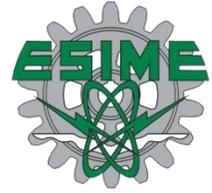




INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

MECÁNICA Y ELÉCTRICA

**“PROTOTIPO EXPLORADOR DE LINEAS DE ALTA TENSION
CONTROLADO POR TELEMETRIA”**

T É S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**

P R E S E N T A N

ACOSTA LEDESMA GERMAN ADAN

ALVARADO LOZADA JOSEFINA

BACA TELLEZ CHRISTIAN ALFONSO

ASESORES:

M. en C. VALVERDE TRUJILLO ERASMO

D. LOPEZ CARDENAS RODRIGO

D. VAZQUEZ AGUILERA CARLOS

AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo a mi madre, que siempre me apoyo y motivo para llegar hasta donde estoy.

A toda mi familia, que ha sido el punto de apoyo en mi vida, por quienes nunca he dejado de luchar y que significan lo que soy en la vida.

A mis amigos, que formaron parte de toda esta experiencia en mi vida, llena de importantes e inolvidables momentos.

A mis maestros, de quienes adquirí la experiencia y el conocimiento que me ayudo a desarrollar esta tesis y lograr concluir con mis estudios.

German Adán Acosta Ledesma

A mis padres:

Por ser el origen de mi vida y mis ambiciones, por el esfuerzo realizado para que llegara hasta aquí, por superar junto conmigo todas las adversidades que este periodo presento en mi vida y por ser la motivación más grande que puede una persona tener para llegar al éxito.

Con todo respeto, cariño, orgullo y admiración, GRACIAS!!!

A mis hermanos:

Que conforman esta enorme estructura llamada familia, de la cual me siento tan orgullosa, por ser un gran ejemplo de superación y amor a la vida.

Los quiero, ¡GRACIAS!

A Christian y Adán:

Por trabajar siempre juntos, por enseñarme el valor del trabajo en equipo, y lo más importante, de la amistad.

Con mucho orgullo, ¡GRACIAS!

¡Me siento orgullosa quien soy y de dónde vengo!

Josefina Alvarado Lozada

Dedico este trabajo a mi familia quien siempre se encuentra en mi corazón y pensamientos. Es para ellos la culminación de uno de nuestros mayores logros plasmado en estas líneas como una forma de agradecimiento por su apoyo incondicional en cada uno de los días y noches de esfuerzo, de trabajo, de alegrías y de caídas, pues fueron ellos quienes nos levantaban e impulsaban a seguir día a día. Por regalarnos la mejor de las herencias con la más grande de las sonrisas y los brazos abiertos, estando dispuestos a vivir con nosotros el sacrificio y la dicha que ahora compartimos con las personas más importantes de nuestras vidas.

¡MUCHAS GRACIAS!

Christian Alfonso Baca Téllez

INDICE

AGRADECIMIENTOS	1
INDICE	4
OBJETIVO	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
JUSTIFICACION	6
INTRODUCCION	8
CAPITULO 1 MARCO TEORICO	10
1.1 Motores en dc [1].....	10
1.2 Sensores [2].....	10
1.2.1 interfaces, dominios de datos y conversiones.....	11
1.2.2 Tipos de Sensores.....	12
1.3 Servomotores [3].....	14
1.3.1 Funcionamiento.....	14
1.3.2 Características generales y funcionamiento.....	15
1.3.3 Diagrama de un servomotor típico	18
1.4 Transistor [4].....	19
1.4.1 Operación del transistor.....	20
1.4.2 Transistor como interruptor	23
1.5 ¿Que es un microcontrolador? [5].....	24
1.5.1 Arquitectura interna	24
1.5.2 Programación de microcontroladores.....	25
1.6 Telemetría [6]	27
1.6.1 Aplicaciones de la telemetría	27
1.6.2 Comunicación por radiofrecuencia [7] [8].....	28
1.6.2.1 Uso de la radiofrecuencia.....	29
1.6.3 Protocolo RS232.....	30
1.6.4.1 La norma RS-232	32
1.6.4.2 El circuito MAX-232.....	33
CAPITULO 2 DISEÑO	34
2.1 Estructura de las líneas de alta tensión [9] [10] [11].....	34

2.1.1 Tensiones más frecuentes	35
2.1.2 Líneas de alta tensión	35
2.1.3 Postes de alta y baja tensión	36
2.1.3.1 Designación de los postes	38
2.2 Diseño Propuesto.....	40
2.2.1 Material para el diseño del robot	42
2.2.2 Dispositivos empleados	43
2.2.2.1 Servomotor vigor VS-11	43
2.2.2.2 Motoreductor B02-280.....	44
2.2.2.3 Sensor infrarrojo de proximidad	45
2.2.2.4 Controlador Pololu minimaestro.....	46
2.2.2.4.1 Componentes del controlador	48
2.2.2.5 Modulo HM-TR915	49
2.2.3 Funcionamiento.....	50
2.2.3.1 Circuito eléctrico de conexión de los dispositivos	52
2.2.3.1 Comunicación	53
CAPITULO 3 PRUEBAS Y RESULTADOS	55
CAPITULO 4 PROPUESTAS DE MEJORAS.....	58
CUNCLUSIONES	60
CODIGO DE PROGRAMACIO DEL CONTROLADOR POLOLU	61

OBJETIVO

Diseñar un prototipo capaz de circular sobre una línea de alta tensión, de superar los obstáculos encontrados en esta y tener el control de sus movimientos de manera inalámbrica.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mantenimiento y supervisión de las líneas de alta tensión es un problema que conlleva al personal que está capacitado para este trabajo a que estén expuestos a una situación de riesgo, ya que se lleva a cabo en una superficie que no es estable se trabaja en grandes alturas. Sin embargo se debe hacer a pesar de esas condiciones que ponen en riesgo la vida del personal.

JUSTIFICACION

Dentro de la industria eléctrica, un importante problema al que se enfrentan es el mantenimiento de las líneas de transmisión eléctrica, ya que esta actividad implica un riesgo puesto que al llevarse a cabo la transmisión de energía no se interrumpe, esto significa que, cuando una persona tiene que realizar dicha actividad expone su vida al peligro de la alta tensión.

La inspección de líneas y subestaciones aéreas consiste en una inspección ocular sistemática en búsqueda y captura de anomalías en cada uno de los elementos constitutivos de la red.

La motivación que nos llevo a realizar este proyecto es impulsar nuevas tecnologías en nuestro país en base a la consecuencia que conlleva la exposición al tipo de trabajo que se tiene que realizar a un poste o una torre de alta tensión, como es el tener un accidente de

trabajo por la dificultad que se tiene al llevar a cabo dicha labor o hasta poner en riesgo la vida de un ser humano.

INTRODUCCION

Las líneas de transmisión de corriente eléctrica son estructuras que permiten transportar la energía eléctrica desde el punto de generación hasta el punto de consumo de esta, estas pueden ser aéreas o subterráneas. Las líneas pueden ser de baja, media y de alta tensión, la cual puede variar desde 1kV hasta 220kV.

La inspección de las líneas aéreas implica un peligro para la persona que realiza esta labor, tener que subir a una altura tan grande y revisar líneas de alto voltaje, conlleva un riesgo de vida.

La inspección consiste en comprobar el funcionamiento de los conductores, es decir, que estos transmitan la energía debida, exponiendo a la persona que la realiza a grandes cantidades de voltaje que pueden provocar, en caso de no llevarse a cabo de manera correcta, graves accidentes o incluso la muerte.

La implementación de un equipo que realice esta actividad de manera segura y sin arriesgar la vida humana proporciona la solución a este problema, ya que no solo nos evitaría la participación del hombre, sino que nos permitiría realizar el análisis en zonas de difícil acceso.

En la actualidad, son pocos los dispositivos capaces de realizar esta tarea, forzando aun al hombre a llevarla a cabo, la implementación de este proporcionaría un procedimiento seguro y eficaz en el cual vale la pena invertir, considerando los beneficios y protección al ser humano.

En esta tesis, se propone un prototipo explorador de líneas, el cual gracias a su diseño, podrá realizar el recorrido de una línea de alta tensión transportándose a lo largo de esta y superando los obstáculos encontrados a su paso.

A lo largo de este curso, considerando las características de las estructuras de alta tensión, se diseñó un modelo que se trasladará a través de una línea. Por medio de sensores se localizará el fin de la línea y se pasará a la siguiente aplicando una rutina de movimiento con servomotores, y nos permitirá continuar con la inspección en la siguiente, todo esto se realizará con telemetría, con lo que podremos verificar el estado de la línea a distancia por medio de la comunicación por radiofrecuencia entre el robot y una PC.

En este documento presentamos las características del prototipo, desde la forma del diseño, los elementos empleados y el protocolo de comunicación a distancia. En el capítulo uno se presenta el marco teórico referido a los elementos usados en el prototipo. En el capítulo dos se muestra la realización del diseño que nos permite realizar la labor de exploración, los materiales utilizados y su funcionamiento. En el tercer capítulo se explican las pruebas realizadas para llegar al manejo correcto del prototipo. En el capítulo cuatro expondremos algunas mejoras que se pueden realizar al prototipo para lograr resultados más satisfactorios en la comunicación, el desempeño físico y una aplicación real sobre las líneas de alta tensión.

Cabe aclarar que la propuesta de esta tesis es solo el prototipo, por lo cual para una puesta en marcha en un caso real, se tendrían que hacer modificaciones en los materiales y comunicación del mismo.

CAPITULO 1 MARCO TEORICO

1.1 Motores en dc [1]

Si una espira dentro de un campo magnético se alimenta con una corriente eléctrica (como muestra la figura de abajo). Teniendo los dos lados de la espira recorridos por corriente directa en sentidos opuestos, en estas aparecen fuerzas en sentido contrario por lo que la resultante es un par que hace que la espira gire perpendicularmente a las líneas de flujo (de acuerdo con su disposición original).

Sobre este principio se basan los motores eléctricos, es decir alimentando la espira con una corriente eléctrica se obtiene un par mecánico, entendiéndose por PAR a la acción de dos fuerzas aplicadas iguales (F_1, F_2) paralelas y de sentido contrario aplicadas a un cuerpo, el cual tiende a girar alrededor de un eje perpendicular al plano del par. El par se mide del momento (M) cuyo valor se calcula del producto de la fuerza (F) por el brazo (distancia entre las dos fuerzas). Tal distancia se identifica con el diámetro (d) de manera que se puede escribir:

$$M = F_1r + F_2r \quad (1.1)$$

Como F_1 y F_2 son iguales se puede escribir:

$$M = 2Fr \quad (1.2)$$

Pero como

$$2r = d \quad (1.3)$$

Se tiene $M = Fd$ y como la fuerza en el sistema internacional de unidades se mide en Newton y la distancia en metros, el momento del par se expresa en Newton-metro.

1.2 Sensores [2]

Un sensor en un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida.

Un sensor es la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño no pueden ser percibidas directamente por los sentidos.

Los acondicionadores de señal, adaptadores o amplificadores, en sentido amplio, son los elementos del sistema de medida que ofrecen, a partir de la señal de salida de un sensor electrónica, una señal apta para ser presentada o registrada o que simplemente permita un procesamiento posterior mediante un equipo o instrumento estándar. Consiste normalmente en circuitos electrónicos que ofrecen las siguientes funciones: amplificación, adaptación de impedancia y modulación o demodulación.

1.2.1 interfaces, dominios de datos y conversiones

En los sistemas de medida, las funciones de transducción, acondicionamiento, procesamiento y presentación, no siempre se pueden asociar a elementos físicos distintos. Además, la separación entre el acondicionamiento y el procesamiento puede ser a veces difícil de definir. Pero, en general, siempre es necesaria una acción sobre la señal del sensor antes de la utilización final. Con el término interfaz se designa el conjunto de elementos que modifican las señales, cambiando incluso de dominio de datos, pero sin cambiar su naturaleza, es decir, permaneciendo siempre en el dominio eléctrico.

Se denomina dominio al nombre de una magnitud mediante la que se representa o transmite información. El concepto de dominios de datos y el de conversión entre dominios es de gran interés para describir los transductores y los circuitos electrónicos asociados.

En el dominio analógico, la información está en la amplitud de la señal, bien se trate de carga, corriente, tensión o potencia. En el dominio temporal, la información no está en las amplitudes de las señales, si no en las relaciones temporales: periodo o frecuencia, anchura de pulsos, fase. En el dominio digital, las señales tienen dos niveles. La información puede estar en el número de pulsos, o venir por palabras serie o paralelo codificadas.

La estructura de un sistema de medida refleja, pues, las conversiones entre dominios que se realiza, e influye particularmente en ella el que se trate de una medida directa e indirecta.

Una medida física es directa cuando se deduce información cuantitativa acerca de un objeto físico o acción mediante comparación directa con una referencia. A veces se puede hacer simplemente de forma mecánica, como en el caso de una balanza clásica.

En las medidas indirectas la cantidad de interés se calcula de otras medidas y de la amplificación de la ecuación que describe la ley que relaciona dichas magnitudes. Los métodos empleados suelen ser siempre eléctricos. Es el caso, por ejemplo, de la medida de la potencia transmitida por un eje a partir de la medida del par y de la medida de su velocidad de rotación.

1.2.2 Tipos de Sensores

Según su aporte de energía, los sensores se pueden dividir en moduladores y generadores. En los sensores moduladores o activos, la energía de la señal de salida procede, en su mayor parte, de una fuente de energía auxiliar. La entrada solo controla la salida. En los sensores generadores o pasivos, en cambio, la energía de salida es suministrada por la entrada.

Los sensores moduladores requieren en general más hilos que los generadores, ya que la energía de alimentación suele suministrarse mediante hilos distintos a los empleados para la señal. Además, esta presencia de energía auxiliar puede crear un peligro de explosiones en algunos ambientes. Por contra, su sensibilidad se puede modificar a través de la señal de alimentación, lo que no permiten los sensores generadores.

Según la señal de salida, los sensores se clasifican en analógicos y digitales. En los analógicos la salida varía, a nivel macroscópico, de forma continua. La información está en la amplitud, si bien se suelen incluir en este grupo los sensores con salida en el dominio temporal. Si es en frecuencia, se denominan, a veces “casidigitales”, por la facilidad con que se puede convertir en una salida digital.

En los sensores digitales, la salida varía en forma de saltos o pasas discretos. No requieren conversión A/D y la transmisión de su salida es más fácil. Tienen también mayor fidelidad, mayor fiabilidad, y muchas veces mayor exactitud, pero lamentablemente no hay modelos digitales para muchas de las magnitudes físicas de mayor interés.

Atendiendo el modo de funcionamiento, los sensores pueden ser de deflexión o de comparación. En los sensores que funcionan por deflexión, la magnitud medida produce algún efecto físico, que engendra algún efecto similar, pero opuesto, en alguna parte del instrumento.

En los sensores que funcionan por comparación, se intenta mantener nula la deflexión mediante la aplicación de un efecto bien conocido, opuesto al generado por la magnitud a medir. Hay un detector del desequilibrio y un medio para restablecerlo.

Según el tipo de relación entrada-salida, los sensores pueden ser de orden cero, de primer orden, de segundo orden o de orden superior. El orden está relacionado con el número de elementos almacenadores de energía independientes que incluye el sensor, y repercute en su exactitud y la velocidad de respuesta. Esta clasificación es de gran importancia cuando el sensor forma parte de un sistema de control en lazo cerrado.

1.3 Servomotores [3]

Un servomotor (también llamado servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radio control y en robótica, pero su uso no está limitado a estos. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.

Un servo normal o estándar tiene 3kg por cm. de torque, lo cual es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, tiene un consumo de energía reducido.

La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cual es la corriente que consume. Eso no significa mucho si todos los servos van a estar moviéndose todo el tiempo. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado

1.3.1 Funcionamiento

El motor del servo tiene algunos circuitos de control y un potenciómetro (una resistencia variable) esta es conectada al eje central del servo motor. Este potenciómetro permite a la circuitería de control, supervisar el ángulo actual del servo motor. Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está apagado. Si el circuito chequea que el ángulo no es el correcto, el motor girará en la dirección adecuada hasta llegar al ángulo correcto. El

eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados. Normalmente, en algunos llega a los 210 grados, pero varía según el fabricante. Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180.

1.3.2 Características generales y funcionamiento

Estos servos tienen un amplificador, servo motor, engranaje de reducción y un potenciómetro de realimentación; todo incorporado en el mismo conjunto. Esto es un servo de posición (lo cual significa que uno le indica a qué posición debe ir), con un rango de aproximadamente 180 grados. Ellos tienen tres cables de conexión eléctrica; Vcc, GND, y entrada de control.

Para controlar un servo, usted le ordena un cierto ángulo, medido desde 0 grados. Usted le envía una serie de pulsos. En un tiempo ON de pulso indica el ángulo al que debe posicionarse; 1ms = 0 grados, 2.0ms = máx. Grado (cerca de 120) y algún valor entre ellos da un ángulo de salida proporcional. Generalmente se considera que en 1.5ms está el "centro." Entre límites de 1 ~ 2ms son las recomendaciones de los fabricantes, usted normalmente puede usar un rango mayor de 1.5ms para obtener un ángulo mayor e incluso de 2ms para un ángulo de rendimiento de 180 grados o más. El factor limitante es el tope del potenciómetro y los límites mecánicos construidos en el servo.

El tiempo de OFF en el servo no es crítico; puede estar alrededor de los 20ms. Hemos usado entre 10ms y 30 ms. Esto No tiene que ser de ésta manera, puede variar de un pulso a otro. Los pulsos que ocurren frecuentemente en el tiempo de OFF pueden interferir con el sincronismo interno del servo y podría escucharse un sonido de zumbido o alguna vibración en el eje. Si el espacio del pulso es mayor de 50ms (depende del fabricante), entonces el

servo podría estar en modo SLEEP entre los pulsos. Entraría a funcionar en pasos pequeños y el rendimiento no sería el óptimo

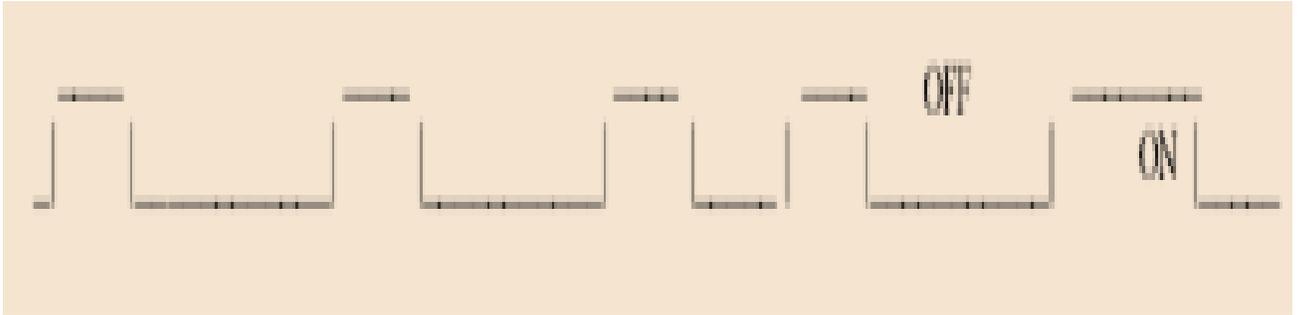


Figura 1.1 Ejemplo de una señal que debe tener el servo

Como se observa en la figura 1.2, la duración del pulso indica o dictamina el ángulo del eje (mostrado como un círculo verde con flecha). Nótese que las ilustraciones y los tiempos reales dependen del fabricante de motor. El principio, sin embargo, es el mismo

El cable de control se usa para comunicar el ángulo. El ángulo está determinado por la duración de un pulso que se aplica al alambre de control. A esto se le llama PCM Modulación Codificada de Pulsos. El servo espera ver un pulso cada 20 milisegundos (.02 segundos). La longitud del pulso determinará los giros de motor. Un pulso de 1.5 ms., por ejemplo, hará que el motor se torne a la posición de 90 grados (llamado la posición neutra). Si el pulso es menor de 1.5 ms., entonces el motor se acercará a los 0 grados. Si el pulso es mayor de 1.5ms, el eje se acercará a los 180 grados.

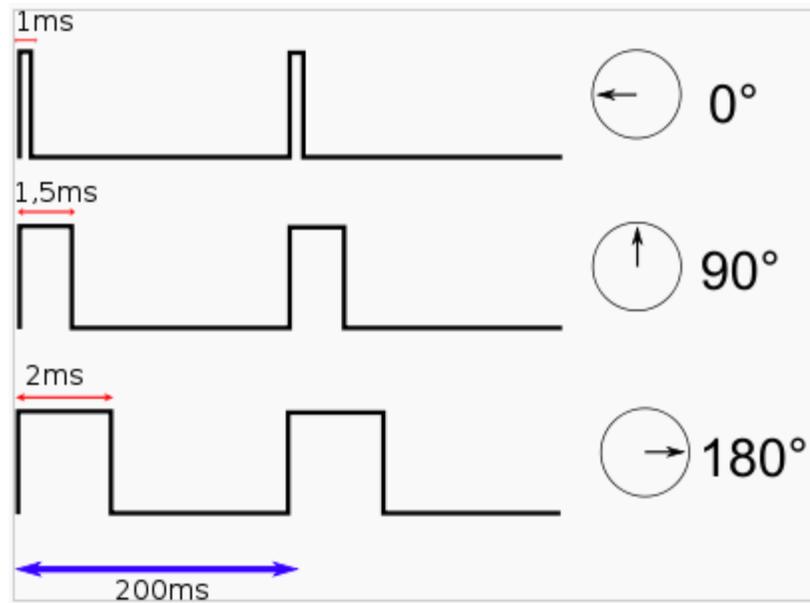
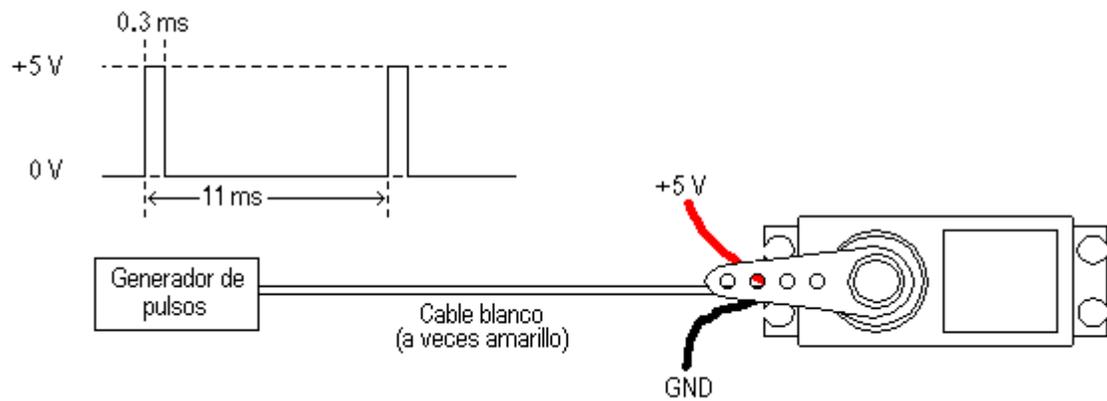


Figura 1.2 Duración del pulso que dictamina el ángulo del eje

La señal de pulsos controla al servo de la siguiente forma (figura 2.7):



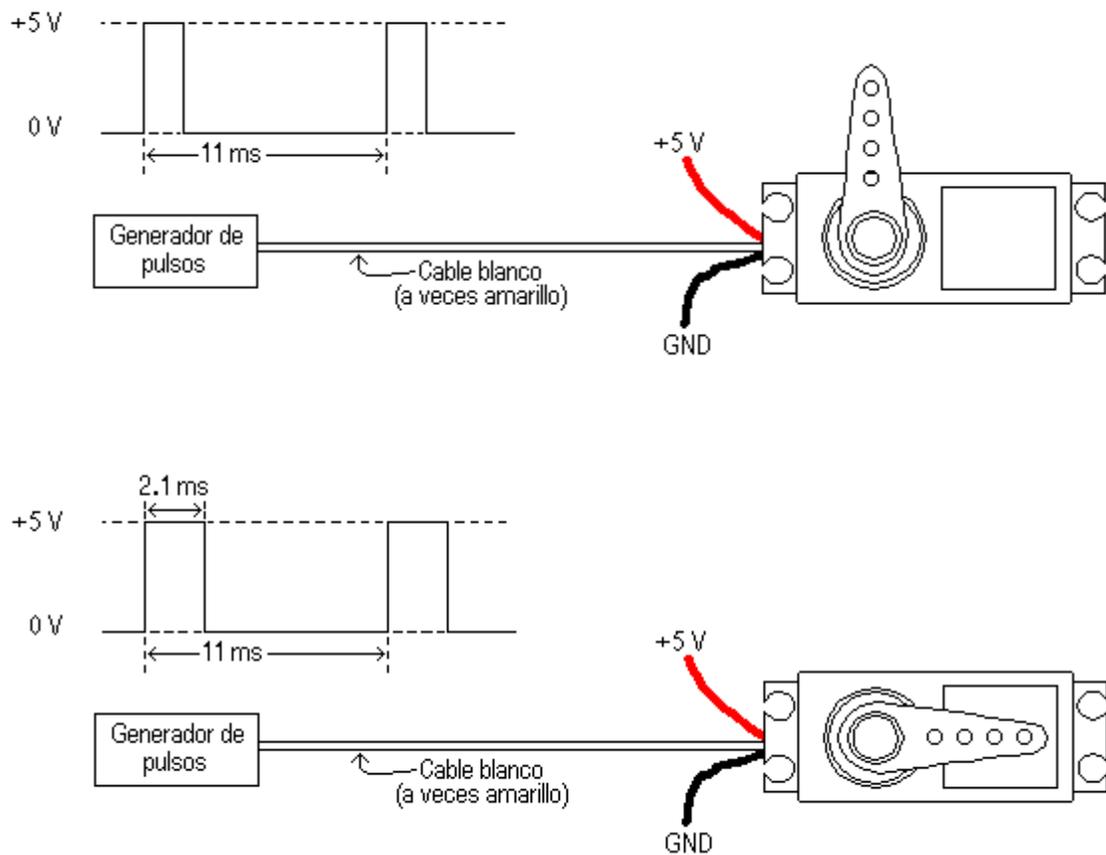


Figura 1.2 señal de pulso que controla al servo

1.3.3 Diagrama de un servomotor típico

El rojo es de voltaje de alimentación (+5V), el negro es de tierra (0V ó GND). El cable blanco (a veces amarillo) es el cable por el cual se le instruye al servomotor en qué posición ubicarse (entre 0 grados y 180).

Dentro del servomotor, una tarjeta controladora le dice a un pequeño motor de corriente directa cuántas vueltas girar para acomodar la flecha (el eje de plástico que sale al exterior) en la posición que se le ha pedido

En la figura 1.3 se observa la ubicación de estas piezas dentro del servomotor. Un potenciómetro que está sujeto a la flecha, mide hacia dónde está ubicado en todo momento. Es así como la tarjeta controladora sabe hacia dónde mover al motor. La posición deseada se le da al servomotor por medio de pulsos. Todo el tiempo debe haber una señal de pulsos presente en ese cable.

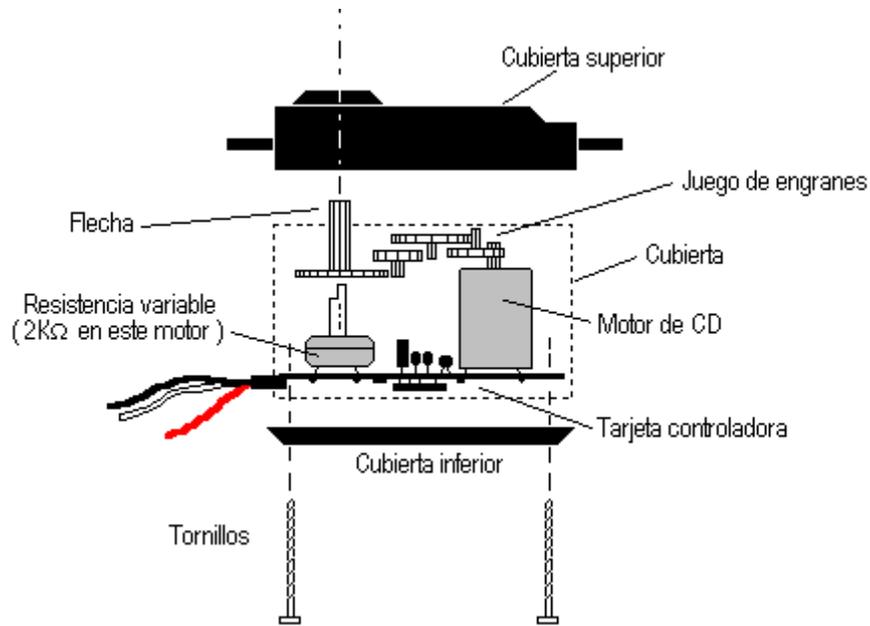


Figura 1.3 Ubicación de piezas dentro de un servomotor

1.4 Transistor [4]

El transistor es un dispositivo semiconductor que consta de dos capas tipo n y una p (nnp) o bien dos capas de material p y una tipo n (pnp). La figura 2.9 muestra la polarización de cada uno de estos tipos de transistores. La capa del emisor se encuentra fuertemente dopada, la base ligeramente dopada y la del colector solo muy poco dopada. Las capas exteriores tiene espesores mucho mayores que los del material tipo p o n centrales.

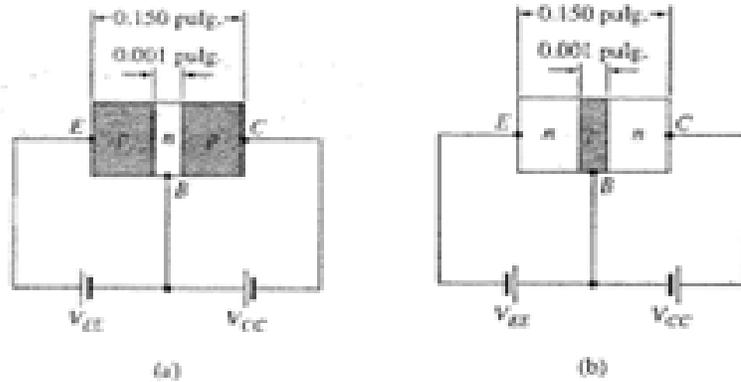


Figura 1.4 Tipos de transistores a) pnp b) npn

1.4.1 Operación del transistor

Ahora se describirá la operación básica de un transistor pnp. La operación del transistor npn es exactamente la misma que si se intercambian los papeles desempeñados por el electrón y el hueco. La figura 1.5 nos muestra el transistor pnp sin la polarización base colector. El espesor de la región de agotamiento se reduce debido a la polarización aplicada, lo que da como resultado un flujo muy considerable de portadores mayoritarios desde el material tipo p hasta el material tipo n.

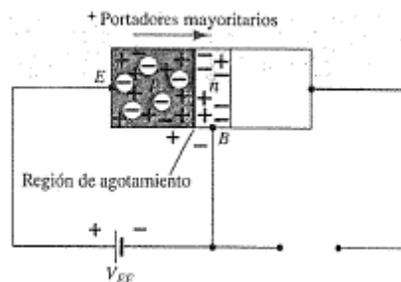


Figura 1.5 Unión de un transistor pnp con polarización directa

Ahora eliminaremos la polarización base-emisor del transistor pnp como muestra la figura 1.6. Una unión pn se encuentra en polarización inversa, mientras que la otra se encuentra en polarización directa. Como muestra la figura 1.7 una gran cantidad de portadores mayoritarios se difundirá a través de la unión pn en polarización directa con la corriente de la base o si pasaran directamente hacia el material tipo p. debido a que el material tipo n del centro es muy delgado y tiene una baja conductividad, un número muy pequeño de estos portadores tomara esta trayectoria de alta resistencia hacia le terminal de la base. La magnitud de la corriente de base típicamente se encuentra en el orden de los microamperes, comparado con los miliamperes para la corriente de colector y emisor. La mayoría de estos portadores mayoritarios se difundirá a través de la unión en polarización inversa, hacia el material tipo p conectado a la terminal del colector, como se indica en la figura 1.7.

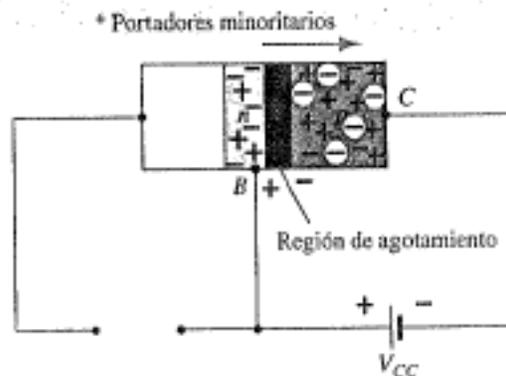


Figura 1.6 Unión de un transistor pnp con polarización inversa

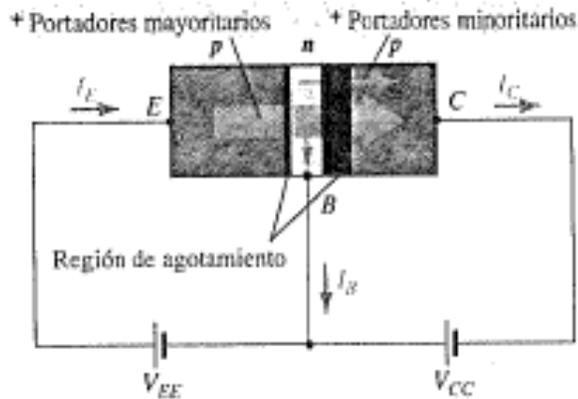


Figura 1.7 Flujo de portadores mayoritarios y minoritarios en un transistor pnp

El motivo de esta facilidad relativa con la que los portadores mayoritarios pueden atravesar la unión en polarización inversa se comprende con facilidad si se considera que para el diodo en polarización inversa, los portadores mayoritarios inyectados aparecerán como portadores minoritarios hacia el material tipo n.

Al aplicar la ley de Kirchhof al transistor de la figura 1.7, como si se tratara de un nodo solo, se obtiene:

$$I_E = I_C + I_B \quad (1.4)$$

Y se observa que la corriente del emisor es la suma de las corrientes del colector y de la base. Sin embargo, la corriente del colector está formada por dos componentes: los portadores mayoritarios y los minoritarios, como se indica en la figura 1.7. Al componente de corriente minoritaria se le denomina corriente de fuga y se le asigna el símbolo I_{CO} . Por tanto la corriente del colector se determina en su totalidad mediante la ecuación 3.11.

$$I_C = I_{C_{mayoritaria}} + I_{CO_{minoritarios}} \quad (1.5)$$

Para transistores de propósito general, I_C se mide en miliamperes, mientras que I_{CO} se mide en microamperes o en nanoamperes. I_{CO} , al igual que I , para un diodo en polarización inversa, es sensible a la temperatura y debe analizarse cuidadosamente cuando se consideren aplicaciones con intervalos amplios de temperatura. Si esto no se considera apropiadamente, puede afectar de manera importante la estabilidad de un sistema a una temperatura alta. Las mejoras en las técnicas de fabricación han provocado niveles significativamente más bajos de I_{CO} a tal grado que casi es posible omitir su efecto.

1.4.2 Transistor como interruptor

En la figura 1.8 se emplea un transistor como un interruptor para controlar los estados de encendido y apagado de una lámpara eléctrica en su colector. Cuando el interruptor se encuentra en la posición de encendido, tenemos una situación de polarización fija donde el voltaje base-emisor se encuentra en su nivel de 0.7 V y la corriente de base la controla el resistor R_1 y la impedancia de entrada del transistor. La corriente a través de la lámpara será entonces de beta veces la corriente de la base y la lámpara encenderá.

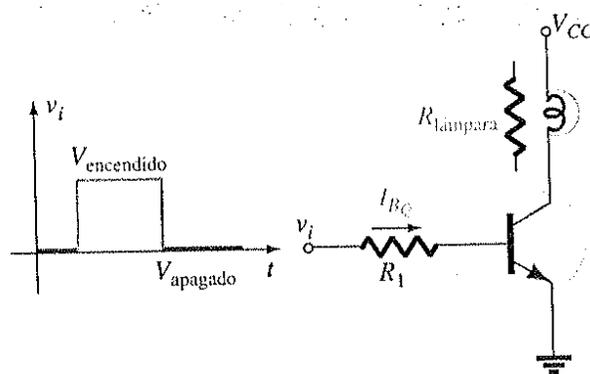


Figura 1.8 Configuración del transistor como interruptor

1.5 ¿Que es un microcontrolador? [5]

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de “controlador incrustado”.

El microcontrolador es un computador dedicado. En su memoria solo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

Un microcontrolador es un computador completo, aunque de limitadas prestaciones, que está contenido en el chip de un circuito integrado y se destina a gobernar una sola tarea.

El número de productos que funcionan en base a uno o varios microcontroladores aumenta de forma exponencial. No es aventurado pronosticar que en el siglo XXI habrá pocos elementos que carezcan de microcontrolador.

1.5.1 Arquitectura interna

Un microcontrolador posee todos los componentes de un computador, pero con unas características fijas que no pueden alterarse.

Las partes principales son:

- Procesador
- Memoria no volátil para contener el programa
- Memoria de lectura y escritura para guardar los datos
- Líneas de EIS para los controladores de periféricos
 - a) Comunicación paralelo
 - b) Diversa puertas de comunicación (bus, etc)
- Recursos auxiliares
 - a) Circuito de reloj
 - b) Temporizadores
 - c) Perro guardián (Watchdog)
 - d) Comparadores analógicos
 - e) Protección ante fallos de la eliminación
 - f) Estado de reposo o debajo consumo

1.5.2 Programación de microcontroladores

La utilización de los lenguajes más cercanos a la maquina (de bajo nivel) representan un considerable ahorro de código en la confección de los programas, lo que es muy importante dada la estricta limitación de la capacidad de la memoria de instrucciones. Los programas bien realizados en lenguaje ensamblador optimizan el tamaño de la memoria que ocupan y su ejecución es muy rápida.

Los lenguajes de alto nivel más empleados con microcontroladores con el C y el BASIC, de los que existen varias empresas que comercializan versiones de compiladores e intérpretes para diversas familias de microcontroladores. En el caso de los PIC es muy

competitivo e interesante en compilador C PCM de la empresa CCS y el interprete PBASIC de PARALLAX.

El lenguaje que utilizan los profesionales para la programación de los microcontroladores es el ensamblador, que es el más cercano a la maquina. También son frecuentes los programas en lenguaje y en BASIC, siendo este el ultimo el más fácil de aprender.

1.6 Telemetría [6]

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema

La palabra *telemetría* procede de las palabras griegas τῆλε (tele), que quiere decir a distancia, y la palabra μετρον (metrón), que quiere decir medida.

El envío de información hacia el operador en un sistema de telemetría se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios (teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etcétera). Los sistemas de telemetría reciben las instrucciones y los datos necesarios para operar desde el Centro de Control.

1.6.1 Aplicaciones de la telemetría

La telemetría se utiliza en grandes sistemas, tales como naves espaciales, plantas químicas, redes de suministro eléctrico, redes de suministro de gas entre otras empresas de provisión de servicios públicos, debido a que facilita la monitorización automática y el registro de las mediciones, así como el envío de alertas o alarmas al centro de control, con el fin de que el funcionamiento sea seguro y eficiente

La Telemetría se utiliza en infinidad de campos, tales como la exploración científica con naves tripuladas o no (submarinos, aviones de reconocimiento y satélites), diversos tipos de competición (Fórmula 1).

En las fábricas, oficinas y residencias, el monitoreo del uso de energía de cada sección o equipo y los fenómenos derivados (como la temperatura) en un punto de control por telemetría facilita la coordinación para un uso más eficiente

1.6.2 Comunicación por radiofrecuencia [7] [8]

El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.

La radiofrecuencia se puede dividir en las siguientes bandas del espectro:

Nombre	Abreviatura Inglesa	Banda ITU	Frecuencias	Longitud de Onda
			< 3 Hz	> 100.000 km
Extremely low frequency	ELF	1	3-30 Hz	100.000 –10.000 km
Super low frequency	SLF	2	30-300 Hz	10.000–1.000 km
Ultra low frequency	ULF	3	300–3.000 Hz	1.000–100 km
Very low frequency	VLF	4	3–30 kHz	100–10 km
Low frequency	LF	5	30–300	10–1

			kHz	km
Medium frequency	MF	6	300– 3.000 kHz	1 km – 100 m
High frequency	HF	7	3–30 MHz	100–10 m
Very high frequency	VHF	8	30–300 MHz	10–1 m
Ultra high frequency	UHF	9	300– 3.000 MHz	1 m – 100 mm
Super high frequency	SHF	10	3-30 GHz	100–10 mm
Extremely high frequency	EHF	11	30-300 GHz	10–1 mm
			> 300 GHz	< 1 mm

Tabla 2.1 bandas de espectro para la radiofrecuencia

Las bandas ELF, SLF, ULF y VLF comparten el espectro de la AF (audiofrecuencia), que se encuentra entre 20 y 20.000 Hz aproximadamente. Sin embargo, éstas se tratan de ondas de presión, como el sonido, por lo que se desplazan a la velocidad del sonido sobre un medio material. Mientras que las ondas de radiofrecuencia, al ser ondas electromagnéticas, se desplazan a la velocidad de la luz y sin necesidad de un medio material.

1.6.2.1 Uso de la radiofrecuencia

Aunque se emplea la palabra *radio*, las transmisiones de televisión, radio, radar y telefonía móvil están incluidos en esta clase de emisiones de radiofrecuencia. Otros usos son audio, vídeo, radionavegación, servicios de emergencia y transmisión de datos por radio digital; tanto en el ámbito civil como militar. También son usadas por los radioaficionados.

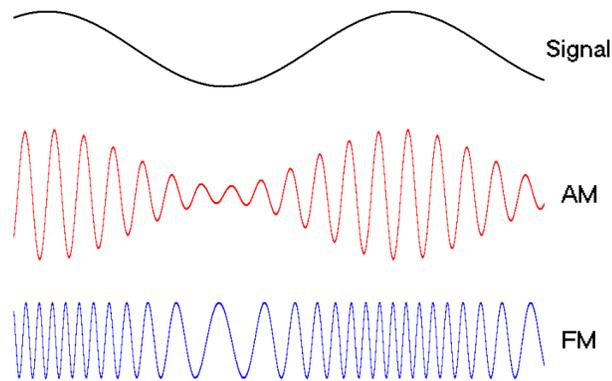


Figura 2.13 Comportamiento de Sistema de radio AM y FM

1.6.3 Protocolo RS232

El puerto serial de las computadoras es conocido como puerto RS-232, la ventaja de este puerto es que todas las computadoras traen al menos un puerto serial, este permite la comunicación entre otros dispositivos tales como otra computadora, el mouse, impresora y para nuestro caso con los microcontroladores. Existen dos formas de intercambiar información binaria: la paralela y el serial.

La comunicación paralela transmite todos los bits de un dato de manera simultánea, por lo tanto la velocidad de transferencia es rápida, sin embargo tiene la desventaja de utilizar una gran cantidad de líneas, por lo tanto se vuelve más costoso y tiene la desventaja de atenuarse a grandes distancias, por la capacitancia entre conductores así como sus parámetros distribuidos.

Existen dos tipos de comunicaciones seriales: síncrona y asíncrona

La duración de cada bit está determinada por la velocidad con la cual se realiza la transferencia de datos.

La siguiente figura muestra la estructura de un carácter que se transmite en forma serial asíncrona.

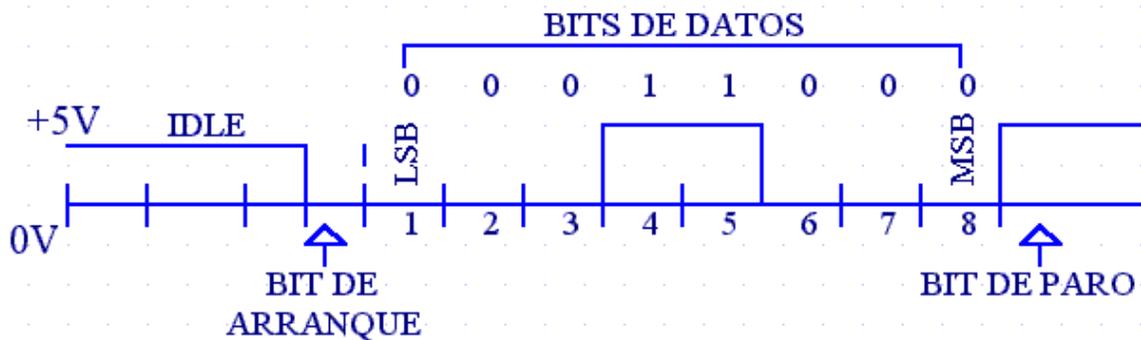


Figura 2.14 Trama de transmisión serial asíncrona

Normalmente cuando no se realiza ninguna transferencia de datos, la línea del transmisor se encuentra en estado alto.

Para iniciar la transmisión de datos, el transmisor coloca esta línea en bajo durante determinado tiempo, lo cual se le conoce como bit de arranque (start bit) y a continuación empieza a transmitir con un intervalo de tiempo los bits correspondientes al dato, empezando siempre por el BIT menos significativo (LBS), y terminando con el BIT más significativo.

Si el receptor no está sincronizado con el transmisor, este desconoce cuándo se van a recibir los datos. Por lo tanto el transmisor y el receptor deberán tener los mismos parámetros de velocidad, paridad, número de bits del dato transmitido y el BIT de parada.

1.6.4.1 La norma RS-232

Ante la gran variedad de equipos, sistemas y protocolos que existen surgió la necesidad de un acuerdo que permitiera a los equipos de varios fabricantes comunicarse entre sí. La EIA (electronics Industry Association) elaboro la norma RS-232, la cual define la interface mecánica, los pines, las señales y los protocolos que debe cumplir la comunicación serial.

Todas las normas RS-232 cumple con los siguientes niveles de voltaje:

- Un “1” lógico es un voltaje comprendido entre $-5v$ y $-15v$ en el transmisor y entre $-3v$ y $-25v$ en el receptor.
- Un “0” lógico es un voltaje comprendido entre $+5v$ y $+15v$ en el trasmisor y entre $+3v$ y $+25 v$ en el receptor.

El envío de niveles lógicos (bits) a través de cables o líneas de transmisión necesita la conversión a voltajes apropiados. En los microcontroladores para representar un 0 lógico se trabaja con voltajes inferiores a $0.8V$ y para 1 lógico con voltajes mayores a $2 V$. En general cuando se trabaja con familias TTL y CMOS se asume que un 0 lógico es igual a $0 V$ y un 1 lógico es igual a $5V$.

La importancia de conocer esta norma radica en los niveles de voltaje que maneja el puerto serial del ordenador, ya que son diferentes a los que utilizan los microcontroladores y los demás circuitos integrados. Por lo tanto se necesita de una interface que haga posible la conversión de niveles de voltaje a los estándares manejados por los CI TTL.

1.6.4.2 El circuito MAX-232

Este circuito soluciona los problemas de niveles de voltaje cuando se requiere enviar unas señales digitales sobre una línea RS-232. Este chip se utiliza en aquellas aplicaciones donde no se dispone de fuentes dobles de +12 y -12 volts. El MAX-232 necesita solamente una fuente 5 volts para su operación, internamente tiene un elevador de voltaje que convierte el voltaje de 5V al de doble polaridad de +12V y -12V.

CAPITULO 2 DISEÑO

2.1 Estructura de las líneas de alta tensión [9] [10] [11]

Un sistema eléctrico de potencia es un sistema con generación y consumo de energía eléctrica en grandes cantidades (millones de vatios), a grandes distancias (cientos de kilómetros) y con grandes consumos.

El transporte puede realizarse mediante la utilización de la energía eléctrica en su forma continua (DC), o en su forma alterna (AC). El 99% de los suministros se realizan mediante el empleo de la corriente eléctrica en su modalidad alterna trifásica.

El transporte de corriente eléctrica desde donde se genera hasta donde se consume conlleva pérdidas magnéticas. Si se requiere reducir las pérdidas energéticas puede disminuirse la intensidad que circula por el mismo, este hecho obliga a realizar el transporte de la corriente a un potencial muy elevado. Una vez en el lugar de consumo, se reduce la tensión, hasta alcanzar valores normales que no resulten peligrosos. Para esto se emplean los transformadores, que son máquinas eléctricas basadas en el fenómeno de inducción mutua y destinado para transformar la tensión de una corriente alterna, pero conservando la misma frecuencia.

Los generadores de corriente alterna de las centrales eléctricas suelen producir tensiones de algunos miles de voltios (25kV). Esta tensión no es lo suficientemente elevada para el transporte de grandes potencias, por lo que se eleva, mediante transformadores, la tensión hasta alcanzar valores de cientos de miles de voltios, con lo que es posible el transporte de grandes potencias con pequeñas intensidades, es decir, pequeñas pérdidas, una vez en el lugar de consumo, se reduce la tensión, utilizando nuevamente transformadores, hasta alcanzar los valores de tensión que se utilizan habitualmente.

2.1.1 Tensiones más frecuentes

- Alta tensión

Conexiones con valores de 500 KW, 420KW, 380KW, 132KW, 110KW, 66KW.

- Media tensión

Tensiones de valores de 45KW, 30KW, 25KW, 20KW, 15KW, 10KW.

- Baja tensión

Tensiones inferiores al límite de 1KW (1000V) siendo sus valores más usuales 380V, 220V y 127V.

2.1.2 Líneas de alta tensión

La función de las líneas de alta tensión es transmitir la energía entre dos puntos en forma técnica y económicamente conveniente, para lo cual se busca optimizar las siguientes características:

- Resistencia eléctrica, ligada a las pérdidas
- Resistencia mecánica, ligada a la seguridad
- Costo limitado, ligado a la economía

Esencialmente la línea debe estar formada por conductores, como es necesario mantenerlos a distancia del suelo y entre sí, la construcción de soportes, torres es la solución para sostenerlos mediante aisladores.

En el diseño se trata de buscar que reduzcan el costo de las torres desde el punto de vista de primera instalación y también de reconstrucción después de eventos destructivos.

Las características de las líneas que son de mayor importancia son su longitud y su tensión. Los parámetros eléctricos de importancia para observar su comportamiento en la red son la resistencia, reactancia inductiva y capacitancia derivación.

A veces las líneas tiene cables de guarda, estos apantallan los conductores, protegiéndolos de descargas atmosféricas directas (rayos), recientemente han comenzado a difundirse cables de guarda con fibra óptica que se utiliza como vector de información entre las estaciones que une la línea.

2.1.3 Postes de alta y baja tensión

Como todos sabemos uno de los métodos para transportar y/o distribuir la electricidad es mediante cables aéreos desnudos que son soportados por torres/postes, esta entrada sobre los tipos de torres o postes más utilizados en líneas de baja y alta tensión.

Generalizando los tipos de postes que existen son:

- Postes de madera.
- Postes de hormigón.
- Postes metálicos.

Postes de madera: El campo de aplicación de este tipo de apoyos es casi exclusivamente en baja tensión y está en claro desuso, aunque es posible encontrar algún tipo de poste de madera en alguna línea de media tensión. Como ventajas podemos decir que son fáciles de transportar gracias a su ligereza y bajo precio en comparación con los postes de hormigos y los metálicos. Como desventajas se puede apuntar su vida media relativamente corta, suele ser de unos 10 años, la putrefacción es la mayor causa de deterioro, sobre todo en la parte

inferior del poste, no se permiten grandes vanos y los esfuerzos en la cabeza y altura son limitados.

Postes de hormigón: Distinguimos los siguientes tipos:

- Postes de hormigón armado: Este tipo de poste es el que más se utiliza en redes de baja tensión. La ventaja principal de este tipo de postes es su duración ilimitada además de no necesitar mantenimiento. El mayor inconveniente es el precio con respecto a los postes de madera y que al ser más pesados se incrementan los gastos en el transporte.
- Postes de hormigón armado vibrado: Con la finalidad de mejorar las cualidades del hormigón armado se fabrican este tipo de postes. Suelen tener una altura entre los 7 y 18 m y su sección es rectangular o en forma de doble T. La principal ventaja (que hace que sean los más utilizados) de este tipo de postes es que se pueden fabricar en el lugar de su implantación y así ahorrarse los gastos en transportes.
- Postes de hormigón armado centrifugado: Este tipo de postes se emplea desde electrificaciones en ferrocarriles, en líneas rurales en baja tensión y alta tensión incluido líneas de 220 KV, mástiles para alumbrado exterior, además en la combinación con varios postes se pueden realizar configuraciones de apoyos en ángulo, derivación, anclaje, etc. No son empleados en lugares de difícil acceso precisamente pro que su fabricación no puede realizarse en talleres provisionales.
- Postes de hormigos armado pretensado: Este tipo de postes cada vez mas utilizado ya que su precio resulta mucho más económico que los del hormigón corriente.

Postes metálicos: El metal más utilizado es el acero de perfiles laminados en L, U, T, I, etc.

Para unir los diferentes perfiles se utilizan remaches, tornillos, pernos e incluso la soldadura.

Se clasifican en:

- Postes metálicos de presilla: Básicamente está constituido por dos tramos ensamblados por tornillos. Cada tramo está formado por 4 montantes angulares de ala iguales unidos entre sí por presillas soldadas, de ahí el nombre. La cabeza o tramo superior tiene una longitud de 6m y la parte inferior se puede configurar con diferentes tramos para obtener alturas de 10, 12, 14, 18 y 20m.
- Postes metálicos de celosía: Este tipo de poste se emplea prácticamente en las altas tensiones, desde medias tensiones hasta muy altas tensiones, es decir, en líneas de 3ª, 2ª y 1ª categoría. Su forma y dimensiones dependerá de los esfuerzos a los que esté sometido, de la distancia entre postes y la tensión de la línea.

2.1.3.1 Designación de los postes

Una letra y dos números designaran los postes según la siguiente tabla:

Tipos de postes	
HV	Hormigón armado vibrado.
HVH	Hormigón armado centrifugado u hormigón armado hueco.
HP	Hormigón armado pretensado.
P	Metálico de presilla.
C	Metálico de celosía.

Tabla 2.1 Tipos de postes e identificación por letra

El primer número hace referencia al esfuerzo nominal admisible con un coeficiente de seguridad admisible de 1.5 y el segundo indica la altura del poste.

Aplicación del tipo de poste en función de la tensión de la red

Tensión en Kv	Poste	Longitud del vano en m
0,40	Madera, hormigón.	40-80
10-30	Celosía de acero y hormigón.	100-220
45-132	Celosía de acero y hormigón.	200-300
220-400	Celosía de acero.	300-500

Tabla 2.2 Asignación de poste según la tensión del conductor

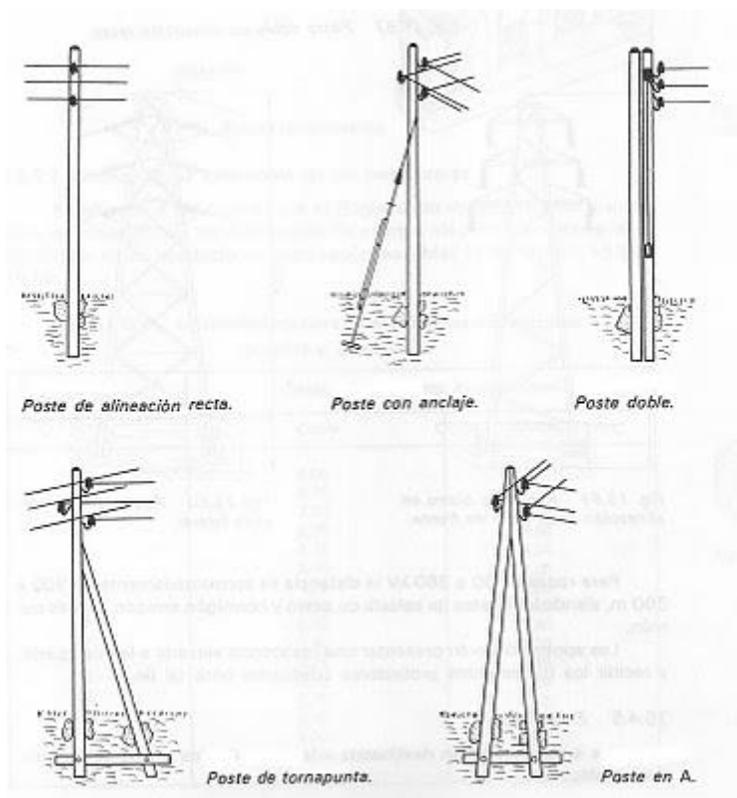


Figura 2.1 diferentes tipos de postes de madera. Utilizados en baja tensión y sustituidos por líneas subterráneas o por apoyos de hormigón.

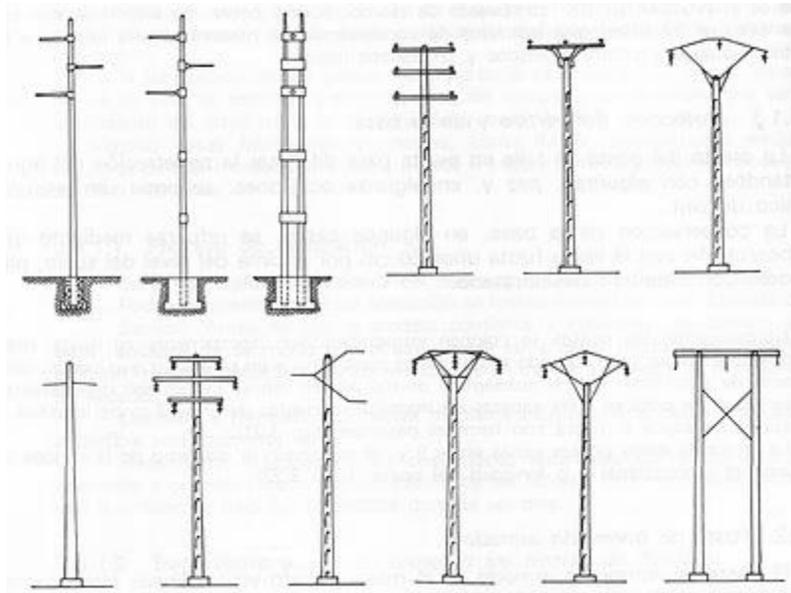


Figura 2.2 Tipos de postes utilizados en el alumbrado exterior, baja tensión y media tensión

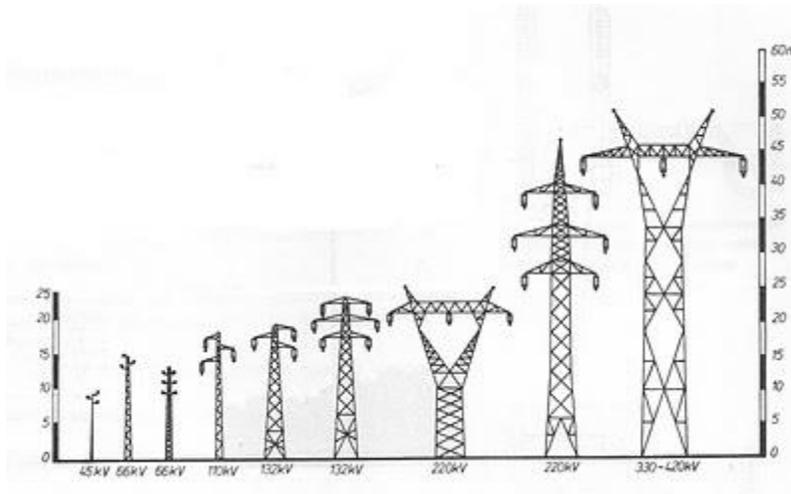


Figura 2.3 Torres metálicas utilizadas en alta tensión

2.2 Diseño Propuesto

Considerando la estructura de las líneas de alta tensión observadas en el punto anterior, se realizó la propuesta de un modelo que nos permita recorrer las torres.

Analizando la forma de las torres que deseamos inspeccionar se propuso un modelo con tres brazos que intercalaran sus movimientos para así cruzar la línea de un poste a otro.

El modelo propuesto es el siguiente:

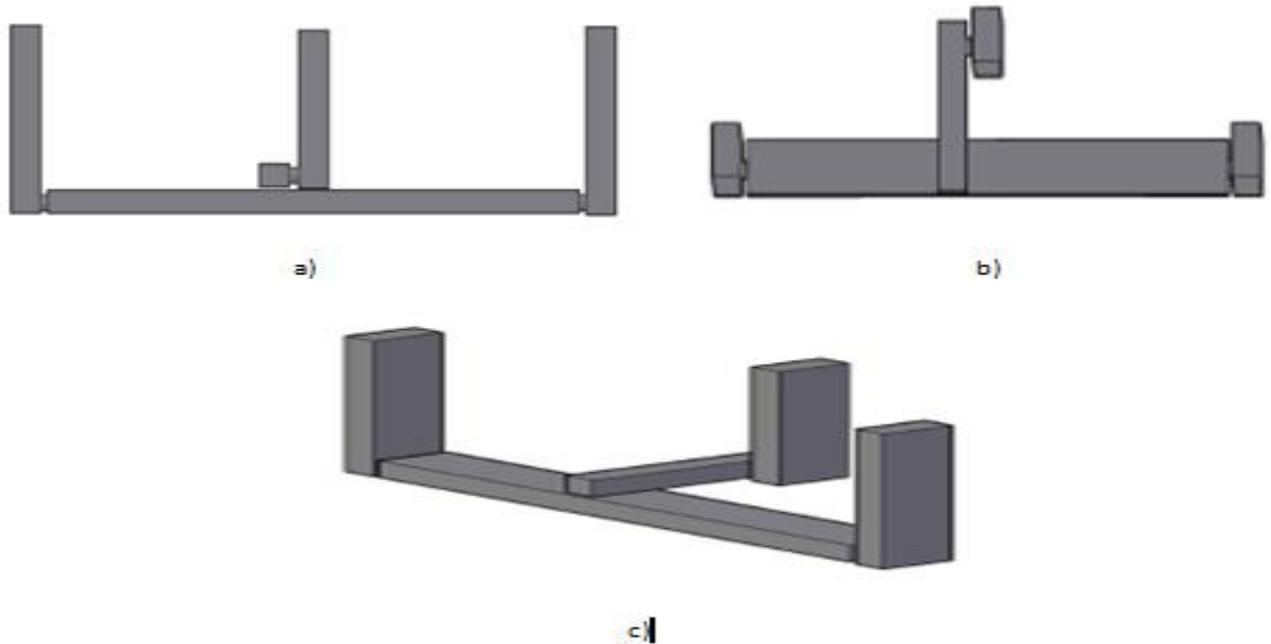


Figura 2.4 Vistas del diseño propuesto a) vista frontal b) vista superior c) vista lateral

	Base (cm)	Brazos laterales (cm)	Brazo medio (cm)	Soporte brazo medio (cm)
Largo	54.5	3	3	5
Alto	3	25	21	3
Ancho	6.5	6.5	6.5	11.5

Tabla 2.3 Dimensiones del robot

La figura muestra una base horizontal con tres brazos verticales, donde los brazos llevaran a cabo una rutina que le permitirá al robot trasladarse de una línea a otra alternando los brazos, abriendo uno y circulando los otros 2 para que al avanzar el brazo abierto pase el

obstáculo de la línea, ocurrido esto, este brazo se cerrara y el siguiente realizara la misma acción hasta que los 3 brazos estén él e siguiente extremo.

El diseño de las llantas (figura 2.5) nos permitirá eliminar fricción entre estas y el cable, con lo cual se lograra que estas salgan de la trayectoria de la línea a la hora de inclinar el brazo. Esto se realizo con el fin de reducir costos en la construcción del robot.

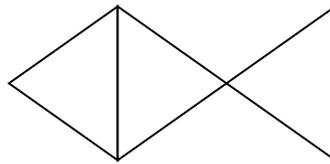


Figura 2.5 Diseño de las llantas

2.2.1 Material para el diseño del robot

Ahora que tenemos un diseño propuesto, analizamos los materiales necesarios para poder estructurarlo. Considerando el ambiente en el que se encontrara y su funcionamiento, concluimos que se requieren materiales ligeros, es por eso que nuestro diseño no es sólido sino que se encuentra hueco, esto también nos ayudara a proteger los dispositivos electrónicos al introducir estos dentro de la estructura hueca.

El material empleado para construir este robot es:

- Aluminio comercial de aviación de 25 milésimas de pulgada de espesor para los brazos y la base.
- Lamina de aluminio de 40 milésimas de pulgada para el soporte central e interior de los servomotores.
- Tuercas de ancla de 10/52" para ajustar servomotores a la base.

- Tornillería de estrella para ajustar servomotores.
- Tornillos de 6/32" para sujetar motores de DC y las llantas a cada brazo.

2.2.2 Dispositivos empleados

Nuestro explorador cuenta con:

- 3 servomotores vigor VS-11 que le permitirán realizar los movimientos de liberación de la línea.
- 3 motores en DC para la tracción sobre el cable de alta tensión cada uno con un transistor tipo N que les proporcionara la potencia suficiente para su óptimo funcionamiento.
- 1 sensor de proximidad con el cual detectara la presencia de un obstáculo, este indicara el final de la línea e iniciara la secuencias de movimientos que le permitirá atravesarla.
- 1 modulo de comunicación inalámbrica que nos permitirá controlar y estar en contacto con el dispositivo a distancia y
- 3 Baterías de 9 volts, para alimentar al controlador, a los servomotores y los transistores de los motores de tracción.

Todos estos controlados, ya sean como entradas o salidas, por el controlador minimaestro de Pololu, el cual tiene configurados 12 canales que nos permiten conectar los servomotores, los sensores como entradas y los motores en DC como salidas.

2.2.2.1 Servomotor vigor VS-11

A 4.8 V.:

Torque máximo: 15 kg.cm (97.21 oz.in)

Velocidad: 0.22 sec / 60° at no load A 6.0 V.:

Torque máximo: 19 kg.cm (263.86 oz.in)

Velocidad: 0.19 sec / 60° at no load

Dimensiones: 74 x 29.1 x 54.3mm (2.91 x 1.15 x 2.14in)

Peso: 100g (3.53 oz)

Sentido de giro: Contrareloj de 1 a 2ms, reloj de 2 a 1ms.

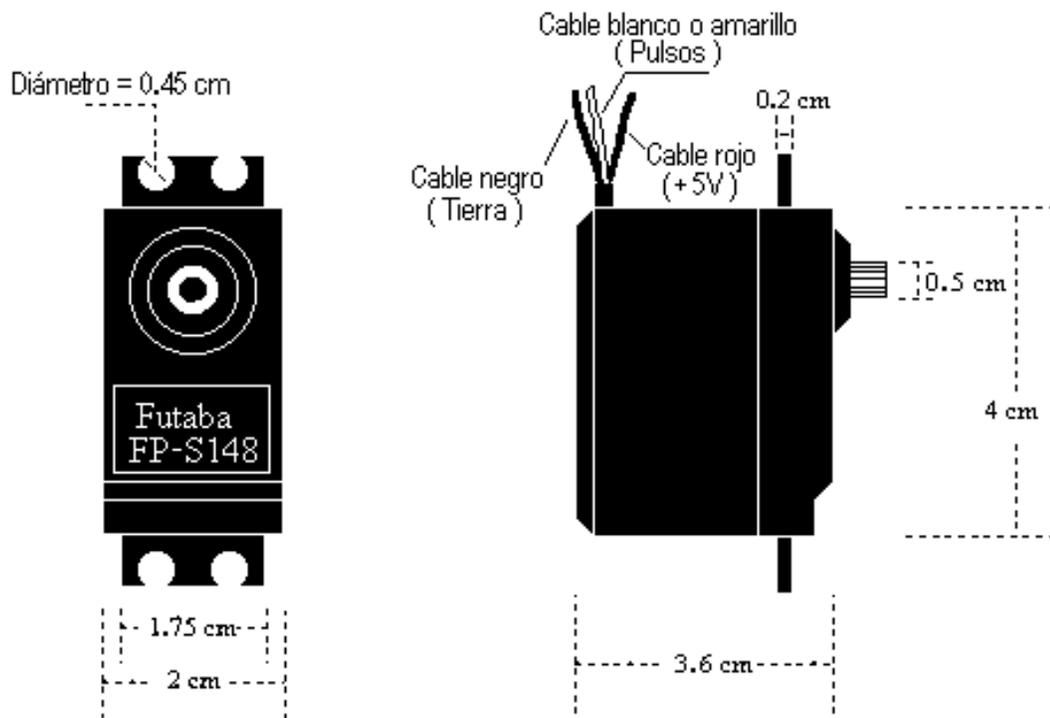


Figura 2.6 Esquema de un servomotor

2.2.2.2 Motoreductor B02-280

- 5Vdc:
- Torque 4.6 KgF*cm.
- Velocidad 30 RPM.

- Consumo de corriente sin carga: 80 mA.
- Consumo de corriente atrancado: 600mA.
- Cuenta con un eje de 5.3mm de diámetro aplanado por ambos lados a 3.6mm y orificios para facilitar su montaje con tornillos.
- Peso: 32gr.

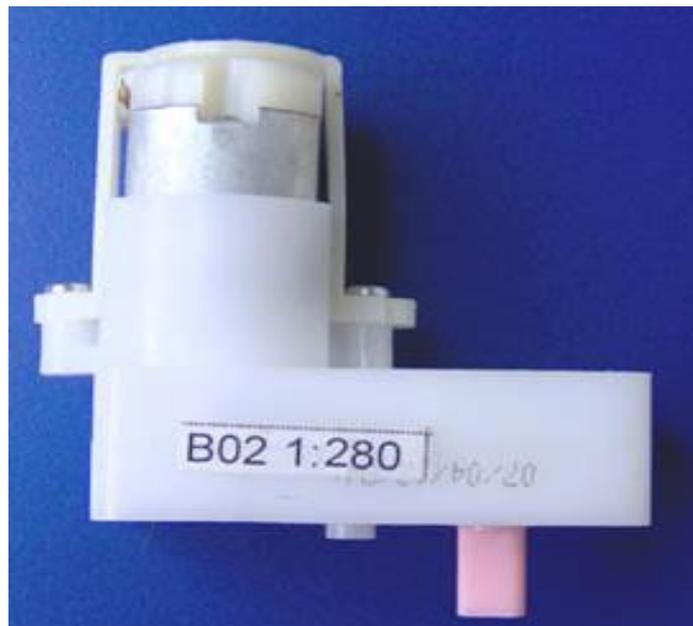


Figura 2.7 Motor de tracción

2.2.2.3 Sensor infrarrojo de proximidad

Sensor de objetos Sharp GP2Y0D810Z0F montado en circuito impreso para facilitar su conexión.

Este sensor indica si hay un objeto entre 2 y 10 cm (no indica la distancia del objeto).

La tarjeta se conecta mediante tres conexiones GND (Tierra), Vin(2.7 a 6.2V), Vout(Salida).

Pines para conexión incluidos (ver foto).

Características:

- Voltaje de operación: 2.7 V a 6.2 V
- Consumo de corriente promedio: 5 mA (typical)
- Rango de detección: 2 cm a 10 cm (0.8" a 4")
- Salida: digital voltaje
- Tiempo de respuesta: 2.56 ms typical (3.77 ms Max)
- Dimensiones: 21.6 x 8.9 x 10.4 mm (0.85" x 0.35" x 0.41")
- Peso: 1.3 g (0.05 oz)

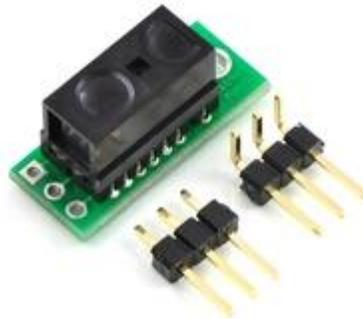


Figura 2.8 Sensor infrarrojo

2.2.2.4 Controlador Pololu minimaestro

Para controlar todo el proceso que llevara a cabo el explorador, se utilizo el controlador pololu mini maestro, este dispositivo es un pequeño controlador de servomotores, el cual nos da la facilidad también de configurar sus canales como entradas o salidas analógicas o digitales, lo cual nos permitió programar directamente desde este mismo dispositivo los motores de tracción y los diferentes sensores utilizados.

Como controlador de servomotores, el minimaestro proporciona una salida de pwm de 2.93 MHz hasta 12 MHz. Este rango de salida de pulso servirá para indicar el ángulo de rotación necesario que realizara el servomotor.

El controlador consta de 12 canales de los cuales 3 serán utilizados como salidas para controlar los servomotores, 3 mas como salidas para los motores en dc y 3 como entradas donde se conectaran los tres diferentes tipos de sensores que utilizaremos.

Este dispositivo permite controlar todos estos canales por medio de una conexión USB a la computadora, por programación directa en la memoria del controlador y por medio de comunicación asíncrona (UART). Esta última nos ayudara a controlar a distancia nuestro explorador y poder comunicarnos con el de manera inalámbrica.

Este controlador incluye también un software con una interface que permite de manera grafica establecer los parámetros de manera individual para cada canal, pudiendo seleccionar si servirá como salida para servomotor, como entrada o como salida, así como la forma en que se llevara a cabo el control de estos (alguna de las mencionadas en el párrafo anterior). En caso de utilizar el canal para controlar un servomotor, este software nos muestra una barra en la cual se le indica el periodo del pulso dentro del rango de frecuencias ya mencionadas equivalentes a un valor angular.

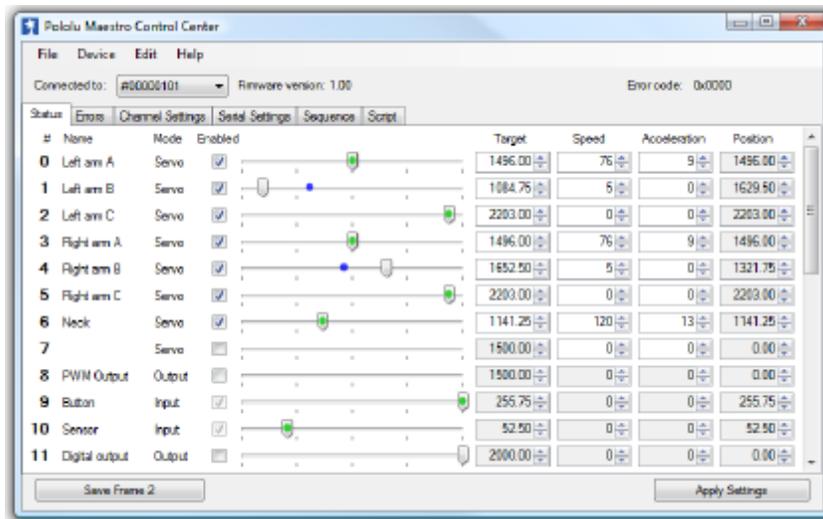


Figura 2.9 Ventana de configuración de canales del controlador minimaestro

2.2.2.4.1 Componentes del controlador

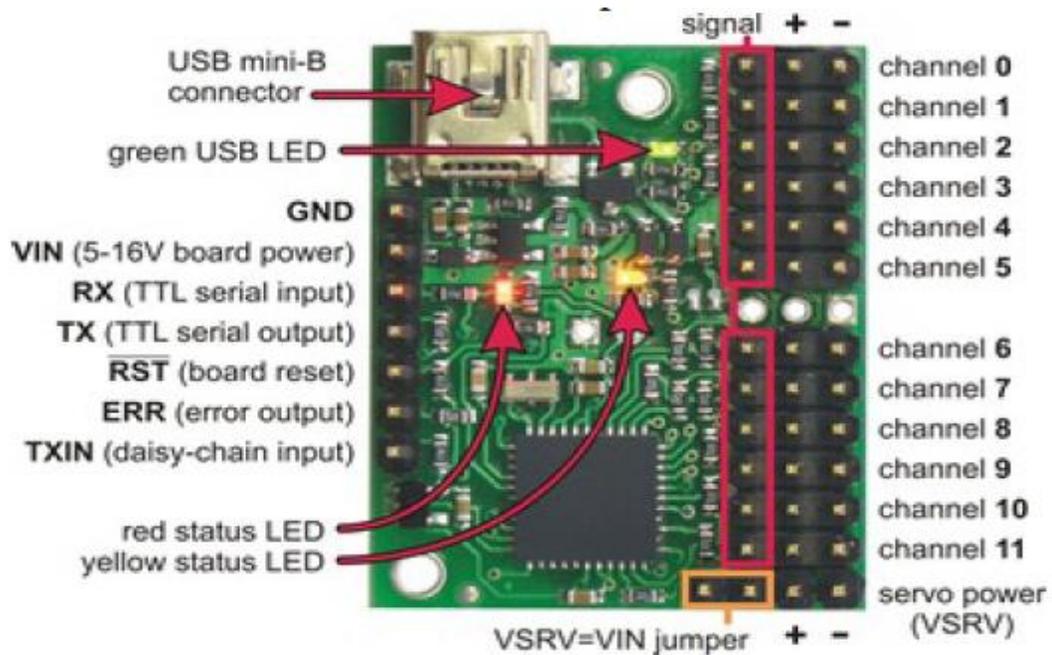


Figura 2.10 Descripción de pines de controlador minimaestro

Alimentación del procesador: el controlador puede ser alimentado por el puerto USB o con una fuente de 5-16 V conectada al pin VIN y GND. Es recomendable tener una fuente de

alimentación externa al mismo tiempo que se tiene la conexión USB, en tal caso, el controlador será alimentado por la fuente externa, cabe mencionar que si la fuente es de un valor inferior a las 5V no garantiza el funcionamiento del controlador incluso con el conector USB.

Alimentación de servomotores: Los pines de alimentación de los servomotores se encuentran en la esquina inferior derecha del minimaestro. Esta alimentación es directa, siempre y cuando cumpla con las condiciones de voltaje y corriente requeridas por el servomotor.

Señal: Estos pines, contenidos en cada uno de los canales son usados para enviar la señal a los servomotores, controlar salidas digitales y la medición de voltajes analógicas.

RX: Este pin es utilizado para recibir información serial TTL de manera asíncrona (UART).

TX: Esta línea nos permite transmitir información serial.

$\overline{\text{RST}}$: Reset del microcontrolador.

ERR: Esta línea muestra un led rojo indicador de error.

TXIN: Esta línea es una entrada serial que nos permite conectar una cadena de varios mini maestros.

2.2.2.5 Modulo HM-TR915

Este es un modulo de comunicación inalámbrica para una alta velocidad y grandes distancias, con frecuencia programable y bajo consumo de corriente.

- Modulación FSK altamente inmune a interferencia.
- Comunicación Half-duplex.
- Bandas de 315/433/868/915 MHz de uso libre.
- Frecuencias programables, pudiendo ser usadas en aplicaciones FDMA (Frequency Division Multiple Acces).
- Traslación de protocolo UART a RF autocontrolada.
- Formato UART configurable con una velocidad de 300-19200 bps.
- Alto rango de transmisión >300 m en áreas abiertas.
- Interface UART estándar con niveles lógicos TTL o RS232.
- Tamaño compacto con socket para antena SMA.
- No requiere sintonizador de radiofrecuencia

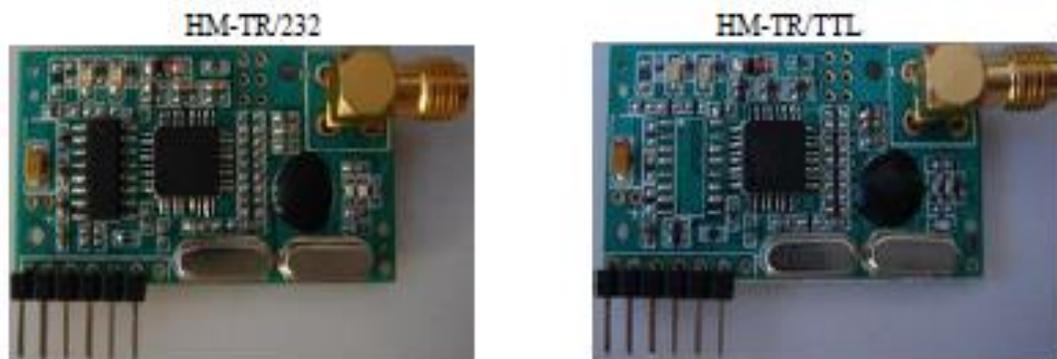


Figura 2.11 Transceptores en su configuración RS232 y TTL

2.2.3 Funcionamiento

Ya se explico a grandes rasgos como funcionara el prototipo, pero ahora se muestra un diagrama de flujo que explica la rutina que el controlador seguirá.

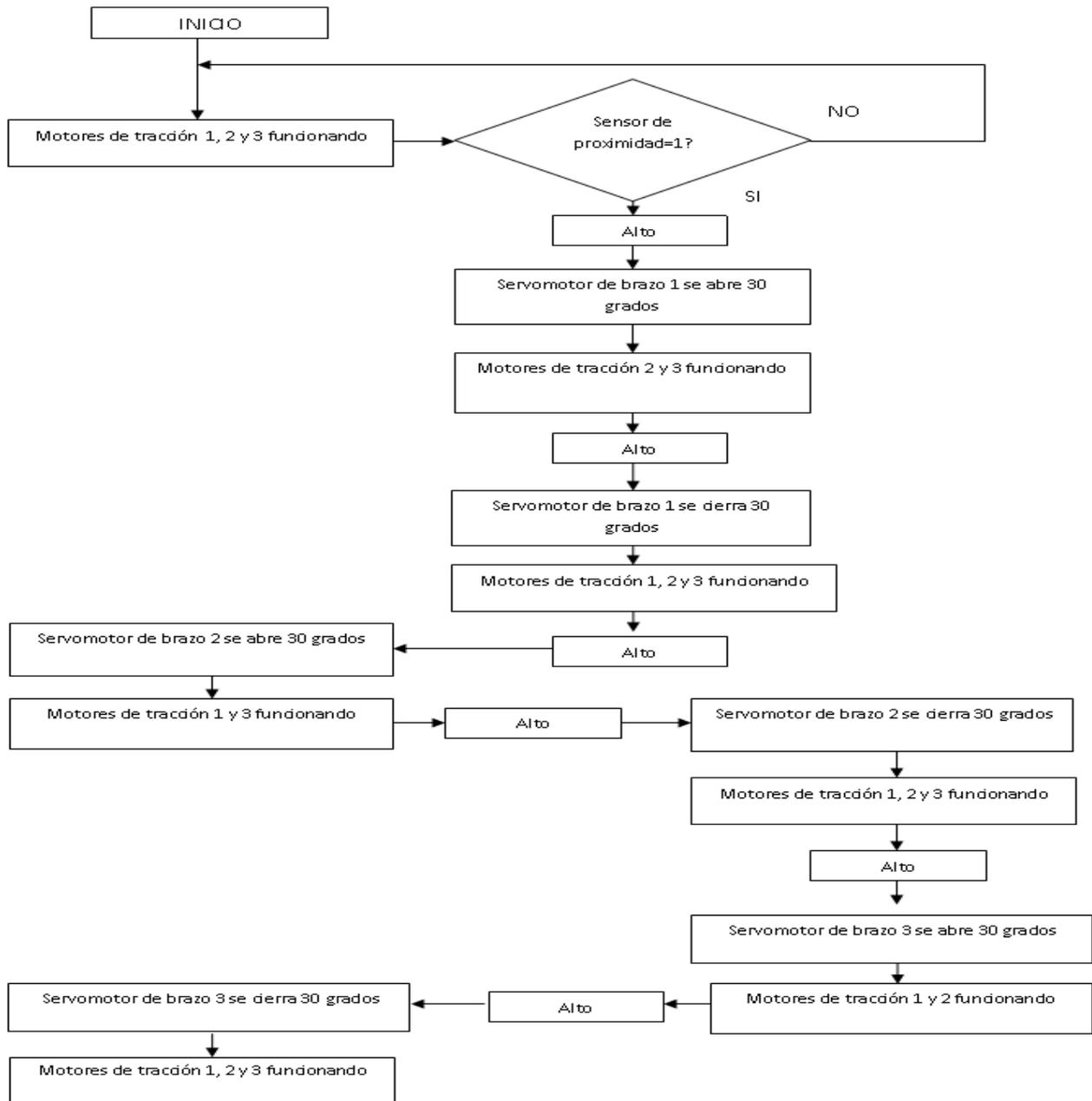


Figura 2.12 Diagrama de flujo de la rutina del controlador mini maestro

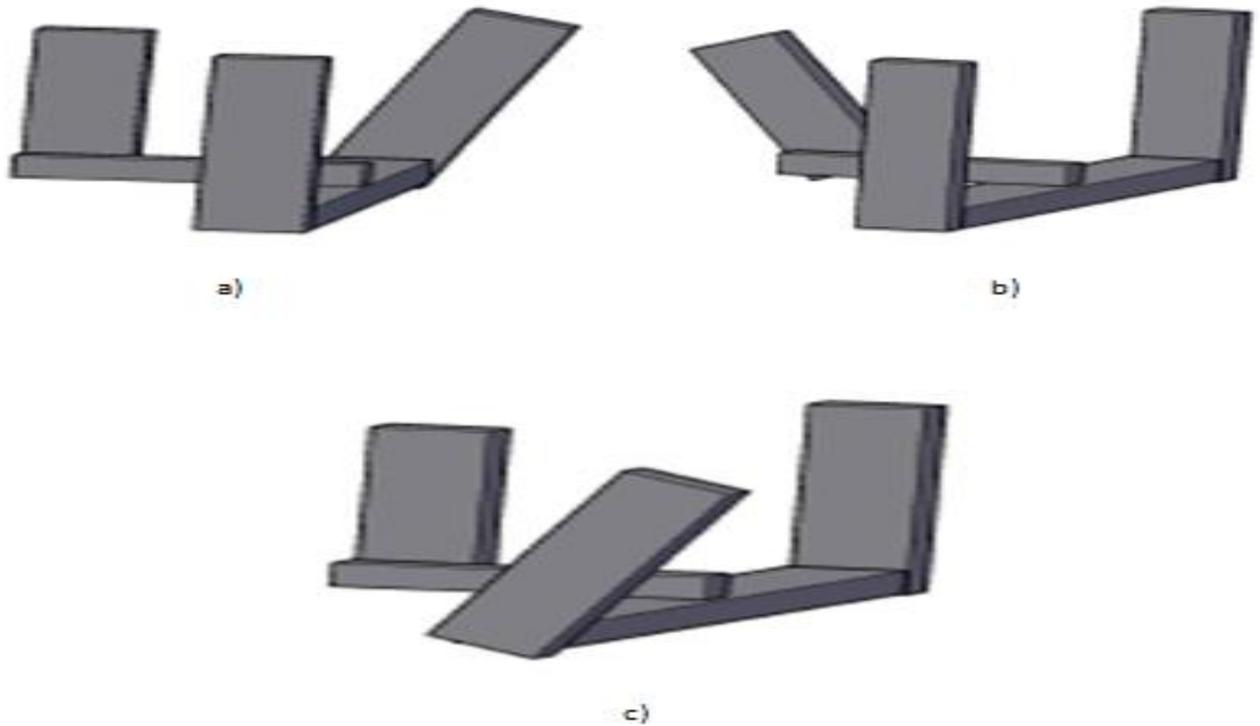


Figura 2.13 Rutina de movimientos del robot a) brazo 1 servomotor 1 b) brazo 2 servomotor 2 c) brazo 3 servomotor 3

2.2.3.1 Circuito eléctrico de conexión de los dispositivos

La siguiente figura muestra el circuito en el cual se conectan los diferentes motores y sensores, los conectores indican cada uno de los canales utilizados, ya sea como entrada o como salida.

En el circuito se puede observar que cada canal tiene tres entradas, el pin 1 es para la señal que envía el controlador, el pin 2 es la alimentación de los diferentes dispositivos, en particular de los servomotores y el pin 3 es la tierra.

En el caso de los motores de tracción, solo se conectaron el pin 1 y 3, ya que están configurados como salidas, y el pin 1 determina la salida que encenderá los motores y la

tierra del circuito, esta salida está conectada a una etapa de potencia, donde el motor obtendrá la corriente suficiente para su funcionamiento.

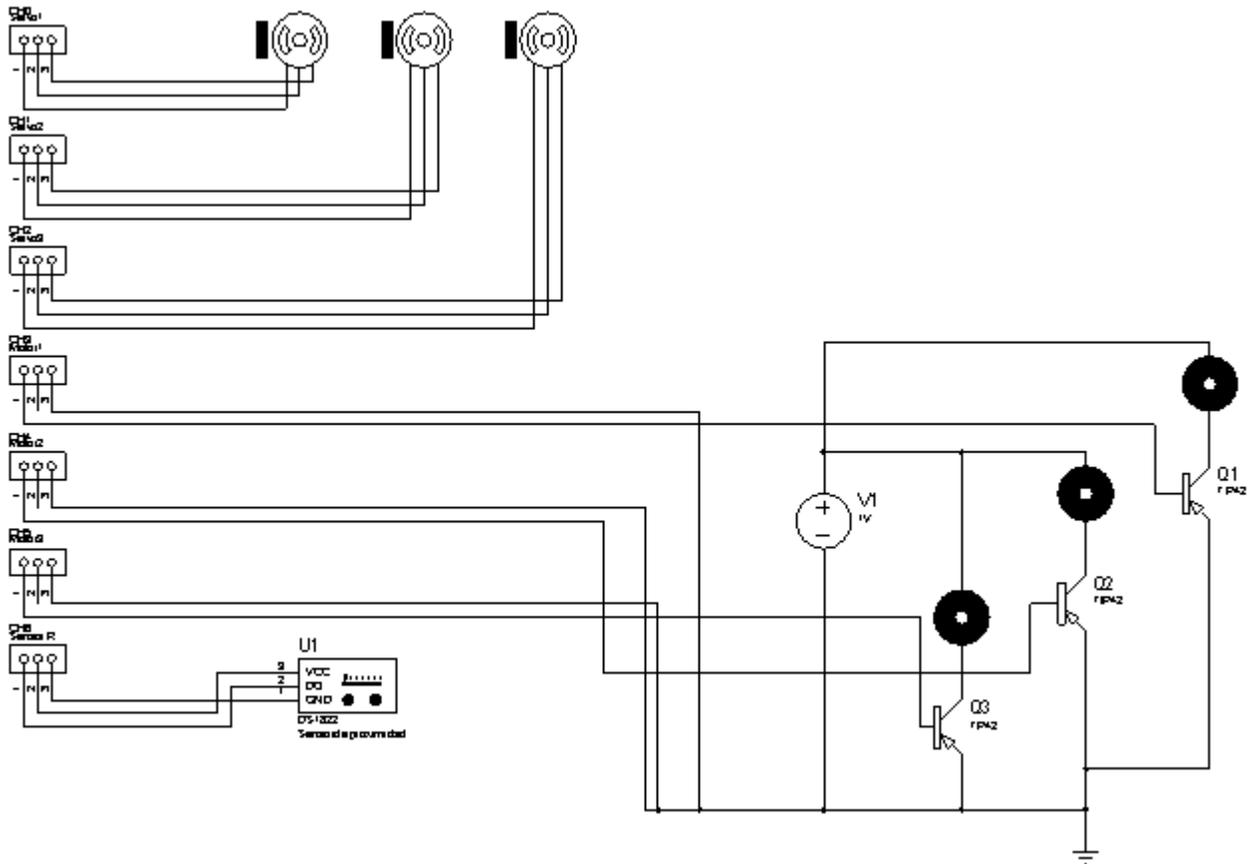


Figura 2.14 Circuito eléctrico de conexión del controlador pololu cons los servomotores, motores de tracción y sensor.

2.2.3.1 Comunicación

Con el objetivo de controlar el explorador a distancia desde una computadora, se implemento un modulo de comunicación por radiofrecuencia, este modulo consta de dos transceptores, por lo tanto, buscamos poder enviar y recibir información del dispositivo.

De este modo, se lograra activar el robot desde una computadora a distancia y recibir información de este alertándonos si existe o no una falla y en caso de localizarla informara a qué distancia del origen se encuentra para así ubicar el lugar de la avería.

El transceptor utilizado es el hm-tr915, en su modo TTL y RS232, de esta manera podremos conectar el modo TTL al controlador pololu el cual ya se encuentra configurado para una comunicación asíncrona (UART) y el modo RS232 que agrega a la configuración del transceptor un MAX232 para obtener los niveles de voltaje requeridos para la conexión serial con la computadora.

En la siguiente figura mostramos de manera grafica como se realizara la comunicación:

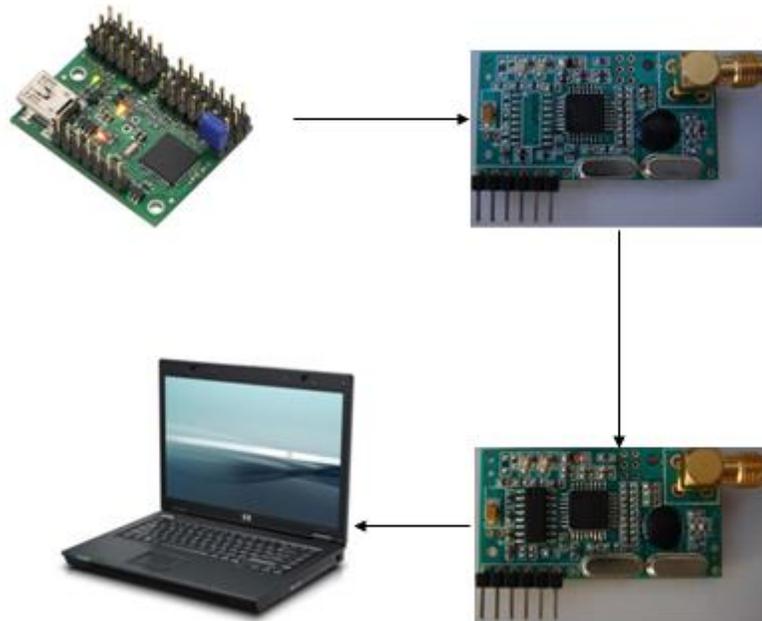


Figura 2.15 Comunicación entre controlador y computadora

CAPITULO 3 PRUEBAS Y RESULTADOS

A lo largo del desarrollo del prototipo se llevaron a cabo pruebas para probar los diferentes dispositivos, como el funcionamiento de los sensores y los motores.

Aquí mostramos algunos de los resultados obtenidos.

- En la parte de la mecánica del robot se lograron ensamblar todas las piezas necesarias para su funcionamiento, la base horizontal y los brazos verticales, los servomotores incrustados en el interior de la base y se comprobó que el explorador se lograra mantener colgado sobre la línea. También se adaptaron dos cabinas también en el interior en las cuales se colocaron el controlador y la etapa de potencia en la cabina uno y la etapa de alimentación de dichos circuitos en la cabina dos.

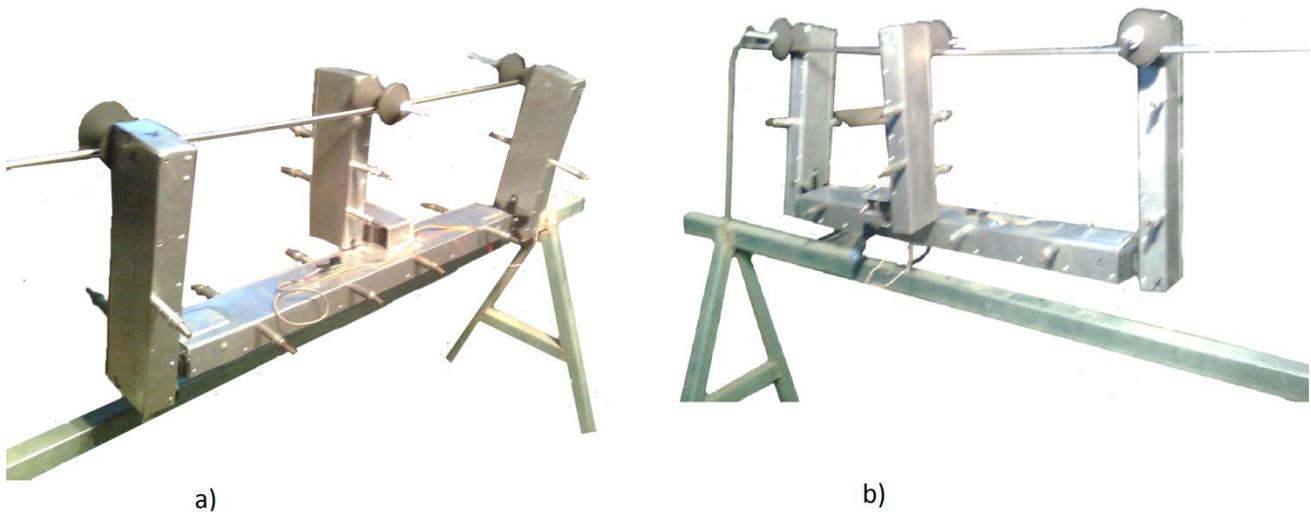


Figura 3.1 a) y b) pruebas de estabilidad del robot sobre la línea

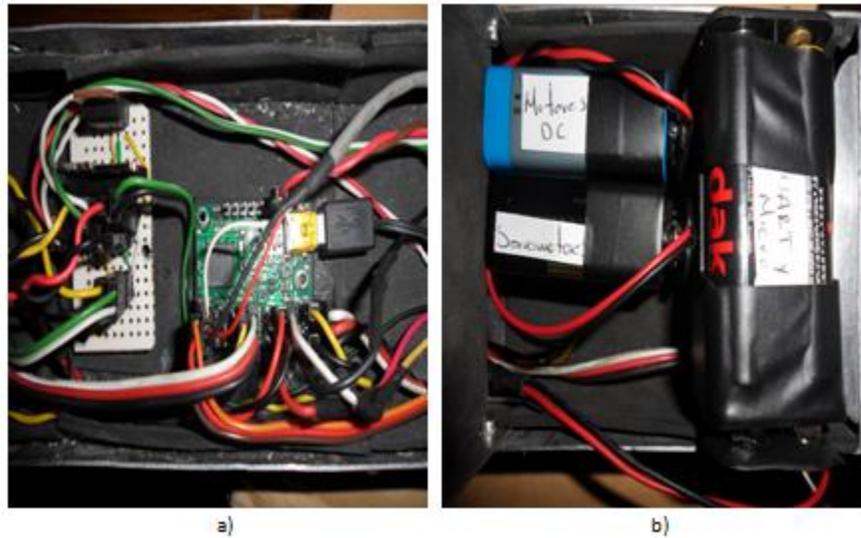


Figura 3.2 Cabinas de circuitos a) Cabina 1: controlador y etapa de potencia b) Cabina 2: etapa de alimentacion.

- Se configuro el controlador con los diferentes canales para servos, motores y sensores y se verifico el funcionamiento de estos de acuerdo a la configuración.
- Por último, se programo la secuencia en el controlador en la cual los motores de tracción iniciaran su recorrido, al detectar un obstáculo el sensor de proximidad, el robot se detendrá e iniciara la rutina de movimientos de los servomotores para evitar dicho obstáculo, esta rutina continuara siempre y cuando el sensor de inductancia detecta la presencia de corriente, lo cual indicara que existe línea por la cual seguirá su camino.

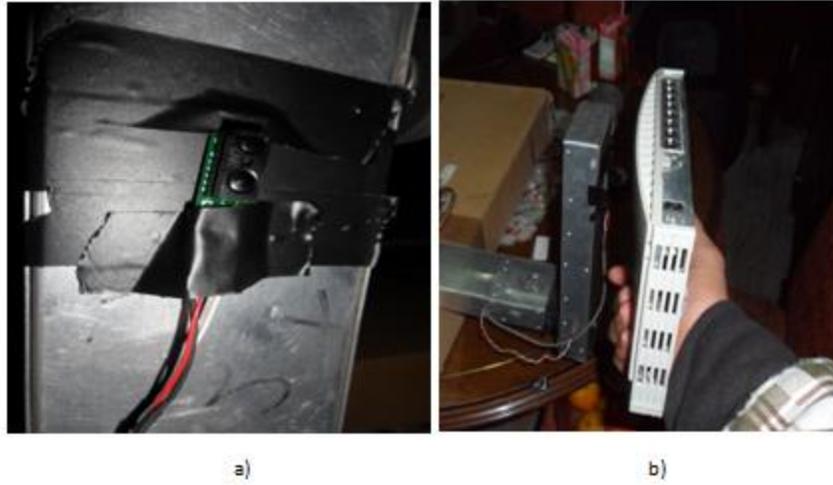


Figura 3.3 a) Colocación del sensor de proximidad en el primer brazo del robot b) Activación de la secuencia de los motores al detectar el sensor un obstáculo

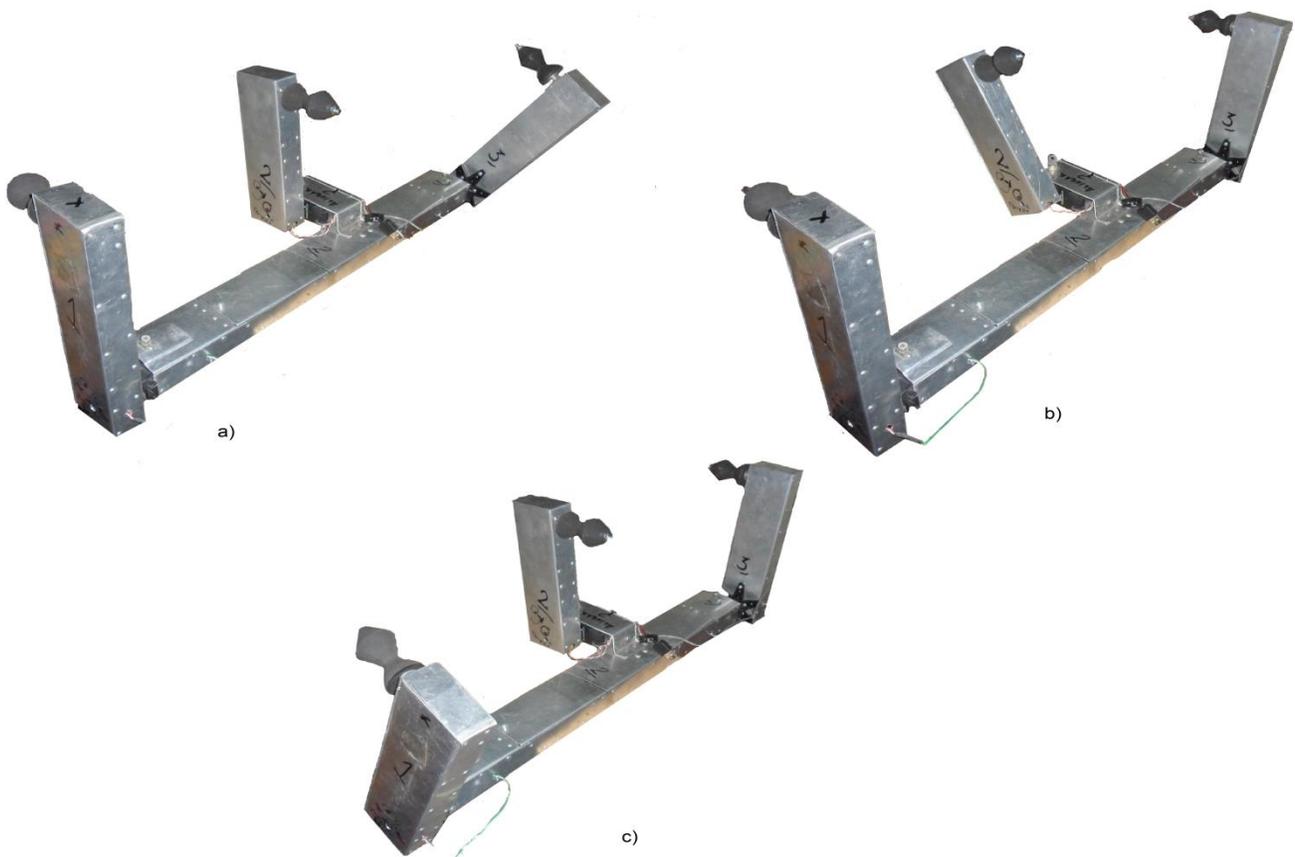


Figura 3.4 Secuencia de motores a) brazo 3 se abre b) brazo 3 se cierra y brazo 2 se abre c) brazo 2 se cierra y se abre el brazo 1

CAPITULO 4 PROPUESTAS DE MEJORAS

El diseño que se ha mostrado en esta tesis puede considerarse algo esencial, cabe mencionar que las mejoras son innumerables.

En esta presentación solo se muestra el prototipo que se adaptaba a nuestras capacidades económicas y de tiempo, un trabajo como estos lleva años de investigación y mucha inversión monetaria.

Es por eso que aunque en esta ocasión no se aplicaron, si se tienen propuestas de ideas que permitirán optimizar el explorador y lograr así un funcionamiento mucho más satisfactorio.

Presentamos aquí algunas propuestas que el equipo considero para este prototipo:

- En el eje principal que sostiene las tres articulaciones, se propone agregar dos más sobre él, intercaladas entre ellas como anteriormente se hizo con las tres que ya tiene el robot, al agregar estas articulaciones se busca una mayor flexibilidad, que el robot al iniciar su secuencia de pasar un obstáculo logre una mayor estabilidad física y que así permita que el robot este seguro en las líneas de alta tensión. Al agregar estas dos articulaciones, permitirá una liberación de la línea de manera más fácil y rápida.
- Rediseñar los brazos, de forma tal que estos no sean tan robustos, para que así logremos una forma aerodinámica en ellos y que la estructura del robot pese menos, para lograr un mejor desplazamiento, mas rápido y más confiable a lo largo de las líneas de alta tensión.

- Implementar una cámara web con movimiento en el eje “x” y el eje “y” al robot, con esta aplicación se pretende obtener resultados más detallados de la línea, no solo en la línea que se transporta el robot si no también que tenga la capacidad de proporcionar imágenes las demás líneas y así inspeccionar más de una línea a la vez. Con esta implementación también se lograra que el robot inspeccione el ambiente en el que se encuentra alrededor de el.

- Implementar un protocolo de comunicación que nos permita una transmisión a una distancia mucho mayor, con la finalidad de recorrer largas distancias en la estructura de las líneas.

- A los brazos agregar un servomotor más a cada uno de ellos para modificar la forma en que se reincorporara a la línea cuando se encuentran con un obstáculo y comienza su secuencia para evitarlos. De esta forma lograremos que en el proceso el robot no tienda a caerse, tenga un mejor agarre y sea más óptimo para el objetivo.

- Con una mayor inversión económica se cambiaran los servomotores por unos con más fuerza para lograr un mejor equilibrio, una mejor estabilidad en el robot. Y se cambiaran los motores por unos con más potencia para que al desplazarse por la línea se mas veloz y logre avanzar las distancias deseadas en menos tiempo.

CUNCLUSIONES

Ahora que se tiene el prototipo y se ha procedido a las pruebas, se concluye que:

En los aspectos mecánicos del prototipo, se localizo un defecto en el eje de dos de las llantas de tracción en los brazos, estas no quedaron totalmente alineadas al eje, lo que provoca que no giren sobre este sino que describan una pequeña elipse. Esta anomalía provoca que al rodar el robot por el cable tienda a desviarse un poco de él, tendiendo a liberarse del cable y provocando una posible caída.

A pesar de lo mencionado en los párrafos anteriores, el prototipo diseñado se logro, estableciendo en este una rutina de control que le permitirá circular por los cables y superar los obstáculos encontrados tal y como se buscaba con este proyecto.

Este modelo es una propuesta de diseño y control del mismo para circular sobre cables de alta tensión, mas no implica que el modelo presentado lleve esta tarea a cabo. Para realizar esto, se deben considerar innumerables circunstancias presentes en el proceso de transmisión de energía eléctrica, una de las más importantes es las condiciones eléctricas y magnéticas presentes en la alta tensión. Para llevar este prototipo a prácticas de campo se requieren aplicar estos conocimientos hacia su construcción, lo cual implica investigación y estudio de la generación, producción, distribución y características de la energía eléctrica en potencias no estudiadas dentro del plan de estudios presentado en la currícula de nuestra carrera.

CODIGO DE PROGRAMACIO DEL CONTROLADOR POLOLU

```

start:                                     8 servo
sensor if Movimientos goto start endif    7 servo
Traccion                                  6 servo
goto start                                5 servo
                                           4 servo

sub sensor                                 3 servo
9 get_position 512 less_than              2 servo
return                                     1 servo
                                           0 servo

### Sequence subroutines: ###
                                           delay
                                           return

# Movimientos
sub Movimientos                            sub frame_0
  5 5600 8000 0 5600 8000 0              0 servo
  6200 8000 0 0 0 frame_0..8_10_11 #    delay
Stop traccion                              return
  500 6800 frame_0 # 1er brazo abre
  2500 3986 3986 frame_4_7 # Traccion    sub frame_4_7
2,3 on                                     7 servo
  500 8000 8000 frame_4_7 # Traccion 2,3 4 servo
stop                                        delay
  500 5600 frame_0 # 1er brazo cierra    return
  500 6800 frame_3 # 2do brazo abre
  2500 3986 3986 frame_1_7 # Traccion    sub frame_3
1,3 on                                     3 servo
  500 8000 8000 frame_1_7 # Traccion 1,3 delay
stop                                        return
  500 5600 frame_3 # 2do brazo cierra
  500 5200 frame_6 # 3er brazo abre      sub frame_1_7
  2500 3986 3986 frame_1_4 # Traccion    7 servo
1,2 on                                     1 servo
  500 8000 8000 frame_1_4 # Traccion 1,2 delay
stop                                        return
  500 6200 frame_6 # 3er brazo cierra
return
# Traccion
sub Traccion
  500 5600 3986 0 5600 3986 0
  6200 3986 0 0 0 frame_0..8_10_11 #
Hacia adelante
return

sub frame_0..8_10_11
  11 servo
  10 servo

```

- [1] *José Manuel Benavent García, "Electrónica de Potencia, Teoría y Aplicaciones".*
- [2] *Ramón Pallas Areny, "Sensores y Acondicionadores de Señal".*
- [3] *SeattleRobotics.org, "Whats a servo: A quick tutorial".*
- [4] *Boylestad Nashelsky, "Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos".*
- [5] *José Ma. Angulo Usategui, "Microcontroladores, Diseño Practico de Aplicaciones".*
- [6] *"Measure While Drilling".*
- [7] *James O. Hamblen, "Rapid Prototyping of Digital Systems".*
- [8] *Robert L. Boylestad, "Introducción al análisis de circuitos".*
- [9] *Luis María Checa, "Líneas de Transporte de Energía"*
- [10] *Francisco Rodríguez Benito, "El transporte de la Energía Eléctrica en Alta Tensión"*
- [11] *Jorge N. L. Sacchi – Alfredo Rifaldi, "Técnica de la Alta Tensión"*