad de Berlín, la invención del disco de Nipkow propuso un gran avance que llevo a la televisión a consolidarse como uno de los medios de comunicación más relevantes. En 1941 en Estados Unidos tras un largo proceso de invención y experimentación, logró finalmente establecerse con la emisión comercial de señales televisivas, asignando ciertas frecuencias para los diversos canales de ese país. Al igual que el resto del mundo, el Ecuador curioso por el invento decidió implementar dicha tecnología, a pesar de que el costo resultaba ser elevado, se creó la primera televisora nacional Telecuatro en la ciudad de Guayaquil en el año de 1959, un año más tarde se da inicio a la primera emisión y transmisión de la televisión ecuatoriana desde las ciudades de Quito y Guayaquil en el año de 1960 [1].

Con el paso de los años y mediante la globalización, la televisión se ha vuelto imprescindible ya que permite conocer de manera instantánea lo que ocurre al otro lado del mundo, es así como todos los acontecimientos importantes son trasmitidos en tan solo segundos.

El desarrollo de ésta tecnología es de gran importancia no sólo para el Ecuador sino para el resto del mundo, ya que al tratarse de uno de los medios de comunicación más importantes es de gran relevancia tener una buena calidad de señal, resultando ser una tarea muy tediosa el tener que reposicionar las antenas de TV a menudo para obtener una buena calidad de recepción, causando molestias al usuario cuando realizar este proceso.

En la provincia de Tungurahua se cuenta con equipos de recepción cuya señal no resulta ser óptima, esto se debe a la irregularidad del terreno, ya que existe obstrucción por parte de montañas, colinas, árboles, edificios, etc., los mismos que resultan ser un obstáculo en el trayecto de la señal hacia el receptor, lo que causa que las ondas no puedan traspasar dicha superficie y se reflejen. Incluso debido al cambio de medio que sufre la onda pueden cambiar de dirección de propagación al cambiar su velocidad.

La dispersión es otro factor que afecta a la onda ya que al chocar con un objeto puede dispersarse hacia varias direcciones, generando interferencia, una forma de contrarrestar éstos efectos es mediante el uso de repetidores, los cuales se encargan de retransmitir la señal con mayor potencia.

Todos los factores analizados anteriormente tienen gran importancia en la propagación de la señal desde el transmisor al receptor cuando están fijos, se va tener mayor dificultad en la recepción cuando la antena o sistema de recepción está en movimiento, debido a que continuamente se está cambiando de dirección, provocando que la ubicación y orientación de la antena no sea la adecuada, dando como resultado una deficiente señal.

1.3 Delimitación

Delimitación de Contenidos

- Área Académica: Comunicaciones
- Línea de Investigación: Tecnologías de Comunicación
- Sublínea de Investigación: Antenas y Propagación

Delimitación Espacial

El presente proyecto se llevó a cabo en la ciudad de Ambato.

Delimitación Temporal

El proyecto se realizó en el transcurso de seis meses después de su aprobación por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4 Justificación

El proyecto es importante ya que permite la automatización de la orientación de la antena con el objetivo de mejorar la calidad de recepción, librándonos así de la tediosa tarea de realizarlo de forma manual, debido a que la televisión analógica depende mucho de cómo se sintonice, a menudo el cambiar de canal implica levantarse para reorientar la antena, para tratar de quitar las imágenes dobles o con interferencia que se presentan durante la transmisión.

Es una idea innovadora en el ámbito de las comunicaciones ya que beneficia a todo tipo de personas puesto que es un elemento que se usa en televisores típico de hogares, locales comerciales, etc., e incluso se utiliza en vehículos, en donde la recepción de la señal se ve afectada por varios factores como el movimiento de la antena, viento, entre otros, los cuales hacen que se presente gran interrupción a la hora de captar la señal.

Resulta ser una idea novedosa gracias a su gran utilidad, sin embargo no ha generado interés por parte de los ecuatorianos, debido a esto no ha sido muy estudiada en Ecuador, por lo que se trata de un sistema nuevo en el mercado para la ciudadanía. De tal forma que se cree que genera un gran impacto social puesto que es un producto diferente que posee grandes ventajas, por lo que se considera que puede tener gran acogida entre el mercado potencial.

Así mismo el proyecto resulta ser factible de realizar, puesto que en Ecuador se cuenta con los materiales, elementos, y sistemas necesarios para la realización del mismo, los cuales además son accesibles económicamente. En el caso de no haber algún tipo de material este puede ser traído desde el exterior siendo de un precio asequible.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Implementar un prototipo de un sistema de posicionamiento automático de una antena para la recepción de la señal de TV

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar los factores que influyen en la propagación de las ondas electromagnéticas.
- Estudiar los parámetros técnicos del sistema de recepción de TV.
- Determinar el voltaje promedio de una señal óptima para su recepción.
- Diseñar un prototipo de posicionamiento automático de una antena.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Alrededor del mundo se han realizado investigaciones acerca del movimiento de objetos, como es el caso de Saura Mariano y Sebastián Enri, su trabajo se fundamenta en el posicionamiento y control de objetos, su sistema se basa en la utilización de un objeto controlado, en el cual se coloca un reloj preciso, un sensor de distancia vertical a una superficie de referencia y un dispositivo capaz de emitir en forma de ondas electromagnéticas la información obtenida.

Mientras que en el punto de control se halla en una superficie de referencia, se utilizan: una antena receptora direccional, un giroscopio, otro reloj preciso sincronizado con el primero, y una unidad procesadora de datos. Esto con el fin de obtener la distancia que separa dichos relojes, para lo cual se realiza una comparación entre los datos de ambos relojes en función de la velocidad de propagación de las ondas en el medio donde se hallan inmersos. A partir de la distancia vertical transmitida y de la dirección de procedencia de las ondas, se determina la distancia horizontal del objeto al punto de control [2].

Otro proyecto fue realizado por Arderiu Ramón Guixa, el cual controla el ángulo de inclinación del diagrama de radiación de una antena, este dispositivo está formado por una parte electrónica y otra mecánica, físicamente separadas pero conectadas entre sí para trabajar como un solo conjunto, la parte electrónica es la encargada de la comunicación, alimentación y control del motor, mientras que la parte mecánica se encarga del ajuste del ángulo de inclinación de la radiación. De esta manera se logra la modificación del haz de

radiación de manera remota, pudiendo ser incorporado a la antena desde su origen o también puede ser añadido más tarde como un dispositivo opcional, acoplado al pomo o mando de actuación manual de ajuste de inclinación del diagrama de radiación [3].

En el país también existen investigaciones de este tipo, tal es el caso Erick Haro y Leonardo Rodríguez, en su trabajo indican como posicionar una antena satelital, para lo cual se debe conocer que variables hay que medir y controlar, que equipos de instrumentación se van a utilizar para ayudar a controlar el proceso en base al controlador, ya que si no se tiene presente esto no se podrá hacer una correcta identificación del sistema, además que la adquisición de datos a través de tarjetas DAQ con Matlab permite conectarnos en tiempo real con procesos analógico, digital en forma simple. Sólo se requiere que la DAQ sea reconocida por Matlab, el cual reconoce los sistemas de adquisición de datos de la mayoría de fabricantes conocidos [4].

De la misma manera Juan Carlos Estrella y Marco Suing, su proyecto se basa en un sistema de rastreo para la señal de televisión en la banda de UHF, el cual depende de la señal que recibe del control automático de ganancia (AGC) del aparato receptor, así que si este llega al nivel de saturación, no podrá diferenciar la mejor señal al momento de sintonizar una estación. Y por lo tanto tampoco funcionará adecuadamente la búsqueda de la señal.

La orientación como el seguimiento de la señal serían mucho mejor si se trabajara con una antena más directiva, pero este tipo de antenas presentan dificultad en su construcción y se debe trabajar con equipos que no están al alcance. Como toda antena, esta debe tener la línea de vista con el transmisor para su mejor desempeño, pero debido a las características del sistema se debe colocar en un lugar en donde exista buena recepción y que evite el contacto con la lluvia porque dañaría todos sus componentes debido a que el equipo no es impermeable [5].

Por último Alex Carrera indica que para el posicionamiento azimutal de una antena, ésta debe tener sensores que indiquen la posición actual en que se encuentra, el sistema de posicionamiento debe poseer un controlador en lazo abierto. Además dicha antena tan solo podrá moverse automáticamente en el rango de 0 a 90 grados en el ángulo de elevación [6].

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 Convertidores electromecánicos de energía

Los convertidores electromecánicos de energía son aquellas máquinas capaces de transformar en energía eléctrica cualquier otro tipo de energía o viceversa, también son considerados aquellos aparatos que modifican la naturaleza o características de dicha energía para su transporte o utilización, un dispositivo electromecánico de energía no es más que una conexión entre un sistema eléctrico y un sistema mecánico, que mediante un apropiado acoplamiento de los dos sistemas realiza la conversión eléctrica-mecánica o viceversa, además depende de la interacción entre los campos eléctrico y mecánico, y de la manifestación de fuerzas y movimiento. Todo convertidor consta de tres partes perfectamente diferenciadas, tal como se ve en la figura 2.1:

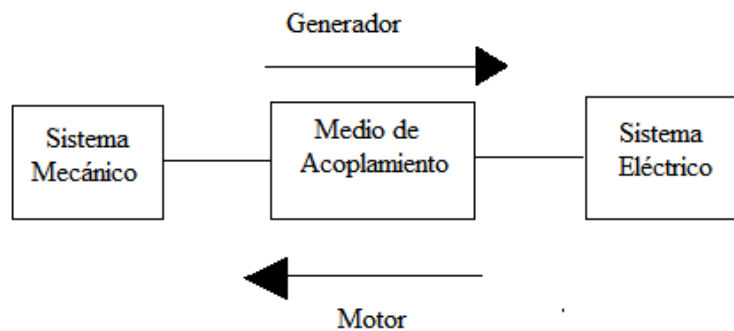


Fig. 2. 1 Esquema convertidor electromecánico
Fuente: La máquina eléctrica general, Marco Cortes [7]

De acuerdo a esta definición se los puede clasificar en tres categorías:

- **Generadores.** Los generadores transforman cualquier energía en eléctrica.
- **Receptores.** Los receptores realizan la función inversa a los generadores
- **Transformadores y Convertidores.** Los transformadores y convertidores conservan la energía bajo la misma forma, pero con otras características [7].

2.2.2 Sistemas Mecánicos

Los sistemas mecánicos están constituidos por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica transformar o transmitir el movimiento de las fuentes que lo generan, al realizar cualquiera de estos procesos se pierde parte de la energía aplicada, generalmente en forma de calor, ruido o vibración. En la figura 2.2 se muestra su respectivo diagrama de bloques.

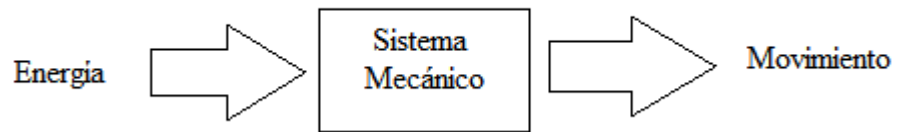


Fig. 2. 2 Diagrama de bloques sistema mecánico
Fuente: Enseñar y aprender tecnología, Marcelo Barón [8].

Además los sistemas mecánicos se caracterizan por poseer piezas o elementos sólidos, con el objetivo de realizar movimientos por acción o efecto de la energía que se aplique, tal como se detalla en la tabla 2.1.

Tabla 2. 1 Tipos de movimiento de un sistema mecánico

Energía aplicada	Dispositivo	Movimiento
Energía mecánica humana o animal	Manivela, palanca, rueda, soga, tracción o empuje	Rectilíneo o giratorio
Energía cinética del viento	Aspas o liberación del aire comprimido	Rectilíneo o giratorio
Energía cinética del agua	Tanque, aspas, turbina o acción directa	Mayormente giratorio

Fuente: Enseñar y aprender tecnología, Marcelo Barón [8].

2.2.3 Sistemas Eléctricos

Los sistemas eléctricos son un conjunto de elementos activos (proporcionan energía) y elementos pasivos (disipan energía), constituidos por dispositivos de alimentación, transmisión y transformación de la energía eléctrica en otros tipos de energía, esto se logra

por medio de la circulación de electrones que reciben de la fuente de la carga [8]. En la figura 2.3 se muestra el esquema general de un circuito eléctrico:

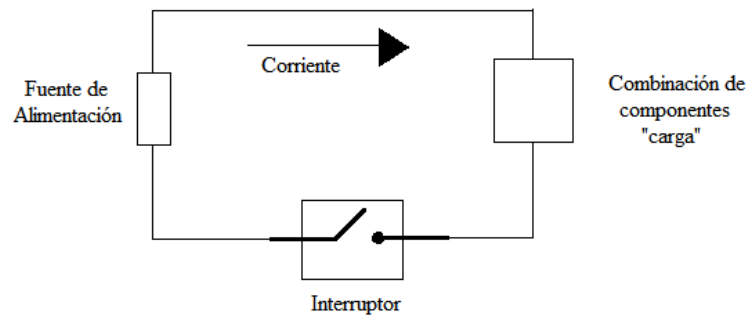


Fig. 2. 3 Esquema sistema eléctrico
Fuente: Enseñar y aprender tecnología, Marcelo Barón [8].

Los sistemas eléctricos se representan mediante esquemas formados por signos y símbolos normalizados y se clasifican en cinco grandes grupos:

- **Sistemas de comunicación.** Los sistemas de comunicación transmiten y distribuyen información.
- **Sistemas de control.** Los sistemas de control utilizan señales eléctricas para regular todo tipo de procesos automáticos.
- **Sistemas de potencia.** Los sistemas de potencia generan, distribuyen y consumen la mayor parte de la energía eléctrica.
- **Sistemas de computación.** Los sistemas de computación utilizan señales eléctricas para procesar la información.
- **Sistemas de procesamiento de señales.** Los sistemas de procesamiento de señales son sistemas que aprovechan los impulsos eléctricos que se producen en el interior del cuerpo humano [9].

2.2.4 Sistema de posicionamiento

Un sistema de posicionamiento es el conjunto de tecnologías e infraestructuras que permiten determinar e identificar, generalmente de forma electrónica, la ubicación de un objeto, una persona, o un vehículo [10].

Elementos de los sistemas de posicionamiento.

❖ Motores Eléctricos

Los motores eléctricos son dispositivos que transforman la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas, son máquinas compuestas por un estator y un rotor, como se muestra en la figura 2.4

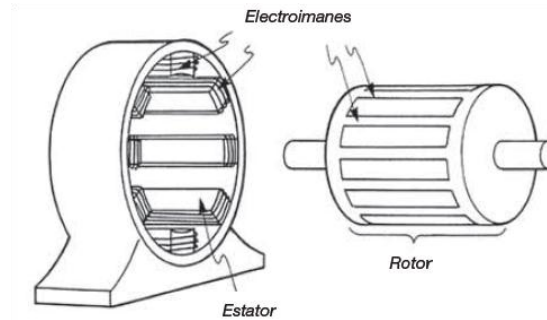


Fig. 2. 4 Partes de un motor

Fuente: <http://todoelectrodo.blogspot.com/2013/02/motor-de-cc.html> [11].

Motores de corriente continua

Existen diferentes tipos de motores de corriente continua y cada tipo tiene distintos componentes cuya estructura determina la interacción de los flujos eléctricos y magnéticos que originan la fuerza de torsión del motor [12].

Los motores de corriente continua se clasifican en: Motores paso a paso y Servomotores.

- **Motores paso a paso**

Los motores paso a paso son máquinas eléctricas que transforman impulsos eléctricos en energía mecánica, al aplicarles una tensión giran un determinado ángulo en forma incremental, lo que le permite realizar desplazamientos angulares fijos y precisos que varían desde $1,80^\circ$ hasta 90° . Está formado principalmente por dos partes: estator y rotor, tal como se muestra en la figura 2.5.

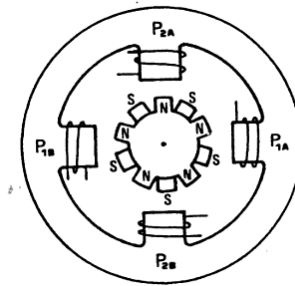


Fig. 2. 5 Partes de un motor paso a paso

Fuente: Electromagnetismo y semiconductores, Jaime Llinares Galiana [13]

El estator: El estator es una parte fija construida a base de cavidades en las que van depositadas las bobinas.

El rotor: El rotor es considerado la parte móvil, construido por un imán permanente, ubicado sobre un eje soportado por dos cojinetes que le permiten girar libremente [14].

Tipos de motores paso a paso

En función de la forma de conexión y excitación de las bobinas del estator, se clasifican en: bipolares y unipolares.

- **Motores Bipolares.**

Los motores bipolares están compuestos por dos bobinas, para que el motor funcione la corriente que circula por las bobinas cambia de sentido en función de la tensión que se aplica, es decir que los extremos de una misma bobina pueden tener distintas polaridades. La dificultad que presentan está en el control de la alimentación y el cambio de polaridad que requiere, están compuestos por cuatro hilos tal como se ve en la figura 2.6:

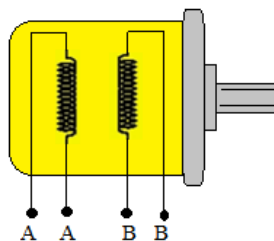


Fig. 2. 6 Motor bipolar

Fuente: <http://server-die.alc.upv.es/assignaturas/lased/2002-03/MotoresPasoPaso/ident.htm> [15]

Estos motores necesitan la inversión de corriente que circula por cada una de las bobinas en una secuencia determinada, es decir cada inversión de la polaridad provoca el movimiento del eje en un paso, cuyo sentido de giro está determinado por la secuencia que se detalla en la tabla 2.2:

Tabla 2. 2 Secuencia de control motor bipolar

PASO	TERMINALES			
	A	B	C	D
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V

Fuente: Robótica, Gonzalo Zabala [16].

○ **Motores Unipolares.**

Los motores unipolares se componen de 4 bobinas, se denominan unipolares puesto que la corriente que circula por sus bobinas lo hace en un mismo sentido, pueden estar compuestos de 6 cables externos: dos para cada bobina y otro de alimentación para cada par de estas, o de 5 cables compartiendo el cable de alimentación para los dos pares de bobinas, como se ve en la figura 2.7.

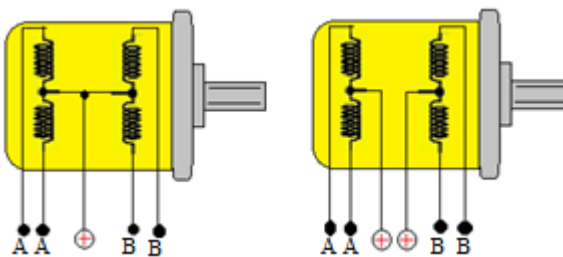


Fig. 2. 7 Motor unipolar de 5 y 6 hilos respectivamente

Fuente: <http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/lсед/2002-03/MotoresPasoaPaso/ident.htm> [15]

Las formas en las que suelen ser manejados son: paso simple, paso doble o medio paso.

- **Paso simple.** Un paso simple consiste en activar cada bobina una por una y por separado como se muestra en la tabla 2.3, por lo cual no se obtiene mucha fuerza ya que es una sola bobina la que mueve el rotor del eje del motor.

Tabla 2. 3 Secuencia paso simple

PASO	A	B	C	D	GIRO
1	1	0	0	0	↑
2	0	1	0	0	→
3	0	0	1	0	↓
4	0	0	0	1	←

Fuente: Robótica, Gonzalo Zabala [16].

- **Paso doble.** En un paso doble se deben activar las bobinas de dos en dos como se detalla en la tabla 2.4, por lo cual se crea un campo magnético más potente que atraerá con más fuerza y retendrá el rotor del motor en su sitio, de igual forma los pasos serán muchos más bruscos.

Tabla 2. 4 Secuencia paso doble

PASO	A	B	C	D	GIRO
1	1	1	0	0	↗
2	0	1	1	0	→
3	0	0	1	1	↘
4	1	0	0	1	↖

Fuente: Robótica, Gonzalo Zabala [16].

- **Medio paso.** Un medio paso consiste en mover el motor en pasos pequeños y precisos de tal forma que se obtiene el doble de pasos de movimiento que en los casos anteriores, para un recorrido total de 360° del motor [16]. La secuencia de medio paso se detalla en la tabla 2.5:

Tabla 2. 5 Secuencia medio paso

PASO	A	B	C	D	GIRO
1	1	0	0	0	↑
2	1	1	0	0	↗
3	0	1	0	0	→
4	0	1	1	0	↘
5	0	0	1	0	↓
6	0	0	1	1	↙
7	0	0	0	1	←
8	1	0	0	1	↖

Fuente: Robótica, Gonzalo Zabala [16].

❖ Servomotores

Los servomotores son elementos que reciben la orden de posicionar los elementos de reglaje (piezas de un mecanismo), se clasifican de acuerdo a la naturaleza de la señal que reciben del regulador, es así que pueden ser: eléctricos, neumáticos o hidráulicos.

Tipos de servomotores eléctricos

Los servomotores eléctricos, a su vez se subdividen en dos grupos:

- **Servomotores eléctricos de baja potencia**

Los servomotores eléctricos de baja potencia son de tipo monofásico con dos sentidos de marcha, su principio de funcionamiento se explica en la figura 2.8 .Cuando el contacto C_1 está cerrado el arrollamiento superior se alimenta directamente, mientras que el arrollamiento inferior lo hace por medio del condensador, por lo que el motor gira en un sentido determinado, si por el contrario C_1 está abierto y el C_2 cerrado, la alimentación se invierte, con lo que el motor gira de lado contrario.

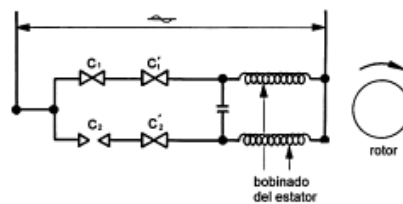


Fig. 2. 8 Servomotor eléctrico de baja potencia

Fuente: Sistemas de regulación y control, Aurelio José Díaz Fernández-Raigoso [17].

- **Servomotores eléctricos de alta potencia**

Los servomotores eléctricos de alta potencia utilizan motores trifásicos, su funcionamiento es similar al de pequeña potencia, con la diferencia que los arrollamientos del estator están sustituidas por bobinas de contactores que son los encargados de hacer que el motor gire en uno u otro sentido [17]. Su esquema se muestra en la figura 2.9.

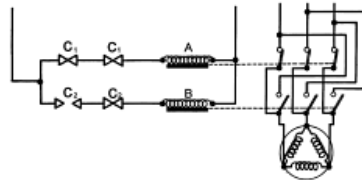


Fig. 2. 9 Servomotor eléctrico de alta potencia
Fuente: Sistemas de regulación y control, Aurelio José Díaz Fernández-Raigoso [17].

- ❖ **Microcontrolador**

Un microcontrolador es un circuito integrado programable capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria, el cual nos ofrece las posibilidades de un pequeño computador y en su interior encontramos un procesador, memoria, y varios periféricos que realizan una tarea específica, en la figura 2.10 se muestra su diagrama de bloques [18] .

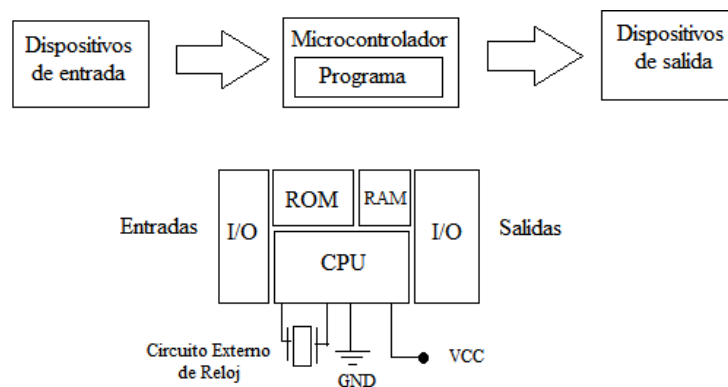


Fig. 2. 10 Componentes de un microcontrolador
Fuente: Electrónica práctica con microcontroladores PIC, Santiago Corrales [18].

Los microcontroladores PIC se clasifican de acuerdo al tamaño de instrucciones que poseen, estos pueden ser de gama baja, media y alta. En la tabla 2.6 se muestra un cuadro comparativo acerca de dichas familias.

Tabla 2. 6 Comparación entre la gama de microcontroladores

MICROCONTROLADORES	GAMA		
	Baja	Media	Alta
Número de instrucciones	33	35	58
Bits/instrucciones	12 bits	14 bits	16 bits
Interrupciones	No posee	Fijas	Varias entradas externas

Fuente: Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC, Fernando Valdés [19].

Los microcontroladores utilizan diferentes lenguajes de programación, los cuales pueden definirse como un software para escribir instrucciones u órdenes en el microcontrolador. Necesarias para la realización de un determinado proceso. Existen distintos niveles de programación pudiendo englobarse en dos grandes categorías: bajo y alto nivel [20]

A continuación en la tabla 2.7 se muestran las principales características de la programación a bajo y alto nivel.

Tabla 2. 7 Características de la promoción de bajo y alto nivel

Lenguaje de bajo nivel	Lenguaje de alto nivel
Entendible por la máquina.	Entendible por los humanos, necesidad de traducción
Dependencia de la máquina.	Independencia de la máquina, portabilidad.
Instrucciones muy elementales.	Instrucciones semánticamente complejas.
La eficiencia en memoria y tiempo de ejecución son fines primordiales.	Priman la productividad y la legibilidad.
No existe detección de errores.	Varias formas de detección de errores.
Nula o escasa capacidad simbólica.	Gran capacidad simbólica.
Abstracción muy deficiente.	Gran capacidad de abstracción.

Fuente: Técnicos de soporte informático de la comunidad de castilla y león, Fernando Martos [20].

2.2.5 Sistema de Comunicaciones

El objetivo de un sistema de comunicaciones es transmitir, recibir y procesar la información entre dos o mas lugares, dicha información se debe convertir a energía electromagnética antes de ser propagada a través del medio de comunicación. Esta formado por un transmisor, un medio de transmisión y un receptor, tal como se muestra en la figura 2.11.

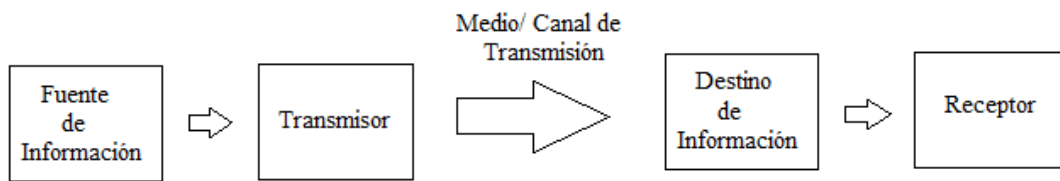


Fig. 2. 11 Digrama de bloques de un sistema de comunicaciones
Fuente: Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi [21].

La comunicación se realiza a través del espectro radioeléctrico, la transmisión se da cuando la onda de radio actúa sobre un conductor eléctrico en este caso la antena, esta induce un movimiento de carga eléctrica, para lo cual es necesario modular la información de la fuente con una señal analógica de mayor frecuencia llamada portadora, la cual es la encargada de transportar la información a través del sistema, cambiando su amplitud, frecuencia o fase.

Es decir, la información original es convertida a energía electromagnética, para transmitirla a continuación a una o mas estaciones receptoras, dicha energía se distribuye en un intervalo casi infinito de frecuencias y se puede propagar en forma de voltaje o corriente, a través de un conductor o un hilo metálico, en forma de ondas de radio emitidas hacia el espacio libre, o como ondas luminosas a través de fibra óptica.

Luego de que la onda portadora modulada se propaga, el receptor se encarga de captar la onda y reconvierte a la portadora modulada en la información original, es decir retira la información de la portadora. Existen dos razones por la cual la modulación de la señal es importante en los sistemas de comunicación:

- Es difícil irradiar señales de baja frecuencia en forma de energía electromagnética con una antena, ya que al ser de baja frecuencia se requiere construir antenas de grandes dimensiones, algo que no es óptimo.

- Las señales de información ocupan la misma banda de frecuencia y si se transmiten al mismo tiempo interfieren entre sí, es por ello que las estaciones comerciales de FM cubren sus señales de voz y música a una banda de frecuencias distinta.

Los dos tipos básicos de comunicaciones electrónicas son analógico y digital, un sistema de comunicaciones analógico es aquel en el cual se transmiten y reciben señales de variación continua en el tiempo. Mientras que un sistema de comunicación digital contrasta con el analógico transmite y recibe señales que cambian en pasos o incrementos discretos [21].

2.2.6 Líneas de transmisión

Una línea de transmisión es un sistema de conductores metálicos que se utilizan para transportar energía eléctrica de un punto a otro, la cual consiste en dos o más conductores separados por un aislador, se puede propagar corriente alterna o continua de baja frecuencia como la eléctrica, o frecuencias muy altas como señales de frecuencia intermedia y de radiofrecuencia.

Desde el punto de vista del receptor, la antena es responsable 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 información, por lo cual el cable de RF es indispensable en los sistemas de radio. Existen dos categorías de líneas de transmisión: cable o guías de onda.

- **Cable.**

Los cables coaxiales tienen un conductor central recubierto por material no conductor, el cual se recubre con una pantalla conductora en forma de malla, con el fin de evitar una conexión eléctrica entre el conductor central y la pantalla. Finalmente el conductor está protegido por un recubrimiento. El conductor interno es el encargado de transportar la señal de RF y la pantalla evita que la señal sea irradiada a la atmósfera, esto impide que señales externas interfieran con la que se está transmitiendo.

- **Guía de onda.**

Una guía de onda es un tipo de línea de transmisión formado por un tubo conductor a través del cual se transmite la energía en forma de onda electromagnética, el tubo actúa como un contenedor de las ondas en un espacio cerrado, el efecto de Faraday atrapa cualquier campo electromagnético fuera de la guía, los cuales son propagados por medio de reflexiones en sus paredes internas [21].

2.2.7 Modos de propagación de ondas electromagnéticas

Existen tres tipos de modos de propagación, que se detallan a continuación:

- ❖ **Propagación por Ondas de Superficie.**

La propagación por ondas de superficie se caracteriza por que las ondas electromagnéticas siguen el contorno de la Tierra como se muestra en la figura 2.12, se utilizan frecuencias menores a 2MHz, por lo que se emplean para radiodifusión en la banda de AM.

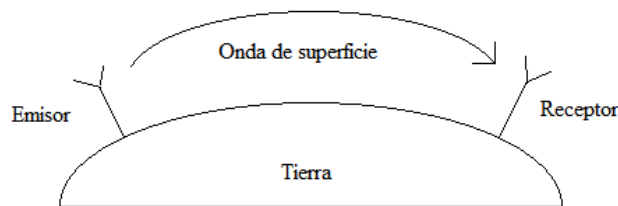


Fig. 2. 12 Propagación por Ondas de Superficie

Fuente: Sistemas de Comunicaciones, Marcos Faúndez Zanuy [22].

- ❖ **Propagación por Reflexión Ionosférica.**

La propagación por reflexión ionosférica se caracteriza porque las ondas se ven reflejadas en la superficie terrestre y en la Ionósfera hasta llegar al receptor como se muestra en la figura 2.13. Se utilizan frecuencias entre 2 y 30 MHz.

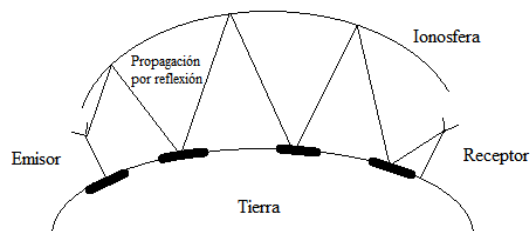


Fig. 2. 13 Propagación por Reflexión Ionosférica

Fuente: Sistemas de Comunicaciones, Marcos Faúndez Zanuy [22].

❖ Propagación con Visión Directa

En la propagación con visión directa las ondas electromagnéticas se propagan de modo que tienen línea recta de transmisor a receptor (figura 2.14), por lo que se ubican en torres muy altas. Dada a la estructura de la Tierra no son posibles grandes alcances y se utilizan frecuencias superiores a los 30MHz [22].

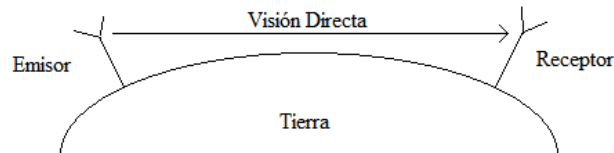


Fig. 2. 14 Propagación con Visión Directa
Fuente: Sistemas de Comunicaciones, Marcos Faúndez Zanuy [22].

2.2.8 Factores que influyen en la propagación

Las ondas electromagnéticas se propagan a través de cualquier material dieléctrico incluyendo el aire, de tal forma que la señal va desde la antena emisora hacia la antena receptora por un determinado medio de propagación. Cuando una onda se propaga en el espacio libre se lo considera como vacío, es decir que no presenta pérdida de la señal en su transcurso, de tal forma que los sistemas transmisores y receptores están lo suficientemente alejados de la superficie terrestre. Mientras que la propagación en la tierra perturba las ondas electromagnéticas, de forma que al establecer cualquier tipo de comunicación se presentan fenómenos que cambian o modifican la señal original, cada uno de estos factores depende de la banda de frecuencias, del tipo de terreno y de la ubicación de las antenas, por lo tanto, en función de la banda de frecuencias ciertos efectos serán predominantes mientras que otros serán despreciables [21].

2.2.9 Pérdidas por transmisión por cable

La energía que pierde una onda electromagnética en el conductor se considera como pérdida por transmisión por cable, se generan en los cables de transmisión y dependen del tamaño del conductor, material, número de alambres, tipo de material del aislamiento, diámetro, etc. Es por ello que se debe tener en cuenta los siguientes factores:

❖ Impedancia característica

Se denomina impedancia característica de una línea de transmisión a la relación que existe entre la diferencia de potencial aplicada y la corriente absorbida por la línea en el caso que tenga una longitud infinita, o cuando aun siendo finita no existen reflexiones. Dicho valor se ve afectado por factores como: la resistencia propia de los hilos conductores, los aislantes utilizados, diametro y separacion de los conductores, etc.

❖ Atenuación del cable

La atenuación del cable es la disminución de los valores de la intensidad de las ondas electromagnéticas debido a la impedancia característica, además la atenuación depende del valor de la frecuencia de la señal que circula por la línea de transmisión, es decir a mayor frecuencia mayor atenuación, dicho valor es expresado en decibelios (dB) [21].

2.2.10 Pérdidas por propagación por medio del aire

Al momento de la transmisión de la señal, las ondas electromagnéticas que viajan dentro de la atmósfera pueden verse afectadas por varios factores que influyen en su propagación, lo que provoca la pérdida total o parcial de la señal, dichos fenómenos pueden ser reflexión, refracción, difracción, atenuación, absorción, etc.

❖ Reflexión

La reflexión ocurre cuando una onda choca contra la frontera de dos materiales, y parte o incluso toda la potencia de esta se pierde, es decir no ingresa en el segundo material y se refleja, tal como se muestra en la figura 2.15:

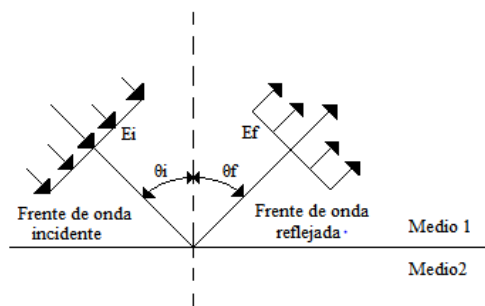


Fig. 2. 15 Reflexión de una Onda

Fuente: Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi [21].

El cálculo de las pérdidas por reflexión está relacionado con las impedancias características de cada uno de los dos medios, una onda incidente es parcialmente reflejada en la superficie del blindaje, el resto es transmitido a través de él. Cuando una onda atraviesa un blindaje que resulta delgado en comparación con la profundidad de penetración δ , existirán múltiples reflexiones. De donde la impedancia de cualquier material está dada por:

$$|Z| = \frac{E}{H} = 3,68 \cdot 10^{-7} \cdot \sqrt{f} \cdot \sqrt{\mu/\delta} \quad [2.1]$$

En donde f está dada en Hz, en el caso del aire o el vacío ésta impedancia tiene un valor de 377Ω [23].

❖ Difracción

La difracción es un fenómeno que ocurre cuando una onda electromagnética incidente en su camino se encuentra con un obstáculo, por lo que parte de las ondas son absorbidas por este, mientras que otras lo bordean. La zona oculta a la antena emisora se conoce como zona de difracción, en la cual los campos no son nulos y por tanto se permite la recepción de la señal, tal como se muestra en la figura 2.16.

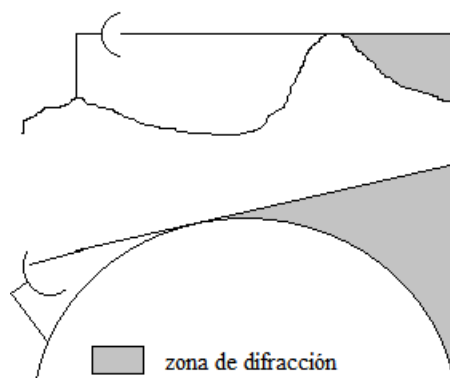


Fig. 2. 16 Obstrucción causada por la tierra
Fuente: Antenas, Jordi Romeu, Ángel Cardama, Sebastián Blanch [24].

Supóngase que en el plano P de la figura 2.17 se sitúa un conductor con un orificio de radio R_1 , de tal forma que se mantienen las fuentes contenidas en la primera zona de Fresnel y se anula el resto, la potencia recibida en el receptor no disminuirá de forma apreciable. Por tanto, el radio de la primera zona de Fresnel permite definir la condición de visibilidad entre antenas, de forma que cuando no existe obstáculo dentro de esta zona

se considera que la trayectoria ha sido exitosa, mientras que cuando existe un obstáculo existe una disminución apreciable en la potencia recibida, por lo que se considera que la trayectoria ha sido obstruida y se considera el efecto de la difracción [24]

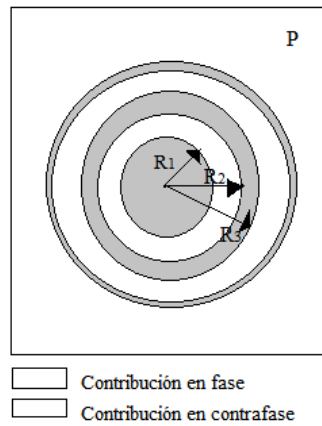


Fig. 2. 17 Fuentes secundarias del receptor

Fuente: Antenas, Jordi Romeu, Ángel Cardama, Sebastián Blanch [24].

❖ Refracción

La refracción es el cambio de dirección que presenta una onda cuando pasa de un medio hacia otro, debido al cambio de su velocidad de propagación, es decir los rayos incidentes se propagan de un medio más denso a uno menos denso o viceversa, de tal forma que la onda cambia de dirección, como se muestra en la figura 2.18:

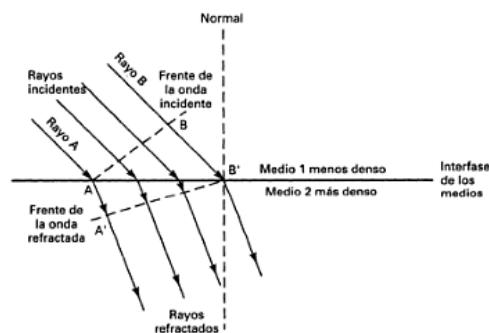


Fig. 2. 18 Refracción de una Onda

Fuente: Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi [21].

El índice de refracción también es una función de la frecuencia, sin embargo para la mayoría de las aplicaciones la variación es mínima, la forma en que reacciona una onda electromagnética cuando llega a la interfase entre dos materiales que tienen diferentes índices de refracción, se conoce como Ley de Snell, la misma que se establece como:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad [4.7]$$

En donde n_1 es el índice de refracción del material 1, n_2 es el índice de refracción del material 2, θ_1 es el ángulo incidente y θ_2 el ángulo refractado.

Además puede existir refracción cuando un frente de onda se propaga en un medio que tiene gradiente de densidad perpendicular a la dirección de propagación, es decir, paralelo al frente de onda, esto sucede debido a que el medio es más denso cerca de la parte inferior, es por ello que los rayos que viajan cerca de la parte superior lo hacen con mayor rapidez por lo que el frente de onda se inclina hacia abajo.

❖ **Atenuación por medio del aire**

Se conoce como atenuación de la onda al fenómeno en el que la densidad de potencia va reduciéndose a medida que se aleja de la fuente, por lo que las ondas electromagnéticas cada vez se alejan entre sí, y en consecuencia, la cantidad de ondas en un área es menor.

Como la atenuación se debe a la dispersión esférica de la onda, se expresa generalmente en función del logaritmo común de la relación de densidades de potencia, matemáticamente se expresa como:

$$\gamma = 10 \log \frac{p_1}{p_2} \quad [4.9]$$

❖ **Absorción**

La absorción se presenta cuando la energía de una onda se transfiere a los átomos y moléculas que la conforman, cabe decir que no depende de la distancia hacia la fuente de radiación, sino a la distancia total que la onda se propaga a través de la atmósfera. La absorción de las radiofrecuencias en la atmósfera dependen de su frecuencia, y es análoga a la pérdida de potencia I^2R , es decir una vez absorbida se pierde de tal forma que no puede ser recuperada, y además causa una atenuación en las intensidades de voltaje y campo magnético, y una reducción de densidad de potencia [21].

Por lo tanto se puede decir que, hoy en día, los sistemas de transmisión de ondas electromagnéticas han sufrido diferentes cambios, de tal forma que se pueda acceder a mayor calidad y flexibilidad de sus servicios referente a cobertura y distancia, lo que ha

traído nuevos métodos para minimizar los posibles inconvenientes que se pueden tener al momento de transmitir y recibir la señal.

Sin embargo aún existen problemas que provocan la pérdida de la información o total de la señal, esto se debe a que la propagación de ondas electromagnéticas se realiza a través del espacio libre o del vacío, en donde la señal es enviada desde una antena transmisora hacia una receptora, el nivel de dicha señal decrece a medida que la distancia de una antena a otra incrementa. Además se ven afectadas por objetos que se encuentran en su camino, como árboles, edificios y otro tipo de estructuras lo que produce una serie de fenómenos que afectan directamente la señal.

Los factores que afectan la señal debido al medio por el que se propaga pueden ser: reflexión, refracción, difracción, atenuación y absorción, los cuales representan la pérdida parcial o total de la señal. También pueden existir pérdidas por transmisión por cable, tal como impedancia de la línea de transmisión y por atenuación, los cuales dependen del material por el que envía o recibe la señal. Estos factores no pueden ser eliminados tecnológicamente ya que se generan a medida que se propagan por el medio terrestre, pero se pueden hacer uso de repetidores que aumentan la potencia de la señal desde un punto a otro.

2.2.11 Receptor de TV

El receptor de tv o televisión capta las señales que son transmitidas desde una estación emisora por medio de la antena, las procesa y envía el sonido hacia la bocina y la imagen hacia el tubo de rayos catódicos, también posee un circuito microcontrolador que permite calibrar parámetros como altura, linealidad vertical, horizontal, frecuencia, etc. La figura 2.19 muestra la estructura de bloques de un receptor. [25]

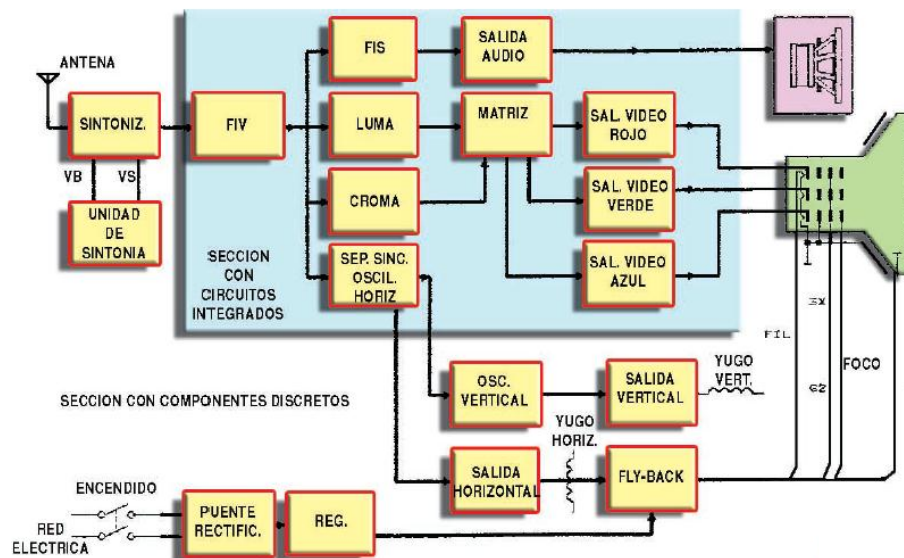


Fig. 2. 19 Estructura de bloques del receptor
Fuente: Revista Club Saber Electrónica

❖ Sintonizador

El sintonizador es un subsistema que recibe una señal de radiofrecuencia, que convierte la portadora seleccionada en una frecuencia fija para su respectivo procesamiento, es decir las frecuencias que son receptadas por la antena se convierten a Frecuencia Intermedia (FI) en el oscilador local, en donde cada emisora tendrá su equivalente; es así que el más exacto de los sistemas consiste en medir la frecuencia para compararla con el valor guardado en una memoria y corregirla en caso de ser necesario [26].

Sus componentes más importantes se detallan a continuación:

- **Amplificador de R.F.**

La función básica del amplificador de R.F. consiste en seleccionar y amplificar el nivel de la portadora de cualquier señal que está comprendida en la banda de sintonía con la que cuenta el receptor. La ganancia del amplificador puede variarse mediante un control local que maneja la tensión de base.

- **Control Automático de Frecuencia (CAF).**

La función principal del control automático de frecuencia es hacer que la subportadora de sonido caiga exactamente en 41,25 MHz de tal forma que no se mezcle con la portadora de video. Este proceso empieza una vez que la señal es amplificada, entonces la tensión de corrección se alimenta en el oscilador local mediante una etapa de diodo varicap, el

cual cambia su frecuencia para mantenerla constante. A esta etapa se le agrega un interruptor para desactivar al CAF cuando el receptor está siendo sintonizado, y también se utiliza para el cambio de canales evitando lo que se conoce como bloqueo de señal, que es generado por la imposibilidad del CAF de cambiar tan rápido como el sistema de selección de canales [27].

- **Bucle de Enganche de Fase (PLL).**

El bucle de enganche de fase se utiliza para asegurar la estabilidad de la salida de FI, consiste en un discriminador o detector de fase, un filtro pasa bajo y un oscilador controlado por tensión (VCO) tal como se ve en la figura 2.20, cuando una señal ingresa al discriminador compara la frecuencia de entrada f_1 con la del VCO, lo que produce una diferencia en la salida que después es filtrada y realimenta el VCO para cambiar su frecuencia, cuando no llega una señal de entrada al discriminador de fase el VCO trabaja en su frecuencia f_2 [9].

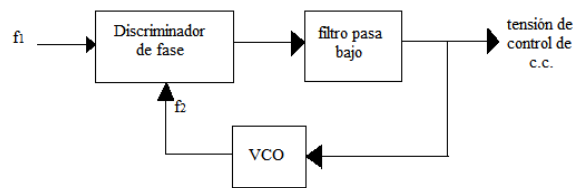


Fig. 2. 20 Bucle de Enganche de Fase (PLL)
Fuente: Revista Club Saber Electrónica [25].

- **Control automático de Ganancia (AGC).**

El control automático de ganancia maneja la ganancia del sintonizador, cuando la señal de la antena es baja, es decir a medida que la señal incrementa se reduce la ganancia de FI hasta llegar al mínimo valor, es entonces cuando la ganancia del sintonizador comienza a reducirse y cuando esta llega al mínimo se dice que el sistema llegó a su máxima señal de entrada [27].

- ❖ **Frecuencia Intermedia de Video (FIV)**

El FIV amplifica la señal recibida por el sintonizador, para este proceso consta en su etapa inicial de un filtro de entrada que prepara la señal antes de ingresar al amplificador de tal forma que todas las componentes de video tengan la misma amplitud, además atenúa la

portadora de sonido y sus bandas laterales para que no interfieran entre sí. Luego se procede a agregar la información de sonido, para lo cual se agrega una portadora de dicha señal modulada a 4,5 MHz por encima de la de video, tal como se muestra en la figura 2.21 [27].

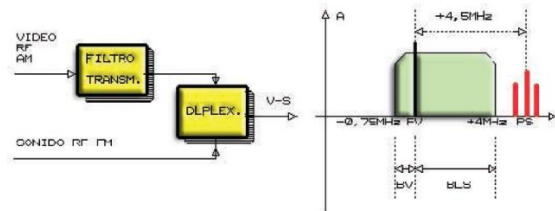


Fig. 2. 21 Transmisión de la señal de video y sonido
Fuente: Revista Club Saber Electrónica [28].

❖ Señal compuesta de video

La señal que sale del FI se denomina señal LUMA/COLOR, la cual a su vez tiene tres portadoras que llevan la información de: LUMINANCIA (información de color de la imagen), CROMINANCIA (colorea la información de color) y de SONIDO. A la portadora de luminancia se la denomina principal, mientras que a la de crominancia y sonido se le llama subportadora de color y de sonido respectivamente, tal como se muestra en la figura 2.22. Todas estas informaciones se transmiten juntas mediante diferentes técnicas de multiplexado, para luego ser separadas y enviadas a sus correspondientes etapas del TV, sin que estas interfieran entre sí [25].

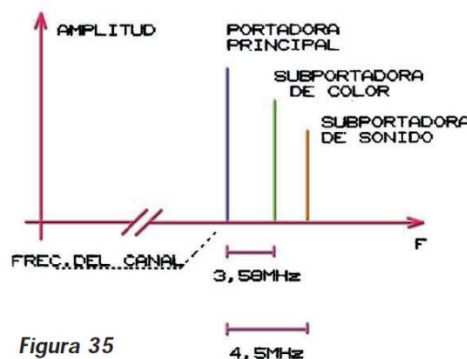


Figura 35

Fig. 2. 22 Señal compuesta de video
Fuente: Revista Club Saber Electrónica [27].

❖ Matriz V-Y

La estructura del receptor requiere las componentes R (Rojo), V (Verde) y A (Amarillo) de cada punto de la pantalla, para lo cual se requiere de un decodificador en función de la matiz y saturación, pero esto resulta sumamente caro por lo cual lo más simple y económico es obtener directamente las señales de diferencia al rojo y de diferencia al azul (R-Y y A-Y), luego se obtiene la señal V-Y y por último, con las tres señales de diferencia se obtienen R, V y A. Esta matriz no es más que un conjunto de sumadores e inversores obtenidos con amplificadores operacionales, este circuito se diseña a partir de las ecuaciones matemáticas fundamentales de la colorimetría, la cual indica las proporciones de R, V y A, necesarias para generar color en la pantalla [28].

❖ Sincronismo

La información de sincronismo es separada del resto de señales y es transmitida con la amplitud máxima de la señal portadora, las imágenes que se generan en un TV provienen de una cámara que contiene un mosaico fotoemisor, el cual está formado por una constelación de diminutas gotitas aisladas entre sí, sobre ellas se enfoca la imagen de la escena a transmitir, tal como se muestra en la figura 2.23

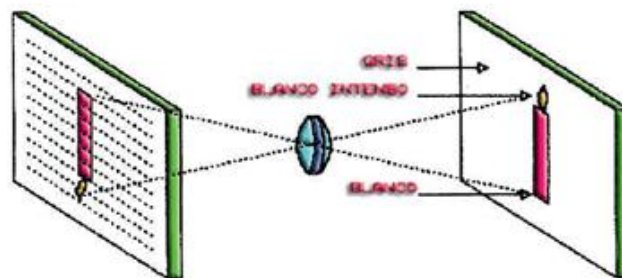


Fig. 2. 23 Mosaico Fotoemisor
Fuente: Revista Club Saber Electrónica [26].

Para transmitir se multiplexa la señal de forma individual para que la información no se mezcle entre sí, por lo que se aprovecha la persistencia retiniana que nos permite observar imágenes como un único cuadro cambiante, a pesar de que se trata de imágenes que se iluminan a razón de 48 veces por segundo. Para conseguir esto se utilizan dos llaves, la llave 1 conecta una gotita fotoemisora al cable de comunicación y la llave 2 se conecta su led correspondiente, esto con el fin de excitar un punto de nuestra retina y guardar esa

información hasta que la gotita vuelva a ser conectada por la llave. Para que la imagen del receptor sea igual a la enviada por el transmisor, ambas llaves deben moverse en forma síncrona, ya sea de izquierda a derecha (horizontal) o de arriba hacia abajo (vertical) [28].

❖ Tubo de Rayos Catódicos (TRC)

El tubo de rayos catódicos es considerado como la interface TV/USUARIO, la pantalla está recubierta de un compuesto formado por varios tipos de fósforos, los cuales son excitados por bombardeo generado por el cañón electrónico, también está formado por una reja de control que regula la intensidad del haz, y un sistema de aceleración de enfoque que produce un fino haz de electrones muy veloces. En la figura 2.24 se muestra su estructura.

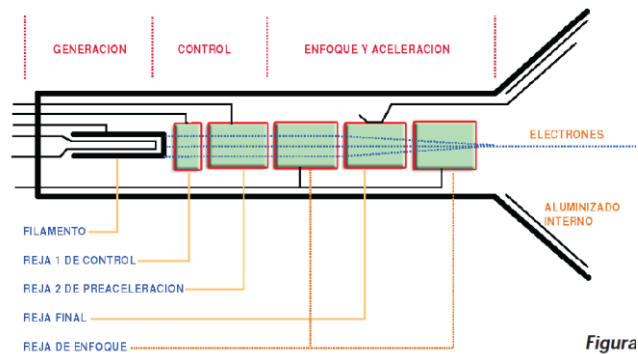


Fig. 2. 24 Estructura de un cañón electrónico
Fuente: Revista Club Saber Electrónica [27].

Cuando el electrón atraviesa un átomo de fósforo entrega parte de su energía cinética y se desprende del cátodo por lo que la reja de control lo dirige hacia la pantalla de tubo, dicho cátodo se conecta a un potencial comprendido entre 20 y 200V para controlar la intensidad de los haces, dicha tensión tiene dos componentes: una continua que varía el brillo, y una alterna que permite modificar el brillo del punto luminoso sobre la pantalla para así formar las imágenes. Esto se consigue agregando un sistema de deflexión magnética para que los haces puedan dirigirse a cualquier parte de la pantalla, a medida que se produce un barrido tanto horizontal como vertical sobre la pantalla se forma la imagen [25].

❖ **FlyBack**

Es un circuito que provee de voltaje al sistema, puede enviar voltajes de 20 a 30 Kv para alimentar el TRC, así mismo como proporcionar bajos voltajes para alimentar los circuitos existentes. Posee un rectificador que convierte los pulsos de alto voltaje en corriente continua que será filtrada por el condensador de TRC, este voltaje puede generarse en un solo bobinado con varias espiras de alambre o de un solo bobinado que envía su salida a un multiplicado de voltaje, también funciona como un divisor de voltaje que proporciona el enfoque y screen de la pantalla [27].

2.2.12 Transmisión de TV

La emisión de TV involucra la transmisión de dos señales por separado, es decir cada transmisor emite dos señales totalmente separadas para la información de imagen y de sonido. La transmisión aural o de sonido utiliza modulación de frecuencias mientras que la de video modulación en amplitud.

Para lo cual se utiliza un puente diplexor el cual es una red que se utiliza para combinar las salidas de dos transmisores que operan a diferentes frecuencias y usan el mismo sistema de antena. La información de video se limita a frecuencias menores a 4MHz mientras que la información de audio se limita a frecuencias menores a 15 KHz.

Entre las principales características de un transmisor se tiene el rango de operación, que puede ser para VHF o UHF, el nivel de potencia máximo, el estándar de transmisión y la constitución de sus amplificadores de potencia. Generalmente los transmisores para VHF tienen potencias desde 5kw hasta 50kw, en cambio en los de UHF se tiene valores menores de 20kw a 1kw [29].

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la Investigación

Para el desarrollo del proyecto se empleó los siguientes tipos de investigación:

Investigación Bibliográfica-Documental

Para conocer más acerca del tema, se utilizó fuentes como libros, revistas, publicaciones científicas, proyectos desarrollados por instituciones encargadas del desarrollo de las telecomunicaciones y de proyectos similares al tema, cada uno de estos relacionados a sistemas de posicionamientos de una antena. De tal forma que con la información recolectada se profundizó en el tema para adquirir conocimientos que ayudaron a la formulación de la propuesta.

Investigación Experimental

Para el desarrollo del proyecto se aplicó investigación experimental, ya que se manipulo el nivel señal de recepción de la antena, con el motivo de obtener un valor óptimo de la señal para tener una imagen y un audio nítidos.

Investigación Aplicada

Para el desarrollo del prototipo se utilizaron los conocimientos obtenidos durante la investigación, esto con el fin de cumplir con los objetivos planteados.

3.2 Población y Muestra

El proyecto no cuenta con población y muestra, puesto que es un proyecto de investigación aplicada.

3.3 Recolección de la Información

Para el presente proyecto se recopiló información de libros, internet, revistas científicas, trabajos de investigación, papers, patentes, guía del tutor para el desarrollo del proyecto, etc.

3.4 Procesamiento y Análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de datos se llevó a cabo los siguientes aspectos:

- Recolección de datos
- Análisis de la información obtenida, que ayudaran a plantear la mejor alternativa de solución.
- Estudio de todas las propuestas de solución planteadas
- Determinación de la mejor alternativa
- Planteamiento de la propuesta de solución.

3.5 Desarrollo del Proyecto

- El desarrollo del presente proyecto se realizó en base a:
- Investigación de los factores que afectan la propagación de ondas electromagnéticas.
- Estudio del sistema de recepción de TV.
- Análisis de requerimientos y determinación de los parámetros y elementos necesarios para el sistema.
- Análisis del voltaje promedio al que la onda electromagnética será considerada aceptable.
- Desarrollo de diagramas y esquemas del sistema.
- Diseño del prototipo del sistema de posicionamiento automático de una antena
 - Diseño de una antena direccional de TV
 - Diseño de la fuente fija de alimentación para el sistema.

- Diseño de un circuito de control de giro de una antena.
- Codificación del programa para el giro del motor
- Realización de pruebas del funcionamiento del sistema.
- Corrección de errores.
- Análisis de los datos obtenidos en la investigación.
- Determinación de la validez del sistema

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La primera transmisión de la televisión ecuatoriana se inauguró oficialmente el lunes 12 de diciembre de 1960, con la emisión en vivo de la ceremonia inaugural de este medio, transmitida desde el Palacio Presidencial de Carondelet de Quito por parte del Dr. Camilo Ponce Enríquez, dichas imágenes eran transmitidas por sistema de cable desde los estudios del Cerro del Itchimbía en Quito y la Casa de la Cultura en Guayaquil, al finalizar el evento se emitieron los primeros programas de entretenimiento, a las provincias de Pichincha, Guayas, Azuay, Tungurahua, Chimborazo, Imbabura, Carchi, El Oro y Loja..

La provincia de Tungurahua cuenta con equipos encargados de la transmisión de la señal, instalados en los cerros: Nitón y Pilisurco, este último se encarga de brindar comunicación a la ciudad de Ambato y Latacunga. Sin embargo en ocasiones la señal se ve afectada por varios factores que interfieren en su recepción, lo que produce que la imagen no sea nítida al momento de llegar al usuario, es por ello que se requiere de un sistema que permita determinar la señal más óptima de forma automática, es decir se tenga una correcta sintonización del canal de televisión, evitando imágenes dobles o con interferencia que en ocasiones se presentan durante la transmisión.

4.1 Análisis de requerimientos

Para el desarrollo del proyecto se tiene en cuenta los requerimientos del sistema, el cual consta de:

- Antena de TV que opera en el rango de frecuencias de VHF y UHF, además de poseer alta ganancia de operación.
- Fuente de alimentación tipo lineal, con voltajes de salidas fijos para alimentar el microcontrolador y el motor respectivamente, la cual tiene una potencia de salida dos veces mayor a la que requiere la carga.
- Motor eléctrico, con un ángulo de paso pequeño, con el fin de realizar las respectivas mediciones de voltaje en diversos puntos, y alto torque que permita el movimiento de la antena de TV.

Teniendo en cuenta los requerimientos se ha establecido el diagrama de bloques en el cual se presentan las etapas de: recepción, alimentación y control, que se muestran en la figura 4.1.

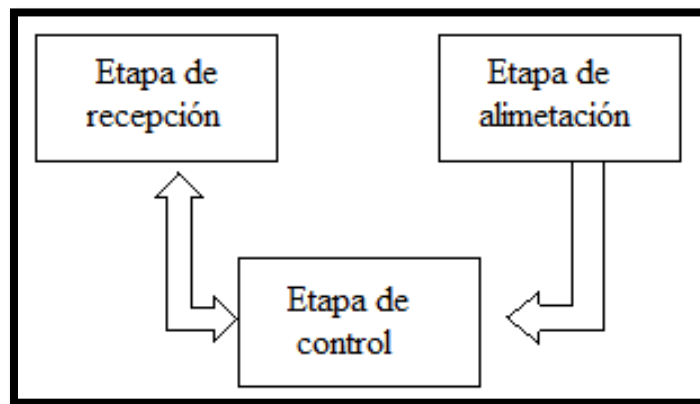


Fig. 4. 1 Etapas del sistema de posicionamiento de una antena
Fuente: Elaborado por la investigadora

❖ Etapa de recepción

La etapa de recepción de la señal está formada por la antena, la cual se encarga de captar las señales electromagnéticas que son enviadas hacia el televisor y de igual manera hacia el microcontrolador, esto se logra gracias al uso de un splitter que permite separar canales desde una sola fuente. Su esquema de bloques se muestra en la figura 4.2:

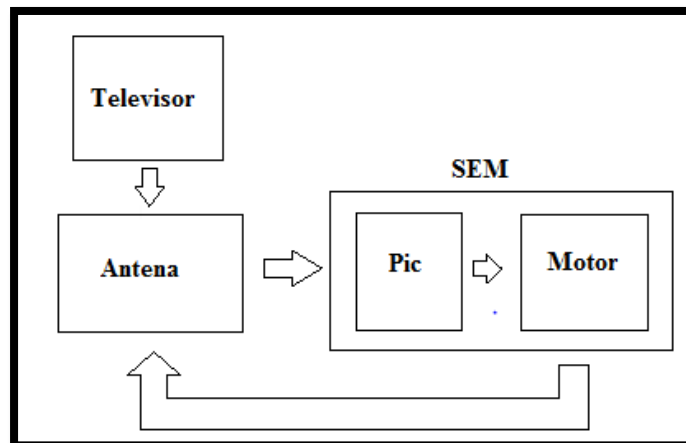


Fig. 4. 2 Esquema de bloques etapa de recepción de la señal de TV
Fuente: Elaborado por la investigadora

❖ Etapa de alimentación

La etapa de alimentación del sistema se encarga de proporcionar energía a todos los elementos que conforman el sistema de posicionamiento, es decir entrega el voltaje de salida necesario para que funcione correctamente. Su esquema se muestra en la figura 4.3



Fig. 4. 3 Esquema de bloques etapa de alimentación del sistema
Fuente: Elaborado por la investigadora

❖ Etapa de control

Esta etapa se encarga de controlar el movimiento del motor, de acuerdo a los parámetros establecidos en el microcontrolador de tal forma que permita el giro de la antena. Está formada por el microcontrolador que se encarga de procesar la señal que ingresa desde la antena, y de acuerdo al valor que capte puede saturar los transistores para mover el motor. Su esquema se muestra en la figura 4.4.

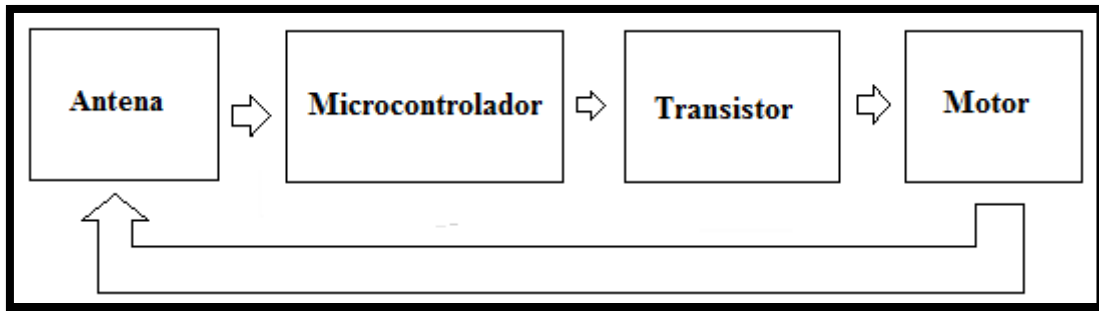


Fig. 4. 4 Esquema de bloques etapa de control
Fuente: Elaborado por la investigadora

❖ **Esquema general**

El esquema general se muestra en la figura 4.5, en donde se unen las etapas previamente descritas. Es decir la fuente de alimentación se encarga de brindar energía hacia todo el circuito, de tal forma que el microcontrolador pueda captar el voltaje proveniente de la antena, y de acuerdo a las condiciones establecidas en el microcontrolador este envíe pulsos para activar el motor y permitir el giro de la antena.

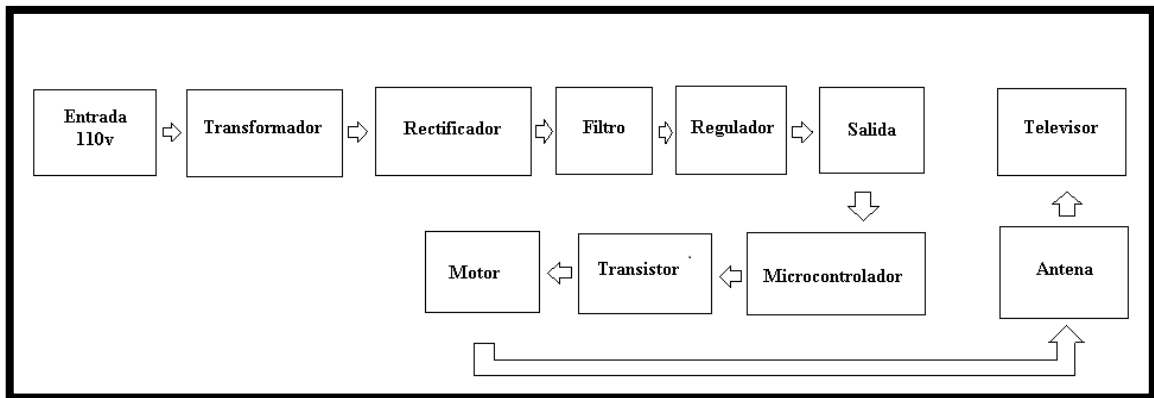


Fig. 4. 5 Esquema general del sistema
Fuente: Elaborado por la investigadora

4.2 Diseño del sistema

Una vez determinado los requerimientos y el diagrama de bloques del sistema, se procedió al diseño de los subsistemas, luego de cual se realizó la selección de los elementos de cada uno de los circuitos más importantes que lo conforman, a continuación se detalla los parámetros para elegir cada uno de los componentes del sistema.

4.2.1 Antena

Para la selección de la antena se debe tener en cuenta que existen dos tipos de antenas: las direccionales y las omnidireccionales, para el presente proyecto se eligen las de tipo direccional puesto que son ideales para enlaces punto a punto, además aumentan la calidad del enlace mediante la concentración de fuerza de la señal de la antena en dirección de la señal de tráfico y la reducción de interferencias de señales no deseadas. Se recomienda su uso cuando la señal es transmitida de una dirección particular.

Además, se realiza una comparación de la ganancia de varias antenas, lo que permite tener un criterio de selección en base a este parámetro, los datos se detallan a continuación en la tabla 4.1:

Tabla 4. 1 Comparación de ganancias de las antenas

Tipo de Antena	Ganancia sobre un Dipolo de ½ Onda (dB)
Radiador Isotrópico	-2,1
Ground Plane ¼ de onda	0,4
Dipolo de ½ Onda	0,0
Cuadra 1 elemento	2,0
Cuadra 2 elementos	7,0
Cuadra 3 elementos	10,0
Yagi 2 elementos	5,0
Yagi 3 elementos	8,0
Yagi 4 elementos	10,0

Fuente: <http://www.todoantenas.cl/ganancia-antenas.html> [30].

De los datos previamente analizados se observa que las antenas con mayor ganancia son: la cuadra de 3 elementos y la Yagi de 4 elementos, puesto que ambas poseen una ganancia de 10dB. Al analizar dichas antenas se elige la Yagi puesto que la cuadra a pesar de poseer la misma ganancia con menor número de elementos, posee un ancho de banda reducido y requiere de una minuciosa construcción puesto que de lo contrario su rendimiento será inaceptable. Por el contrario la antena Yagi proporciona gran cobertura en áreas abiertas y su diseño es mucho más sencillo.

Además, al ser de tipo direccional mejora el alcance del sistema así como la potencia de la señal que se recibe desde una dirección dada, además de ser ideales para enlaces punto a punto y de reducir el riesgo de interferencia de la señal.

❖ Diseño de la antena de TV

Para el diseño de la antena se toma en cuenta las bandas de frecuencias asignadas para transmisión terrestre, tanto para VHF (Canales del 2-13) y UHF (Canales 21-69), dicho espectro radioeléctrico se divide de acuerdo al Reglamento de Radiocomunicación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), como la región en la que se encuentra Ecuador está formada por América del Norte y Sur, y de acuerdo al Plan Nacional de Distribución de Frecuencias para televisión abierta se establece los rangos que se muestran en la tabla 4.2:

Tabla 4. 2 Rango de frecuencias VHF y UHF

BANDA VHF	FRECUENCIA	CANALES
Banda I	54-72 MHz	2-4
	76-88 MHz	5-6
Banda III	174-216 MHz	7-13
Banda IV	500-608 MHz	19-36
	614-644 MHz	38-42
Banda V	644-862 MHz	43-49

Fuente: http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/cuadernillo_3.pdf [31].

Por lo tanto, el rango de frecuencias que se utiliza es de 54MHz a 862MHz, puesto que cubre todo el rango de VHF y UHF, para el diseño de la antena se obtiene la frecuencia intermedia entre los valores antes mencionados.

$$f_i = \frac{f_{min} + f_{max}}{2} \text{ [MHz]} \quad [4.1]$$

$$f_i = \frac{54 + 862}{2} \text{ [MHz]}$$

$$f_i = 458 \text{ [MHz]}$$

Según Isidoro Berral en su libro “Instalación de antenas de televisión”, para el diseño de una antena Yagi, el dipolo tiene una longitud de $\lambda/2$, el reflector tiene una longitud mayor

es decir $\lambda/2 + 5\%$, mientras que los directores disminuyen a razón del 5%. De tal forma que las fórmulas que se utilizan se detallan a continuación:

Dónde:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [4.2]$$

C es igual a la velocidad de la luz ($3 \cdot 10^8$ m/seg) y como la frecuencia para TV está dada en MHz podemos realizar el siguiente reemplazo:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/seg}}{f_i \cdot 10^6 \text{ 1/seg}}$$

$$\lambda = \frac{300}{f_i} [m]$$

Por lo tanto:

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{150}{f_i} [m]$$

- Reflector

$$1,05 \frac{\lambda}{2} = \frac{1,05 \cdot 150}{f_i} = \frac{157,5}{f_i} [m]$$

$$1,05 \frac{\lambda}{2} = \frac{157,5}{458} [m]$$

$$\boxed{1,05 \frac{\lambda}{2} = 34,4 [cm]}$$

- Dipolo

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{150}{f_i} [m]$$

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{150}{458} [m]$$

$$\boxed{\frac{\lambda}{2} = 32,8 [cm]}$$

- Directores

$$m = 0,95 \frac{\lambda}{2} = \frac{0,95 * 150}{fi} [m]$$

$$m = \frac{142,5}{fi} = \frac{142,5}{458} [m]$$

$$\boxed{m = 31,1[cm]}$$

$$n = 0,9 \frac{\lambda}{2} = \frac{0,9 * 150}{fi} [m]$$

$$n = \frac{135}{fi} = \frac{135}{458} [m]$$

$$\boxed{n = 29,5[cm]}$$

$$p = 0,85 \frac{\lambda}{2} = \frac{0,85 * 150}{fi} [m]$$

$$p = \frac{127,5}{fi} = \frac{127,5}{458} [m]$$

$$\boxed{p = 27,8[cm]}$$

La distancia entre los elementos que conforman la antena se determina por:

- Separación dipolo-reflector

$$S_{dr} = 0,18\lambda$$

$$S_{dr} = \frac{0,18 * 150}{fi} = \frac{54}{fi} [m]$$

$$\boxed{S_{dr} = \frac{54}{458} = 11,8[cm]}$$

- Separación dipolo-1er director

$$S_{dd} = 0,09\lambda$$

$$S_{dd} = \frac{0,09 * 150}{f_i} = \frac{27}{f_i} [m]$$

$$S_{dd} = \frac{27}{458} = 5,9 [cm]$$

- Separación entre directores

$$S_d = 0,18\lambda$$

$$S_d = \frac{0,18 * 150}{f_i} = \frac{54}{f_i} [m]$$

$$S_d = \frac{54}{458} = 11,8 [cm]$$

Entonces la antena debe poseer las dimensiones que se observan en la tabla 4.3:

Tabla 4. 3 Dimensiones de la Antena Yagi

Antena Yagi	Dimensión [cm]
Reflector	34,4
Dipolo	32,8
1er Director	31,1
2do Director	29,5
3er Director	27,8

Fuente: Elaborado por la investigadora

En la figura 4.6 se muestra las medidas y ubicación de los elementos de la antena yagi.

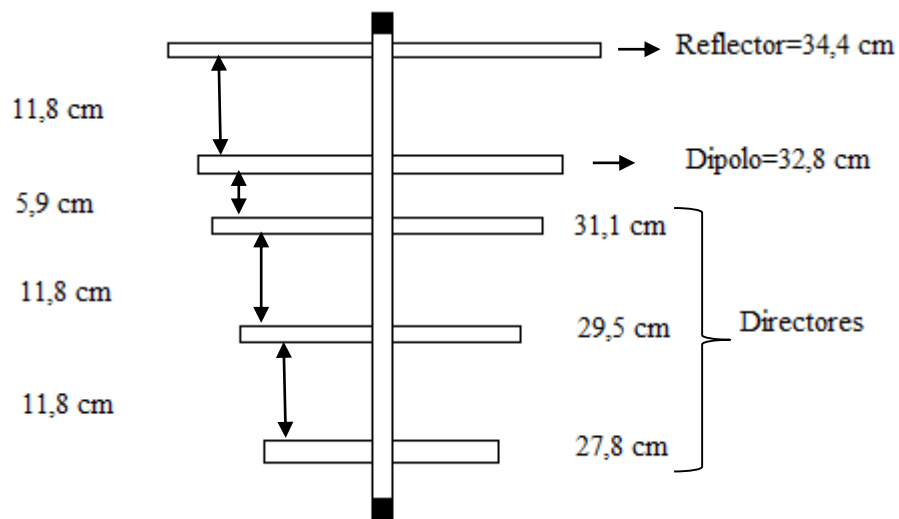


Fig. 4. 6 Antena Yagi para el prototipo
Fuente: Elaborado por la investigadora

4.2.2 Circuito de control

Para el diseño del circuito de control es necesario seleccionar y diseñar ciertos elementos tales como:

❖ Microcontrolador

Para el proyecto se toma en cuenta la familia de gama media debido a que poseen una amplia variedad de dispositivos de entrada y de salida, además de contar con varios puertos que permiten la comunicación paralela con dispositivos externos, también cuentan con temporizadores y comparadores. Es por ello que se elige tres microcontroladores comúnmente utilizados en circuitería de la familia 16F, los cuales se analizan a continuación en la tabla 4.4:

Tabla 4. 4 Comparación de microcontroladores

CARACTERISTICAS	16F628A	16F876A	16F877A
Memoria de datos	224 bytes RAM, 128 bytes EEPROM	368 bytes RAM, 256 bytes EEPROM	368 bytes RAM, 256 bytes EEPROM
Memoria de programa	FLASH, 1K de instrucciones de 14 bits c/u	FLASH, 8K de instrucciones de 14 bits c/u	FLASH, 8K de instrucciones de 14 bits c/u
Instrucciones	35	35	35
Frecuencia Máxima	20MHz	20 MHz	20 MHz
Timer	3	3	3
Convertidor Análogo/Digital 10 bits	No	5 canales de entrada	8 canales de entrada
Corriente Máxima por pin a la salida	25 mA	25 mA	25 mA
Corriente Máxima	150mA	250mA	250mA
Voltaje de alimentación	2 a 5,5 V	2 a 5,5 V	3 a 5,5 V
Oscilador	XT	XT, RC, HS, LP	XT, RC, HS, LP
Número de pines	18	28	40

Fuente: Elaborado por la investigadora basado en datasheet

El sistema requiere de un microcontrolador que posea entradas analógicas puesto que la señal medida en la antena es análoga, además requiere una memoria de programación de tipo FLASH que permita regrabar la información o permita futuras actualizaciones del programa.

De las características antes mencionadas se observa que el 16F628A a pesar de ser uno de los microcontroladores más utilizados en el mercado, no posee una de las características más importantes que exige el proyecto, que es tener entradas analógicas por lo que está descartado. Mientras que los microcontroladores 16F876A y 16F877A poseen características similares que los hacen versátiles, eficientes y prácticos para ser empleados en diversas aplicaciones de la electrónica, de los cuales se elige el 16F876A ya que al poseer menor número de pines lo hacen ideal para el proyecto puesto que no se requiere de varias entradas/salidas para el sistema, resultando su diseño mucho más

simple, además cabe recalcar su bajo costo en comparación al 16F877A. El microcontrolador 16F876A posee varios puertos que se dividen en: Puerto A (6 bits), puerto B (8 bits) y puerto C (8 bits) tal como se ve en la figura 4.7.

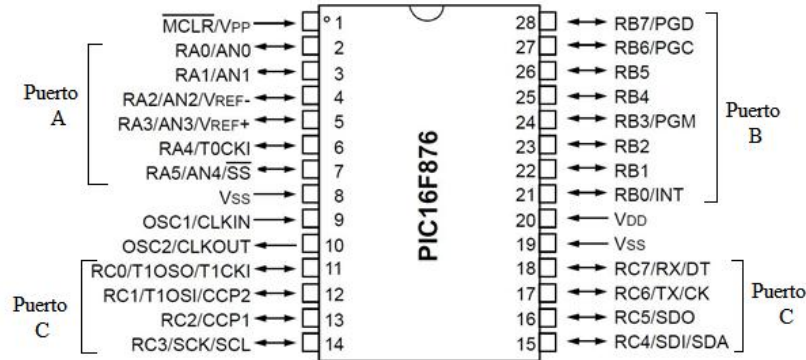


Fig. 4. 7 Distribución de puertos PIC 16F876A

Fuente: http://www.wvshare.com/datasheet_html/PIC16F876A-PDF.html [32]

❖ Motor

El sistema requiere un motor que posea mayor precisión de giro, es decir que presente pequeños movimientos por cada pulso que se le aplique, además este debe poseer la fuerza necesaria para mover la antena sin problemas. En la tabla 4.5 presentada a continuación se presenta una comparación entre los motores eléctricos previamente estudiados.

Tabla 4. 5 Comparación motores eléctricos

Parámetro	Motor	
	Paso a paso	Servomotor
Ángulo de giro	0,72° a 90°	0°, 90° y 180°
Cambio de giro	Fácil de invertir	Complicado
Ruido y vibración	Notable	Muy pequeño
Velocidad	Lento de 1000 a 2000 rpm	Rápido de 3000 a 5000 rpm
Método de control	Ciclo abierto	Ciclo cerrado
Costo de motor y driver	Barato	Costoso
Circuito de control	Sencillo	Complicado

Fuente: Elaborado por la investigadora basado en datasheet

Por las características antes expuestas se escoge el motor paso a paso, puesto que posee mayor precisión de giro, la operación del motor se sincroniza con las señales generadas por los pulsos enviados desde los puertos del sistema de control, lo que los hace ideales para el manejo exacto de rotación, además permiten un cambio de giro que no presenta complicaciones. Entre sus múltiples ventajas este motor permite controlar fácilmente su velocidad por medio de comandos enviados desde el computador sin olvidar su bajo costo.

Como los motores paso a paso se dividen en bipolares y unipolares, el motor a elegirse es el unipolar debido a que tiene cuatro interruptores lo que permite que su diseño sea mucho más sencillo en comparación de los bipolares que tienen ocho, además para controlarlo basta con activar secuencialmente dichos interruptores, presentando una programación mucho más simple.

El motor a utilizarse en el proyecto es Unipolar: PN55L-048-HG69 el cual se muestra en la figura 4.8.



Fig. 4. 8 Motor PN55L-048-HG69

Fuente: <http://www.eminebea.com/en/product/rotary/steppingmotor/pm/standard/pm55l-048.shtml> [33].

En la tabla 4.6 se detallan las características técnicas más importantes del motor seleccionado:

Tabla 4. 6 Características técnicas motor PN55L-048-HG69

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PN55L-048-HG69
Número de pasos por revolución	48
Ángulo de incremento	7.5 grados /paso
Voltaje	24 [V]
Corriente/Fase	800 [mA]
Potencia	19,2 [W]
Máximo torque	120 [mNm]
Resistencia de la bobina/Fase	30 [Ω]
Resistencia de aislamiento	100 [M Ω]

Fuente: <http://www.nmbtc.com/motors/part-numbers/Permanent-Magnet-Stepper-55mm/PM55L-048/4873> [34].

❖ Lenguaje de programación del microcontrolador

Debido a que el lenguaje de alto nivel brinda mayores beneficios en comparación al lenguaje de bajo nivel, se lo escoge para la programación del microcontrolador del presente prototipo, de acuerdo a los requerimientos es indispensable un software de fácil manejo, compatible con Sistemas Operativos Windows para lo cual se selecciona Microcode, ya que presenta las características necesarias para el sistema, las cuales se detallan en la tabla 4.7.

Tabla 4. 7 Características software Microcode

Característica	Microcode
Lenguaje de programación	Basic, Bajo y Alto nivel
Compatibilidad	Windows XP, Windows 7, Windows 8 de 32 bits
Compilador	Pic Basic Pro (PBP)
Extensión	.hex, .pbp, .cof
Costo	Gratuito

Fuente: Elaborado por la investigadora [18].

❖ Diseño de la fuente de alimentación del sistema

La fuente del prototipo debe ser capaz de solventar las necesidades tanto de la parte eléctrica como de la parte mecánica, debido a que los elementos requieren que se trabaje con voltajes de +24VDC y +5VDC, se utilizará un transformador con toma central cuya relación de transformación es 120VAC-60Hz / 18VAC-60Hz, la fuente consta de las siguientes etapas: transformador, rectificador, filtro, regulador y salida, tal como se muestra en el esquema de la figura 4.9.

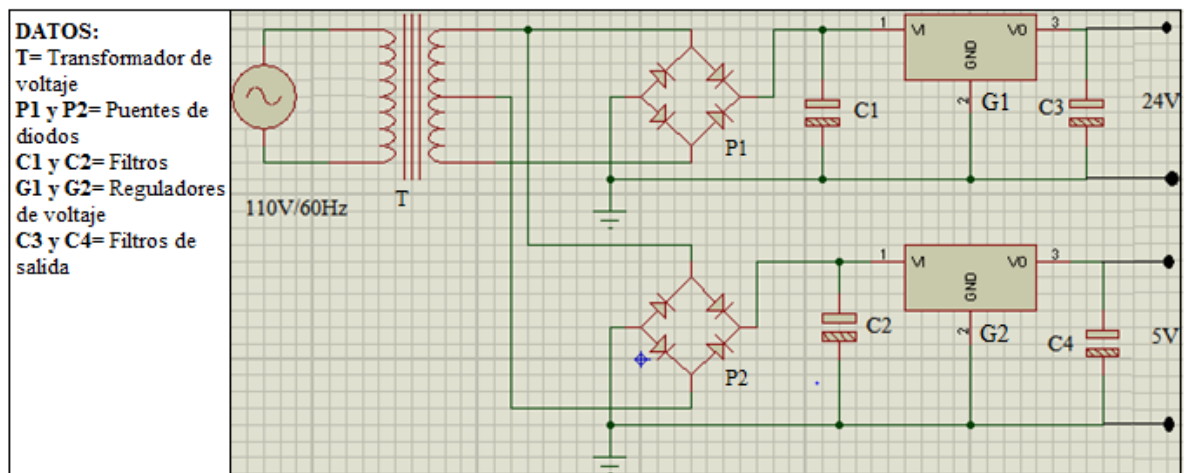


Fig. 4. 9 Esquema fuente de alimentación
Fuente: Elaborado por la investigadora

❖ Etapa de transformación

Para calcular la potencia que consume el sistema de posicionamiento, se debe determinar la carga total con la que va a trabajar la fuente, para lo cual se toma en cuenta el consumo de corriente de los elementos que la conforman, dichos valores se detallan en la tabla 4.8.

Tabla 4. 8 Consumo total de corriente de la fuente de alimentación

Elementos	Corriente (mA)	Voltaje (V)	Potencia(W)
Microcontrolador 16F876	250	5	1,25
Motor	800	24	19,2
CONSUMO TOTAL	1050	29	20,45

Fuente: Elaborado por la investigadora

Por lo tanto la potencia consumida por el circuito ser a de 20,4W, por lo que el transformador a utilizarse deberá suministrar una potencia mayor por razones de confiabilidad para el circuito. De tal manera que la corriente del transformador es de 2A, de tal forma que la potencia del sistema es:

$$P = 18V * 2A$$

$$P = 36W$$

❖ Etapa de rectificación

Para la etapa de rectificación de la onda se utilizan dos puentes de diodos, debido a que se requiere de dos voltajes diferentes a la salida de la fuente, el primero será colocado entre los terminales +12V y -12V y el segundo entre +12V y GND del transformador. Además, se debe tener en cuenta que al utilizar este tipo de rectificado la frecuencia es el doble de la red es decir 120Hz, tal como se muestra en la siguiente figura 4.10.

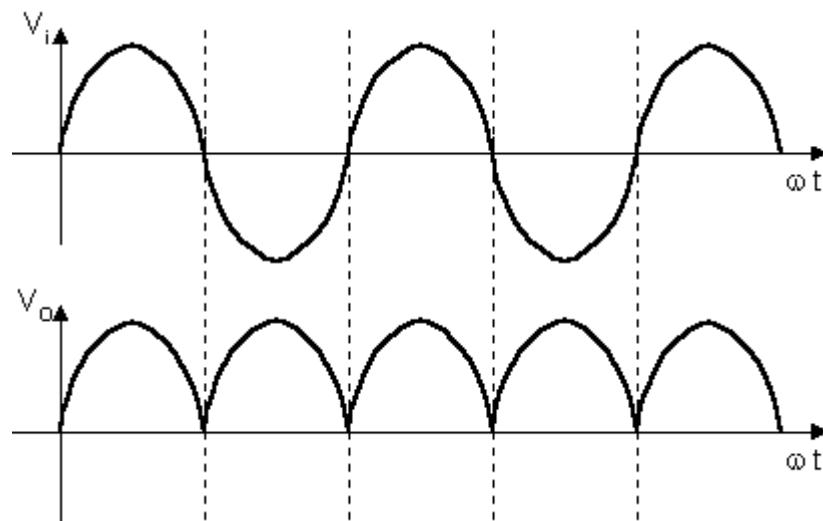


Fig. 4. 10 Frecuencia a la salida del puente de diodos

Fuente: <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Componentes/teoria%20de%20diodo.html> [35].

❖ Etapa de filtración

• Cálculo para la fuente de 24V

Para el cálculo del condensador se debe tener en cuenta el voltaje máximo ($V_{m\acute{a}x}$), el mismo que se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$V_{m\acute{a}x} = \sqrt{2} * V_o \quad [4.3]$$

Donde V_o es el voltaje proveniente de los terminales del transformador

$$V_{m\acute{a}x} = \sqrt{2} * 24V$$

$$V_{m\acute{a}x} = 33,8V$$

A este valor se le debe restar el voltaje consumido por los diodos (0.7V por c/diodo), debido a que solo funcionan un par de estos por cada ciclo se tiene que:

$$0,7V * 2 = 1.4V$$

Por lo tanto el voltaje máximo será:

$$V_{max} = 33,8V - 1,4V$$

$$V_{max} = 32,4V$$

Para determinar el valor del condensador que se requiere para esta fuente se debe utilizar la fórmula que se muestra a continuación:

$$C = \frac{5 * I}{f * V_{max}} \quad [4.4]$$

Dónde:

I=corriente máxima del transformador (2A)

f=frecuencia (120Hz)

Reemplazando los valores en la ecuación 4.4 se tiene:

$$C1 = \frac{5 * 2}{120 * 32,4}$$

$$C1 = 0,00257F$$

$$C1 = 2570\mu F$$

- **Cálculo para la fuente de 5V**

Para la salida de la fuente se debe tener en cuenta que el voltaje que proviene del transformador es de 12V, por lo que se toma dicho voltaje como de ingreso (V_o):

$$V_{max} = \sqrt{2} * V_o$$

$$V_{max} = \sqrt{2} * 12V$$

$$V_{max} = 17V$$

A este voltaje se le resta el voltaje consumido por los diodos, de tal forma que el voltaje máximo es:

$$V_{max} = 17V - 1,4V$$

$$V_{max} = 15,6V$$

Para determinar el condensador se debe utilizar la fórmula 4.4 y reemplazar sus respectivos valores:

$$C2 = \frac{5 * 2}{120 * 15,6}$$

$$C2 = 0,00534F$$

$$C2 = 5340\mu F$$

❖ Etapa de regulación

- **Cálculo para la fuente de 24V**

Después de la etapa de filtrado se coloca un regulador de voltaje, en el caso de la fuente de 24V se utiliza el LM350K (tipo variable de tres terminales) el rango de voltaje de operación se encuentra de 1,25V hasta 33V, dicho voltaje de salida depende de la relación entre las resistencias R2 y R1, determinado por la siguiente formula:

$$V_r = 1,25 \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) \quad [4.5]$$

Dónde:

V_r = Voltaje de salida del regulador LM350K

Se debe tener en cuenta que el voltaje de entrada (V_{in}) debe estar como mínimo a 3V por encima del voltaje de salida deseado. Típicamente R1 es del orden de los 200Ω, en este caso se escogió 560Ω con el fin de obtener valores fijos de resistencias, reemplazando los valores en la ecuación 4,5 para obtener R2:

$$24V = 1,25 \left(1 + \frac{R2}{560} \right)$$

$$\frac{24}{1,25} = \left(1 + \frac{R2}{560}\right)$$

$$19,2 = \left(\frac{560 + R2}{560}\right)$$

$$10752 = 560 + R2$$

$$R2 = 10192\Omega$$

$$R2 \cong 10k\Omega$$

De tal forma que R1 debe estar colocado a la salida del regulador, mientras que R2 ubicado en el terminal de ajuste (ADJ) y a tierra, de tal forma que el esquema del LM317 se muestra en la figura 4.11

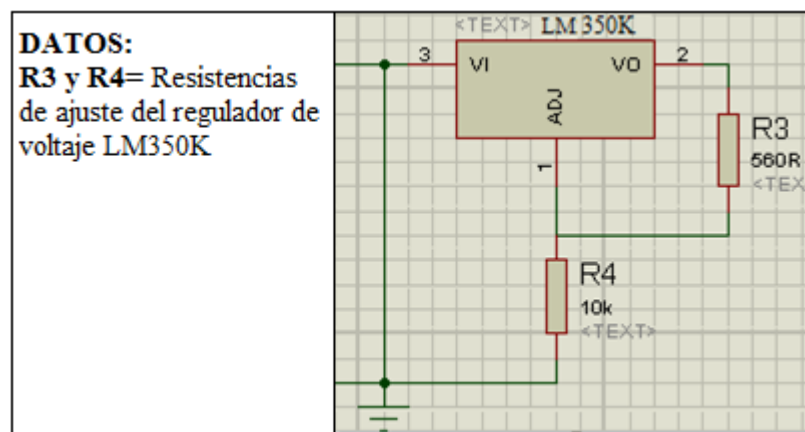


Fig. 4. 11 Conexión de resistencias del LM350K
Fuente: Elaborado por la investigadora

- **Cálculo para la fuente de 5V**

Para la fuente de 5V se utilizara un regulador de voltaje fijo de tres terminales, en este caso el LM7805. Además en ambos tipos de fuentes se debe colocar un filtro en paralelo a la salida de cada regulador (paralelo a la carga), esto con el fin de contrarrestar el ruido y las caídas de tensión por la descarga del condensador, por lo que basta con utilizar un capacitor de 0,1 a 10uF en cada una de las salidas. Además estos dispositivos requieren de otros condensadores sumamente bajos, en este caso de 0,33uF para el LM7805 y 0,22uF para el LM350K, dichos valores son recomendados en sus respectivos datasheets, los mismos que deben ser colocados a la entrada de cada regulador para filtrar la tensión de posibles transitorios y picos indeseables.

❖ Etapa de protección

Otro factor a tener en cuenta es la protección de los elementos de la fuente, los reguladores de voltaje de tres terminales cuentan con un mecanismo interno de protección que evita su destrucción, sin embargo se debe proteger al resto del sistema contra cortocircuitos y sobrecargas para lo cual se utiliza un par de diodos que impida el retorno de corrientes, además de proporcionar un camino de baja resistencia para la circulación de altas corrientes de descarga de los condensadores (ubicados a la salida del rectificador) generadas cuando se suspende el voltaje de entrada, estos diodos se colocan tal como se muestra en la figura 4.12.

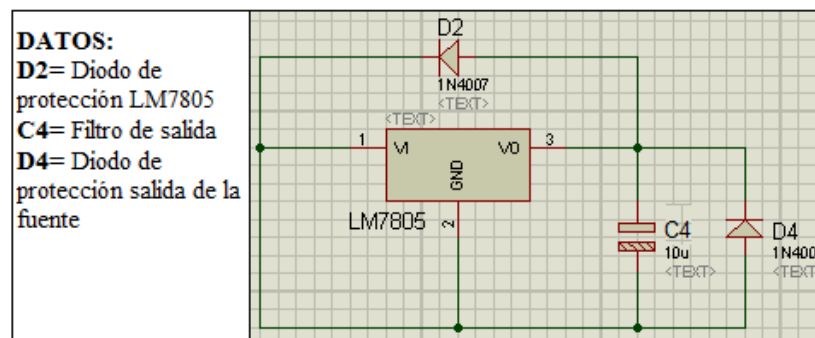


Fig. 4. 12 Diodos de protección de la fuente de alimentación
 Fuente: Elaborado por la investigadora

Este circuito de protección se utiliza en los reguladores de voltaje tanto de la fuente de 24V como la de 5V, además por los requerimientos de potencia que requiere el circuito se añadió de tal forma que el circuito se verá como se muestra en la figura 4.13.

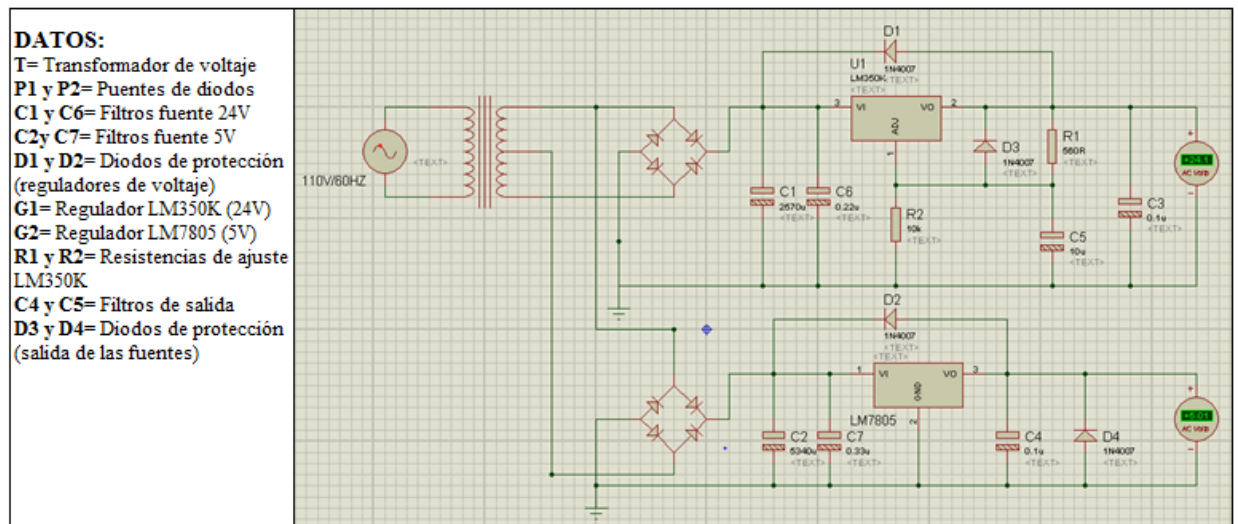


Fig. 4. 13 Esquema de la fuente de alimentación
 Fuente: Elaborado por la investigadora

Además para protección del circuito se adiciona un fusible a la entrada de +12VDC del transformador, las respectivas pistas se realizaron en el programa Eagle.

❖ Diseño del sistema de control del motor

El control del movimiento del motor se realiza por medio de transistores, los mismos que permiten el encendido y apagado de una de sus cuatro bobinas a la vez (figura 4.14).

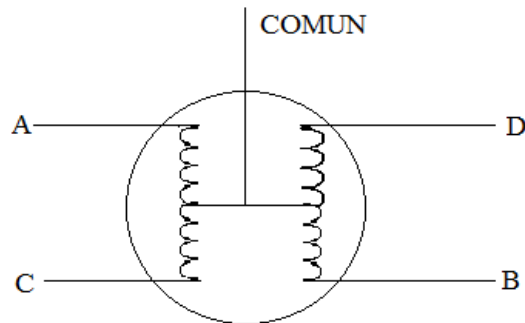


Fig. 4. 14 Bobinas de un motor unipolar

Fuente: <http://www.todorobot.com.ar/tutorial-sobre-motores-paso-a-paso-stepper-motors/> [36]

Parámetros para control del motor

Para realizar el movimiento del motor, se establece condiciones que permitan su giro, es por ello que se determine el nivel de la señal de los canales de VHF y UHF, para lo cual se realiza mediciones del voltaje de ingreso, desde la antena hacia el sintonizador del receptor, obteniendo los resultados que se muestran a continuación en las tablas 4.9 para VHF y 4.10 para UHF:

Tabla 4. 9 Voltajes canales VHF

VHF						
Señal	Canal 4	Canal 5	Canal 7	Canal 8	Canal 10	Canal 12
Mala	1,6v	1,615v	1,68v	1,6v	1,4v	1,51v
Regular	1,75v	1,7v	1,76v	1,81v	1,6v	1,6v
Buena	1,82v	1,85v	1,83v	2,01v	1,79v	1,69v
Muy Buena	1,95v	1,9v	2v	2,34v	1,96v	1,8v

Fuente: Elaborado por la investigadora

Tabla 4. 10 Voltajes canales UHF

UHF									
Señal	Canal 22	Canal 24	Canal 28	Canal 32	Canal 34	Canal 36	Canal 41	Canal 43	Canal 47
Mala	1,53v	1,65v	1,5v	1,67v	1,4v	1,76v	1,65v	1,34v	1,56v
Regular	1,75v	1,8v	1,73v	1,85v	1,76v	1,87v	1,78v	1,54v	1,89v
Buena	1,9v	1,9v	1,95v	2v	1,86v	1,99v	1,93v	1,87v	2,2v
Muy Buena	2,1v	2,15v	2,2v	2,4v	1,96v	2,3v	2v	2,15v	2,43v

Fuente: Elaborado por la investigadora

Para la determinación del voltaje óptimo tomamos los valores más altos de las previas mediciones y se obtiene un promedio del valor de voltaje de dichas señales, tanto para VHF como UHF, como se muestra en la tabla 4.11.

Tabla 4. 11 Mediciones de voltaje más altas en VHF y UHF

VHF									
Señal	Canal 4	Canal 5	Canal 7	Canal 8	Canal 10	Canal 12			
Muy Buena	1,95v	1,9v	2v	2,34v	1,96v	1,8v			
UHF									
Señal	Canal 22	Canal 24	Canal 28	Canal 32	Canal 34	Canal 36	Canal 41	Canal 43	Canal 47
Muy Buena	2,1v	2,15v	2,2v	2,4v	1,96v	2,3v	2v	2,15v	2,43v

Fuente: Elaborado por la investigadora

$$V_{promedio} = \frac{\sum v}{n}$$

$$V_{promedio_{VHF}} = \frac{1,95 + 1,9 + 2 + 2,34 + 1,96 + 1,8}{6} [v]$$

$$V_{promedio_{VHF}} = 1,99 \approx 2[v]$$

$$V_{promedio_{UHF}} = \frac{2,1 + 2,15 + 2,2 + 2,4 + 1,96 + 2,3 + 2 + 2,15 + 2,43}{9} [v]$$

$$V_{promedio_{UHF}} = 2,19 \approx 2,2 [v]$$

Entonces se busca el promedio entre la señal de VHF y UHF obtenidos previamente, la cual será considerada como óptima, el cual servirá para la realización del programa.

$$V_{optimo} = \frac{2 + 2,2}{2} [v]$$

$$V_{optimo} = 2,1 [v]$$

Por lo tanto, mediante las mediciones tomadas se determina que el voltaje óptimo es de 2,1 o mayor a este, cabe recalcar que este valor puede variar ya que existen canales que poseen mayor potencia de transmisión, por lo que la señal captada tendrá un valor más elevado.

El circuito está configurado de tal manera que un extremo de cada bobina del motor paso a paso se encuentra conectado al terminal positivo de la fuente de 24V, mientras que sus otros extremos están conectados a los colectores de los transistores TIP 122, los mismos que son controlados por el microcontrolador el cual envía un pulso a la base de los transistores, permitiendo así encender una bobina a la vez para generar cada paso del motor, tal como se muestra en la figura 4.15.

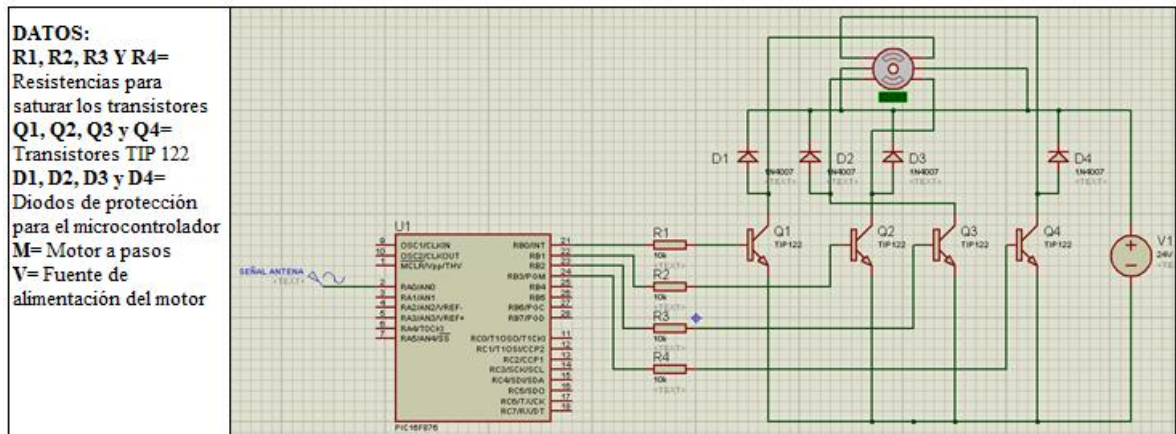


Fig. 4. 15 Conexión del microcontrolador con el motor
 Fuente: Elaborado por la investigadora en Proteus 8.1

Cada TIP se encuentra conectado a los pines RB0-RB3 del microcontrolador 16F876A, los cuales utilizan una resistencia de 10 K (valor recomendado) para generar la corriente que necesita la base para activar el transistor. Además, se adiciona diodos de protección del colector de cada transistor al voltaje positivo que esté conectado el cable común del motor, esto para proteger al PIC del efecto inductivo que genera el motor.

4.2.3 Diseño del programa

Para la realización de programas de computadoras mediante lenguajes de programación, Jesús Rodríguez en su libro “Introducción a la programación” indica que se tienen los siguientes pasos: análisis, diseño y desarrollo del algoritmo, codificación del programa y ejecución.

❖ Análisis

El programa debe iniciar con el movimiento de la antena en la posición que esta se encuentre, para lo cual el microcontrolador busca el valor más alto de voltaje que ingresa desde la antena hacia el microcontrolador, para luego compararla con un valor previamente establecido, el cual es considerado como óptimo, de tal forma que si la señal es menor el motor mueve la antena, mientras que si por el contrario es mayor se detiene.

Al mismo tiempo las mediciones que ingresan al microcontrolador se comparan, es decir el valor anterior con el actual, de tal forma que si el valor de voltaje captado disminuye la antena se redireccionará.

❖ Diseño y desarrollo del algoritmo

Se pueden utilizar varias técnicas para el diseño de algoritmos, en este caso se utiliza flujogramas, los mismos que permiten representar gráficamente el programa. A continuación se muestra el flujograma del programa previamente descrito en la figura 4.16.

A iniciar el programa se establecen las respectivas variables de entrada, El programa del microcontrolador lee un voltaje análogo por el pin RA0 (entrada analógica), una vez que detecta dicho voltaje éste es almacenado en la variable A (voltaje actual), posteriormente este valor se compara con un valor de referencia (Valor de voltaje óptimo para una buena señal) en caso de que el valor de A sea mayor o igual al voltaje óptimo (VO) el programa se detiene y se enciende la luz verde (pin RC4) para indicar que encuentra un valor aceptable de señal.

En el caso contrario en que el voltaje de A sea menor que el de VO, el programa ejecuta dos posibles opciones, para lo cual realiza una comparación entre el voltaje actual A y el

voltaje anterior B, si A es mayor o igual a B realiza un giro horario para lo cual se tiene un contador (i) que inicia en 0, de tal forma que para mover el motor en dicho sentido este va incrementando en 1 su valor actual, mientras que para el giro antihorario dicho contador disminuye su valor en uno. A su vez dicho proceso se visualiza en el puerto C mediante leds indicadores ubicados en los pines RC0 a RC3.

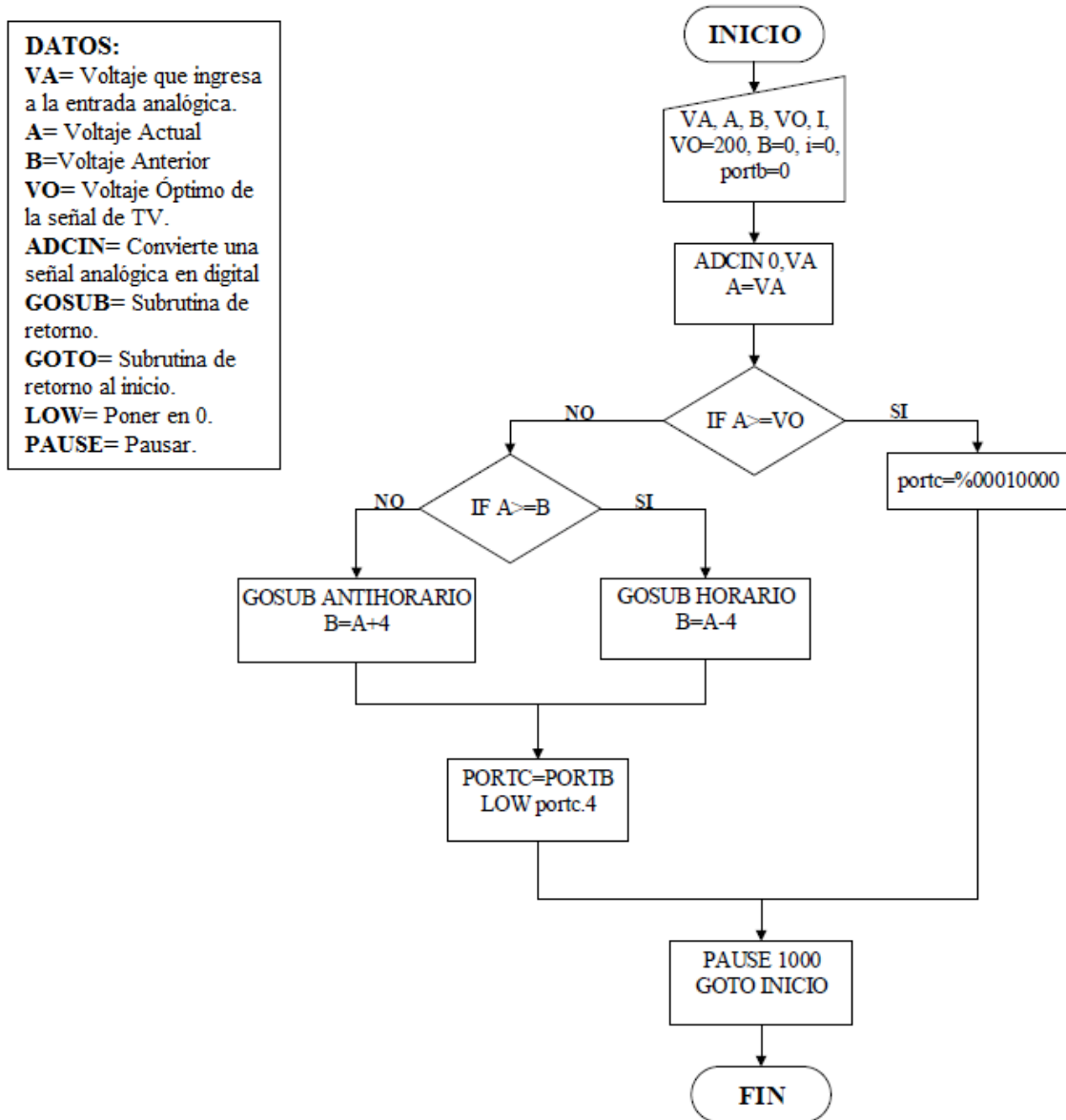


Fig. 4. 16 Flujograma movimiento del motor
 Fuente: Elaborado por la investigadora en Visio 2013

- **HORARIO**

La subrutina Horario, realiza el giro del motor en este sentido, a medida que el motor da un paso acciona una bobina por lo cual el contador definido con la letra *i* toma en cuenta el número de bobina en la cual estamos posicionados, esto se hace con la finalidad de conseguir un movimiento cíclico necesario para generar el continuo movimiento de movimiento del motor. En el caso de que el motor haya alcanzado 4 pasos el contador *i* se posiciona en la última bobina por lo cual debe ser restablecido con el valor de 1 para indicarle al microcontrolador que debe empezar a activar nuevamente la primera bobina. En figura 4.17 que se muestra a continuación:

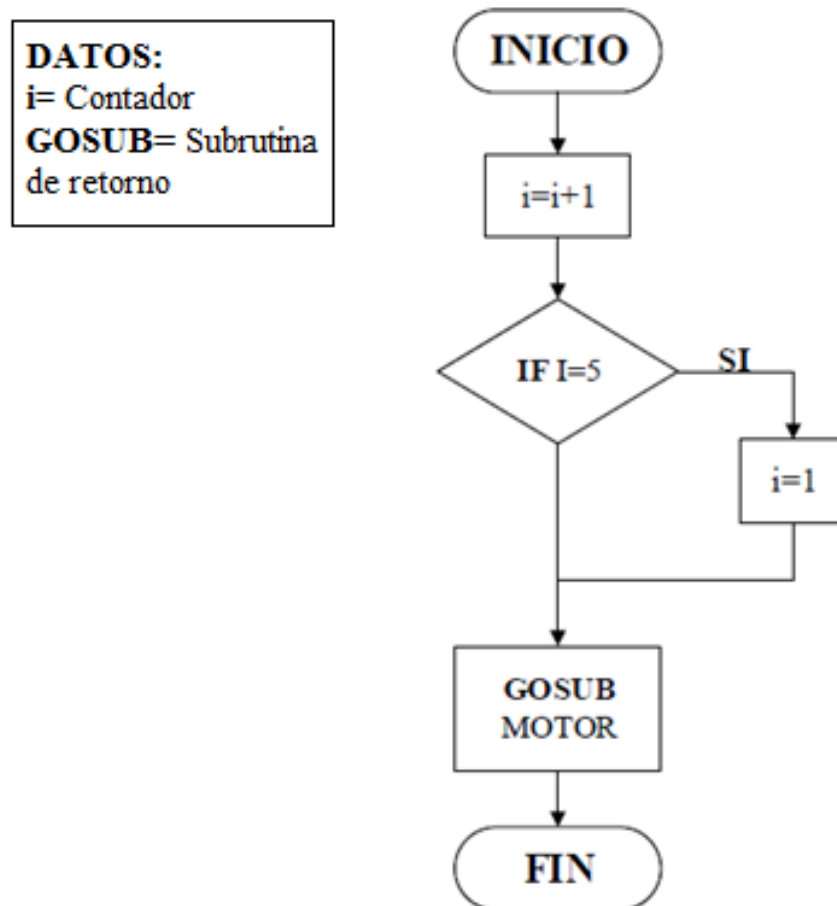


Fig. 4. 17 Flujograma subproceso horario
Fuente: Elaborado por la investigadora en Visio 2013

- **ANTIHORARIO**

Cuando se determina que un cambio de movimiento debe ser realizado la principal característica que se debe tomar en cuenta es la posición de la última bobina accionada, es por ello que cuando la subrutina antihorario es activada el valor del contador i determina en que bobina nos quedamos estacionados y realiza un decremento del contador con el objetivo de realizar un movimiento en sentido contrario de que se estuvo realizando originalmente. Dicho flujograma se muestra en la figura 4.18.

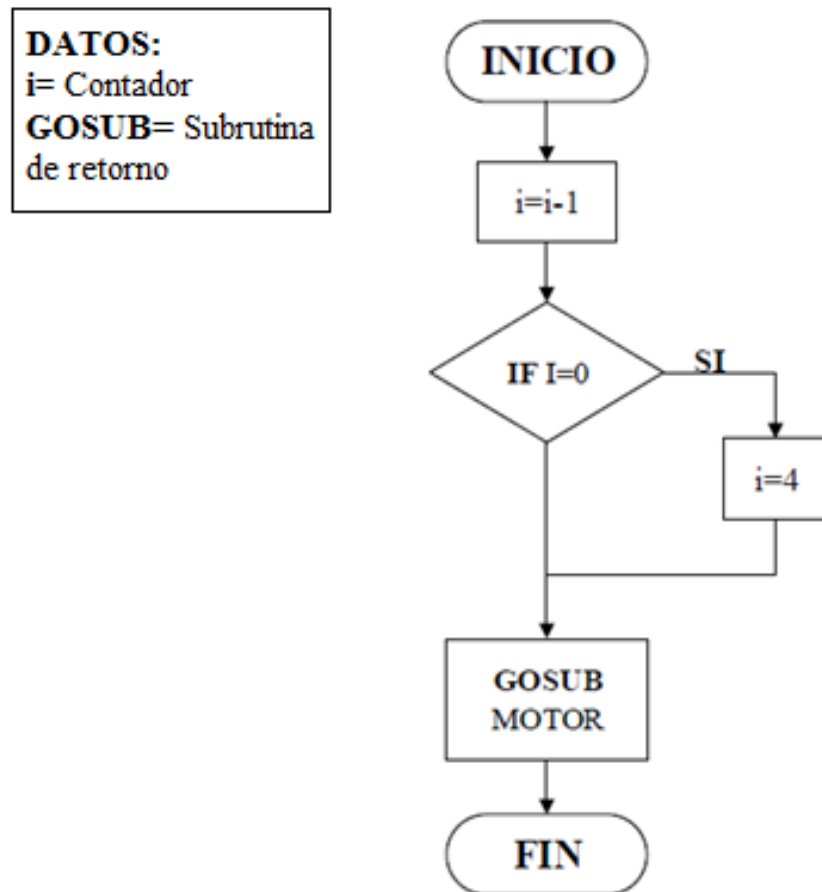


Fig. 4. 18 Flujograma subproceso antihorario
Fuente: Elaborado por la investigadora en Visio 2013

- **MOTOR**

Para llevar a cabo el movimiento del motor se utiliza un CASE que depende de la variable *i*, dicha variable simula las cuatro bobinas del motor, es decir que cada vez que incremente se enciende un pin del puerto B del microcontrolador de acuerdo al caso en que este se encuentre, por ejemplo si el contador está en el número 3 se enciende el pin RB2, se utiliza 4 pines del puerto B ya que se trata de un motor unipolar de 4 bobinas, es decir que una vez que el contador llega hasta dicho tope este se reinicia para continuar con el movimiento normal del motor, su respectivo flujograma se detalla en la figura 4.19 que se visualiza a continuación:

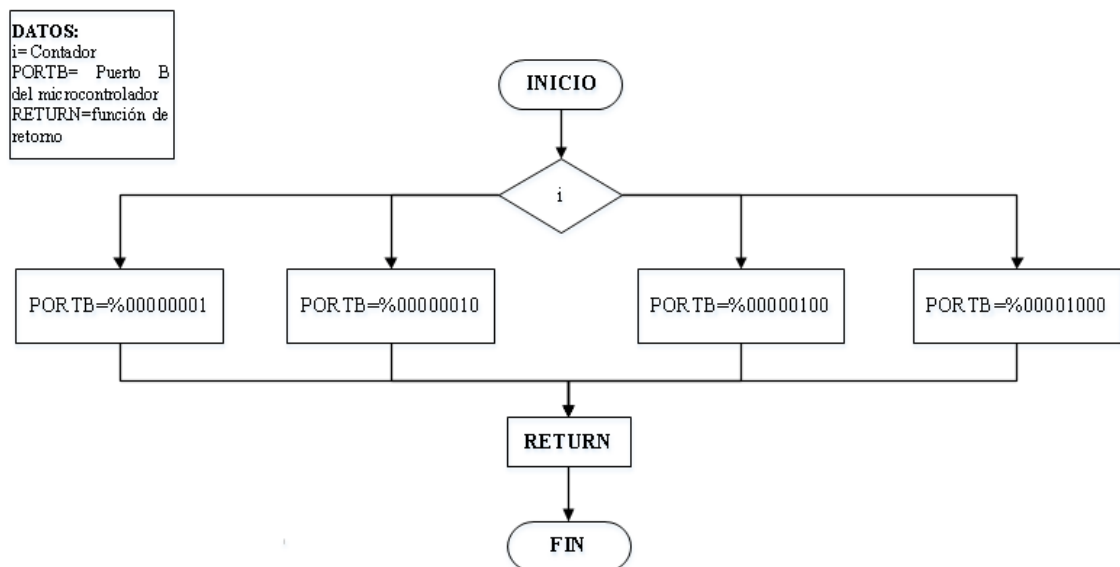


Fig. 4. 19 Flujograma subproceso motor
Fuente: Elaborado por la investigadora en Visio 2013

❖ Codificación del programa

```
include "modedefs.bas"
@ device HS_osc
.....
DEFINE ADC_BITS 8      ' Establecer la resolución a 8 bits
DEFINE ADC_CLOCK 3    ' establecer el reloj a (rc = 3)
DEFINE ADC_SAMPLEUS 50 ' Establece el tiempo de muestreo en 50
microsegundos
.....
ADCON1=0
TRISC=%11100000
TRISB=%11100000
.....
'DECLARACIÓN DE VARIABLES
VA VAR BYTE
A VAR BYTE
B VAR BYTE
VO VAR BYTE
i VAR BYTE
VO=200
B=0
i=0
portb=0

INICIO:

ADCIN 0, VA
A=VA
IF A>=VO THEN
portc=%00010000
portb=0
ELSE
IF A>=B THEN
```

```
GOSUB HORARIO
B=A-4
ELSE
GOSUB ANTIHORARIO
B=A+4
ENDIF
PORTC=PORTB
LOW portc.4
ENDIF
PAUSE 1000
GOTO INICIO
END
```

HORARIO:

```
i=i+1
```

```
IF I=5 THEN
```

```
i=1
```

```
ENDIF
```

```
GOSUB MOTOR
```

```
RETURN
```

ANTIHORARIO:

```
i=i-1
```

```
IF I=0 THEN
```

```
i=4
```

```
ENDIF
```

```
GOSUB MOTOR
```

```
RETURN
```

MOTOR:

```
SELECT CASE i
```

```
CASE 1
```

```
PORTB=%00010001
```

```
CASE 2
```

PORTB=%00010010

CASE 3

PORTB=%00010100

CASE 4

PORTB=%00011000

END SELECT

RETURN

4.3 Corrección de errores

Mediante la realización de pruebas de laboratorio se determina el funcionamiento del prototipo y del programa diseñado para posicionar la antena, para lo cual se utiliza una caja cubierta con papel aluminio en su interior, esto con el fin de simular una jaula de Faraday de tal forma que evite que la energía externa interfiera con el sistema de control, además, se realiza cinco pruebas de funcionamiento, en donde se obtuvo las observaciones que se detallan a continuación:

❖ Sobrecalentamiento en la fuente de tensión de 24V

Problema: El motor paso a paso consume energía innecesariamente aun cuando la antena no se encuentra en movimiento, lo que provoca que el regulador de la fuente de tensión de 24V se sobrecaliente.

Solución: El motor debe ser apagado cuando no sea necesario su uso, para ello se ha utilizado un transistor que funciona como un switch para encender y apagar el motor, dicho esquema se muestra en la figura 4.20.

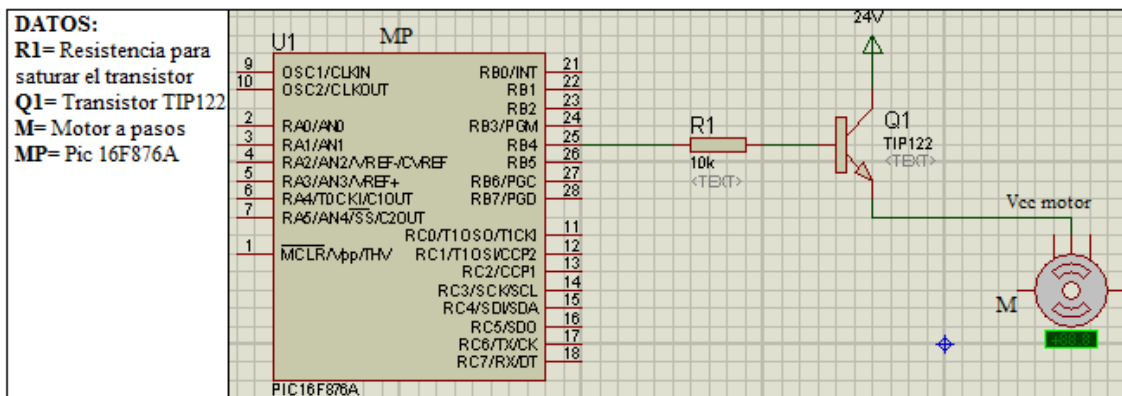


Fig. 4. 20 Transistor para encender/apagar el motor
Fuente: Elaborado por la investigadora en Proteus 8.1

Dicho transistor se controla por el microcontrolador para lo cual se utiliza el pin RB4, el cual se encarga de enviar un 1 lógico cuando el voltaje receptado es menor que el óptimo ($V < V_{\text{óptimo}}$) de tal forma que la corriente enviada por el microcontrolador sature la base y permita el paso de corriente entre colector y emisor, es decir alimente al motor, de igual forma envía un 0 lógico cuando el voltaje receptado es mayor o igual al voltaje óptimo ($V \geq V_{\text{óptimo}}$) de manera que no circule corriente por el transistor y por tanto el circuito se encuentre abierto.

Para ello se realiza cambios en la programación los cuales se mencionan a continuación:

- El primer cambio consiste en declarar el pin RB4 como salida

Antes	Después
TRISB=%11110000	TRISB=%11100000

- El segundo cambio es agregar una línea de código en la primera condición IF para que apague el motor.

Antes	Después
IF A>=VO THEN	IF A>=VO THEN
portc=%00010000	portc=%00010000
	portb=0

- El tercer cambio consiste en tener activo el pin RB4 de tal forma que el motor este encendido.

Antes	Después
SELECT CASE i	SELECT CASE i
CASE 1	CASE 1
PORTB=%00000001	PORTB=%00010001
CASE 2	CASE 2
PORTB=%00000010	PORTB=%00010010
CASE 3	CASE 3
PORTB=%00000100	PORTB=%00010100
CASE 4	CASE 4
PORTB=%00001000	PORTB=%00011000

❖ Excesivo consumo de energía

Problema: El motor paso a paso consume excesiva potencia, ya que al mover la antena sobrepasa la capacidad de entrega de corriente hacia la carga que soporta el regulador de voltaje de la fuente de 24V, es decir exige mayor cantidad de intensidad de corriente que no es capaz de proporcionar, es por ello que este se sobrecalienta y deja de funcionar hasta lograr enfriarse por sí solo o por el disipador de calor.

Solución: Se opta por utilizar un transistor bipolar, en este caso el 2n3055 comúnmente usado en fuentes de alimentación, el cual consta de las características que se detallan en la tabla 4.12:

Tabla 4. 12 Características transistor 2n3055

Características	Símbolo	Valor
Voltaje colector-emisor	V_{CE}	60 (V)
Voltaje colector- base	V_{BC}	100 (V)
Voltaje emisor- base	V_{BE}	7 (V)
Corriente colector	I_C	15 (A)
Corriente de base	I_B	7 (A)

Fuente: Elaborado por la investigadora

Dicho transistor se coloca en paralelo al regulador de voltaje, el mismo que permite suministrar mayor potencia sin riesgos de ruptura en alguno de los componentes, ya que permite incrementar la corriente por encima del valor máximo del regulador, dicha cantidad depende de la carga que posee, es por ello que se dice que actúa como una fuente de corriente. El esquema del circuito se muestra en la figura 4.21.

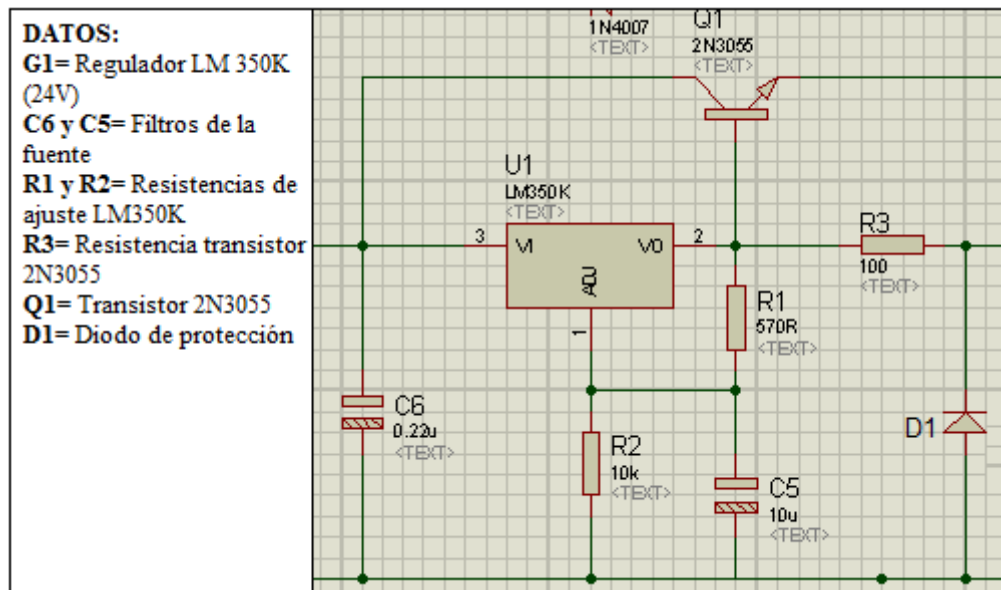


Fig. 4. 21 Corrección de la fuente de voltaje de 24V
Fuente: Elaborado por la investigadora en Proteus 8.1

Además, se realizan mediciones en el circuito para comprobar que el transistor soporta la corriente que circula a través de el, y se obtuvo los datos que se detallan en la tabla 4.13:

Tabla 4. 13 Medición de corriente en el circuito

ELEMENTO	CORRIENTE (mA)
Resistencia (100Ω)	185
Transistor 2n3055	820

Fuente: Elaborado por la investigadora

❖ Interferencias en el TV

Problema: El televisor en ocasiones se ve afectado por interferencia electromagnética, ésta es originada por el motor paso a paso que se encarga de mover a la antena ya que actúa como un generador de interferencias de radiofrecuencia que se presenta en forma de bandas horizontales en la pantalla, tal como se muestra en la figura 4.22.



Fig. 4. 22 Interferencia por bandas horizontales en el TV
Fuente: Elaborado por la investigadora

Solución: Se han realizado varias pruebas con el fin de solucionar este problema y se determina que basta con alejar el motor del circuito de control al menos 80cm, dichos datos se detallan en la tabla 4.14.

Tabla 4. 14 Distancia a la que el TV se ve afectado por el motor

DISTANCIA (m)	SEÑAL
0,2	Pésima
0,4	Mala
0,6	Mala
0,8	Buena
1	Buena
1,5	Buena

Fuente: Elaborado por la investigadora

De tal forma que la distancia mínima recomendable que debe existir entre el motor y el circuito de control debe ser de 80cm, debido a que se evite interferencias electromagnéticas generadas por el motor.

4.4 Construcción del prototipo

Para la construcción del prototipo se realizó el diseño general del sistema de posicionamiento en el software AutoCAD, el cual se muestra en la figura 4.23.

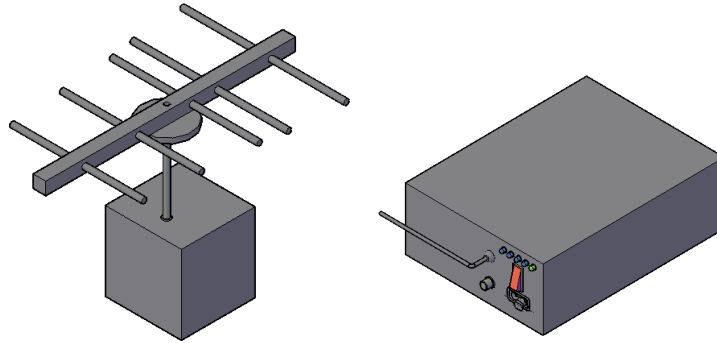


Fig. 4. 23 Diseño sistema de posicionamiento
Fuente: Elaborado por la investigadora

Para realizar la conexión entre el la antena y el circuito de control se utiliza un splitter de dos canales, el cual se encarga de recibir la señal de la antena de TV a su entrada, mientras que sus salidas son conectadas mediante cable coaxial (75Ω), una es conectada hacia el televisor, y la otra es hacia el circuito de control. En donde dicha señal se conecta a la entrada del microcontrolador, el cual se encarga de leer dicho valor, y ejecutar las órdenes programadas en el pic.

Para conectar el circuito de control con el motor, se utiliza un cable utp, el cual consta de 5 hilos, encargados de llevar la información del encendido y apagado de cada una de sus bobinas y de la alimentación del sistema. Al realizar estas conexiones, el circuito se ve tal como se muestra en la figura 4.24.



Fig. 4. 24 Prototipo sistema de posicionamiento
Fuente: Elaborado por la investigadora

4.5 Pruebas de funcionamiento

Una vez realizada la construcción del sistema se procede a comprobar el funcionamiento del prototipo, las pruebas se realizan en el sector “La Magdalena” en la ciudad de Ambato, además, se tiene en cuenta 15 canales de televisión en señal abierta en las bandas de VHF y UHF, en donde la señal se cataloga como: mala, regular, buena y muy buena, siendo las dos primeras consideradas como un resultado de experimento desfavorable, mientras que en los dos últimos casos se considera como resultado del experimento favorable.

Para determinar si la señal es mala, regular, buena o muy buena se toma como parámetro referencia el voltaje que se mide en la antena cuando el motor se detiene, es decir: cuando la señal tenga un porcentaje comprendido entre:

- 0-25 % mala
- 26-50% regular
- 51-75% buena
- 76-100% muy buena

La relación entre porcentaje y voltaje se detalla en la tabla 4.15.

Tabla 4. 15 Relación porcentaje-voltaje

Señal	Rango de voltaje
Mala	0-525 [mV]
Regular	0,53-1,1 [V]
Buena	1,11-1,5 [V]
Muy buena	1,6-2,1 [V]

Fuente: Elaborado por la investigadora

A continuación se presentan las tablas de resultados de las pruebas de laboratorio realizadas.

Tabla 4. 16 Prueba 1 de orientación automática del sistema

CANAL	SEÑAL				RESULTADO	
	Mala	Regular	Buena	Muy Buena	Favorable	Desfavorable
2			X		X	
4				X	X	
5				X	X	
7				X	X	
8				X	X	
10				X	X	
12			X		X	
22			X		X	
24				X	X	
28			X		X	
32				X	X	
34				X	X	
36				X	X	
41		X				X
43				X	X	

Fuente: Elaborado por la investigadora

Resultado:

De la prueba se obtienen:

- 14 resultados favorables.
- 1 resultado desfavorable.

Tabla 4. 17 Prueba 2 de orientación automática del sistema

CANAL	SEÑAL				RESULTADO	
	Mala	Regular	Buena	Muy Buena	Favorable	Desfavorable
2				X	X	
4				X	X	
5			X		X	
7				X	X	
8				X	X	
10				X	X	
12				X	X	
22				X	X	
24			X		X	
28				X	X	
32				X	X	
34		X				X
36				X	X	
41			X		X	
43				X	X	

Fuente: Elaborado por la investigadora

Resultado:

De la prueba se obtienen:

- 14 resultados favorables de los cuales
- 1 resultado desfavorable.

Tabla 4. 18 Prueba 3 de orientación automática del sistema

CANAL	SEÑAL				RESULTADO	
	Mala	Regular	Buena	Muy Buena	Favorable	Desfavorable
2	X					X
4				X	X	
5				X	X	
7				X	X	
8				X	X	
10				X	X	
12				X	X	
22			X		X	
24				X	X	
28				X	X	
32				X	X	
34				X	X	
36				X	X	
41				X	X	
43			X		X	

Fuente: Elaborado por la investigadora

Resultado:

De la prueba se obtienen:

- 14 resultados favorables.
- 1 resultado desfavorable.

Tabla 4. 19 Prueba 4 de orientación automática del sistema

CANAL	SEÑAL				RESULTADO	
	Mala	Regular	Buena	Muy Buena	Favorable	Desfavorable
2		X				X
4			X		X	
5				X	X	
7				X	X	
8				X	X	
10				X	X	
12				X	X	
22		X				X
24				X	X	
28				X	X	
32				X	X	
34				X	X	
36				X	X	
41			X		X	
43			X		X	

Fuente: Elaborado por la investigadora

Resultado:

De la prueba se obtienen:

- 13 resultados favorables
- 2 resultados desfavorables.

Tabla 4. 20 Prueba 5 de orientación automática del sistema

CANAL	SEÑAL				RESULTADO	
	Mala	Regular	Buena	Muy Buena	Favorable	Desfavorable
2				X	X	
4				X	X	
5				X	X	
7				X	X	
8				X	X	
10				X	X	
12				X	X	
22				X	X	
24				X	X	
28				X	X	
32				X	X	
34				X	X	
36				X	X	
41		X				X
43			X		X	

Fuente: Elaborado por la investigadora

Resultado:

De la prueba se obtienen:

- 14 resultados favorable.
- 1 resultado desfavorable.

Los resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento estuvieron de acuerdo a lo esperado, ya que en la mayoría de los casos el resultado de la captación de la señal es favorable, a pesar de que no todos las estaciones de canales de televisión presentan las mismas condiciones de transmisión de la señal.

4.6 Evaluación

4.6.1 Confiabilidad del sistema

Para la evaluación general del correcto funcionamiento del sistema, se deben tomar en cuenta los resultados que se obtienen en las pruebas ejecutadas en la fase anterior, en donde se realizan cinco pruebas con el análisis de 15 canales en cada una de ellas. Para lo cual se procede a analizar la señal mediante el porcentaje de voltaje que es captado, de tal forma que debajo de cada prueba de funcionamiento se coloca el número de veces que la señal se mide dentro de su respectivo rango de voltaje, tal como se muestra en la tabla 4.21:

Tabla 4. 21 Resultado pruebas de funcionamiento

Porcentaje de señal	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
0-25 %	0	0	1	0	0
26-50%	1	1	0	2	1
51-75%	4	3	2	3	1
76-100%	10	11	12	10	13

Fuente: Elaborado por la investigadora

De lo que se obtiene los datos que se muestran en la tabla 4.22.

Tabla 4. 22 Análisis pruebas de funcionamiento

Porcentaje de señal	# canales	Porcentaje %
0-25 %	1	1
26-50%	5	6,7
51-75%	13	17,3
76-100%	56	75
TOTAL	75	100

Fuente: Elaborado por la investigadora

De lo que se puede deducir que el sistema captó el 75% de señal dentro de un rango de 76-100% del voltaje óptimo, el 17,3% de la señal dentro de un rango de 51-75%, el 6,7% de señal dentro de un rango de 26-50% de la señal y por último un 1% dentro del rango

de 0-25% de la señal. Mientras que si el análisis, se realiza en base a los resultados favorables y desfavorables se obtiene los datos que se detallan en la tabla 4.23.

Tabla 4. 23 Resultados pruebas de funcionamiento

PRUEBA	RESULTADO	
	# eventos favorable	# eventos desfavorable
Prueba 1	14	1
Prueba 2	14	1
Prueba 3	14	1
Prueba 4	13	2
Prueba 5	14	1
TOTAL	69	6

Fuente: Elaborado por la investigadora

De lo cual se puede deducir que se obtuvo un total de 71 resultados favorables y 4 resultados desfavorables, es decir en porcentaje se tendrá que:

$x = \text{condición óptima}$

$$x = \frac{\text{número de eventos favorables}}{\text{número de eventos totales}} * 100\%$$

$$x = \frac{69 * 100\%}{75}$$

$$x = 92\%$$

$y = \text{condición pésima}$

$$y = \frac{\text{número de eventos desfavorables}}{\text{número de eventos totales}} * 100\%$$

$$y = \frac{6 * 100\%}{75}$$

$$y = 8\%$$

4.6.2 Análisis económico del proyecto

El diseño del sistema de posicionamiento automático para la recepción de señal de TV requiere de diferentes elementos para la implementación de su prototipo. A continuación se muestra dichos elementos y sus respectivos costos.

Para el diseño de la antena se utiliza los elementos que se detallan en la tabla 4.24.

Tabla 4. 24 Precios elementos antena

Cantidad	Descripción	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
1	Tubo cuadrado de aluminio	1,50	1,50
2	Tubo circular de aluminio	0,50	1,00
1	Balum	0,65	0,65
2	Cable coaxial 75Ω	0,65	1,30
10	Tornillos de 4cm	0,10	1,00
6	Conector cable coaxial	0,20	1,20
5	Separador de dipolo	0,20	1,00
TOTAL (USD)			7,65

Fuente: Elaborado por la investigadora

En lo que respecta al diseño de la fuente de alimentación del sistema se utiliza los elementos que se detallan en la tabla 4.25.

Tabla 4. 25 Precios elementos fuente de alimentación

Cantidad	Descripción	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
1	Transformador 120/18V	9,00	9,00
1	LM350K	4,00	4,00
1	2N3055	1,00	1,00
1	Componentes electrónicos	5,00	4,00

1	Disipador de calor	1,00	1,00
1	LM7805	1,00	1,00
1	Cable de poder	1,00	1,00
TOTAL (USD)			21,00

Fuente: Elaborado por la investigadora

En lo que respecta al diseño del circuito de control se utiliza los elementos que se detallan en la tabla 4.26.

Tabla 4. 26 Precios elementos circuito control del motor

Cantidad	Descripción	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
1	Motor paso a paso	10,00	10,00
1	PIC 16F876A	5,70	5,70
5	Transistores TIP122	1,00	5,00
1	Componentes electrónicos	1,00	1,00
2	Molex	0,25	0,50
1	Baquelita	5,00	5,00
2	Chasis	15,00	30,00
TOTAL			57,20

Fuente: Elaborado por la investigadora

Por tanto el costo total de los materiales que se utiliza para el proyecto es de \$85,85.

Además, para realizar el cálculo de proyecto se debe tomar en cuenta el total de horas trabajadas que se invierte en el prototipo, este costo se obtiene en base a la ecuación que se muestra a continuación:

$$\text{Costo trabajo} = \text{Total de horas de trabajo} * \text{Costo por hora trabajo}$$

Para obtener el costo por hora de trabajo para un Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones, se toma en cuenta la tabla de remuneraciones mínimas para el año 2015, presentado por el Ministerio de Relaciones Laborales, el cual se muestra en la tabla 4.27.

Tabla 4. 27 Sueldo anual de un Ingeniero Electrónico y Comunicaciones

DESCRIPCIÓN	VALOR (USD)
Valor anual	10266,78
Valor mensual	855,56
Valor diario	42,78
Valor por hora	5,35

Fuente: Elaborado por la investigadora

Para el presente proyecto se toman un total de 200 horas, empleadas para la realización del prototipo, por lo tanto, el costo de trabajo será:

$$\text{Costo trabajo} = 200 * \$5,35$$

$$\text{Costo trabajo} = \$1070$$

En la tabla 4.28 se realiza la suma de todos los gastos que se tuvo en la realización del prototipo, con el fin de determinar el costo final del proyecto.

Tabla 4. 28 Costo total del proyecto

COSTOS	VALOR (\$)
Antena	7,65
Fuente de alimentación	21,00
Circuito de control	57,20
Costo trabajo	1070
TOTAL	1155,85

Fuente: Elaborado por la investigadora

Por lo tanto, el costo total del proyecto es de \$1155,85.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En la investigación realizada se determinó que existen ciertos factores que afectan la propagación de ondas, provocando la pérdida total o parcial de la señal de TV, tales como: la atenuación, reflexión, difracción, refracción y absorción. De los cuales el sistema se ve afectado mayormente por la atenuación puesto que la pérdida mínima que sufre es de 1W hasta llegar al receptor, cabe recalcar que este valor puede ser mayor cuando existen factores climáticos como lluvia, viento, etc.
- El sintonizador de TV es un elemento esencial en el desarrollo del proyecto, puesto que es el encargado de recibir y procesar la señal proveniente de la antena, es por ello que se realizaron las mediciones de voltaje entre la tierra del televisor y el pin de entrada, el cual conecta a la antena con el circuito interno del sintonizador.
- Se debe trabajar con transistores cuando se requiere utilizar cargas que consumen alta corriente, ya que los reguladores de tensión poseen cierto límite de intensidad de corriente que al ser sobrepasada ocasiona daños en el circuito.
- El motor a pasos genera interferencia electromagnética provocando mala visualización, debido a esto debe ser separado a una distancia mínima de 80cm del sistema de control, para evitar dicha interacción con el circuito.

5.2 Recomendaciones

- Debido a que existen factores que afectan la propagación de ondas, es recomendable colocar la antena de TV en espacios despajados, donde no existan obstáculos como edificios, árboles o cables de alta tensión.
- Las mediciones en el sintonizador pueden ser tomadas en los pines de FI o AGC, teniendo en cuenta la frecuencia en la que trabajan cada uno de ellos.
- Al realizar diseño de fuentes de alimentación que consuman altos valores de intensidad de corriente, se puede utilizar reguladores de voltaje de potencia, con el fin de obviar la utilización de transistores.
- Para evitar la interferencia generada el motor se recomienda utilizar una jaula de Faraday la misma que evita interferencias en el circuito de control.

Bibliografía

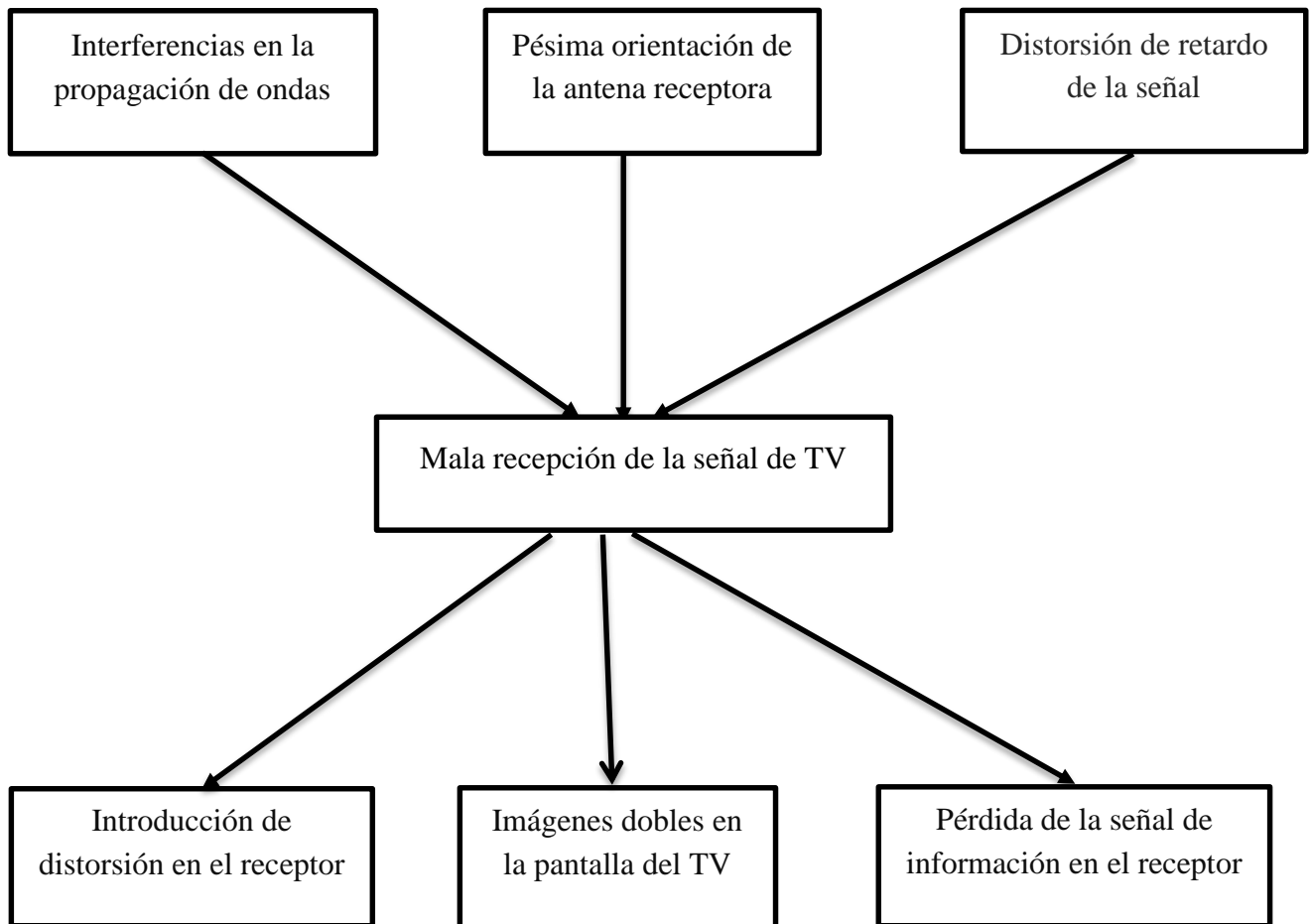
- [1] T. Williams, Historia de la Tecnología, Primera ed., Universidad de Oxford, Madrid: Siglo XXI Editores, 1987.
- [2] M. B. y. S. Vallori, «Sistema de posicionamiento y control de objetos móviles». Patente WO1998043108, 1 Octubre 1998.
- [3] A. Guixa, «Dispositivo de control remoto del ángulo de inclinación del diagrama de radiación de una antena». Patente WO2007135204 A1, 29 Noviembre 2007.
- [4] E. Haro y L. Rodríguez, Control de posicionamiento de una antena satelital, Escuela Politécnica del Litoral, 2010.
- [5] J. Estrella y M. Suing, Diseño y Construcción de un sistema de rastreo de la señal de televisión para UHF comercia, Escuela Politécnica de Quito, 2006.
- [6] A. Carrera, Diseño e Implementación de un sistema de osicionamiento azimutal para una antena del laboratorio sat del Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército, 2007.
- [7] M. Cortes, La máquina eléctrica en general, Primera ed., Barcelona: Reverté, S.A. , 1994.
- [8] M. Barón, Enseñar y aprender tecnología, Primera ed., Buenos Aires: Ediciones Novedades educativas, 2004.
- [9] G. Santamaría y A. Castejón, , Electrotecnia, Editex, 2009.
- [10] A. P. Navarro, Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática, Barcelona: UOC, 2011.
- [11] J. Salas, «TodoElectrodo,» 16 Febrero 2013. [En línea]. Available: <http://todoelectrodo.blogspot.com/2013/02/motor-de-cc.html> . [Último acceso: 2015].
- [12] A. Fitzgerald, C. Kingsley y S. Umans, Electric Machinery, Sexta ed., New York: International Edition, 2003.
- [13] G. Jaime, Electromagnetismo y semiconductores, Valencia: Servicio de Publicaciones,, 1997.

- [14] J. Llinares y A. Page, Electromagnetismo y semiconductores, Universidad Politécnica de Valencia: Reproval.
- [15] J. Manzano, «Motores a pasos,» marzo 2005. [En línea]. Available: <http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/lased/2002-03/MotoresPasoPaso/ident.htm>.
- [16] G. Zabala, «Robotica,» *User Powers*, nº 20, pp. 135-139.
- [17] A. Díaz y Raigoso, Sistemas de regulación y control, Primera ed., Barcelona: Marcombo, 2011.
- [18] S. Corrales, Electrónica práctica con microcontroladores PIC, Imprenta Gráfica, 2006.
- [19] F. Valdés, Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC, España: Marcombo, 2007.
- [20] M. Fernando, Técnicos de soporte informático de la comunidad de castilla y león, primera edición ed., Mad, SL., Enero, 2006.
- [21] W. Tomasi, Sistemas de comunicaciones electrónicas, Cuarta ed., G. Trujano, Ed., Prentice Hall, 2003.
- [22] M. Faúndez, Sistemas de comunicaciones, Barcelona: Marcombo S.A., 2001.
- [23] J. Balcells, F. Daura, R. Esparza y R. Pallás, Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos, Barcelona: Marcombo S. A., 1992.
- [24] J. Romeu, A. Cardama y S. Blanch, Antenas, Universidad Politécnica de Catalunya: El Tinter, 1998.
- [25] H. Vallejo, «Aprenda TV a color en 8 lecciones, lección 1 y 2,» *Club Saber Electrónica*, nº 11, Noviembre 2005.
- [26] H. Vallejo, «Aprenda TV a color en 8 lecciones, lección 7 y 8,» *Club Saber Electrónica*, nº 17, mayo 2006.
- [27] H. Vallejo, «Aprenda TV a color en 8 lecciones, lección 5 y 6,» *Club Saber Electrónica*, nº 15, marzo 2006.
- [28] H. Vallejo, «Aprenda TV a color en 8 lecciones, lección 3 y 4,» *Club Saber Electrónica*, nº 13, Enero 2006.
- [29] S. Howard, Reference Data for Radio Engineers, Quinta edición, 1974.

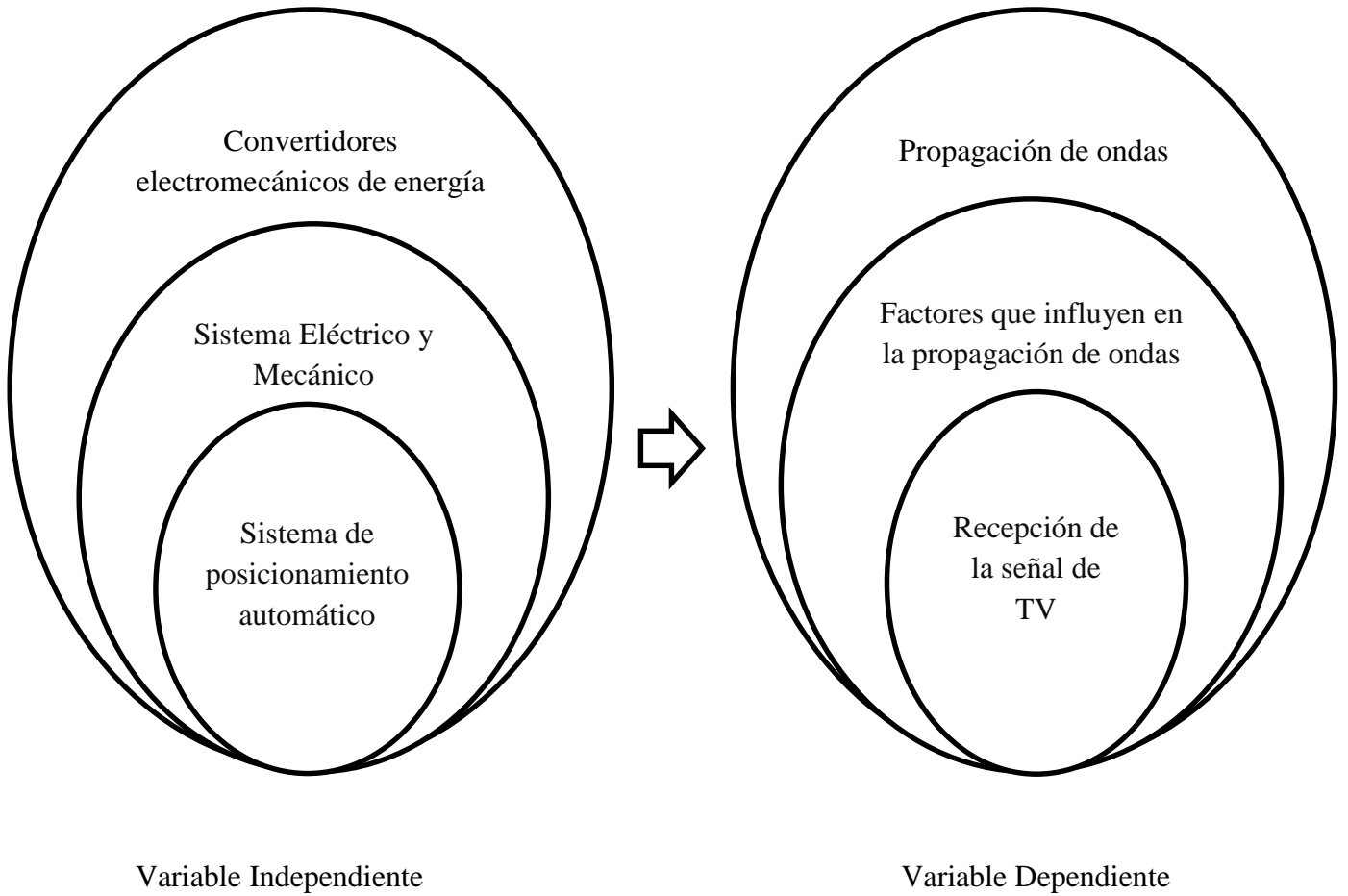
- [30] «Todo Antenas,» Junio 2001. [En línea]. Available: <http://www.todoantenas.cl/ganancia-antenas.html> .
- [31] Fabián Jaramillo, Claudio Rosas, Oswaldo Ramón, «Cuadernos Supertel,» Imprenta Don Bosco, 2013. [En línea]. Available: www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/cuadernillo_3.pdf.
- [32] «Datasheet,» [En línea]. Available: http://www.wvshare.com/datasheet_html/PIC16F876A-PDF.html.
- [33] «minebea,» [En línea]. Available: <http://www.eminebea.com/en/product/rotary/steppingmotor/pm/standard/pm55l-048.shtml>.
- [34] «Minebea,» [En línea]. Available: <http://www.nmbtc.com/motors/part-numbers/Permanent-Magnet-Stepper-55mm/PM55L-048/4873>.
- [35] E. P. S. d. Albacea, «Laboratorio de Electrónica,» [En línea]. Available: <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Componentes/teoria%20de%20diodo.html> .
- [36] «Todo Robot,» [En línea]. Available: <http://www.todorobot.com.ar/tutorial-sobre-motores-paso-a-paso-stepper-motors/>.

ANEXOS

ANEXO 1. Árbol del problema



ANEXO 2. Diagramas de Venn

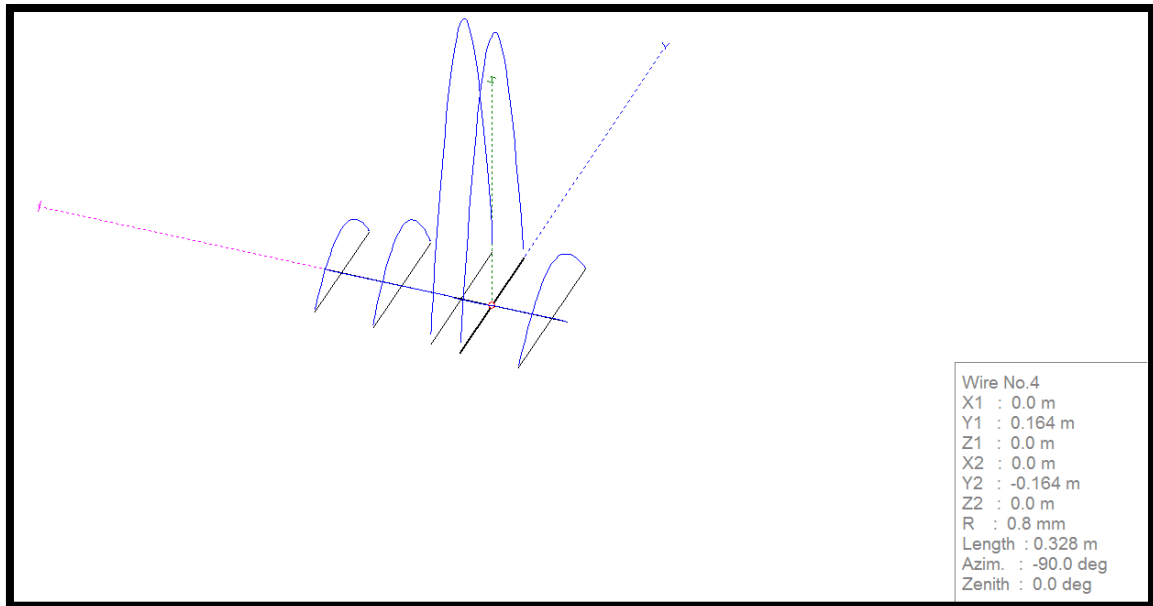


ANEXO 3. Construcción de la antena Yagi de TV

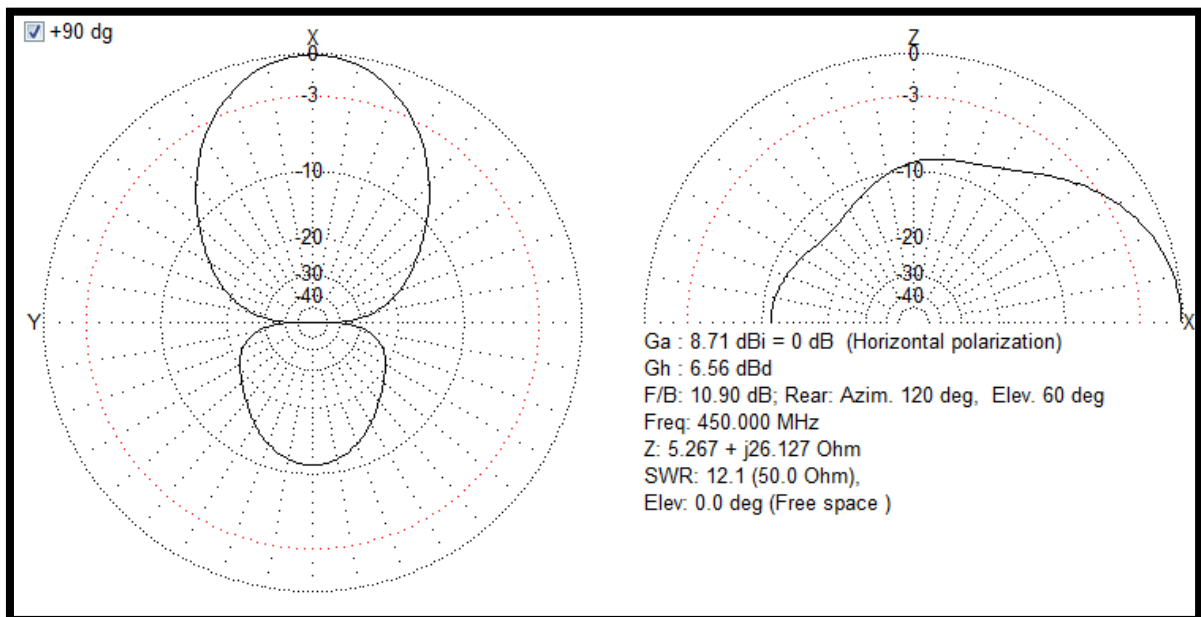


ANEXO 4. Simulación antena Yagi en Mmana-Gal

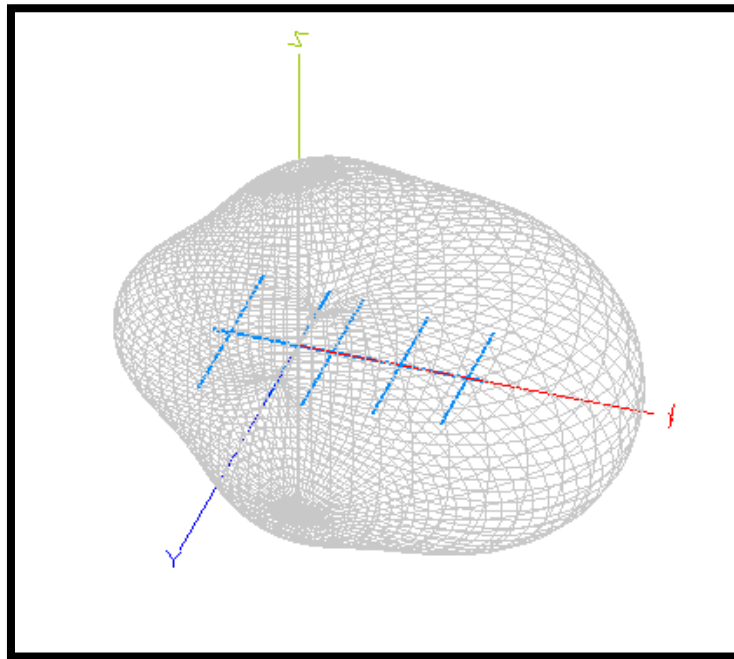
- Esquema de la antena yagi



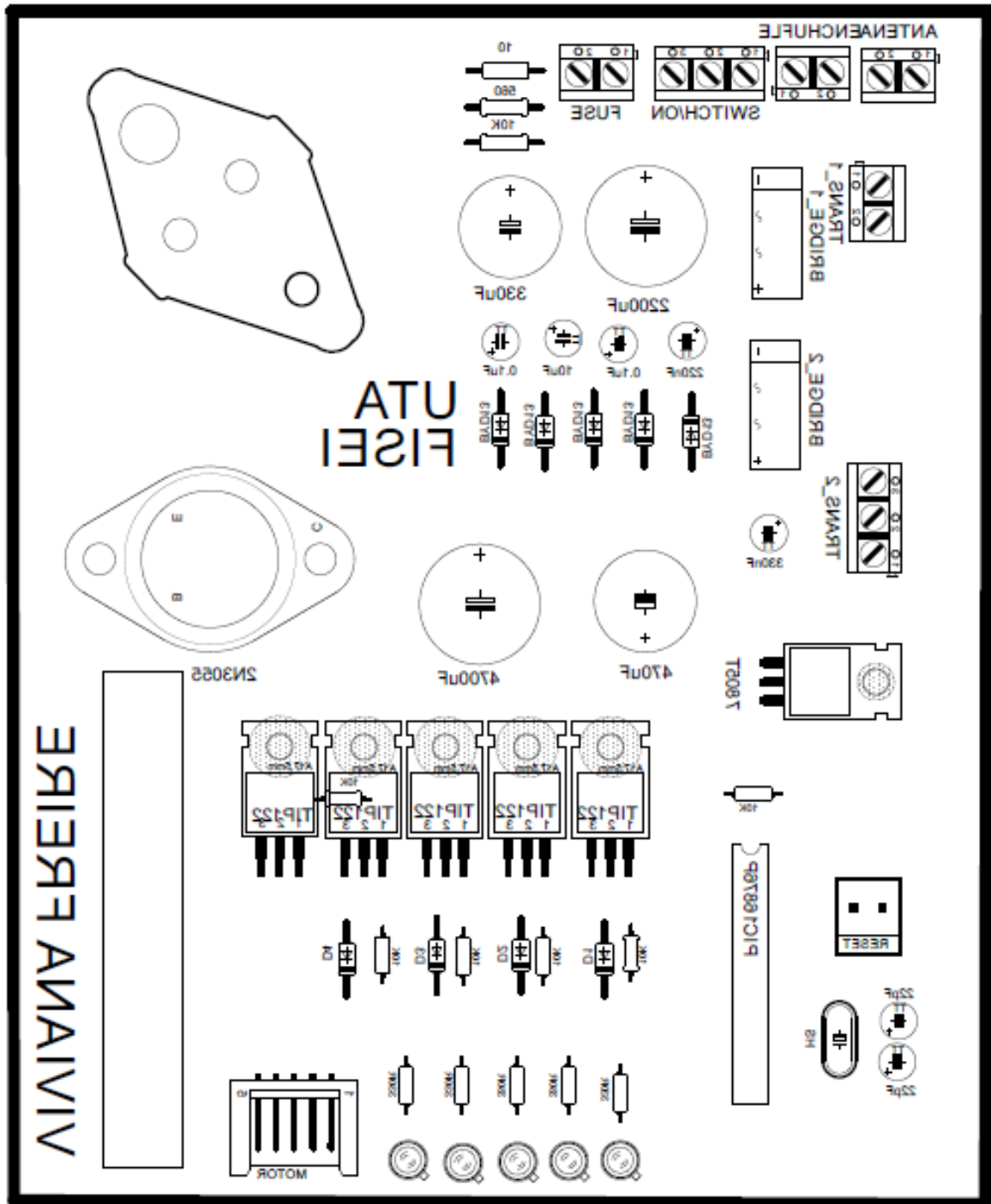
- Diagrama de radiación de la antena yagi



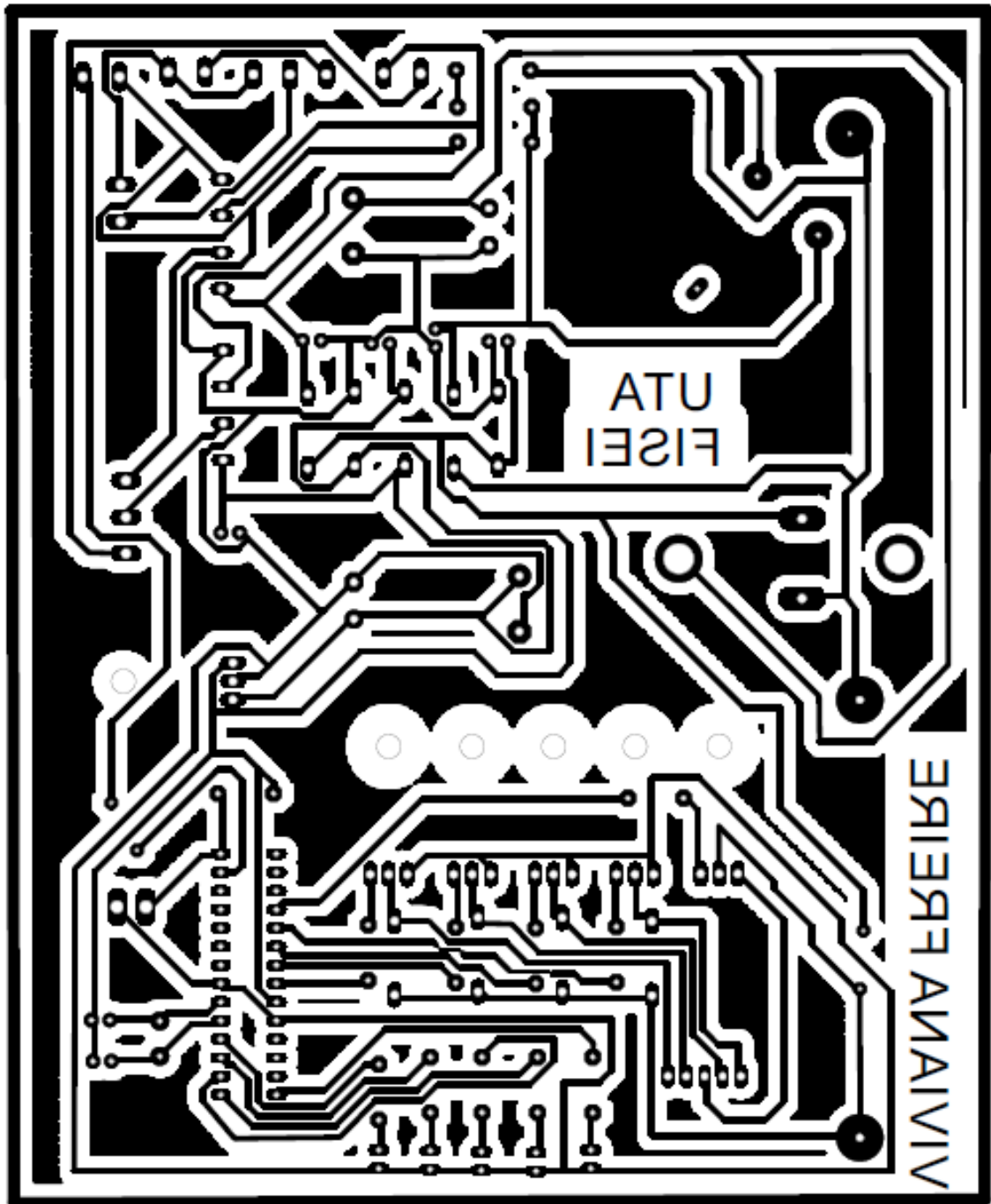
- Diagrama de radiación de la antena yagi, vista en 3D



ANEXO 5. Esquemático del circuito realizado en Eagle

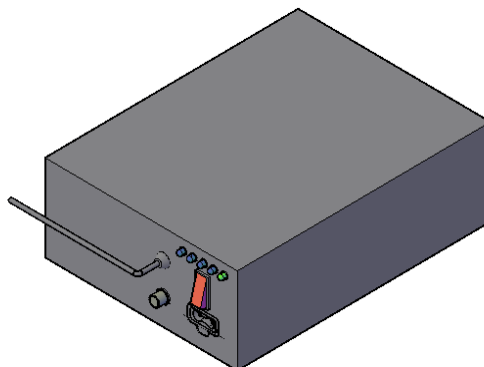
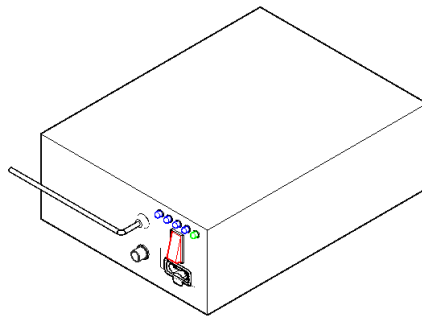
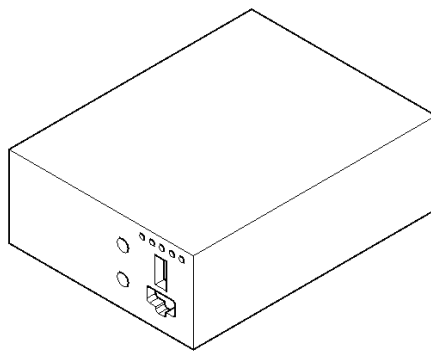
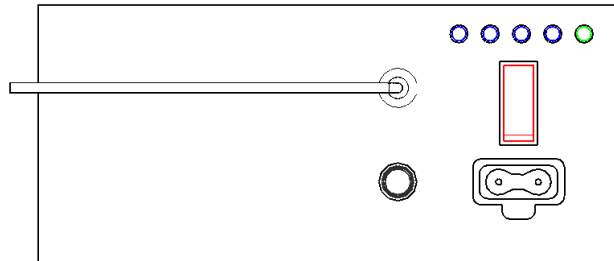


ANEXO 6. Diseño del circuito impreso

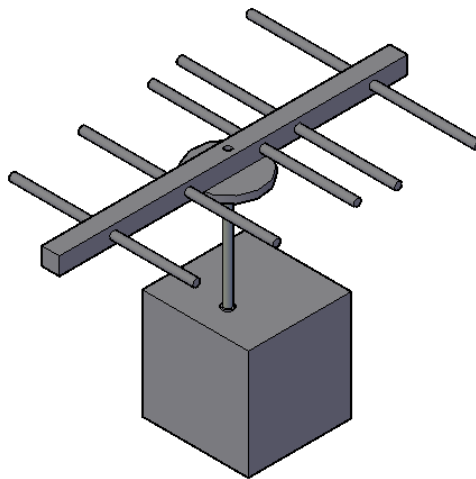
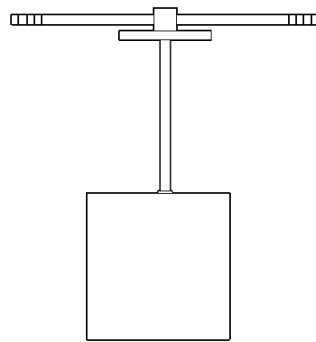


ANEXO 7. Diseño de la caja para el prototipo realizada en Autocad

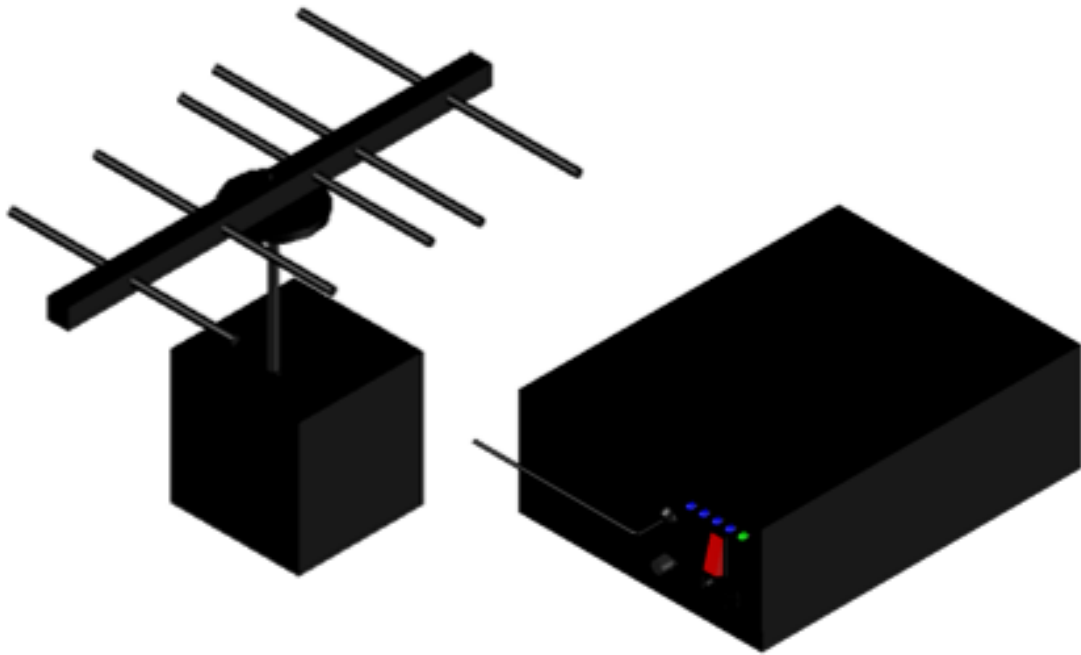
- **Diseño caja del circuito de control**



- **Diseño caja del circuito del motor**



ANEXO 8. Manual para el prototipo



SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMATICO DE UNA ANTENA PARA LA
RECEPCIÓN DE SEÑAL DE TV

ÍNDICE

Índice.....	1
Precauciones.....	2
Introducción.....	4
Manual de usuario	
Diseño del dispositivo.....	5
Características.....	6
Requerimientos.....	6
Manual de instalación	
Instalación.....	7
Protección.....	8
Manual de mantenimiento	
Mantenimiento del sistema.....	9
Reparación.....	10

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

LEA DETERMINADAMENTE ANTES DE CONTINUAR

- Guarde este manual en un lugar seguro para su referencia futura



ADVERTENCIA

Siempre obedezca las precauciones básicas para evitar así la posibilidad de lesiones o descargas eléctricas, incendios u otras contingencias. Lea detenidamente las indicaciones que se muestran a continuación:



ATENCIÓN



No exponga el dispositivo a la lluvia, ni lo use cerca del agua o en lugares donde haya mucha humedad. No ponga recipientes que contengan líquido encima del dispositivo, ya que puede derramarse y penetrar en su interior.



Compruebe las especificaciones del soporte y asegúrese de que es lo suficientemente sólido como para resistir el peso de la antena.



No exponga el dispositivo a polvo o vibraciones excesivas, ni a temperaturas extremas (evite ponerlo al sol, cerca de estufas) para evitar así la posibilidad de que se deforme el panel o se dañen los componentes internos.



No ponga el dispositivo sobre superficies inestables, donde pueda caerse por accidente.



Antes de cambiar el dispositivo de lugar, desconecte todos los cables de conexión y alimentación del sistema.



No exceder el voltaje de entrada del sistema (110V).



No inserte ningún tipo de objeto en cualquiera de las aberturas del dispositivo.



Mantener fuera del alcance de los niños.



Lea completamente el manual antes de realizar la instalación del equipo.

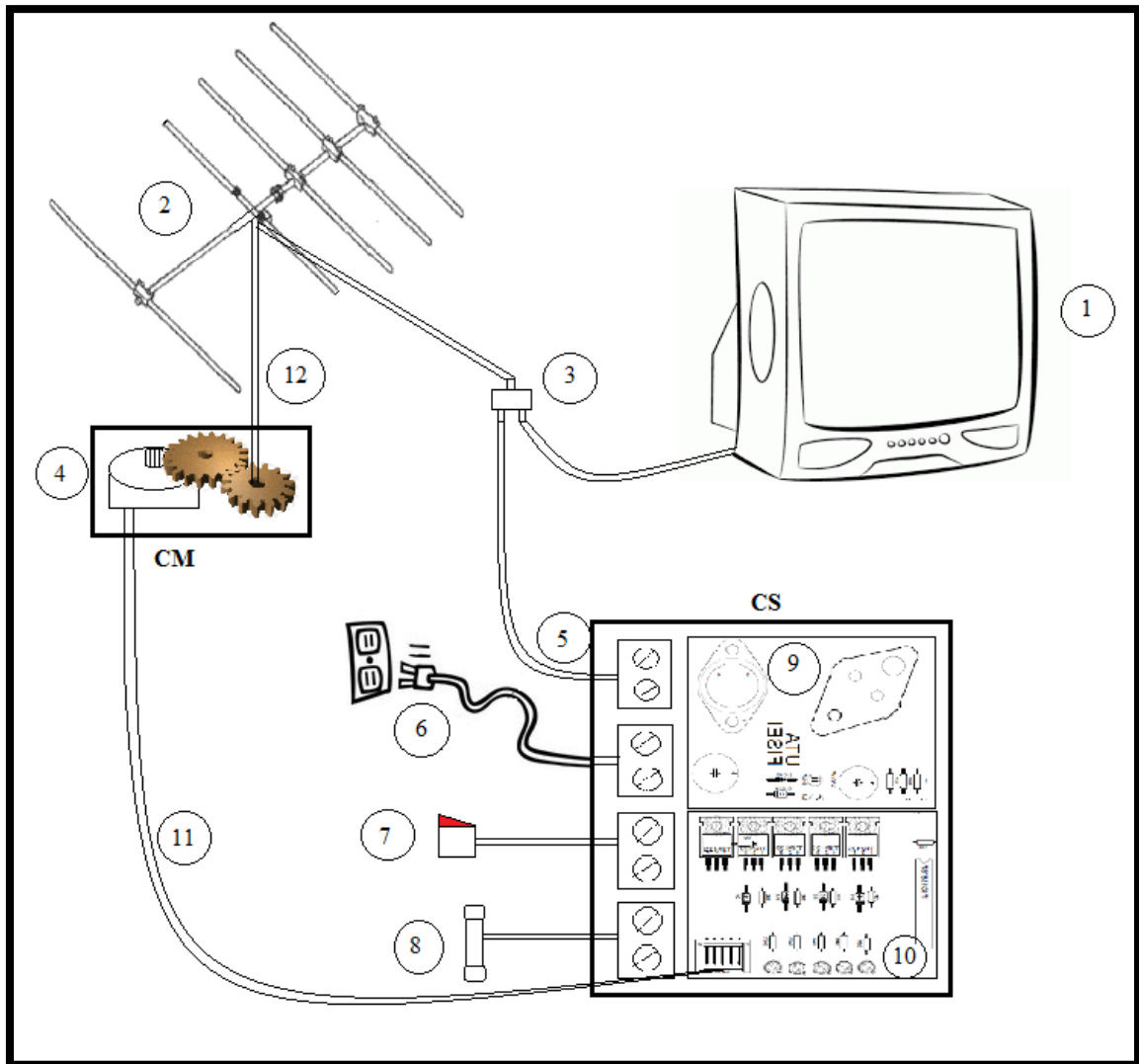
INTRODUCCIÓN

El presente manual tiene como objetivo explicar el funcionamiento del prototipo del sistema de posicionamiento, además de proporcionar la información necesaria para que el usuario pueda manipular el dispositivo de forma correcta, también consta de especificaciones que permiten realizar el montaje y mantenimiento del mismo.

MANUAL DE USUARIO

DISEÑO DEL DISPOSITIVO

En la siguiente figura se presenta la arquitectura de la que debe constar el sistema de posicionamiento automático de una antena para su correcto funcionamiento.



Donde:

CM= Caja del motor

CS= Caja del sistema del control

En la siguiente tabla se indica los elementos numerados en la figura anterior:

Numero	Función
1	Televisor analógico
2	Antena de TV
3	Splitter
4	Motor paso a paso
5	Entrada señal analógica
6	Cable de alimentación
7	Luz piloto (ON/OFF)
8	Fusible (2A)
9	Fuentes de alimentación (5V-24V)
10	Circuito de control
11	Cable de datos del motor
12	Tubo de sostén de la antena

CARACTERÍSTICAS

- Transformador de 110V/24V con tap central.
- Posee dos fuentes de alimentación de 24V y 5V ($\pm 5\%$) a 2A.
- Motor paso a paso con torque de 120mN.
- Microcontrolador 16F876A (4 puertos de entradas y salidas).

REQUERIMIENTOS

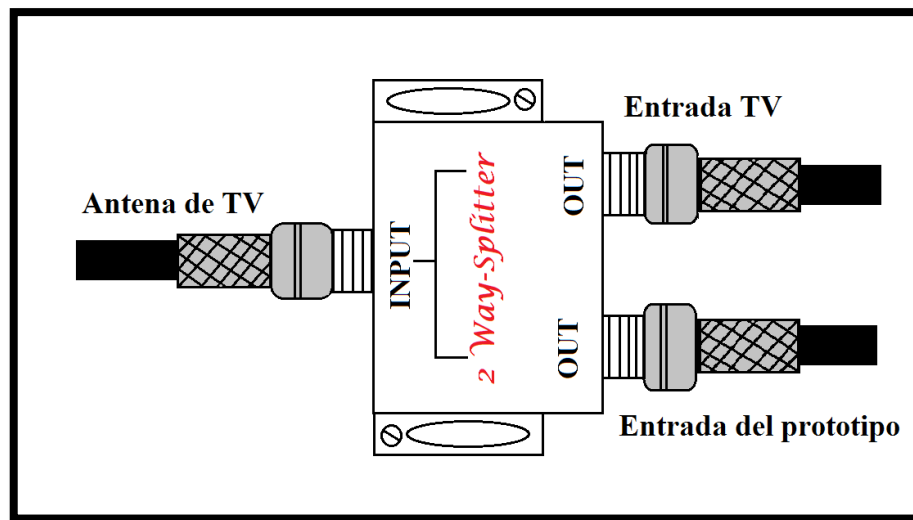
Para instalar el prototipo se requiere:

- El sistema de posicionamiento automático debe ser alimentado con un voltaje lineal de 110 V.
- Se requiere de un televisor.
- Necesita de una antena elemental de aire.
- Se requiere de un splitter (1 a 2 canales).
- Son necesarios dos tramos de cable coaxial de 75Ω con sus respectivos conectores (conexión antena-splitter y splitter-televisor).

MANUAL DE INSTALACIÓN

INSTALACIÓN

1. Acoplar la antena de TV al tubo de sostén ubicado en la caja que contiene al motor.
2. Conectar el cable coaxial desde el acoplador de la antena de TV hacia el splitter, de igual manera conectar una de sus salidas hacia el televisor, por ultimo conectar la entrada del prototipo (cable coaxial) a la salida del splitter que se encuentra libre, tal como se muestra en la siguiente figura.

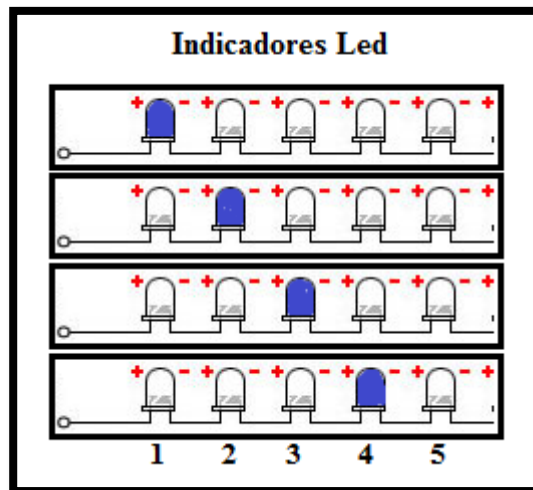


3. Conectar el cable de datos del motor proveniente de la caja 1 hacia la caja 2.
4. Enchufar el cable de alimentación del prototipo que se encuentra ubicado en la parte posterior.
5. Energizar el prototipo presionando el interruptor principal (ubicado en la parte posterior), tenga en cuenta que si el Led indicador ON/OFF esta encendido, el equipo se encuentra en marcha si no es así debe presionar dicho interruptor.

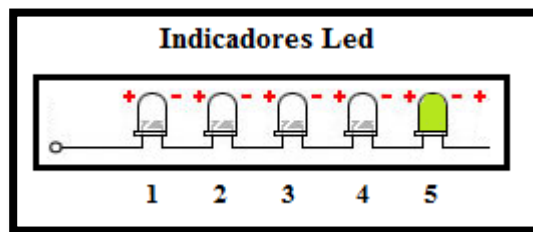
Nota: Verificar previamente que los brakers se encuentren encendidos

6. Una vez encendido el dispositivo los indicadores leds deben encenderse para indicarnos el estado de la señal de TV.
 - Cuando la señal no es aceptada por el sistema, deben encenderse los indicadores de color azul, esto demuestra que el microcontrolador está buscando la señal y por tanto el motor debe mover la antena de TV.

Dichos indicadores deben encenderse uno a la vez, de tal forma que la secuencia que forman este formada por los leds 1 al 4, tal como se muestra en la siguiente figura:



- Cuando la señal es considerada como buena por el sistema, el indicador verde debe estar encendido el led 5 tal como se muestra en la siguiente figura, por lo que el motor debe encontrarse apagado.



Nota: El sistema puede ser reseteado presionando el pulsador ubicado en la parte posterior del prototipo.

PROTECCIÓN DEL SISTEMA

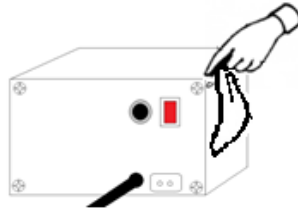
El sistema posee protección contra retorno de corriente, el mismo que consta de diodos rectificadores que se ubican de tal forma que evite el paso de corriente desde el circuito hacia la fuente. Además de utilizar un fusible colocado en una bobina del secundario que se encarga de alimentar a la fuente de tensión de 24V y 5V, de tal forma que si sucede algún corto en el sistema se corta el paso de corriente de ambas fuentes.

MANUAL DE MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Para dar el respectivo mantenimiento de la fuente se debe proceder a desmontar la misma, para lo cual se deben tomar en cuenta las siguientes instrucciones:

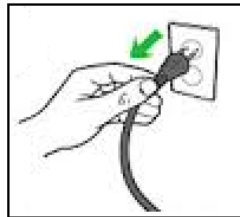
1. Limpiar con un paño seco la carcasa, así como también los cables y los conectores para eliminar el polvo en exceso en el exterior del prototipo.



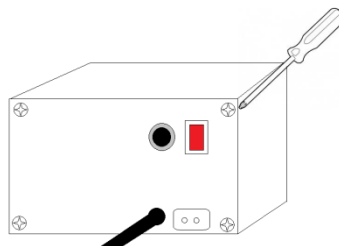
2. Verificar que el dispositivo no se encuentre encendido



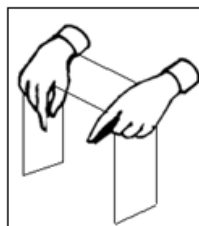
3. Desconectar el cable de alimentación del sistema de posicionamiento.



4. Empleando un destornillador extraer los tornillos ubicados en la parte superior y a los costados del prototipo.



5. Retirar con precaución la cubierta del prototipo para dejar descubierto el circuito integrado y todos los componentes internos.



6. Retirar el polvo que se encuentre en la superficie interna con la ayuda de un pincel, una vez que todo se encuentre limpio aplicar algún químico protector de

elementos electrónicos al circuito integrado y a sus componentes, para mantenerlos limpios del polvo durante más tiempo.



7. Volver a montar el prototipo, colocando la cubierta y colocando los tornillos.

REPARACIÓN

En caso de que el sistema deje de funcionar se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones y consejos.

1. Comprobar el buen funcionamiento del cable de poder.
2. Revisar que la luz piloto se encuentre en buen funcionamiento, ya que esta podría cortar el suministro de energía ya que se encargar de switchear el circuito.
3. Verificar que el fusible principal se encuentre en buen estado (no este quemado), si ese no es el caso debe ser reemplazado por otro.
4. Verificar el buen funcionamiento de los componentes internos del circuito, para lo cual se debe tomar en cuenta las siguientes indicaciones:
 - (1) Comprobar que al sistema ingresen 110V.
 - (2) Verificar el buen funcionamiento del puente de diodos, alterna 110V, continua 24V con $\pm 5\%$ y
 - (3) Verificar el voltaje en los condensadores de la fuente de 24V no sobrepase los 30V, mientras que en la de 5V no sobrepase los 17 V.
 - (4) Comprobar la salida de las fuentes de alimentación, es decir que sean de 5V y 24V respectivamente.
 - (5) Verificar que el voltaje de entrada del microcontrolador no sea mayor que 5,3V.
 - (6) Comprobar que el funcionamiento del motor sea el adecuado, es decir no sobrepase los 24V puesto que esto podría sobrecalentar al motor.
 - Verificar el cable de datos que conecta el motor paso a paso con el circuito de control.

Dichos puntos de prueba se muestran en el siguiente esquema:

