

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



*DESARROLLO DE UN MÓDULO ELECTRÓNICO
PARA LA ENSEÑANZA DEL ÁREA DE CIENCIA,
TECNOLOGIA Y AMBIENTE EN LA EDUCACIÓN
SECUNDARIA PERUANA*

Tesis para la optar el título de ingeniero electrónico

Presentado por:

José Antonio Suazo Canchanya

Asesora:

MSc. Ing. Rocío Callupe

Lima – PERÚ

2014

RESUMEN

Actualmente en el Perú el uso de la tecnología para la educación se ha dado con tecnología importada de manera específica para el área de Ciencia, Tecnología y Ambiente (CTA). La problemática de esta situación es que son tecnologías que muchas veces no toman en cuenta la realidad de la educación en el país y esto puede influir en los bajos o lentos resultados que saltan a la vista sobre la mejora en la educación peruana.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de tesis es el desarrollo de un módulo electrónico para la enseñanza del área de ciencia, tecnología y ambiente en la educación secundaria peruana que permita incrementar el interés en ingeniería de los adolescentes de los tres últimos años de educación secundaria a través del estudio y uso de subsistemas electrónicos.

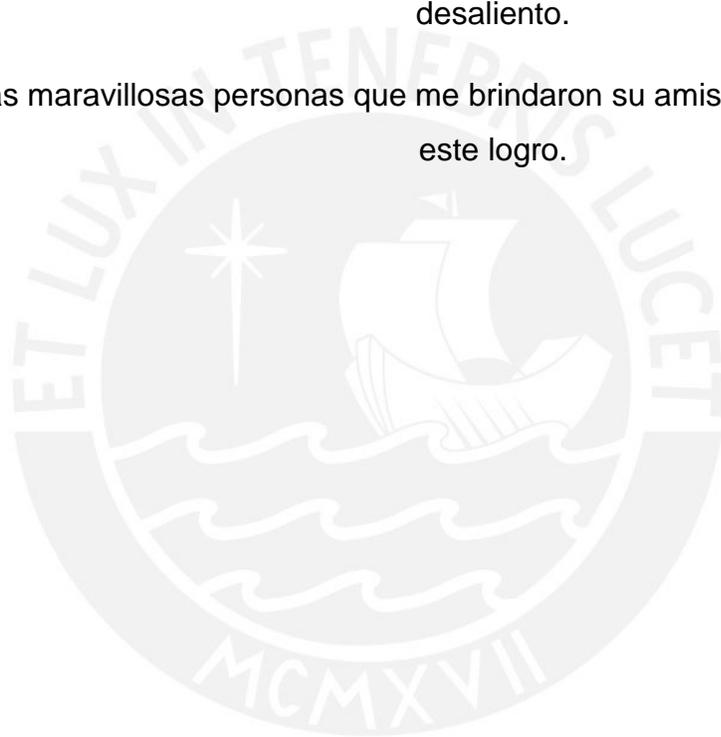
Para alcanzar el objetivo se trabajó en evaluar las distintas tecnologías utilizadas alrededor del mundo para la robótica educativa, que pueden ser de apoyo en el aula o como herramientas para las competencias de robótica y se encontró varios logros obtenidos en otros países como Uruguay con el “Proyecto Butiá”, en Argentina con el robot “Múltiplo” y los avances en este tema en Europa y Iberoamérica. Para el desarrollo del módulo electrónico educativo de este trabajo de tesis se tomaron tres etapas: primero, una de aprendizaje básico de electrónica; segundo, un diseño de un módulo electrónico general; y la implementación de tres proyectos aplicativos. Los resultados obtenidos se basaron en el desarrollo de un Taller de Electrónica a 12 alumnos de 3er, 4to y 5to grado de educación secundaria del IEP San Martín de Porres en el periodo educativo 2014, y se comprobó la hipótesis planteada en este trabajo, que pruebe que el rendimiento educativo en CTA de los alumnos del colegio San Martín de Porres está en función de su desempeño en un Taller de Electrónica, donde diseñan e implementan un módulo de electrónica. Así lo muestran los resultados del mejor rendimiento de los alumnos en el curso de CTA comparando datos de notas del 2013 y 2014, donde se incrementó la nota media de 15.42 a 16.92 en un rango de 1 a 20 y una desviación estándar que disminuyó de un valor de 1.31 a 0.79.

Finalmente, la conclusión más importante es que un Taller de Electrónica para estudiantes de 3er, 4to y 5to grado de educación secundaria del IEP San Martín de Porres de año lectivo 2014, donde la implementación del Módulo electrónico para la enseñanza de temas relacionados a la electrónica influyó positivamente en el interés en el área de Ciencia Tecnología y Ambiente porque incorporó un aprendizaje activo a través del uso de herramientas electrónicas de fácil acceso.

A mis padres por su amor, dedicación y confianza a lo largo de mi carrera.

A mi hermana y sobrinos que son mi mayor inspiración en los momentos de desaliento.

A las maravillosas personas que me brindaron su amistad y que son parte de este logro.



ÍNDICE

| | Pág. |
|---|------|
| ÍNDICE..... | i |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | vii |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | viii |
| INTRODUCCIÓN..... | ix |
| 1. PROBLEMÁTICA DE INTERÉS EN INGENIERÍA EN ALUMNOS DE COLEGIOS Y EL DESARROLLO DE MÓDULOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS PARA LA ENSEÑANZA DEL ÁREA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y AMBIENTE..... | 2 |
| 1.1 Problemática de interés en ingeniería en alumnos de colegios..... | 2 |
| 1.2 Problemática del desarrollo de módulos electrónicos utilizados para la enseñanza del área de Ciencia, Tecnología y Ambiente..... | 2 |
| 1.3 Objetivos..... | 5 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 5 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 5 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1 Introducción..... | 6 |
| 2.2 Estado del arte..... | 6 |
| 2.3 Recursos Tecnológicos de Robótica..... | 11 |
| 2.3.1 Arduino Complubot..... | 11 |
| 2.3.1.1 CB-1..... | 11 |
| 2.3.1.2 CB-2..... | 12 |
| 2.3.1.3 Arduino Robot..... | 12 |
| 2.3.1.4 Ardulab..... | 13 |
| 2.3.2 Proyecto Butiá..... | 14 |
| 2.3.3 Multiplo..... | 14 |

| | |
|--|----|
| 2.3.4 Kits de robótica de Parallax Inc-Kit Robot Boe-Bot – USB..... | 15 |
| 2.4 Metodologías de enseñanza para aplicar al área de Ciencia, Tecnología y Ambiente | 16 |
| 2.4.1 Constructivismo..... | 16 |
| 2.4.2 Aprendizaje basado en problemas..... | 16 |
| 2.4.3 Construccinismo..... | 16 |
| 2.5 Aprendizaje basado en proyecto aplicado a la robótica educativa..... | 17 |
| 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO ELECTRÓNICO PARA LA ENSEÑANZA DEL ÁREA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y AMBIENTE..... | 18 |
| 3.1 Introducción..... | 18 |
| 3.2 Diseño de la etapa de aprendizaje de electrónica..... | 18 |
| 3.2.1 Introducción..... | 18 |
| 3.2.2 Circuito de secuencia de LEDs..... | 19 |
| 3.2.3 Circuito detector de llama de fuego..... | 24 |
| 3.2.4 Circuito detector de tacto..... | 28 |
| 3.3 Diseño de un Módulo Electrónico para la enseñanza del área de Ciencia, Tecnología y Ambiente en la educación secundaria peruana..... | 32 |
| 3.4 Proyecto Aplicativo 1 - Robot esquivo obstáculos..... | 34 |
| 3.4.1 Diseño mecánico de la base del Módulo Electrónico para el Robot esquivo obstáculos..... | 34 |
| 3.4.2 Sensores de distancia..... | 35 |
| 3.4.3 Microcontrolador..... | 40 |
| 3.4.4 Controlador de motor..... | 44 |
| 3.4.5 Motores..... | 47 |
| 3.4.6 Diseño Final..... | 47 |
| 3.5 Proyecto Aplicativo 2 - Robot seguidor de línea..... | 49 |
| 3.5.1 Diseño mecánico del Módulo Electrónico para el Robot seguidor de línea..... | 49 |
| 3.5.2 Sensores de líneas negras..... | 49 |
| 3.5.3 Acondicionamiento de señal..... | 52 |
| 3.5.4 Microcontrolador..... | 54 |
| 3.5.6 controlador de motor..... | 55 |
| 3.5.7 Motores..... | 55 |

| | |
|---|----|
| 3.5.8 Diseño Final..... | 56 |
| 3.6 Proyecto Aplicativo 3 - Robot seguidor de luz..... | 58 |
| 3.6.1 Diseño mecánico del Módulo Electrónico para el Robot seguidor de luz..... | 58 |
| 3.6.2 Sensores de luz..... | 58 |
| 3.6.3 Microcontrolador..... | 61 |
| 3.6.4 Controlador de motor..... | 63 |
| 3.6.5 Motores..... | 63 |
| 3.6.6 Diseño Final..... | 63 |
| 4. RESULTADOS..... | 65 |
| 4.1 Introducción..... | 65 |
| 4.2 Etapa de aprendizaje de electrónica básica como punto de partida..... | 65 |
| 4.3 Pruebas y resultados del diseño del Módulo Electrónico..... | 67 |
| 4.3.1 Piezas y armado del diseño mecánico..... | 68 |
| 4.3.2 Montaje de la tarjeta de control, controlador de motores y baterías.. | 69 |
| 4.4 Implementación de los proyectos aplicativos..... | 70 |
| 4.5 Proyecto Aplicativo 1..... | 72 |
| 4.6 Proyecto Aplicativo 2..... | 72 |
| 4.7 Proyecto Aplicativo 3..... | 73 |
| 4.8 Análisis del rendimiento de alumnos en un Taller de Electrónica..... | 74 |
| 4.8.1 Población..... | 74 |
| 4.8.2 Muestra..... | 74 |
| 4.8.3 Operacionalización de variables..... | 75 |
| 4.8.4 Instrumentos de recolección de datos..... | 76 |
| 4.8.5 Procesamiento y análisis de la Encuesta..... | 76 |
| 4.8.6 Expediente de los alumnos en el área de Ciencia, Tecnología y Ambiente..... | 79 |
| CONCLUSIONES..... | |
| RECOMENDACIONES..... | |
| BIBLIOGRAFÍA..... | |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 2.1 Porcentaje de mejora de los aprendizajes de los alumnos en función de si el docente establece o no. fases/etapas en robótica educativa.....</i> | 7 |
| <i>Figura 2.2 Robot arduino complubot impreso en 3D modelo CB-1.....</i> | 11 |
| <i>Figura 2.3 Robot arduino complubot impreso en 3D modelo CB-2.....</i> | 12 |
| <i>Figura 2.4 Arduino robot especialmente diseñado para robótica educativa.....</i> | 13 |
| <i>Figura 2.5 Ardulab, programa de simulación y aprendizaje de Arduino.....</i> | 13 |
| <i>Figura 2.6 Robot butiá realizando la labor de un seguidor de línea.....</i> | 14 |
| <i>Figura 2.7 Robot múltiplo modelo N6.....</i> | 15 |
| <i>Figura 2.8 Robótica con el Boe-Bot.....</i> | 16 |
| <i>Figura 3.1 Circuito para secuencia de 10 LEDs.....</i> | 20 |
| <i>Figura 3.2 Nomenclatura de pines del contador de décadas CD4017.....</i> | 21 |
| <i>Figura 3.3 Salidas del contador de décadas CD4017.....</i> | 22 |
| <i>Figura 3.4 Configuración astable del temporizador NE555.....</i> | 22 |
| <i>Figura 3.5 Secuencia de LEDs en protoboard, software Fritzing.....</i> | 24 |
| <i>Figura 3.6 Circuito detector de llama de fuego.....</i> | 24 |
| <i>Figura 3.7 Curva de ganancia del transistor versus la corriente de colector a 25°C.....</i> | 25 |
| <i>Figura 3.8 Malla 1 del circuito de detección de llama de fuego.....</i> | 25 |
| <i>Figura 3.9 Malla 2 del circuito de detección de llama de fuego.....</i> | 26 |
| <i>Figura 3.10 Simulación del circuito detector de fuego, con 66uA de entrada, el LED se enciende. Elaboración propia.....</i> | 27 |
| <i>Figura 3.11 Simulación del circuito detector de fuego, con 0.03uA de entrada, el LED no se enciende. Elaboración propia.....</i> | 27 |
| <i>Figura 3.12 Circuito detector de llama de fuego en protoboard, software Fritzing. Elaboración propia.....</i> | 28 |
| <i>Figura 3.13 Circuito detector de tacto.....</i> | 28 |
| <i>Figura 3.13 Malla 1 del circuito de detección de tacto.....</i> | 29 |
| <i>Figura 3.15 Malla 2 del circuito de detección de tacto.....</i> | 30 |
| <i>Figura 3.16 Simulación del circuito detector de fuego, con 66uA de entrada, el LED se enciende. Elaboración propia.....</i> | 31 |
| <i>Figura 3.17 Simulación del circuito detector de fuego, con 0.03uA de entrada, el</i> | |

| | |
|---|----|
| <i>LED no se enciende. Elaboración propia.....</i> | 31 |
| <i>Figura 3.18 Circuito detector de tacto en protoboard, software Fritzing. Elaboración propia.....</i> | 32 |
| <i>Figura 3.19 Diagrama de bloques del Módulo Electrónico para un proyecto aplicativo.....</i> | 33 |
| <i>Figura 3.20 Diagrama de bloques del Módulo Electrónico para Robot esquiv obstáculos.....</i> | 34 |
| <i>Figura 3.21 Chasis del Módulo Electrónico elegido.....</i> | 35 |
| <i>Figura 3.22 Principio de funcionamiento del sensor ultrasónico.....</i> | 36 |
| <i>Figura 3.23 Sensor de distancia Arduino HC-SR04.....</i> | 38 |
| <i>Figura 3.24 Diagrama de tiempos del sensor ultrasónico HC-SR04.....</i> | 39 |
| <i>Figura 3.25 Arduino Uno Rev 3.....</i> | 41 |
| <i>Figura 3.26 Conexión del microcontrolador hacia el sensor ultrasónico HC-SR04</i> | 42 |
| <i>Figura 3.27 Diagrama de flujo del Proyecto aplicativo 1 (Robot esquiv obstáculos).....</i> | 43 |
| <i>Figura 3.28 Módulo driver motor L298n.....</i> | 45 |
| <i>Figura 3.29 Diagrama de las conexiones del Driver, Arduino y Motores. Modificación propia.....</i> | 45 |
| <i>Figura 3.30 Esquemático del Proyecto Aplicativo 1 (Robot esquiv obstáculos)...</i> | 47 |
| <i>Figura 3.31 Diagrama de bloques del Módulo Electrónico para Robot seguidor de línea.....</i> | 48 |
| <i>Figura 3.32 Sensor óptico reflectante CNY70.....</i> | 50 |
| <i>Figura 3.33 Funcionamiento del sensor de líneas negras CNY70.....</i> | 51 |
| <i>Figura 3.34 Pines del CNY70.....</i> | 52 |
| <i>Figura 3.35 Curva Característica del CNY70, Vce versus CTR.....</i> | 52 |
| <i>Figura 3.36 Esquemático del acondicionamiento de señal para el sensor de líneas negras.....</i> | 53 |
| <i>Figura 3.37 Diagrama para PCB del acondicionamiento de señal. Elaboración propia.....</i> | 53 |
| <i>Figura 3.38 Conexión del CNY70, acondicionamiento de la señal y microcontrolador.....</i> | 54 |
| <i>Figura 3.39 Diagrama de flujo del Proyecto aplicativo 2 (Robot seguidor de línea).....</i> | 55 |

| | |
|--|----|
| <i>Figura 3.40 Esquemático del Proyecto Aplicativo 2 (Robot seguidor de línea).....</i> | 57 |
| <i>Figura 3.41 Diagrama de bloques del Módulo Electrónico para Robot seguidor de luz.....</i> | 58 |
| <i>Figura 3.42 Circuito impreso de sensor de luz con LDR para Arduino o Pingüino.</i> | 60 |
| <i>Figura 3.43 Curva de resistencia del LDR versus Lux a los que está expuesto....</i> | 61 |
| <i>Figura 3.44 Conexión de los sensores de luz con el Arduino.....</i> | 62 |
| <i>Figura 3.45 Diagrama de flujo del Proyecto Aplicativo 3 (Robot seguidor de luz)..</i> | 62 |
| <i>Figura 3.46 Esquemático del Proyecto Aplicativo 3 (Robot seguidor de luz).....</i> | 64 |
| <i>Figura 4.1 a. Alumna repasando la implementación del Temporizador 555 en configuración astable; b. Alumna mostrando su implementación del Temporizador 555 en configuración monoestable.....</i> | 67 |
| <i>Figura 4.2: a) Piezas de la base mecánica. b) Conexión de un motor con la base de acrílico. c) Conexión de rueda de giro libre en base de acrílico. d) Conexión de la llanta al motor. e) Verificación del armado. f) Base mecánica ensamblada.....</i> | 69 |
| <i>Figura 4.3 Tarjeta Arduino, driver y miniprotoboard ensamblado por alumnos, cara de arriba.....</i> | 70 |
| <i>Figura 4.4 Porta pilas para alimentar a los motores ensamblado por alumnos, cara de abajo.....</i> | 70 |
| <i>Figura 4.5 Robot esquivando obstáculos.....</i> | 72 |
| <i>Figura 4.6 Robot seguidor de línea.....</i> | 73 |
| <i>Figura 4.7 Robot seguidor de luz.....</i> | 74 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| <i>Tabla 2.1 Aplicaciones tecnológicas (Ciencia, Tecnología y Ambiente).....</i> | 10 |
| <i>Tabla 3.1 Circuitos de aprendizaje de electrónica.....</i> | 19 |
| <i>Tabla 3.2 Características de Chasis de 4 llantas y 3 llantas para el diseño mecánico que soportara al Módulo Electrónico.....</i> | 34 |
| <i>Tabla 3.3 Características de sensores de distancia para el Modulo Electrónico... </i> | 37 |
| <i>Tabla 3.4 Características de las tarjetas de control para el Modulo Electrónico....</i> | 40 |
| <i>Tabla 3.5 Características de controladores para motores para el Proyecto Aplicativo.....</i> | 44 |
| <i>Tabla 3.6 Características de sensores de líneas negras para el Modulo Electrónico.....</i> | 49 |
| <i>Tabla 3.7 Características de sensores de luz para el Modulo Electrónico.....</i> | 59 |
| <i>Tabla 4.1 Resultado de las sesiones del “Taller de Electrónica”.....</i> | 66 |
| <i>Tabla 4.2 Resultado de las actividades en la implementación del Módulo Electrónico.....</i> | 68 |
| <i>Tabla 4.3 Resultados de las actividades en la implementación de los proyectos aplicativos.....</i> | 71 |
| <i>Tabla 4.4 Matriz de variables.....</i> | 76 |
| <i>Tabla 4.5 Notas del área de CTA en los años 2013 y 2014 de los doce alumnos que llevaron el taller de electrónica.....</i> | 80 |
| <i>Tabla 4.6 Medidas de tendencia central y distribución de las notas de CTA.....</i> | 80 |

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Programación del Proyecto Aplicativo 1

Anexo 2 Programación del Proyecto Aplicativo 2

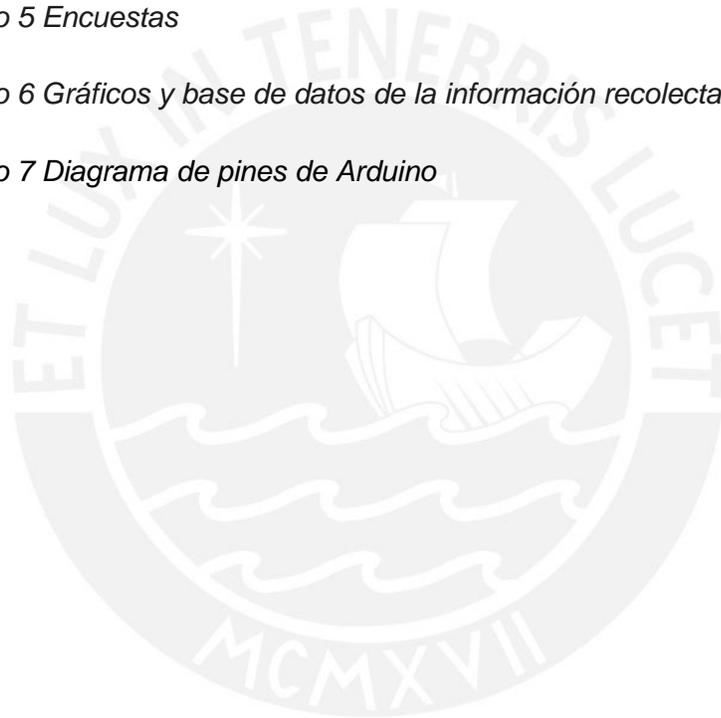
Anexo 3 Programación del Proyecto Aplicativo 3

Anexo 4 Guía de implementación del taller de electrónica

Anexo 5 Encuestas

Anexo 6 Gráficos y base de datos de la información recolectada con la encuesta

Anexo 7 Diagrama de pines de Arduino



Introducción

A partir de los cambios y retos que suponen en nuestra sociedad los avances en la tecnología, la escuela se ve en la necesidad de iniciar a los alumnos en el conocimiento de conceptos y en el desarrollo de actitudes que involucren una apertura hacia las nuevas tecnologías. Por lo tanto, la escuela hace uso de la tecnología tanto para dinamizar y optimizar el aprendizaje en diversas áreas así como para la enseñanza de conceptos propiamente ligados a la ciencia, tecnología y ambiente actuales. Es así que hoy en día los maestros pueden usar módulos de robótica educativa además de laptops y pizarras electrónicas en el aula.

Sin embargo, en nuestro país aún son pocas las instituciones educativas en las se utilizan estos recursos tecnológicos y en muchos casos no se hace un uso efectivo de ellos. Esto puede estar relacionado a diversos motivos, uno de ellos es el alto costo que supone para muchos colegios públicos y privados la adquisición de estas herramientas (que muchas veces es importada), otro, la desvinculación que existe entre educación y tecnología en nuestro país y, por último, y no menos importante, el hecho de que las herramientas electrónicas existentes no se adecuan a los lineamientos del currículo básico escolar en el nivel secundario. Todo ello limita el aprendizaje del educando peruano y su posibilidad de desarrollarse como un agente productivo en las áreas de ciencia, tecnología y ambiente, tan rezagadas en nuestro país.

Por ello, el presente trabajo de investigación plantea desarrollar un módulo electrónico para la enseñanza en las áreas de ciencia, tecnología y ambiente en los tres últimos grados de la educación secundaria en el Perú que se adecue a las necesidades pedagógicas, sociales y tecnológicas que la educación en nuestro país requiere.

Capítulo 1: Problemática de interés en ingeniería en alumnos de colegios y el desarrollo de módulos electrónicos utilizados para la enseñanza del área de Ciencia, Tecnología y Ambiente

1.1 Problemática de interés en ingeniería en alumnos de colegios

La enseñanza de conceptos ligados a la ciencia, tecnología y ambiente desarrollados para la formación de los niños y jóvenes ve la necesidad de iniciar a los alumnos de colegios en la comprensión de conceptos y en el desarrollo de actitudes que involucren una apertura hacia nuevas tecnologías, como por ejemplo, cuando los maestros en un colegio usan módulos de robótica educativa además de usar laptops y pizarras electrónicas en el aula, con la finalidad de dinamizar y optimizar el aprendizaje en diversas áreas, de esta forma se busca incentivar al alumno a indagar, analizar, aplicar y relacionar la tecnología en cualquier ámbito de su vida.

Es así como lo ve el gobierno de China que el interés por la ingeniería de alumnos de colegios es una necesidad para cultivar talento a futuro. Y por medio de su Ministerio de Educación ha incluido la competición de robots en las actividades de computación nacional para colegios de secundaria y primaria desde el 2003 [9].

Y en otro caso, la Universidad de Ottawa, donde la Facultad de Ingeniería y Educación hicieron un trabajo en conjunto para incorporar cursos de ingeniería en colegios, los cuales ayudaron a que los conocimientos y aplicaciones de ingeniería no sean ajenos o enigmáticos para los alumnos. Aquí se reconoce que existe la necesidad de incrementar el interés de la ingeniería en los alumnos de colegios para contribuir a que sean buenos ingenieros [10].

1.2 Problemática del desarrollo de módulos electrónicos utilizados para la enseñanza del área de Ciencia, Tecnología y Ambiente

La educación peruana se encuentra emergiendo desde un pasado problemático que impidió su desarrollo, en el año 1993 a solicitud del MED (Ministerio de Educación) las agencias internacionales PNUD (Programa de las naciones unidas para el desarrollo), GTZ (Agencia alemana de cooperación técnica), Banco Mundial y UNESCO (Organización de las naciones unidas para la educación) realizaron un reporte trascendente titulado “Diagnóstico General de la Educación” donde una de las

principales conclusiones fue que la calidad educativa impartida era particularmente crítica, dentro de los aspectos más resaltantes de ese diagnóstico está *la carencia de materiales educativos pertinentes*. Luego de una década la situación se acentuó, en el año 2003 la educación peruana fue declarada en estado de emergencia nacional [37]. El problema de la implementación de tecnología educativa, como fue el caso de usar las computadoras XO-1 de OLPC en mayo de 2007 en el Perú, es que se piensa que la tecnología, por sí sola, es la panacea para los males crónicos de la educación peruana [38].

Otro ejemplo de implementación de tecnología educativa, es la incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en las escuelas que ha sido vista, en ocasiones, como una intrusión cuyo sentido resulta impostado, por no haber sido construido de forma dialógica (Gros, 2000). Sin conocer los efectos de su uso en el aprendizaje, en el currículo y en la organización de la propia institución, muchos profesores han sido resistentes al cambio, lo que ha generado, por defecto, brechas simbólicas y prácticas entre ellos y sus alumnos. También estas diferencias han sido evidentes según los contextos geográficos y socioeconómicos donde han tenido lugar las intervenciones [39].

Es así, que el estado peruano ha invertido en la adquisición de tecnologías para la educación desde el año 1998, según la Dirección de Tecnologías para la Educación (DIGETE), está se ha ido incrementando a lo largo de los años [39]. Sin embargo, los avances en ciencia debido al uso de nuevas tecnologías para la educación no son evidentes, un indicador de esta realidad son los resultados obtenidos en el Programa Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) 2012 en el cual Perú ocupó el último lugar en ciencia, matemática y comprensión lectora [38].

Entonces, el problema pasa por la falta de una estrategia específica acorde a la realidad del Perú, desde la elección de la tecnología que se va a utilizar en el aula, hasta el seguimiento y evaluación de los efectos del programa; hasta el momento en el Perú se han adquirido diversos materiales y realizado varias capacitaciones a los profesores, pero no se ha tenido en cuenta la conexión con los cursos involucrados o que se verían reforzados al utilizar la tecnología adquirida. Por ello, es necesario reconocer los puntos en común con una de las áreas más involucradas que es la de Ciencia, Tecnología y Ambiente así como la política educacional que se tiene actualmente sobre esta área.

El área de Ciencia, Tecnología y Ambiente, reconocido por el Ministerio de Educación del Perú, tiene por finalidad desarrollar competencias, capacidades, conocimientos y actitudes científicas a través de actividades vivenciales e indagatorias. Estas comprometen procesos de reflexión-acción y acción-reflexión que los estudiantes ejecutan dentro de su contexto natural y sociocultural, para integrarse a la sociedad del conocimiento y asumir los nuevos retos del mundo moderno [1].

Según el diseño curricular nacional peruano de la Educación Básica Regular (EBR) los temas relacionados a la electrónica se dan a partir del 3er grado de secundaria, en el siguiente orden [1]:

3er grado de secundaria

- Magnetismo, electricidad y electromagnetismo
- Generación y consumo de electricidad

5to grado de secundaria

Electricidad

- Electrostática
- Ley de Coulomb
- Campo eléctrico
- Energía potencial eléctrica y potencial eléctrico
- Electrodinámica
- Fuerza electromotriz. Ley de Ohm. Circuitos de corriente eléctrica

Electromagnetismo

- Magnetismo. Fuerza magnética
- Electromagnetismo. Campo eléctrico. Ley de Biot-Savat
- Inducción electromagnética. Ley de Faraday y Ley de Lenz
- Generadores

La mayoría de instituciones educativas públicas peruanas donde se usan módulos o herramientas electrónicas para la educación se observa que la tecnología más usada es el Wedo de la marca LEGO *Education*, herramienta pedagógica que introduce al educando en conceptos relacionados a la robótica, la física y el lenguaje de programación, actualmente se han distribuido 83971 Kits de robótica, 797352 Laptops XO y se han capacitado a 5144 docentes a nivel nacional todo esto dentro del “Programa Una Laptop por Niño” (POLPC) [40,41]. Donde se presentan las siguientes desventajas: primero, el alto costo de adquisición de esta tecnología, debido a que no son producidos en la región y deben ser importados, la deficiencia en la capacitación,

ya que, incluso en las mejores condiciones, no ha sido suficiente para promover un enfoque de enseñanza que permita un mejor uso de los recursos tecnológicos [38].

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

El objetivo de este trabajo de tesis es desarrollar un módulo electrónico para la enseñanza del área de Ciencia, Tecnología y Ambiente en la educación secundaria peruana que permita incrementar el interés en ingeniería de los adolescentes de los tres últimos años de educación secundaria a través del estudio y uso de subsistemas electrónicos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Levantar información sobre las alternativas de módulos electrónicos educativos en la literatura especializada y en productos comerciales, teniendo como base conceptos en electricidad y magnetismo de los tres últimos años de educación secundaria con la realización de proyectos electrónicos que motiven a estudiantes en adquirir conocimientos de la electrónica.
- Diseñar etapas del módulo electrónico educativo, considerando los sensores, microcontroladores y actuadores, según la aplicación electrónica y teniendo en cuenta la técnica de aprendizaje basado en proyectos.
- Implementar etapas del módulo electrónico educativo, considerando la respuesta de la muestra de 12 alumnos de este trabajo.
- Contribuir con este trabajo a que el alumno de colegio visualice y manipule circuitos y proyectos electrónicos en los cuales se puedan verificar las leyes o conceptos que se dan dentro de los temas del curso de Ciencia tecnología y ambiente.

Capítulo 2: Marco Teórico

2.1 Introducción

En el presente capítulo se muestran los distintos tipos de enfoque que se tiene alrededor del mundo sobre la mejor manera de enseñar a niños y adolescentes temas relacionados a la ciencia y tecnología, específicamente las distintas metodologías pedagógicas y los alcances de los proyectos, puestos en marcha en los últimos diez años enfocados en robótica educativa. Además, se tendrá presente la situación actual de la educación entorno al curso de ciencia, tecnología y ambiente en el Perú, para contextualizar las metodologías de aprendizaje actuales, así como la viabilidad de presentar un proyecto de educación en ciencia y tecnología ya establecidos en los países en vía de desarrollo como el nuestro.

2.2 Estado del arte

El Proyecto educacional en robótica del Centro Internacional de Tecnologías Avanzadas para el Medio Rural de la Fundación Germán Sánchez Ruipérez en Salamanca, España, pretende acercar la importancia de la exploración espacial ha desarrollado un robot explorador inspirado en los actuales robots exploradores de Marte por medio de un kit de construcción de Lego NXT. El objetivo es que los estudiantes se inicien desde muy jóvenes en el estudio de las ciencias, la tecnología, el espíritu colaborativo y el trabajo en equipo. Y se basan sobre un proyecto educacional de la siguiente forma [4]:

“En primer lugar, muchos expertos aseguran que la robótica será protagonista de la siguiente revolución tecnológica y que su alcance abarcará numerosos campos de nuestra vida cotidiana, incluida el área educativa.

En segundo lugar, los estudios realizados en varios países y con distintas perspectivas (construccionismo, constructivismo, aprendizaje por proyecto o por diseño) permiten considerar a la robótica educativa como una pieza clave en el desarrollo de las competencias personales para el nuevo siglo. El carácter multidisciplinar de la robótica nos permite adquirir una variedad de conceptos de distintas disciplinas, como: la tecnología, las matemáticas, la física y la programación. Además, favorece la solución de problemas, la creatividad, la autoestima y el trabajo en equipo; es decir, diversos fenómenos cognoscitivos y sociales.

Por último, otro aspecto a valorar de la robótica educativa es su capacidad de promover el interés por vocaciones científicas, las que enseña a los alumnos una visión de la ciencia y la tecnología atractiva y dinámica” [4].

Otro ejemplo, lo demuestra la educación básica de China que reconoció el tema de la robótica como algo institucional, es así que el Ministerio de Educación ha incluido la competición de robótica nacional para colegios de secundaria y primaria desde el 2003, donde utiliza estrategias de competición de robots, enseñanza de robótica e investigación en educación robótica [9].

Entre los diferentes trabajos sobre este tema y que muestren los resultados obtenidos se encontró el trabajo por Kathia Pittí Patiño et. all que muestra resultados de aprendizaje en un estudio descriptivo: “Uso de la Robótica como Herramienta de Aprendizaje en Iberoamérica y España” [8]. A continuación se muestra las gráficas de barras en porcentaje que usa la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes (Figura 2.1).

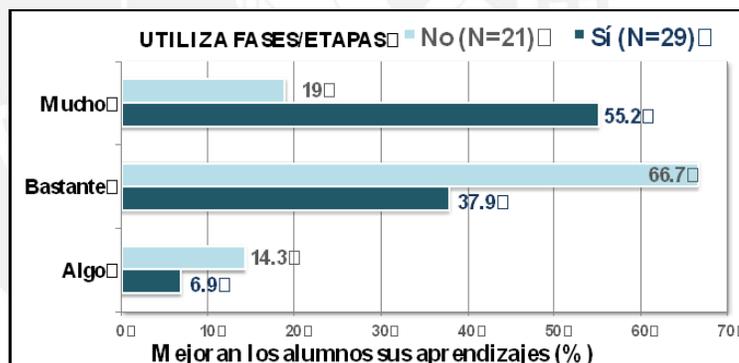


Figura 2.1: Porcentaje de mejora de los aprendizajes de los alumnos en función de si el docente establece o no. fases/etapas en robótica educativa [8]

Además, se recomienda consultar el trabajo de Ansgar Bredendfeld et. all. para tener más información sobre la situación e iniciativas en robótica educativa en Europa [5].

Por otro lado en el Perú, el inicio de la de robótica educativa en el Perú se dio en los años 1994 y 1995 en el Colegio Bancario Alejandro Deustua, donde los alumnos de primaria y secundaria realizaban construcciones con el kit Lego Dacta [6].

En el año 1996 el estado peruano buscaba una integración curricular de la robótica educativa en la educación primaria, por ello presenta la licitación pública N°005/96/DE, donde el instituto IST. Wernher Von Braun gana la buena pro y con ello se pone en

marcha el proyecto INFOESCUELA, realizándose el piloto en 12 instituciones educativas, 6 en Lima Metropolitana y 6 al interior del país. En los dos años siguientes se realizaron nuevas licitaciones, así el proyecto llegó a 400 colegios distribuidos en 17 regiones [6].

Entre los años 1997 al 2000, el Ministerio de Educación (MED) generó evaluaciones en torno a los resultados en el aula de Robótica Educativa llevados a cabo con la participación de Seymour Papert del Media Lab del MIT de Boston y la PUCP, donde se observa un aumento en los puntajes alcanzados en las pruebas por los alumnos que utilizan Lego Dacta en comparación con los del grupo de control (alumnos que no utilizan Lego Dacta).

Otro avance se da durante la administración del gobierno del presidente Alejandro Toledo (2001-2006), se inicia el Proyecto Huascarán para educación secundaria; previas evaluaciones del Ministerio de Educación y Concytec; se toma la decisión de continuar con Infoescuela en educación primaria, incluyendo en el Proyecto Huascarán en Primaria la continuación del Proyecto Infoescuela; la prioridad en esta gestión estuvo dirigida a la escuela secundaria a través de los laboratorios de cómputo para los colegios a nivel nacional, por ello únicamente se mantuvo los 400 colegios de Infoescuela primaria iniciados en el año 1996 [6].

Después de 4 años de gestión, el gobierno decide conjuntamente con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) convocar a una nueva licitación pública dirigida a atender la nueva área de Educación para el Trabajo, la misma que obtuviera la buena pro el Instituto Von Braun, de acuerdo a esta los colegios de educación secundaria de todo el país cuentan con 5 a 10 kits de mecanismos motorizados, cada uno con 2 motores y dispositivos de control que funcionan a pilas o corriente eléctrica [6].

Si bien es cierto, significó un avance en cuanto al material didáctico para secundaria, no se incluyó presupuesto para capacitación docente a nivel nacional, en la actualidad hay gran parte de los materiales que fueron entregados a los 7000 colegios del Estado que aún se encuentran sin ser utilizados, por falta de capacitación docente; pero la garantía de LEGO Education asegura que están vigentes técnica y pedagógicamente y en buen estado [6].

En los siguientes años ya en la administración gubernamental del presidente Alan García (2006-2011) la Dirección de Nacional Básica Regular decide continuar con el proyecto Infoescuela, paralela a esta en el año 2008 se presenta el Piloto Rural de

Robótica Wedo, dirigida a la educación primaria en las áreas rurales, requisito de la Fundación Lego quien donaría los materiales para el mencionado proyecto.

Y la Robótica educativa en los colegios emblemáticos de Lima se da con el Ministerio de Educación del Perú (MED) a través del Proceso de Exoneración N 054 en el mes de Setiembre del 2009, que decide equipar didácticamente a 21 Instituciones Educativas Emblemáticas ubicadas en Lima Metropolitana y Callao. Dentro de los 16 ítems que contiene dicha exoneración, 3 de ellos se destinan para adquirir materiales de Robótica Educativa para los niveles de inicial, primaria y secundaria de las referidas instituciones educativas, para las cuales se adquirieron los módulos Lego Mindstorms Education y el de Máquinas herramientas [6]. Al siguiente año se aprobó la implementación del plan piloto de Jornada Escolar Completa en la Educación Pública en dos de los colegios emblemáticos, la cual comprende en extender las horas de clase hasta las 3:30 pm de Lunes a Viernes, así se destina el horario de 2 a 3:30 pm para desarrollar uno de los cinco talleres según corresponda el día (Inglés, periodismo, arte, deporte, aplicaciones tecnológicas), el taller de “Aplicaciones Tecnológicas” abarca los temas de robótica, tecnologías de la información y comunicación, y ciencia recreativa, está orientado a reforzar el área curricular de Ciencia, Tecnología y Ambiente (ver Tabla 2.1) [7].

Tabla 2.1: Aplicaciones tecnológicas (Ciencia, Tecnología y Ambiente) [7]

| | | |
|--------------------|---|---|
| Robótica | <ul style="list-style-type: none"> - Estructuras - Máquinas simples y motorizadas - Mecanismos motorizados - Energías - Control - Automatización básica e intermedia - Automatización estructurada - Robots estacionarios, exploradores, caminantes, brazos robots y robots inteligentes. | <ul style="list-style-type: none"> - Aplica fuerzas de compresión y tensión en estructuras. - Aplica principios de máquinas simples. - Programa mecanismos de control de Tiempos. - Diseña y construye prototipos de control de mecanismos. - Aplica principios de transformación de energía potencial, cinética y energía eléctrica. - Elabora programas básicos de tipo lineal, recursivo y estructurado: mediante comandos condicionales y jumps y con múltiples tareas. - Elabora programas utilizando comandos para el control de sensores y comandos condicionales. - Diseña, construye y programa sondas, cuadrúpedos, trípodos y bípedos. - Diseña, construye y programa brazos robots de dos y tres grados de libertad y diversos productos inteligentes. |
| TIC | <ul style="list-style-type: none"> - Diseño gráfico básico - Diseño tridimensional de objetos y edificaciones - Videos tutoriales y cortometrajes | <ul style="list-style-type: none"> - Reconocimiento del entorno del programa - Reconoce y usa las principales herramientas de diseño gráfico y herramientas audiovisuales. - Aplica técnicas básicas de diseño en dos dimensiones, la elaboración de productos gráficos, objetos y edificaciones, Storyboard para la elaboración de guiones e imágenes de una producción. - Usa herramientas de diseño tridimensional. - Aplica técnicas básicas de modelado y animación bi y tridimensional. - Aplica técnicas básicas de manejo de audio, foto y video digital y efectos audiovisuales. - Elabora tutores multimediales. - Produce un tutor audiovisual y un cortometraje |
| Ciencia recreativa | <ul style="list-style-type: none"> - Aire y presión atmosférica - Sustancias sólidas, líquidas y gaseosas - Densidad y flotación - La luz y el color - El calor y su propagación - Combustiones espontáneas - Electricidad y magnetismo - El sonido | <ul style="list-style-type: none"> - Aplica principios físicos, químicos y biológicos utilizando materiales de su contexto. - Demuestra los fenómenos físicos y químicos que se produce en la vida cotidiana. - Utiliza los materiales del laboratorio para demostrar creativamente los experimentos científicos. - Realiza experimentos para demostrar sus hipótesis. - Participa activamente en los trabajos de investigación escolar |

2.3 Recursos Tecnológicos de Robótica

2.3.1 Arduino Complubot

La gama de recursos educativos para hacer robótica se amplía significativamente y con la llegada de las impresoras 3D y del hardware/software libre aún más. Las plataformas robóticas nos brindan oportunidades para que las nuevas generaciones logren desarrollar muchas habilidades necesarias para vivir en este siglo XXI, y no sean solamente consumidoras de tecnología. Especialmente por ser *open source* éstas ofrecen un potencial mucho mayor. A continuación se describen los tres robots educativos libres desarrollados por Complubot.

2.3.1.1 CB-1

Es su plataforma robótica básica. Todas las piezas de la estructura se pueden realizar mediante una impresora 3d de bajo coste. La placa de control es una Arduino Uno y el sistema de desplazamiento se basa en dos servos modificados para que funcionen en rotación continua [8].

En la parte superior del robot se encuentra una pequeña placa de prototipado donde poder realizar las conexiones y algunos experimentos básicos relacionados con los sensores de luz (ver figura 2.2).

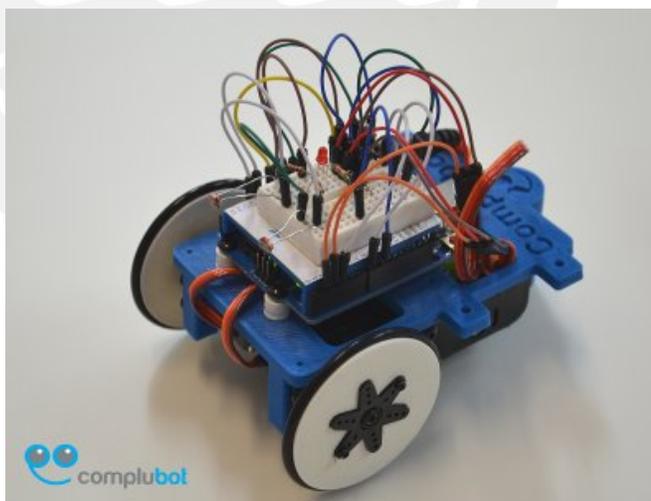


Figura 2.2: Robot arduino complubot impreso en 3D modelo CB-1 [8]

2.3.1.2 CB-2

La imagen es una posible estructura final, comparte su estructura base con **CB1** a la que se añade un soporte frontal donde se pueden colocar sensores adicionales como un medidor de distancia por ultrasonidos, dos sensores de luz tipo LDR y hasta cuatro sensores reflexivos para detectar indicaciones en el suelo (sigue-líneas, rastreador, sumo...) (ver figura 2.3) [8].

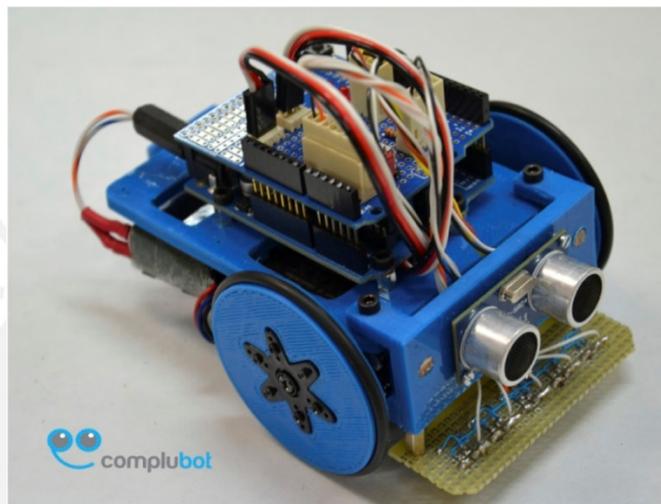


Figura 2.3: Robot arduino complubot impreso en 3D modelo CB-2 [8]

2.3.1.3 Arduino Robot

Es un proyecto fruto de la colaboración de Complubot con el equipo Arduino y representa una excelente aproximación a un robot educativo completo, funcional y de muy bajo coste. Se trata de un desarrollo "open" tanto a nivel de software como de hardware [8] (ver figura 2.4).



Figura 2.4: Arduino robot especialmente diseñado para robótica educativa [8]

2.3.1.4 Ardulab

Es un entorno de trabajo que permite interactuar con una placa Arduino (Diecimila, Duemilanoce o UNO) para conseguir crear un laboratorio virtual. Mediante Ardulab podemos realizar una serie de actividades y experimentos orientados principalmente al aprendizaje de conceptos sencillos relacionados con la tecnología (principalmente electrónica y robótica) (ver figura 2.5).

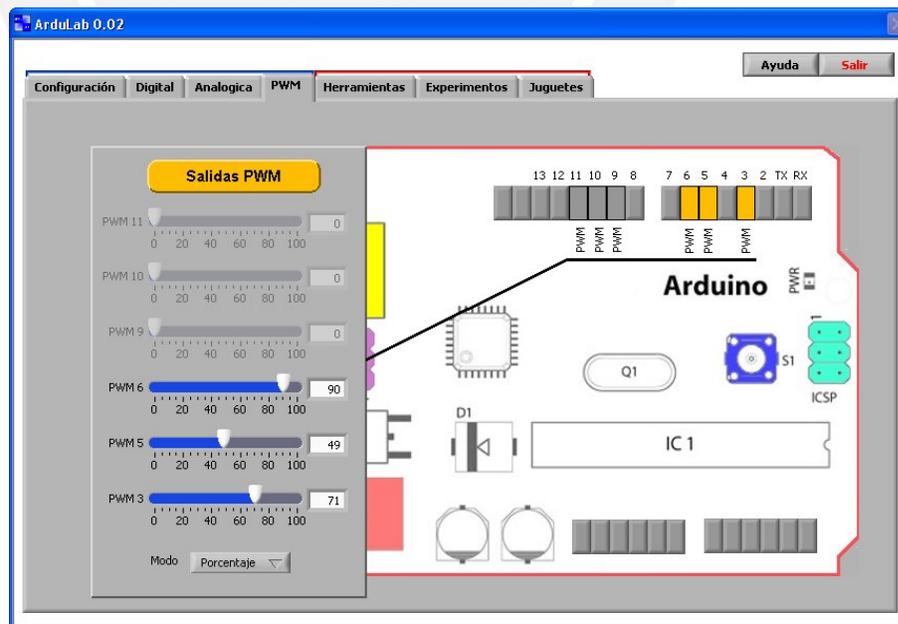


Figura 2.5: Ardulab, programa de simulación y aprendizaje de arduino” [8]

2.3.2 Proyecto Butiá

Nació en 2006 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Republica (Uruguay) como un proyecto que mediante la robótica buscaba motivar a niños y adolescentes a la investigación y el descubrimiento de nuevas vocaciones, generalmente relacionadas con carreras tecnológicas. En 2009 obtuvieron el apoyo de la ANII y recientemente de ANTEL para seguir convirtiendo las XO (netbooks) de todo el país en robots programados por sus usuarios [3] (ver figura 2.6).



Figura 2.6: Robot butiá realizando la labor de un seguidor de línea [3]

2.3.3 Multiplo

Multiplo es un sistema constructivo de alta tecnología utilizado para diseñar y construir robots. Cuenta con una cantidad de piezas de distintas características, formas y tamaños lo que posibilita que puedan juntarse y ensamblarse utilizando tornillos y tuercas. Dentro de la dinámica de construcción del robot se pueden incluir motores eléctricos, sensores de distintos tipos y un micro-controlador programable, otorgando así una variedad extensa de tareas para realizar. Es muy utilizado en Robótica Educativa tanto por colegios como por universidades de la República Argentina. La empresa ROBOTGROUP es considerado como el único fabricante de robots para educación de Argentina, Multiplo fue lanzado al mercado exitosamente en 2012 en USA y Europa.

En cuanto al Modelo N6, su tamaño (130 x 130 x 120 mm) facilita el uso en laboratorios que no cuentan con espacios muy extensos, y a la vez permite montar sobre él

sensores y otros accesorios que no siempre caben en robots miniatura. Es fácil de programar y tanto el software como los planos de la electrónica son abiertos y de libre distribución. Además, de sus posibilidades en el ámbito educativo, puede brindar también una excelente plataforma de experimentación a los aficionados y hobbistas más exigentes (ver figura 2.7).



Figura 2.7: Robot múltiplo modelo N6 [10]

2.3.4 Kits de robótica de Parallax Inc-Kit Robot Boe-Bot – USB

El Robot Boe-Bot se tarda unas 2 horas para armar. Cada proyecto en el texto Robotics ofrece una nueva experiencia única de cableado y puesta a punto del código fuente. Realizar todos los proyectos se tarda 50 horas y es apto para cualquier persona mayor de 13 años de edad. La tarjeta de control también puede ser retirada para ser utilizada como plataforma para los otros kits en los sellos en serie de clase (ver figura 2.8).



Figura 2.8: Robótica con el Boe-Bot [48]

2.4 Metodologías de enseñanza para aplicar al área de Ciencia, Tecnología y Ambiente

2.4.1 Constructivismo

Es una corriente epistemológica la cual cobija modelos que postulan que la realidad es totalmente externa al observador o bien es parcialmente representada mediante procesos mecánicos y secuenciales que son filtrados por la memoria, las expectativas y el control ejecutivo.

Dentro de sus principios está que el conocimiento no es una copia de la realidad sino que una construcción propia de cada ser humano [33].

2.4.2 Aprendizaje basado en problemas

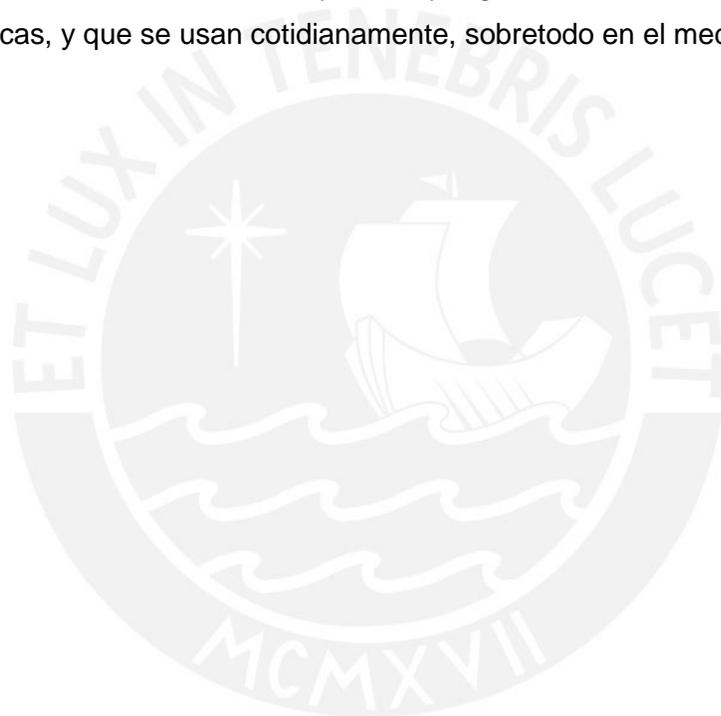
Consiste en que un grupo de estudiantes de manera autónoma, aunque guiados por el profesor, deben encontrar la respuesta a una pregunta o solución a un problema de forma que al conseguir resolverlo correctamente suponga que los estudiantes tuvieron que buscar, entender e integrar y aplicar los conceptos básicos del contenido del problema así como los relacionados [34].

2.4.3 Construccinismo

La teoría del construccionismo afirma que el aprendizaje es mucho mejor cuando los niños se comprometen en la construcción de un producto significativo, tal como un castillo de arena, un poema, una máquina, un cuento, un programa o una canción [35]

2.5 Robótica educativa

“Es un medio de aprendizaje, en el cual participan las personas que tienen motivación por el diseño y construcción de creaciones propias (objeto que posee características similares a las de la vida humana o animal). Estas creaciones se dan en primera instancia de forma mental y posteriormente en forma física, las cuales son construidas con diferentes tipos de materiales y controladas por un sistema computacional, que son llamados prototipos o simulaciones. Otro concepto con el que se relaciona es la robótica pedagógica, que es la actividad de concepción, creación y puesta en funcionamiento, con fines pedagógicos, de objetos tecnológicos que son reproducciones reducidas muy fieles y significativas de los procesos y herramientas robóticas, y que se usan cotidianamente, sobretodo en el medio industrial” [22].



Capítulo 3: Diseño e Implementación de un módulo electrónico para la enseñanza del área de Ciencia, Tecnología y Ambiente

3.1 Introducción

La metodología de este trabajo de tesis considerará una población de 180 alumnos del IEP San Martín de Porres ubicado en el distrito de San Martín de Porres, alumnos de los 3 últimos años, (120 hombres y 60 mujeres) y emplea una muestra de 12 alumnos de esta población (8 hombres y 4 mujeres), en adolescencia temprana, de edad 13-15 años. Se evaluará la hipótesis que pruebe que el rendimiento educativo en el curso de ciencia y ambiente de los alumnos de 13-15 años del colegio San Martín de Porres en el año 2014 está en función de su desempeño en un Taller de Electrónica que utilice un módulo electrónico para la enseñanza del área de Ciencia, tecnología y Ambiente diseñado en este trabajo de tesis. La metodología a utilizar en el taller de Electrónica es Aprendizaje Basado en Proyectos. Otros factores (socioculturales, pedagógicas, personales, actitudinales, etc.) que intervienen en el rendimiento educativo no serán temas de estudio de esta tesis [42]. El indicador para medir el rendimiento de los alumnos son la nota promedio y la dispersión de las notas del curso de 12 alumnos en el año 2013 y 2014.

Para cumplir con la hipótesis de este trabajo en este capítulo se desarrollarán:

- Una etapa de aprendizaje de electrónica como punto de partida para que el alumno se familiarice con los conceptos y aplicaciones base;
- Otra etapa de metodología de desarrollo de un proyecto aplicativo general identificado como “Módulo Electrónico”
- Por último, se presentarán 3 proyectos aplicativos en base del uso del microcontrolador en la tarjeta de desarrollo Arduino, dando información desde el sensor, microcontrolador y el actuador; características y programación de Arduino.

3.2 Diseño de la etapa de aprendizaje de electrónica

3.2.1 Introducción

En esta etapa de aprendizaje de electrónica se seleccionarán circuitos de implementación sencilla para un alumno en adolescencia temprana, esto de acuerdo a su nivel cognitivo (ver Tabla 3.1). El objetivo es presentar varios circuitos de aprendizaje para que el alumno pruebe y observe el modo de trabajo de los

componentes electrónicos básicos, los cuales también están presentes en el Módulo Electrónico.

Tabla 3.1: Circuitos de aprendizaje de electrónica

| Características | Circuito | | | | |
|-----------------|--|--|--|--|--|
| | detector de humedad | detector de tacto | detector de llama de fuego | sensor de temperatura | secuencia de LEDs |
| Dificultad | Baja | Baja | Baja | Media | Media |
| Componentes | Batería, transistores, resistencias y un led | Batería, transistores, resistencias y un led | Batería, transistores, resistencias y un led | Batería, sensor LM35, comparador LM339, regulador LM7805, resistencias, condensadores y un led | Batería, temporizador NE555, contador CD4017, resistencias, potenciómetro 10Kohm, leds y un condensador 10uF |

De los cinco circuitos presentados en la tabla 3.1 se han elegido los circuitos: Secuencia de LEDs, detector de fuego y detector de tacto, esto debido a la aceptación del alumnado y el grado de dificultad. Los tres circuitos serán implementados por los alumnos en un *protoboard*.

3.2.2 Circuito de secuencia de LEDs

- Objetivo: Implementar un circuito simple que motive el interés del alumno por las aplicaciones de electrónica, donde desarrolle la creatividad, pensamiento crítico y científico.
- Metodología: El alumno recibirá sesiones teóricas y prácticas vivenciales donde se implemente un circuito para el aprendizaje del alumno, donde adquiera conocimiento y habilidades de electrónica. El alumno recibirá un manual donde se describe las características, funcionamiento y análisis del circuito, así como el detalle de cada componente del circuito.

Manual: Cómo implementar el circuito de secuencia de LEDs

Características (ver Figura 3.1):

- El circuito se alimenta con una batería de 9Vdc, el cual energiza los circuitos integrados NE555 y CD4017.

- El temporizador NE555 está en configuración astable, es decir, envía una onda rectangular (9Vdc en alta y 0Vdc en baja) por el pin 3 hacia la entrada de reloj del contador de décadas CD4017, pin 14.
- El contador de décadas manda un voltaje en alta (9Vdc) a la salida Q_0 y un voltaje en baja a todas las demás salidas mientras dura el primer periodo de la señal de reloj, al segundo periodo sucede lo mismo con la salida Q_1 , y así sucesivamente hasta la salida Q_9 , al terminar de mandar el pulso en esta salida, el integrado regresa a enviar un pulso en alta a la salida Q_0 y así sigue la secuencia de LEDs.
- La corriente de encendido de cada LED no debe ser mayor a 60mA.
- La potencia máxima entregada por la batería no debe ser mayor a 1.5W, según especificaciones de la batería adquirida (Se utiliza para este trabajo la marca Duracel).

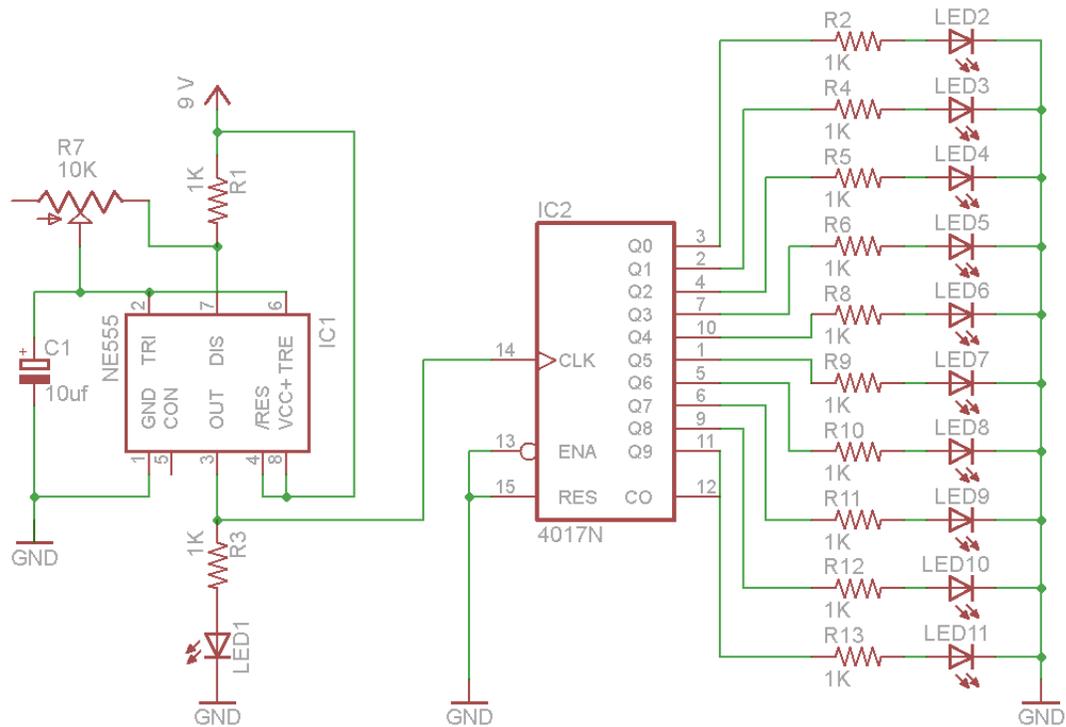


Figura 3.1: Circuito para secuencia de 10 LEDs [11]

Funcionamiento:

- Los LEDs se van encendiendo de uno en uno a partir del LED2 hasta el LED11 ininterrumpidamente, es decir, inicialmente se enciende solo el LED2, luego solo el LED3 y así hasta llegar al LED11, luego de que este se apague se volverá a encender solo el LED2 y seguirá la secuencia ya descrita.

- La frecuencia de encendido se puede variar mediante el Potenciómetro R7, esta también será apreciable en el LED1, y puede llegar a ser tan alta que no será perceptible por el ojo humano, es decir, a nuestro parecer todos los LEDs estarán encendidos.
- El tiempo máximo aproximado que toma en realizar una secuencia de encendido del LED2 al LED11 no debe ser mayor a 10 segundos.

Análisis del circuito:

Para realizar una secuencia de LEDs se debe esperar que la frecuencia de cambio sea lo suficientemente rápida como para que sea llamativa o notoria. En este caso se estimó que el encendido de los diez LEDs tome un segundo aproximadamente. Además, este tiempo pueda ser regulable para que realice la secuencia en menos tiempo, partiendo de ahí se toman las siguientes consideraciones:

- Pulso de salida del contador de décadas para un LED: $1\text{segundo}/10 = 0.1\text{s}$.
- Corriente de salida para encender el LED entre 5 y 20 mA.
- Para realizar la secuencia de 10 LEDs el pin 15 (*reset*) del contador de décadas debe estar conectado a tierra.
- El temporizador debe estar configurado de modo astable y debe generar una onda rectangular con un periodo de aproximadamente 0.1s.
- Como el cambio de salida en el contador de décadas se da en cada flanco de subida, entonces no es necesario tener una onda cuadrada o de algún determinado ciclo de trabajo.

Descripción de componentes del circuito:

-Contador de décadas CD4017: La configuración de pines y el cambio de salida se dan como se muestra en la Figura 3.2 y Figura 3.3 respectivamente.

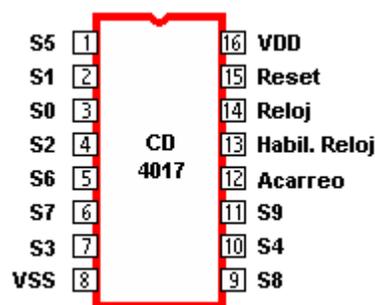


Figura 3.2: Nomenclatura de pines del contador de décadas CD4017 [17]

Se puede apreciar en el diagrama de tiempos que el cambio de salida se da en cada flanco de subida del reloj (ver Figura 3.3). Entonces el reloj debe tener un periodo lo más cercano a 0.1s para que en un segundo o poco menos se pueda realizar la secuencia de encendido de los 10 LEDs.

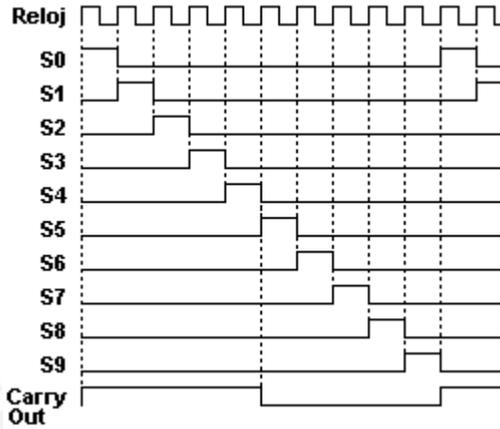


Figura 3.3: Salidas del contador de décadas CD4017 [17]

Temporizador NE555 configuración astable: Se utilizará este circuito integrado para generar la señal “reloj” que irá al contador de décadas, para esto se configurará el temporizador en modo astable, en este modo se generan ondas rectangulares. La configuración se puede apreciar en la figura 3.4.

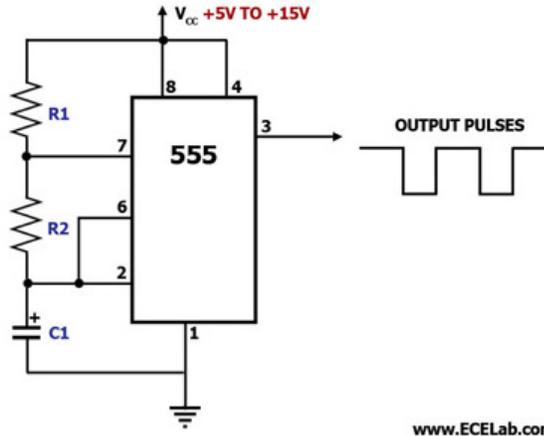


Figura 3.4: Configuración astable del temporizador NE555 [18]

El tiempo en alta y en baja se calcula de la siguiente forma, respectivamente:

$$T1 = \ln(2) \times (R1 + R2) \times C1 \quad \text{Ec 1}$$

$$T2 = \ln(2) \times R2 \times C1 \quad \text{Ec 2}$$

La señal de “reloj” que necesita el contador de décadas es independiente del ciclo de trabajo, solo requiere un periodo lo más cercano a 0.1s, por ello se tendrá en cuenta solo el periodo $T = T1 + T2$:

$$T \approx \ln(2) \times C1 \times (R1 + R2) = 0.1s \quad \text{Ec 3}$$

$$0.693 \times C1 \times (R1 + R2) = 0.1.1 \quad \text{Ec 4}$$

$$C1 \times (R1 + R2) = 0.144 \quad \text{Ec 5}$$

Para facilitar los cálculos asumimos que el valor del condensador C1 es 10uF (valor comercial), entonces:

$$R1 + R2 = 14400 \text{ ohmios} \quad \text{Ec 6}$$

Ya que el período debe ser variable y menor o igual a 0.1 se determina que R2 sea un potenciómetro de 10 Kohm, valor comercial más cercano a 14.4 Kohm.

La resistencia R1 podría ser de 4.7 Kohm, 2 Kohm ó 1 Kohm, en este caso se elige el valor de 1 Kohm debido a que con este valor la frecuencia de cambio será más rápida.

Reemplazando los valores hallados se tiene:

$$T_{\text{máx}} = 0.076 \text{ s.}$$

$$T_{\text{mín}} = 0.0069 \text{ s.}$$

Para finalizar es necesario calcular las resistencias que limiten la corriente para los LEDs, se elegirá un LED indicador rojo, la corriente de trabajo está en el rango de 5 a 60 mA, se tiene:

$$V_{\text{salida}} = 7.65V \text{ (Voltaje medido experimentalmente)}$$

$$V_{\text{led}} = 1.7V$$

Aplicando ley de ohm:

$$(V_{\text{salida}} - V_{\text{led}}) / \text{Corriente de LED} = \text{Resistencia}$$

$$5.95 \text{ V} / 5\text{mA} = 1.19 \text{ Kohm}$$

$$5.95 \text{ V} / 60\text{mA} = 99.16 \text{ ohm}$$

Para resistencia limitadora se optará por 1 Kohm, ya que es un valor comercial que se encuentra en el rango permitido. Reemplazando el valor elegido y asumiendo que el voltaje de salida se mantiene a 7.65V:

$$\text{Corriente de encendido} = 5.95 \text{ V} / 1\text{Kohm} = 5.95 \text{ mA}$$

Esta corriente de encendido de cada led por 0.1s.

Guía de implementación en *protoboard*, se realizó por simulación en Fritzing (ver Figura 3.5), aprovechando los recursos tecnológicos. Además, para consultar posibles errores en la implementación, se sugiere consultar clases online [44].

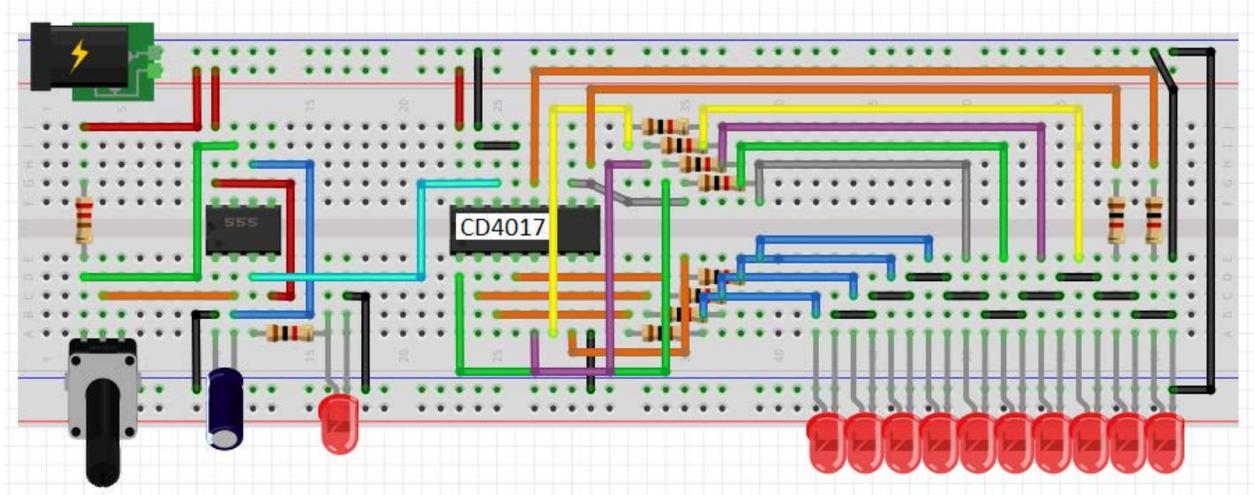


Figura 3.5: Secuencia de LEDs en *protoboard*, software Fritzing. Elaboración propia.

3.2.3 Circuito detector de llama de fuego

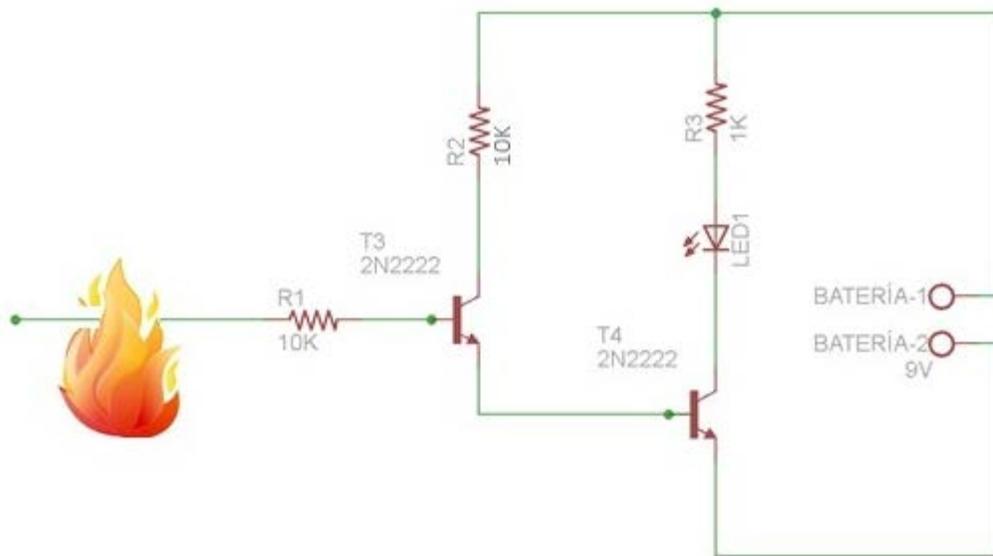


Figura 3.6: Circuito detector de llama de fuego [11]

Sensor:

Cable unifilar sin cubierta en los 3cm finales.

Características:

- Máxima longitud del cable 50cm.
- Resistencia del cable de 0.2 a 1 ohm.
- Cable UTP o Telefónico de 2 pares 24 AWG.

Análisis del circuito:

Se analizará el circuito trabajando a temperatura de ambiente, por ello se tendrá en cuenta las curvas características de los transistores a temperatura 25°C (ver figura 3.7).

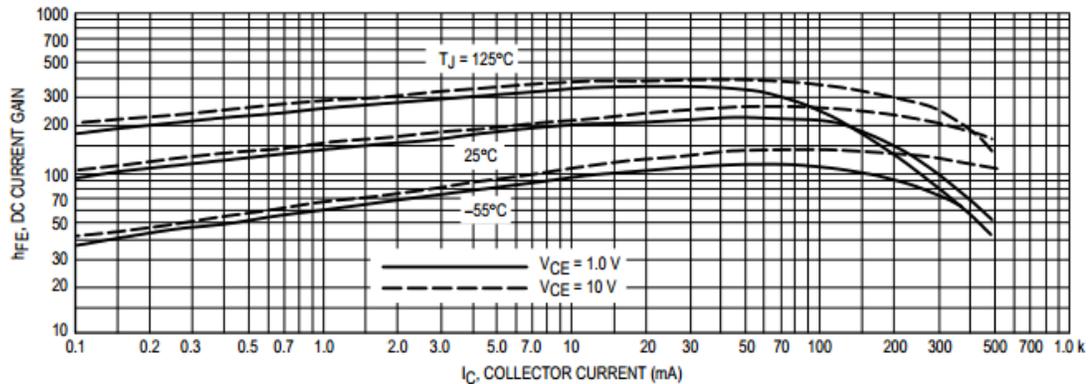


Figura 3.7: Curva de ganancia del transistor 2n2222 versus la corriente de colector [32]

Analizaremos la malla 1 cuando el transistor T4 está saturado (ver Figura 3.8) según los siguientes pasos:

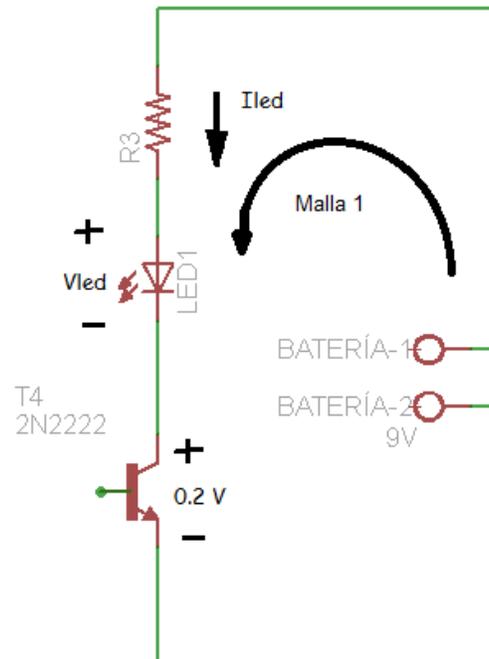


Figura 3.8: Malla 1 del circuito de detección de llama de fuego

- El voltaje entre colector y emisor en el transistor T4, cuando está en saturación es de 0,2V. El voltaje Vled va a depender del color del LED que se elija, para este caso práctico utilizaremos un LED rojo, donde el Vled va a ser 2.2 V y la corriente debe estar en el rango [5 – 60] mA.

Calculo de R3:

$$-9V + (I_{led} \times R3) + 2.2V + 0.2V = 0$$

$$I_{led} \times R3 = 6.6V$$

$$5mA \times R3 = 6.6 \rightarrow R3 = 1.32K\Omega$$

$$20mA \times R3 = 6.6V \rightarrow R3 = 330\Omega$$

- Se elige un valor comercial para R3 en ese rango de valores, en el circuito se utilizará el valor de 1K Ω , para este valor la corriente del LED1 (I_{led}) va a ser igual a 6.6 mA.

Calculo de la corriente de base en el transistor T4:

La corriente de I_{led} es igual a la corriente de colector (I_c) en T4 (ver figura 3.8)

$$I_c = h_{fe} \times I_b$$

$$6.6mA = 10 \times I_b \rightarrow I_b = 0.66mA$$

Calculo de la corriente de base en el transistor T3:

$$9V - (I_b \times R2) - V_{ce} = 0.7V \rightarrow V_{ce} = 1.7V$$

La corriente de base del transistor T4 es aproximadamente la misma que la corriente de colector en T3.

$$I_b = h_{fe} \times I_b T3$$

En saturación (h_{fe} = 10)

$$0.66mA = 10 \times I_b T3 \rightarrow I_b T3 = 66 \mu A$$

En RAD (h_{fe} = 100)

$$0.66mA = 100 \times I_b T3 \rightarrow I_b T3 = 6,6 \mu A$$

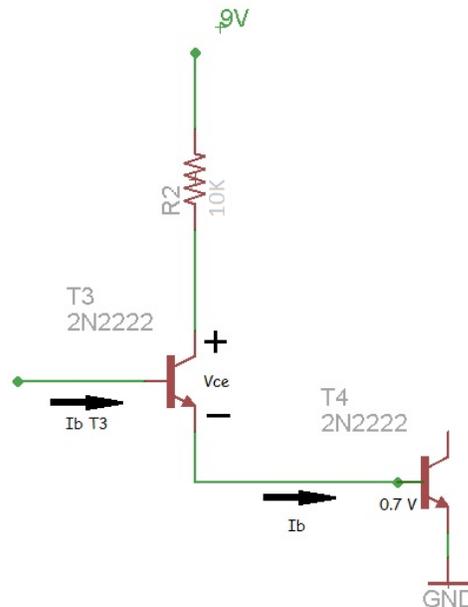


Figura 3.9: Malla 2 del circuito de detección de llama de fuego

- La corriente de base del transistor T3 hallada es la corriente necesaria para encender el LED1, por ello en el cable de cobre expuesto a la llama de fuego se debe generar dicha corriente mínima, como se muestra en las siguientes simulaciones, cuando la corriente de entrada es 66 μA el LED se enciende (ver figura 3.10), cuando la corriente de entrada es 0.03 μA el LED no se enciende (ver figura 3.11).

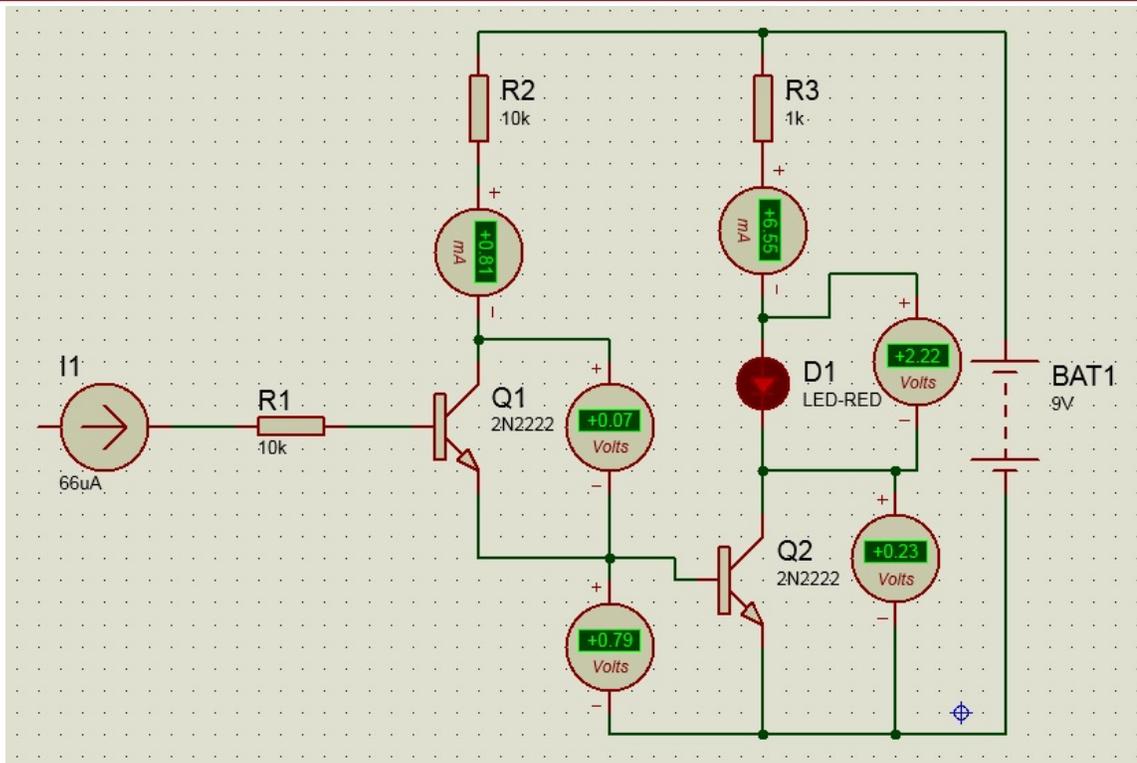


Figura 3.10: Simulación del circuito detector de fuego, con 66uA de entrada, el LED se enciende. Elaboración propia

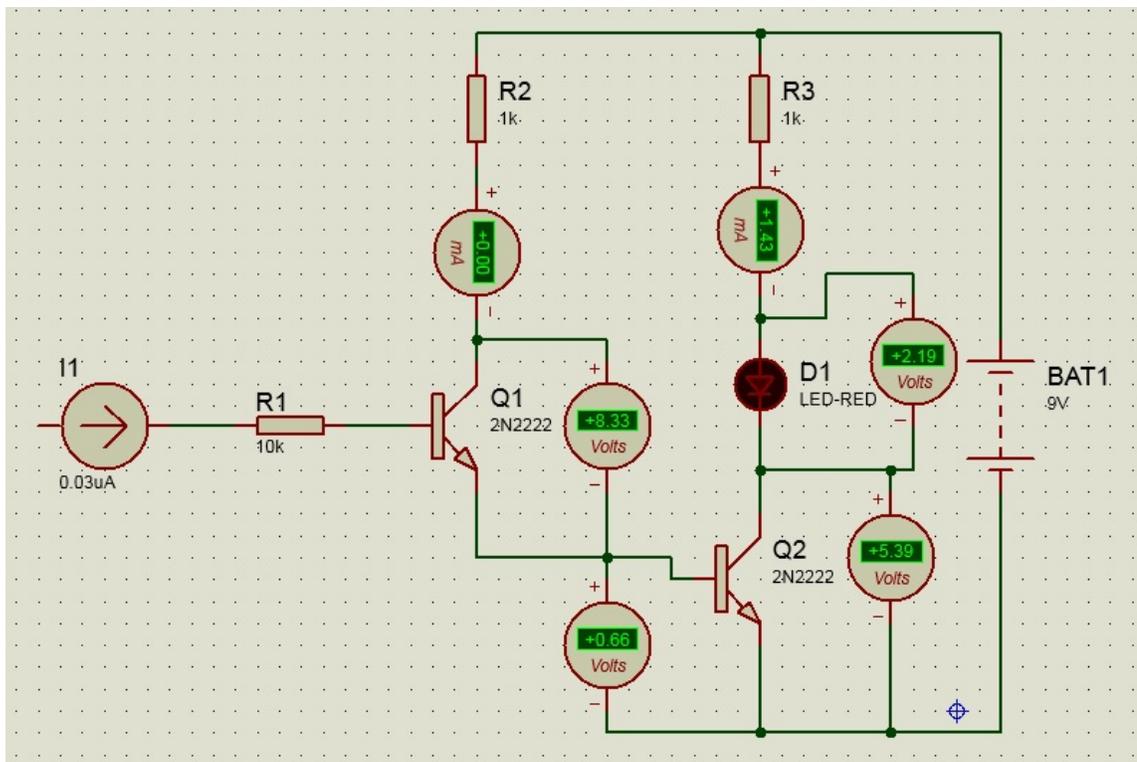


Figura 3.11: Simulación del circuito detector de fuego, con 0.03uA de entrada, el LED no se enciende. Elaboración propia

Guía de implementación en *protoboard*, simulación en Fritzing (ver Figura 3.12), aprovechando los recursos tecnológicos, y para consultar posibles errores en la implementación, se sugiere consultar clases online [45].

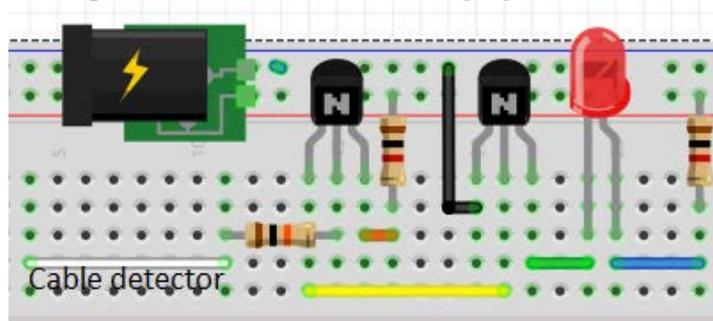


Figura 3.12: Circuito detector de llama de fuego en protoboard, software Fritzing.

Elaboración propia

Modo de funcionamiento:

- La corriente medida entre la resistencia R1 y la base del transistor T3 cuando el cable detector no está expuesto a la llama de fuego es de 1.5uA en promedio, y al estar expuesto a la llama de fuego es de 12uA en promedio, estos valores son obtenidos experimentalmente. Al estar el cable de cobre expuesto a la llama de fuego, se genera una oxidación $\text{Cu(s)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CuO(s)}$, la cual se comprueba observando la coloración negra del cable de cobre (presencia del óxido cúprico CuO), en algunos casos una coloración violeta (presencia del óxido cuproso Cu_2O) en este circuito se retiró el esmalte del cable de cobre para poder apreciar mejor la coloración, en esta reacción química se liberan electrones que producen una pequeña corriente a través del cable de cobre (12uA en promedio, medida experimentalmente) esta señal es amplificada, y permite saturar el segundo transistor (T4) el cual actúa como conmutador para que el LED se encienda [46], para más información consultar [49].

3.2.4 Circuito detector de tacto

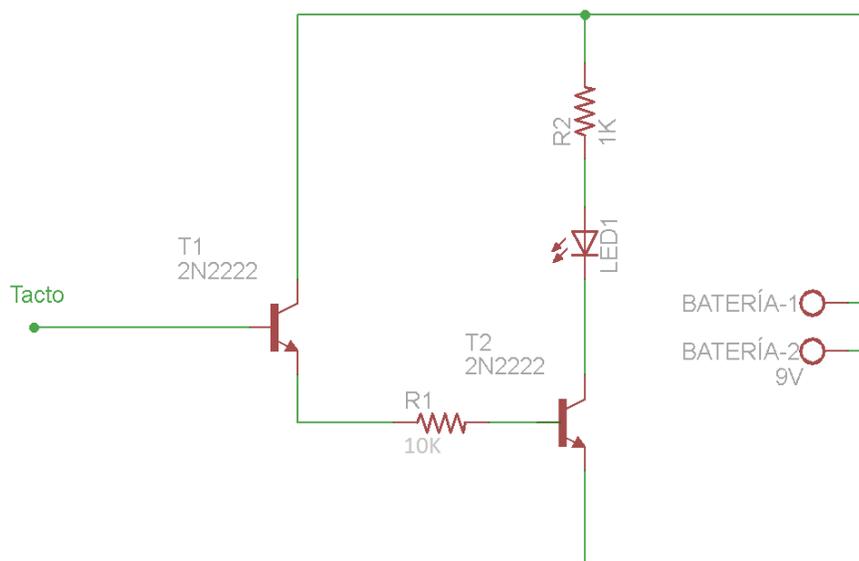


Figura 3.13: Circuito detector de tacto [11]

Sensor:

Cable unifilar

Características:

- Máxima longitud del cable 50cm.
- Resistencia del cable de 0.2 a 1 ohm.
- Cable UTP o Telefónico de 2 pares 24 AWG.

Análisis del circuito:

Se analizará el circuito trabajando a temperatura de ambiente, por ello se tendrá en cuenta las curvas características de los transistores a temperatura 25°C (ver Figura 3.7)

Analizamos la malla 1 cuando el transistor T2 está saturado (ver Figura 3.14):

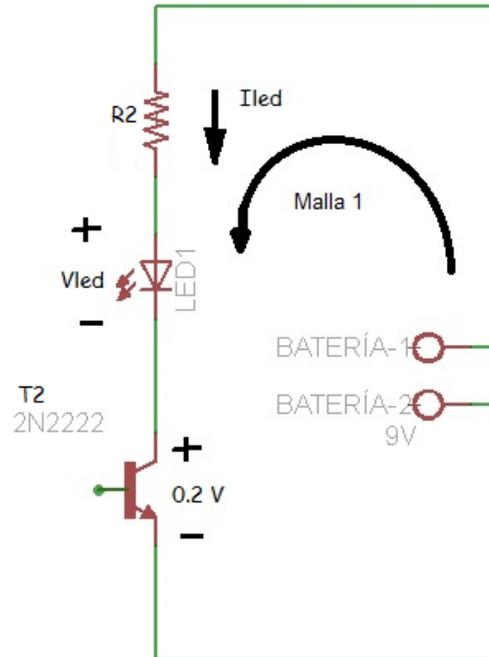


Figura 3.14: Malla 1 del circuito de detección de tacto.

- El voltaje entre colector y emisor en el transistor T2, cuando está en saturación es de 0,2V. El voltaje V_{led} va a depender del color del LED que se elija, para este caso práctico utilizaremos un LED rojo, donde el V_{led} va a ser 2.2V y la corriente debe estar en el rango [5 – 20] mA.

Calculo de R2:

$$-9V + (I_{led} \times R2) + 2.2V + 0.2V = 0$$

$$I_{led} \times R2 = 6.6V$$

$$5mA \times R2 = 6.6 \rightarrow R2 = 1.32K\Omega$$

$$20mA \times R2 = 6.6V \rightarrow R2 = 330\Omega$$

- Se elige un valor comercial para R2 en ese rango de valores, en el circuito se utilizará el valor de 1K Ω , para este valor la corriente del LED1 (I_{led}) va a ser igual a 6.6 mA.

Calculo de la corriente de base en el transistor T2:

La corriente de I_{led} es igual a la corriente de colector-emisor (I_{ce}) en T2 (ver figura 3.15)

$$I_{ce} = h_{fe} \times I_b$$

$$6.6mA = 10 \times I_b \rightarrow I_b = 0.66mA$$

Calculo de la corriente de base en el transistor T1:

$$9V - V_{ce} - (I_b \times R1) = 0.7V \rightarrow V_{ce} = 1.7V$$

La corriente de base del transistor T2 es la misma que la corriente de colector-emisor en T1.

$$I_b = h_{fe} \times I_b T1$$

En saturación ($h_{fe} = 10$)

$$0.66\text{mA} = 10 \times I_b T3 \rightarrow I_b T3 = 66 \text{ uA}$$

En RAD ($h_{fe} = 100$)

$$0.66\text{mA} = 100 \times I_b T3 \rightarrow I_b T3 = 6,6 \text{ uA}$$

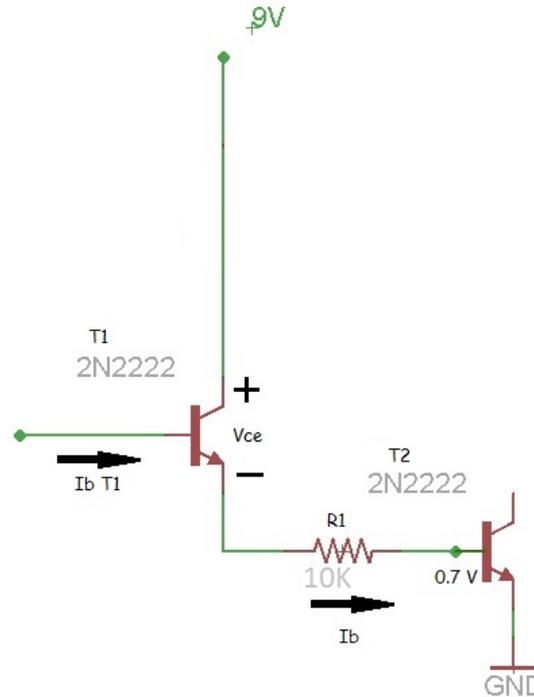


Figura 3.15: Malla 2 del circuito de detección de tacto

La corriente de base del transistor T1 hallada es la corriente necesaria para encender el LED1, por ello al tocar con la mano el cable de cobre, se debe generar dicha corriente, como se muestran en las siguientes simulaciones, cuando la corriente de entrada es 66 uA el LED se enciende (ver figura 3.16), cuando la corriente de entrada es 0.03 uA el LED no se enciende (ver figura 3.17).

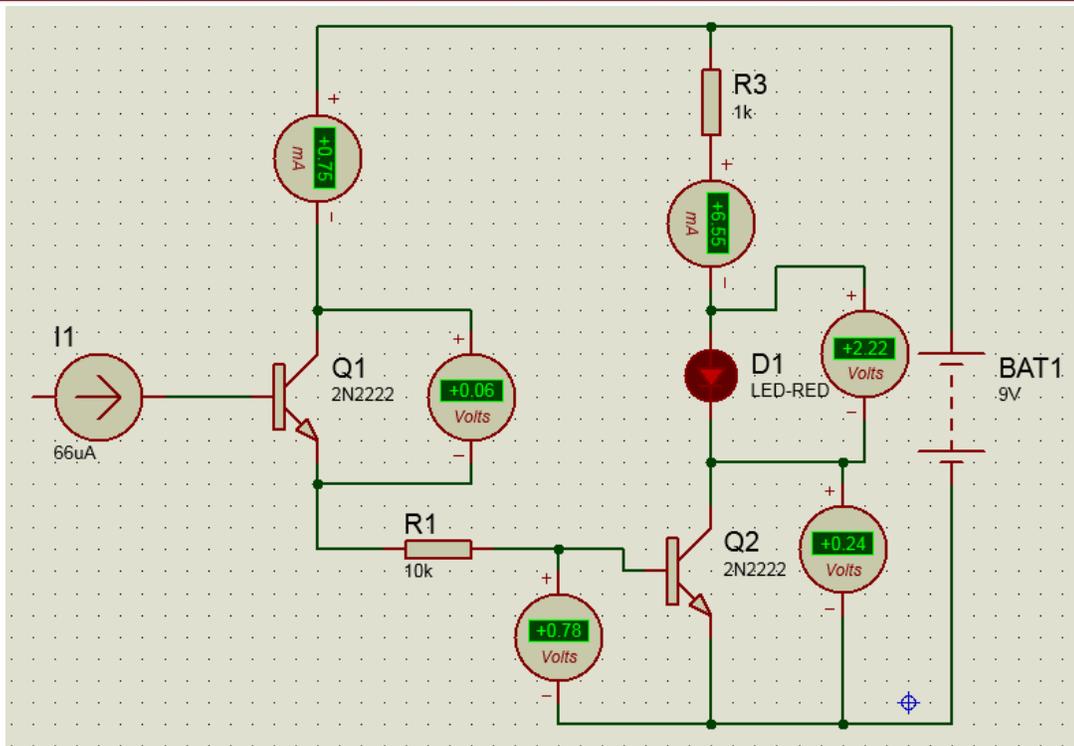


Figura 3.16: Simulación del circuito detector de tacto, con 66uA de entrada, el LED se enciende. Elaboración propia.

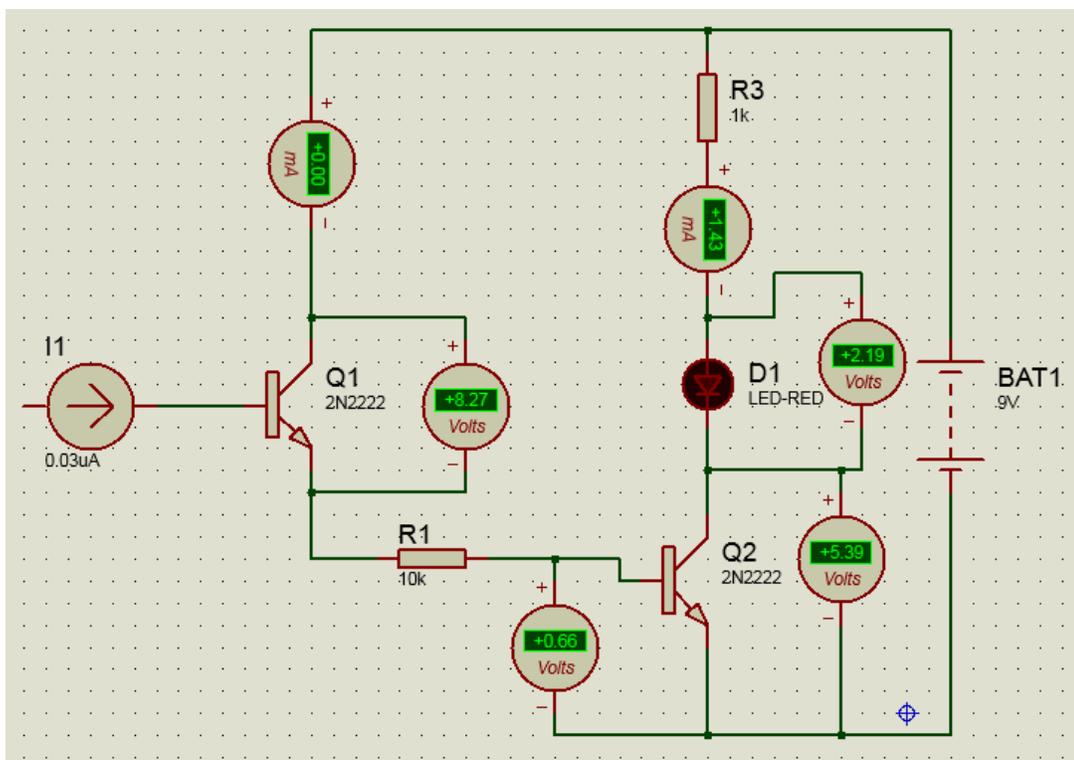


Figura 3.17: Simulación del circuito detector de tacto, con 0.03uA de entrada, el LED no se enciende. Elaboración propia.

Guía de implementación en protoboard, simulación en Fritzing (ver Figura 3.18), aprovechando los recursos tecnológicos, y para consultar posibles errores en la implementación, se sugiere consultar información en curso online [47].

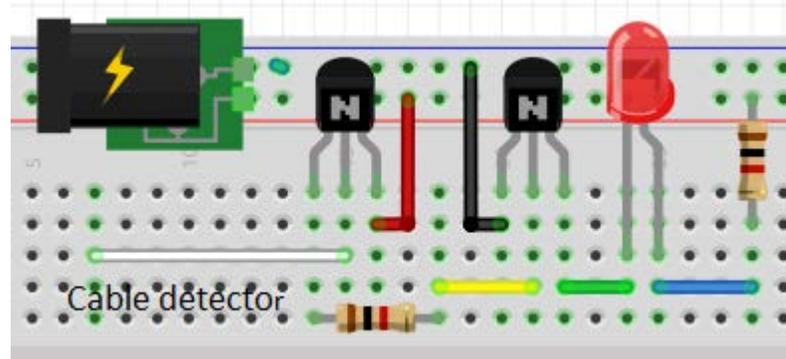


Figura 3.18: Circuito detector de tacto en *protoboard*, software Fritzing. Elaboración propia.

Modo de funcionamiento:

- Cuando no se toca el cable detector, se tiene una amplitud de 11.2mV, cuando tocamos el cable detector se tiene una amplitud de 1.1V a una frecuencia de 60Hz, esto se debe a que nuestro cuerpo funciona como una antena a dicha frecuencia, es decir es un receptor de señales electromagnéticas que circulan por el ambiente, este voltaje genera una pequeña corriente en la base, la corriente se amplificará mediante el transistor T1, esta corriente llegará a través de la resistencia R1 a la base del transistor T2 y se volverá a amplificar de tal manera que la corriente que pasa de colector a emisor en el segundo transistor sea suficiente para prender el LED1.

3.3 Diseño de un **Módulo Electrónico** para la enseñanza del área de Ciencia, Tecnología y Ambiente en la educación secundaria peruana

A continuación se describen los bloques del Módulo Electrónico para realizar un proyecto aplicativo del uso del microcontrolador con un sensor y un actuador, que pueden ser vistos en la figura 3.19, así como los requerimientos de diseño.

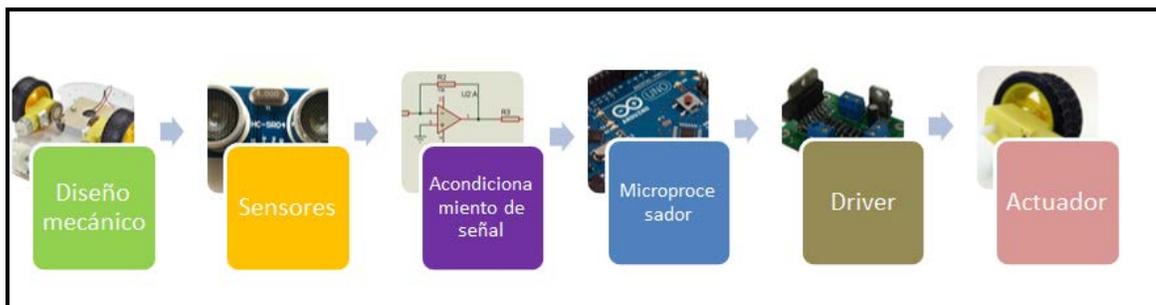


Figura 3.19: Diagrama de bloques del Módulo Electrónico para un proyecto aplicativo

El Módulo Electrónico consta de las sub-etapas:

- Diseño mecánico
- Sensores
- Acondicionamiento de señal
- Microprocesador
- Driver
- Actuador

Requerimientos de diseño

1. Alimentación del módulo: Dos fuentes de alimentación, uno para la circuitería y otro para los actuadores, se propone utilizar una batería de 9V Energizer recargable de 175mAh y para los motores cuatro pilas AA de 1.3V Energizer recargable de 2500mAh.
2. Sensores de distancia, sonido, luz y líneas negras, existentes en el medio local y de baja complejidad de implementación.
3. Motores con reductores de 0.5Kg/cm mínimo de torque, 3 a 9 Vdc de alimentación, corriente de consumo no mayor a 500 mA.
4. Consumo de energía menor a 150 mAh en circuitería externa y menor a 1.5Ah en motores y/o microprocesador.
5. Microprocesador: Disponibilidad en el mercado local, capacidad de memoria interna mínima 8KB, instrucciones de 8 bits, alimentación de 5 a 12 Vdc.
6. Diseño mecánico de la base del módulo: Liviano, estable, espacioso y barato.

3.4 Proyecto Aplicativo 1 - Robot esquivo obstáculos

Este proyecto aplicativo utilizará el Módulo Electrónico para armar un robot que pueda esquivar obstáculos que tenga en frente a partir de una distancia prudente, cambie su dirección y continúe indefinidamente su recorrido. A continuación se presentan los bloques necesarios del Módulo para realizar este proyecto aplicativo (Ver Figura 2.20).



Figura 3.20: Diagrama de bloques del Módulo Electrónico para Robot esquivo obstáculos.

3.4.1 Diseño mecánico de la base del Módulo Electrónico para el Robot esquivo obstáculos

Para el diseño mecánico de la base del módulo, se tomaron como referencia modelos ya desarrollados e implementados para robots con Arduino, vistos en el ítem 2.3.1, de los cuales se toman las características presentadas en la siguiente tabla para elegir la mejor opción en esta aplicación (ver Tabla 3.2).

Tabla 3.2: Características de Chasis de 4 llantas y 3 llantas para el diseño mecánico que soportara al Módulo Electrónico.

| Características | Chasis de 4 llantas | Chasis de 3 llantas |
|-----------------|--|---|
| Dimensiones | 25.3cm x 14.8cm x 4.8cm | 20cm x 15cm x 4.8cm |
| Peso | 750 g | 550 g |
| Estabilidad | Buena en toda la placa superior del chasis | Buena en la superficie del eje de los motores, baja en los extremos de la rueda de giro libre |
| Costo | 120 S/. nuevos soles | 80 S/. nuevos soles |

El chasis de 4 llantas viene con cuatro motores y el chasis de 3 llantas con dos motores, en ambos casos se tienen motores de 3 a 6Vdc de alimentación, la corriente a 6Vdc es 120mA, se tienen 240 RPM (Con rueda) y se logra 48 metros/minuto de velocidad [12].

Se eligió el chasis de tres ruedas, ya que cumple con los requerimientos de diseño, tiene dos motores con los cuales se pueden realizar los proyectos ideados para el módulo, en este caso “Robot esquivo obstáculos” y facilita la etapa “Driver” ya que es más sencillo y menos costoso manejar dos motores que cuatro. El diseño mecánico elegido servirá para este proyecto aplicativo, y también para los siguientes dos proyectos a presentar. A continuación la imagen del chasis armado (ver Figura 3.21)



Figura 3.21: Chasis del Módulo Electrónico elegido

3.4.2 Sensores de distancia

Dentro de la gama de sensores de distancia se toman en cuenta dos naturalezas distintas muy utilizadas en proyectos de robótica, la primera son los sensores ultrasónicos, la segunda son los sensores infrarrojos de proximidad, estos últimos como bien dice su nombre dan un alcance o una medida eléctrica, en la mayoría de los casos voltaje, en proporción a la proximidad de un objeto, sin embargo no es sencillo a partir de esta obtener una buena resolución en distancias ni se tiene gran alcance de distancia medible, en el mejor de los casos se puede llegar a tener una lectura de hasta 1.5 metros, a todo esto se le suma los errores en medida que puede generar la luz solar al incidir sobre el receptor infrarrojo, por ello esta etapa del proyecto aplicativo se enfocará en el principio de funcionamiento y las características de los sensores ultrasónicos.

- Principio de funcionamiento:

El sensor ultrasónico emite cíclicamente un impulso acústico de alta frecuencia y corta duración. Este impulso se propaga a la velocidad del sonido por el aire. Al encontrar un objeto, es reflejado y vuelve como eco al receptor ultrasónico. Este último calcula la distancia hacia el objeto, basado en el tiempo transcurrido entre la emisión de la señal acústica y la recepción de la señal de eco (ver Figura 3.22).

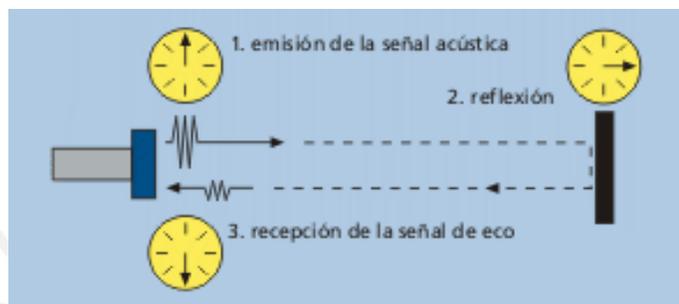


Figura 3.22: Principio de funcionamiento del sensor ultrasónico [20]

Como la distancia hacia el objeto es medida por medio del tiempo de recorrido del sonido, y no por una medición de la intensidad, los sensores ultrasónicos son insensibles hacia el ruido de fondo [20].

Los objetos grandes con superficie dura regresan las mejores lecturas. Los objetos hechos de material suave o que son curvos (como una pelota) o son muy delgados o pequeños pueden ser difíciles de detectar por el sensor.

Selección de sensor: se analizarán las características de 4 tipos de sensores y se elegirá el más óptimo para el presente Proyecto Aplicativo (ver Tabla 3.3).

Tabla 3.3: Características de sensores de distancia para el Modulo Electrónico

| Características | HC-SR04 | GP2D12 | URM37 | SRF01 |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|
| Costo | S/. 16 | S/. 50 | S/. 60 | S/. 120 |
| Disponibilidad | Mercado local | Importar | Importar | Importar |
| Consumo de corriente (mA) | 15 | 33 | <20 | 25 activo 11 en reposo |
| Rango de distancia (cm) | 2 a 500 | 10 a 80 | 4 a 300 | 0 a 600 |
| Voltaje de alimentación | 5 Vdc | 4.5 a 5.5 Vdc | 5 Vdc | 3.3 a 12 Vdc |
| Tipo de señal | TTL | Analógico | PWM, RS232 o TTL | TTL |
| Conexión | 4 pines | 3 pines | 9 pines | 3 pines |
| Dimensiones largo, ancho y profundidad (cm x cm x cm) | 4.5 x 2 x 1.5 | 3.7 x 1.9 x 1.4 | 5.1 x 2.2 | 1.6 diámetro x 1.9 profundidad |
| Montaje y protección | Dos orificios pasantes | Dos orificios pasantes | Cuatro orificios pasantes | Arandela de goma para montaje en panel (espesor 1.7 mm) |
| Cantidad necesaria para el proyecto | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Documentación disponible | Hoja de datos del fabricante |

Para la detección de distancia se optará por el sensor de ultrasonido HC-SR04, que además de cumplir con todos los requerimientos electrónicos de diseño tiene la ventaja de un bajo costo en el mercado sobre otros modelos de sensores, cuenta con información en la comunidad activa de Arduino sobre sus diferentes usos y conexiones, y se tiene antecedentes propios de implementación con el modelo HC-SR04. El sensor mencionado de distancia se aprecia en la Figura 3.23.



Figura 3.23: Sensor de distancia Arduino HC-SR04[17]

- Características:

- 1) Voltaje de alimentación: 5Vdc
- 2) Corriente de reposo: < 2mA
- 3) Corriente de trabajo: 15mA
- 4) Angulo de medición: 30°
- 5) Angulo de medición efectivo: <15°
- 6) Rango de medición: 2cm – 500cm
- 7) Resolución: 0.3cm
- 8) Dimensiones: 45mm x 20mm x 15mm
- 9) Frecuencia de trabajo: 40KHz
- 10) Alimentación: Pin VCC +5Vdc (4.5V min – 5.5 max) respecto al pin GND
- 11) Entrada: Pin TRIG (TTL)
- 12) Salida: Pin ECHO (TTL)

- Funcionamiento:

- 1) Se envía un pulso de duración mínima de 10us por el pin TRIG (disparo).
- 2) El sensor enviará 8 pulsos de 40KHz (ultrasonido) y colocará su salida ECHO (eco) a alto, se debe detectar este evento e iniciar un conteo de tiempo.

- 3) La salida ECHO se mantendrá en alto hasta recibir el eco reflejado por el obstáculo a lo cual el sensor pondrá su pin ECHO a bajo, es decir, se terminará de contar el tiempo (ver Figura 3.24).
- 4) La distancia es proporcional a la duración del pulso y se puede calcular con las siguientes formulas:

$$V_{\text{sonido}} = 340 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{sonido}} = 1/29 \text{ cm/us}$$

$$\text{Distancia} = \text{velocidad} \times \text{tiempo}$$

$$\text{Distancia} = (\text{duración} / 2) / 29 = \text{duración} \times 0.017$$

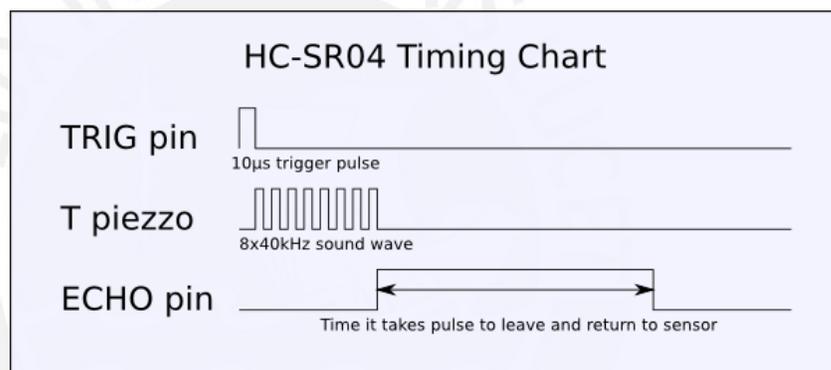


Figura 3.24: Diagrama de tiempos del sensor ultrasónico HC-SR04 [21]

3.4.3 Microcontrolador

Para facilitar las conexiones de comunicación con la computadora al momento de grabar el programa requerido para el presente proyecto aplicativo, así mismo para facilitar las conexiones con los sensores y la protección del microcontrolador, se decidió elegir entre las tarjetas de desarrollo *Open Source* (de código abierto) que se encuentran en el mercado nacional e internacional; ya que cuentan con una comunidad activa en la red, así los alumnos podrán investigar y apoyarse en proyectos realizados como también podrán mostrar su desempeño en los distintos proyectos aplicativos. La elección de la tarjeta de desarrollo a utilizar para el presente Proyecto Aplicativo se sustenta en un cuadro comparativo en el que se muestran las características de esta y de 3 otras tarjetas compatibles con el proyecto (ver Tabla 3.4)

Tabla 3.4: Características de las tarjetas de control para el Modulo Electrónico

| Características | Atmega328 | Atmega2560 | Atmega32u4 | PIC32MX250F032B |
|--|---|---|---|--|
| Tarjeta de desarrollo | Arduino Uno | Arduino Mega | Arduino Esplora | Kit Pingüino 32MX250 |
| Costo (incluye gastos de importación de ser necesario) | S/. 85 | S/. 185 | S/. 220 | S/. 140 |
| Disponibilidad | Mercado local | Mercado local | Importar | Importar |
| Voltaje de alimentación | 7 a 12 Vdc | 7 a 12 Vdc | 7 a 12 Vdc | 5 Vdc (USB) / >4.75 Vdc (VIN) / de 2.8 a 4.0 Vdc (VBAT) |
| Voltaje de operación | 5 Vdc | 5 Vdc | 5 Vdc | de 2.3 a 3.6 Vdc, para entradas digitales tolera 5.5 Vdc |
| Velocidad de CPU | 16 Mhz | 16 Mhz | 16 Mhz | 8 Mhz |
| Digital IO / PWM | 14 / 6 | 54 / 15 | - | 19 / 5 |
| Señal analógica I/O | 6 / 0 | 16 / 0 | - | 9 / 0 |
| Memoria Flash (KB) | 32 | 256 | 32 | 128 |
| SRAM (KB) | 2 | 8 | 2.5 | 32 |
| EEPROM (KB) | 1 | 4 | 1 | - |
| Comunicación serial (UART) | 1 | 4 | - | 2 |
| USB | Regular | Regular | Micro | Regular |
| Dimensiones largo y ancho (cm x cm) | 6.8 x 5.3 | 10.1 x 5.3 | 16.4 x 6.0 | 6.4 x 3.4 |
| Componentes implementados en la tarjeta | - | - | Sensor de luz, temperatura y acelerómetro, joystick, 4 llaves, un potenciómetro lineal, led RGB y un buzzer | - |
| Cantidad necesaria para el proyecto | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Documentación disponible | Hardware y software libre, comunidad activa en la red | Hardware y software libre, comunidad activa en la red | Hardware y software libre, comunidad activa en la red | Hardware y software libre, comunidad activa en la red |

Para el control del robot se optará por la tarjeta Arduino Uno, ya que tiene las entradas y salidas necesarias para manejar el sensor de distancia y los motores, tiene buena velocidad de procesamiento, es uno de los más pequeños, tiene bajo costo, además se tiene la ventaja de haber trabajado distintos proyectos con esta tarjeta de desarrollo, es decir cumple con los requerimientos de diseño para el Módulo Electrónico y con lo necesario de información; con ello se podría utilizar esta tarjeta para los siguientes proyectos aplicativos. Las conexiones para esta tarjeta son sencillas y el software de programación es intuitivo, la tarjeta adquirida se puede apreciar en la figura 3.25.

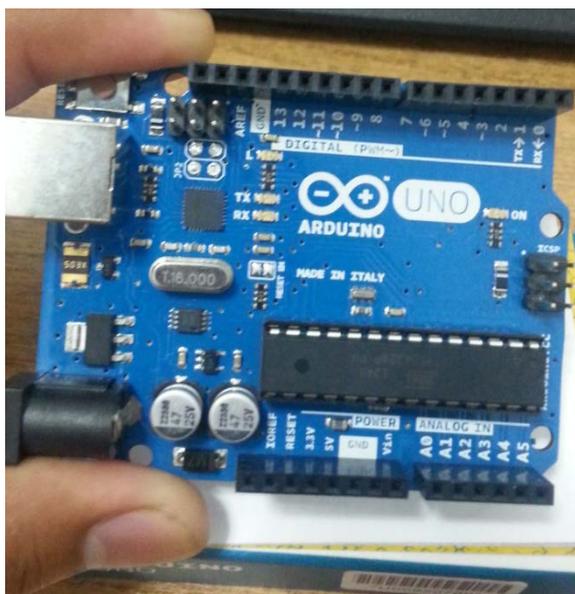


Figura 3.25: Arduino Uno Rev 3 (Imagen propia)

Dentro de la tarjeta de desarrollo elegida se encuentra el microcontrolador ATmega328, esta presenta 14 entradas o salidas digitales y 6 entradas o salidas analógicas (configurables mediante software) además de poseer un pin de salida de 5V y dos pines de referencia (GND). Para el presente proyecto aplicativo se utilizará una entrada y una salida digital, para el sensor ultrasónico HC-SR04. Además, se utilizarán los pines de 5V y su respectiva tierra para alimentación del sensor. La conexión del microcontrolador y el sensor se muestra en la siguiente Figura 3.26:

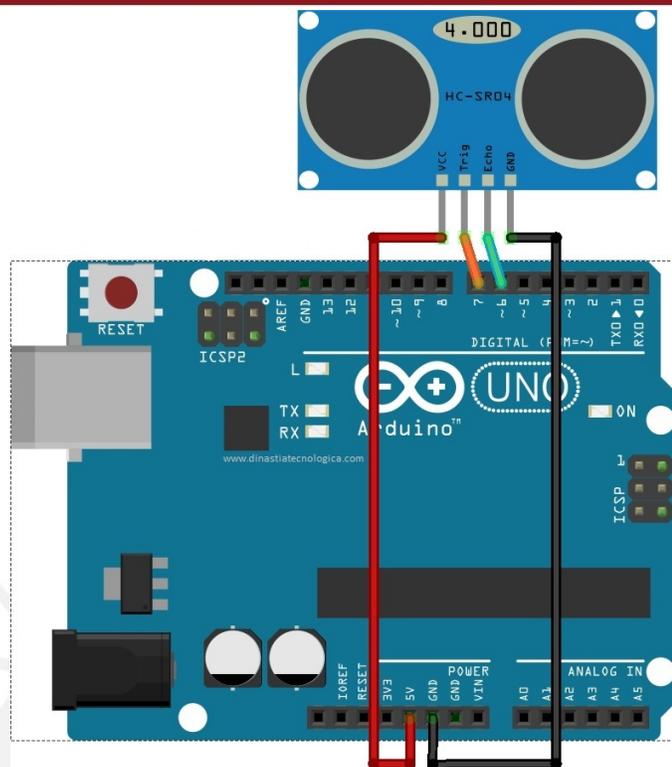


Figura 3.26: Conexión del microcontrolador hacia el sensor ultrasónico HC-SR04 [19].

Protocolo de comunicación:

Se tiene un protocolo de señales TTL, es decir se considera el nivel lógico bajo (también llamado 0 lógico) al rango de voltaje $[0 - 0.8]$ Vdc y un nivel lógico alto (también llamado 1 lógico) al rango de voltaje $[2.4 - V_{cc}]$ Vdc

La programación para este proyecto aplicativo se realizará de acuerdo al siguiente diagrama de flujo (ver Figura 3.27). Además el código del programa es presentado en el anexo 1.

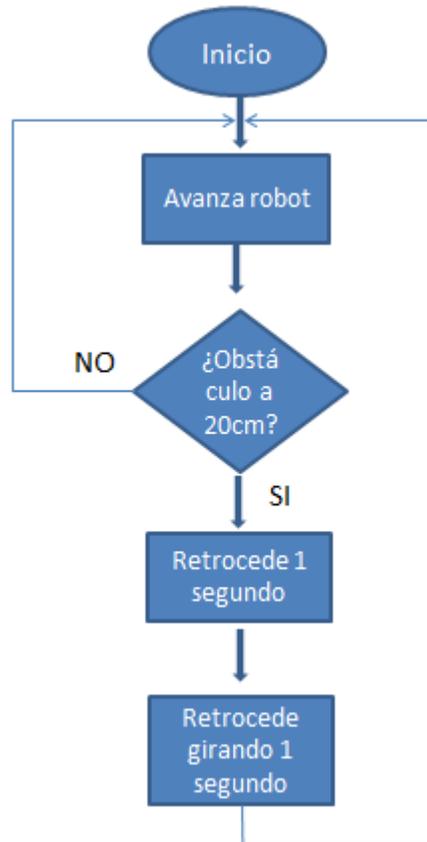


Figura 3.27: Diagrama de flujo del Proyecto aplicativo 1 (Robot esquivando obstáculos).

3.4.4 Controlador de motor

Para el presente Proyecto Aplicativo se va a necesitar controlar dos motores dc, vistos en el punto 3.4.1, en los dos sentidos de giro (horario y anti horario), para ello se analizará los distintos controladores que se encuentran en el mercado que cumplan con los requerimientos de diseño y tenga un costo asequible, los sensores estudiados se pueden apreciar en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Características de controladores para motores para el Proyecto Aplicativo

| Características | L9110s | L298n | ULN2803AG | L293B (Requiere diseñar placa) |
|---|-----------------------------------|---|---|--------------------------------------|
| Costo | S/. 22 | S/. 18 | S/. 33 | S/. 30 |
| Disponibilidad | Mercado local | Mercado local | Mercado local | Mercado local |
| Corriente continua de salida (mA) | 800 | 2000 | 500 | 1000 |
| Corriente de pico máxima (A) | 1.5 – 2 | 3 | 0.5 | 2 |
| Cantidad de motores dc a controlar | 2 bidireccional | 2 bidireccional | 4 unidireccional / 2 bidireccional (requiere componentes adicionales) | 2 bidireccional |
| Voltaje de entrada | TTL o CMOS de 2.5 a 12 vdc | TTL 5 Vdc | TTL de 3.3 a 5 Vdc | TTL 5 Vdc |
| Rango de voltaje de salida | 2.5 a 12 vdc | 5 a 35 Vdc | -0.5 a 50 Vdc | 5 a 36 Vdc |
| Disipación de potencia máxima (W) | No especificada por el fabricante | 25 | 1.47 | 5 |
| Conexión | 2 borneras dobles y 6 pines macho | 2 borneras dobles, 1 bornera triple y 4 pines macho | 7 borneras dobles | NA |
| Dimensiones largo, ancho y profundidad (cm x cm x cm) | 2.7 x 2.1 x NA | 4.3 x 4.3 x 2.6 | No especificada por el fabricante | NA |
| Montaje y protección | Un orificio pasante | Cuatro orificios pasantes | Cuatro orificios pasantes | NA |
| Cantidad necesaria para el proyecto | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Documentación disponible | Hoja de datos del fabricante | Hoja de datos del fabricante | Hoja de datos del fabricante | Hoja de datos del fabricante |

El driver elegido será el L298n debido a su gran capacidad de disipación, corriente de trabajo, corriente pico y de costo asequible. La tarjeta impresa del driver se muestra en la figura 3.28.

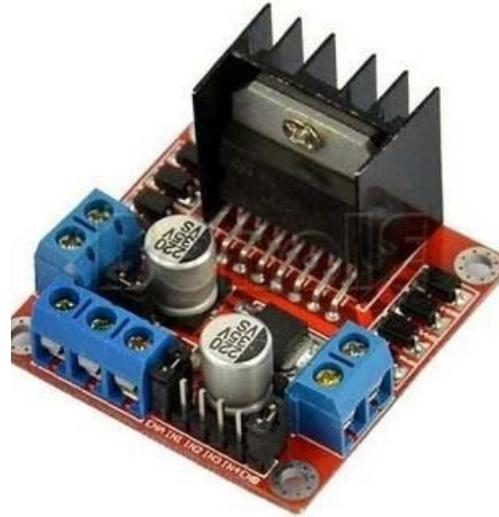


Figura 3.28: Módulo driver motor L298n [18]

Las conexiones del driver elegido con la tarjeta Arduino Uno y los motores presentados en la parte mecánica se muestran en la Figura 3.32.

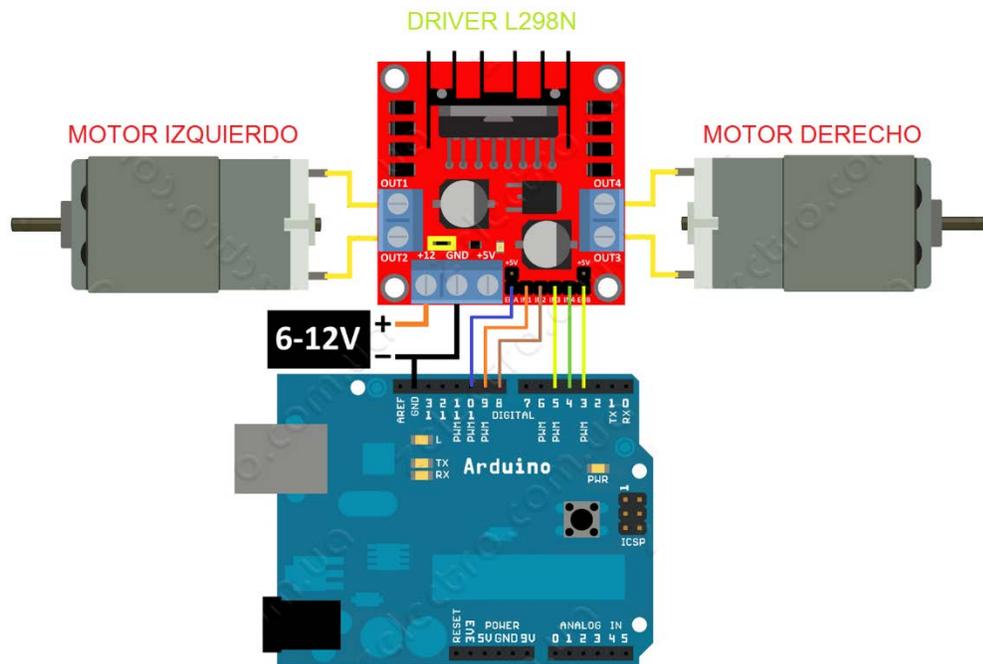


Figura 3.29: Diagrama de las conexiones del Driver, Arduino y Motores. Modificación propia [29]

3.4.5 Motores

Se incluyen los motores en el chasis, las características y conexión de estos se mostraron en la parte mecánica elegida, 120mA de corriente a 6Vdc (ver punto 3.4.1), cabe resaltar que estos se alimentarán con 4 pilas AA de 1.5Vdc, las cuales nos dan un total de 6Vdc, este voltaje irá conectado a la bornera de alimentación del driver elegido en el punto anterior.

3.4.6 Diseño Final

Finalmente se muestra el esquemático del Proyecto Aplicativo 1 completo (ver Figura 3.30), para ubicar los pines del microcontrolador ATmega328 que están asociados a los pines de conexión del Arduino Uno se utilizó el diagrama de pines de Arduino (ver Anexo 7)



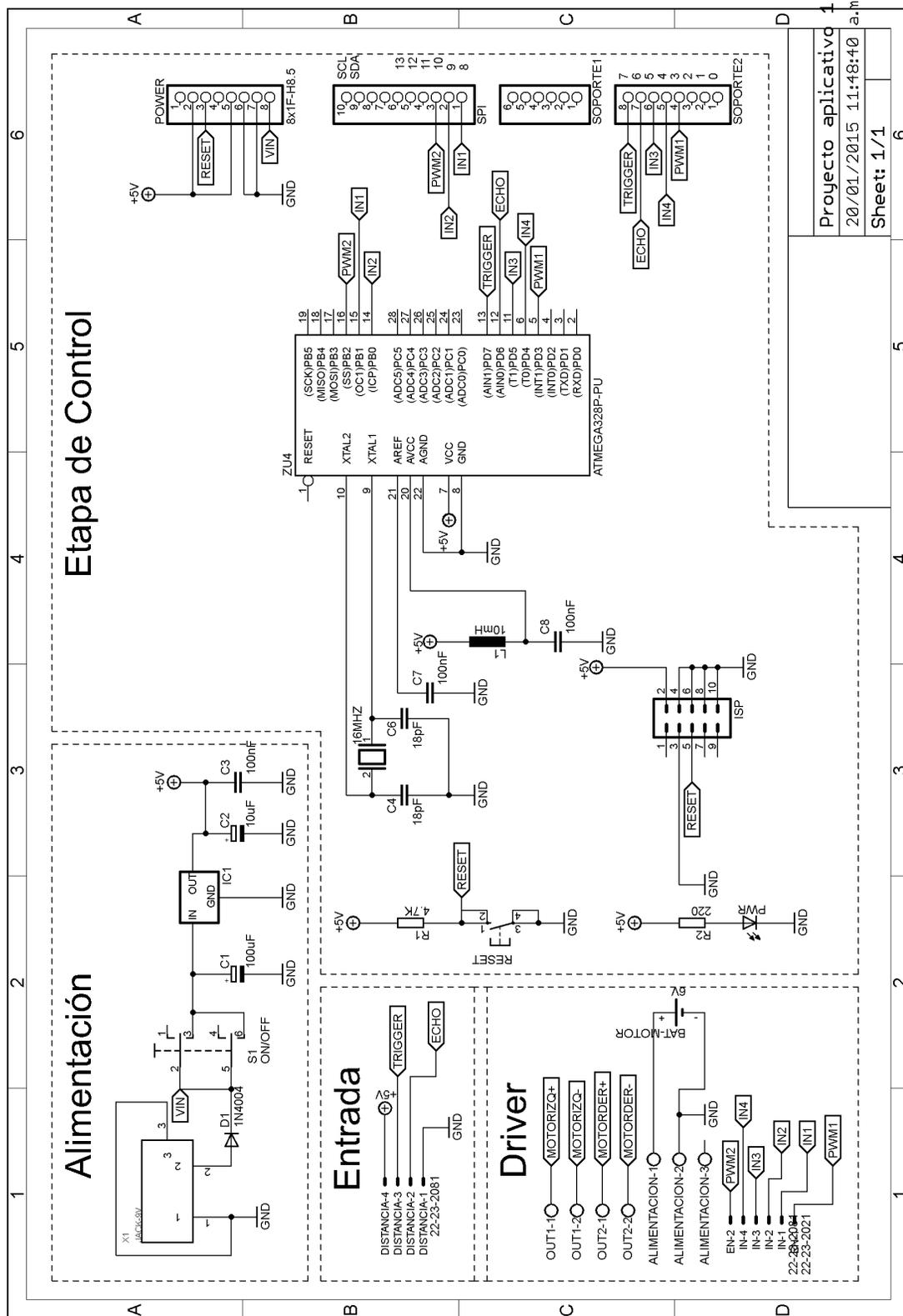


Figura 3.30: Esquemático del Proyecto Aplicativo 1 (Robot esquivo obstáculos).

3.5 Proyecto Aplicativo 2 - Robot seguidor de línea

Este proyecto aplicativo utilizará el Módulo Electrónico para armar un robot que pueda seguir una línea negra, contando con solo dos sensores. A continuación se presentan lo bloques necesarios del Módulo para realizar este proyecto aplicativo.



Figura 3.31: Diagrama de bloques del Módulo Electrónico para Robot seguidor de línea.

3.5.1 Diseño mecánico del Módulo Electrónico para el Robot seguidor de línea

Como se mencionó en el punto 3.3.1.1, el diseño mecánico escogido en el Proyecto Aplicativo 1, será utilizado para el desarrollo de los otros dos proyectos aplicativos.

3.5.2 Sensores de líneas negras

La detección de líneas negras, en casi la totalidad de casos que se haya realizado para aplicaciones robóticas, se dan mediante sensores infrarrojos, es por ello que en la selección del sensor se tomarán de preferencia de este tipo, a continuación se muestra la evaluación de 4 sensores infrarrojos (ver Tabla 3.6).

Tabla 3.6: Características de sensores de líneas negras para el Modulo Electrónico

| Características | Led IR y Fototransistor | CNY70 | QRD1114 | TCRT5000 |
|---|--|------------------------------|------------------------------|--|
| Costo (incluyendo componentes adicionales) | S/. 12 | S/. 12 | S/. 14 | S/. 22 |
| Disponibilidad | Mercado local | Mercado local | Mercado local | Mercado local |
| Consumo nominal (Pérdida de potencia en mW) | 300 | 200 | 200 | 200 |
| Requiere acondicionador de señal | Si | Si | Si | No |
| Distancia de detección (mm) | 4 | 5 | 5 | 10 |
| Voltaje de alimentación | 5 Vdc | 5 Vdc | 5 Vdc | 5 Vdc |
| Señal de salida | Digital | Digital | Digital | Digital |
| Montaje y protección | Soporte mecánico para alinear los diodos | Orificio pasante | Orificio pasante | Orificio pasante |
| Cantidad necesaria para el proyecto | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Documentación disponible | Hoja de datos del fabricante | Hoja de datos del fabricante | Hoja de datos del fabricante | Hoja de datos del fabricante y conexión para Arduino |

Para este sensor se optará por la segunda opción, CNY70, debido a que la distancia necesaria para el reconocimiento de líneas negras puede ser manejada mecánicamente, de acuerdo al diseño mecánico escogido podemos decir que esto es factible, además mantiene un precio razonable frente a la gama de opciones, y por último el acondicionamiento de la señal no presenta una complejidad alta de implementación. El sensor CNY70 se puede apreciar en la figura 3.32.



Figura 3.32: Sensor óptico reflectante CNY70 [15]

- Características:

- 1) Voltaje de alimentación: 5Vdc
- 2) Corriente de trabajo: 20mA
- 3) Distancia de detección: de 0.3 mm a 5mm
- 4) Consumo nominal: 200mW
- 5) Emisor: Un fotodiodo
- 6) Receptor: Un fototransistor
- 7) Longitud de onda del haz infrarrojo: 925nm
- 8) Dimensiones: 7mm x 7mm x 6mm
- 9) Sensado regulable con un potenciómetro

- Funcionamiento:

- 1) Mientras el CNY70 este alimentado (5Vdc), el fotodiodo emitirá radiación infrarroja sobre una superficie determinada, a una distancia corta. El fototransistor recibirá el reflejo de la radiación infrarroja, ver figura 3.37.
- 2) El fototransistor se saturará dependiendo de la intensidad de radiación infrarroja que reciba en su base, así al tener una superficie altamente reflectante (objeto blanco) el fototransistor se saturará completamente y el Vce sería aproximadamente 0 voltios; si por el contrario se tuviera una superficie no reflectante (objeto negro) el fototransistor no se saturará y el Vce sería aproximadamente igual al voltaje que se le asigne en el colector.

- 3) Si el CNY70 se encuentra a una distancia fuera del rango de trabajo estipulado en sus características, la intensidad de la radiación infrarroja que llega al objeto reflectante sería baja y por consecuencia la que se refleja sería mucho menor, es decir no dependería en gran medida del objeto en que se reflecta, ya sea este blanco o negro siempre se tendría una lectura como si el medio fuera no reflectante (para el proyecto aplicativo sería como si detectara el objeto negro todo el tiempo).
- 4) Si el CNY70 se encuentra expuesto a radiación electromagnética del sol este se verá afectado por la radiación infrarroja de este y el fototransistor se encontraría saturado constantemente, es decir no dependería del objeto a sensor ya que siempre se tendría una lectura como si el medio fuera altamente reflectante (para el proyecto aplicativo sería como si detectara el objeto blanco todo el tiempo)

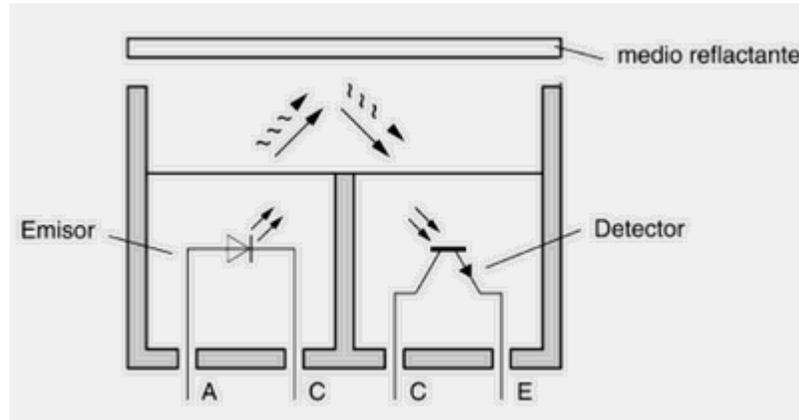


Figura 3.33: Funcionamiento del sensor de líneas negras CNY70 [25]

Teniendo en cuenta las características y el funcionamiento del sensor de líneas negras (CNY70) se ubicará este en la parte mecánica a 5mm de la pista de trabajo del proyecto aplicativo, además se realizará un acondicionamiento de la señal del sensor, para poder conectarlo a una entrada digital del Arduino Uno.

3.5.3 Acondicionamiento de señal

En esta etapa se acondicionará la señal del sensor de líneas negras para que a la entrada del microcontrolador se tenga una señal digital, para este diseño se tomarán en cuenta las características eléctricas del CNY70 (ver Figura 3.34).

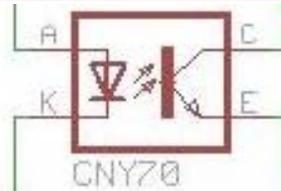


Figura 3.34: Pines del CNY70 [24]

Para alimentar al circuito se utilizará la fuente de 5Vdc y su respectivamente tierra que nos brinda el Arduino, la corriente necesaria para el diodo emisor infrarrojo es aproximadamente 20mA (I_f) para esta corriente el voltaje en el diodo emisor será 1.15V aproximadamente (según curva I_f vs V_f de la hoja de datos) [50], por ello se necesitará una resistencia limitadora en el diodo emisor infrarrojo:

$$R2 = (5 - 1.15)V/20mA$$

$$R2 = 192.5 \text{ ohm}$$

Se elegirá una resistencia de 220 ohm, ya que es un valor comercial aproximado al calculado.

Para la Salida del CNY70, se tomará en cuenta el valor del CTR (Relación de transferencia de corriente) presentado en la hoja de datos (ver figura 3.35)

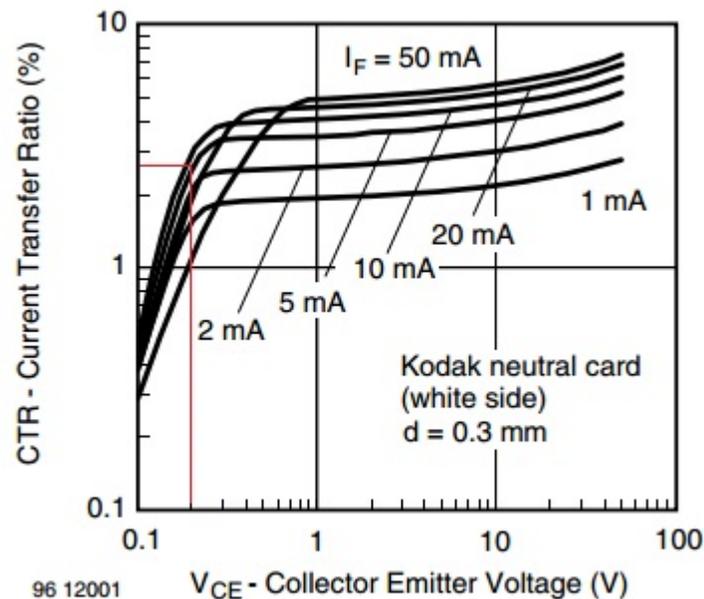


Figura 3.35: Curva característica del CNY70, V_{ce} vs CTR [51]

La corriente de entrada (I_f) es 17.5mA, queremos que el transistor se sature por ello el valor del V_{ce} debe ser 0.2V, en la gráfica se aprecia una línea roja con la cual se aproxima el valor del CTR bajo las condiciones mencionadas (ver figura 3.35)

$$CTR = I_{out} / I_f \approx 2.5\% \rightarrow I_{out} = 0.4375mA$$

$$5V - (I_{out} \times R1) - 0.2V = 0V \rightarrow R1 = 10.97Kohm$$

Se elegirá una resistencia de 10Kohm, ya que es un valor comercial aproximado al calculado.

El circuito de acondicionamiento de señal se puede implementar en un miniprotoboar (ver Figura 3.38) o se puede realizar una PCB utilizando el software Fritzing (ver Figura 3.37) para su implementación se presentará el diagrama esquemático del circuito (ver Figura 3.36).

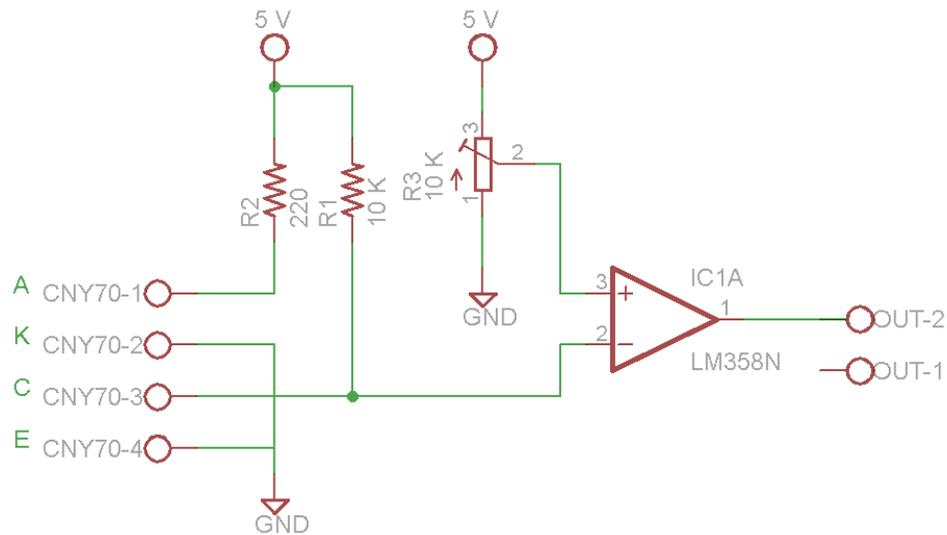


Figura 3.36: Esquemático del acondicionamiento de señal para el sensor de líneas negras. Elaboración propia.

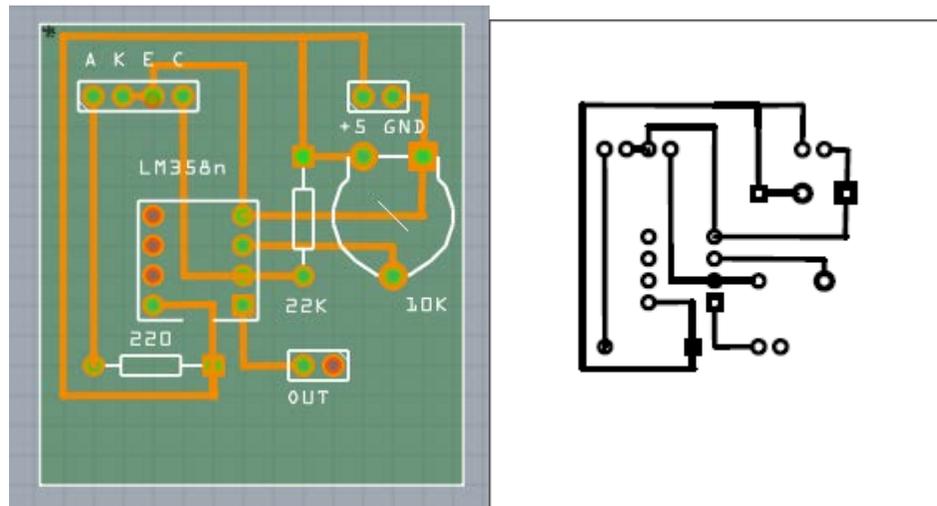


Figura 3.37: Diagrama para PCB del acondicionamiento de señal. Elaboración propia.

3.5.4 Microcontrolador

El microcontrolador elegido es el ATmega328, que se encuentra dentro de la tarjeta de desarrollo Arduino Uno, esta presenta 14 entradas o salidas digitales y 6 entradas o salidas analógicas (configurables mediante software) además de poseer pines de salida de 5V y su respectiva tierra (GND). Para el presente proyecto aplicativo se utilizarán dos entradas digitales, para los sensores infrarrojo CNY70, además de los pines de 5V y su respectiva tierra para alimentación del sensor. La conexión del microcontrolador y los sensores se muestra en la Figura 3.37.

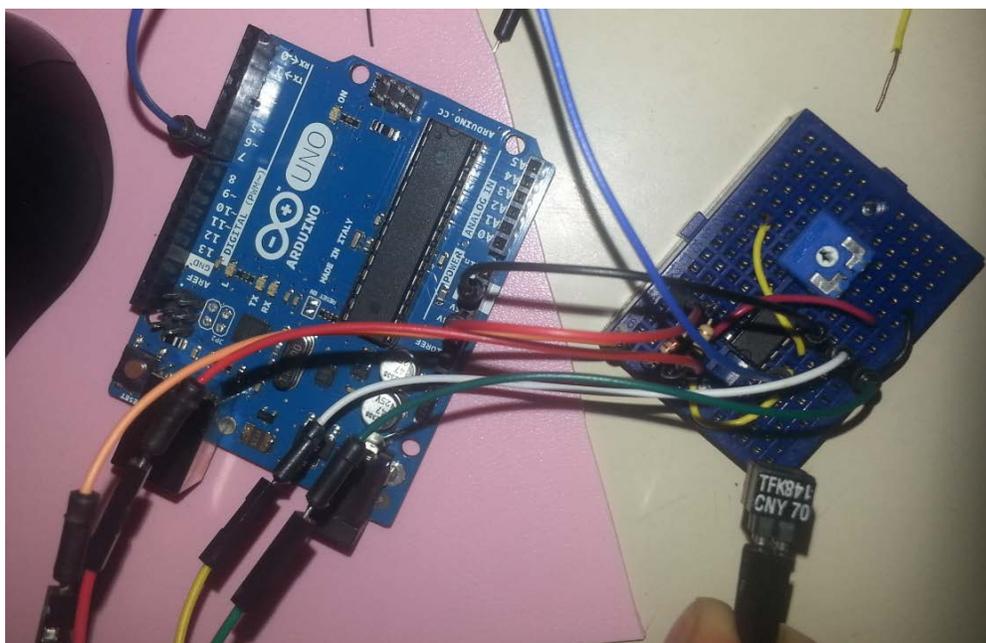


Figura 3.38: Conexión del CNY70, acondicionamiento de la señal y microcontrolador.

Para la programación en este proyecto aplicativo se tendrá presente que la línea negra se encuentra en medio de los dos sensores, con esta salvedad la programación se realizará de acuerdo al siguiente diagrama de flujo (ver Figura 3.38). Además el código del programa es presentado en el anexo 2.

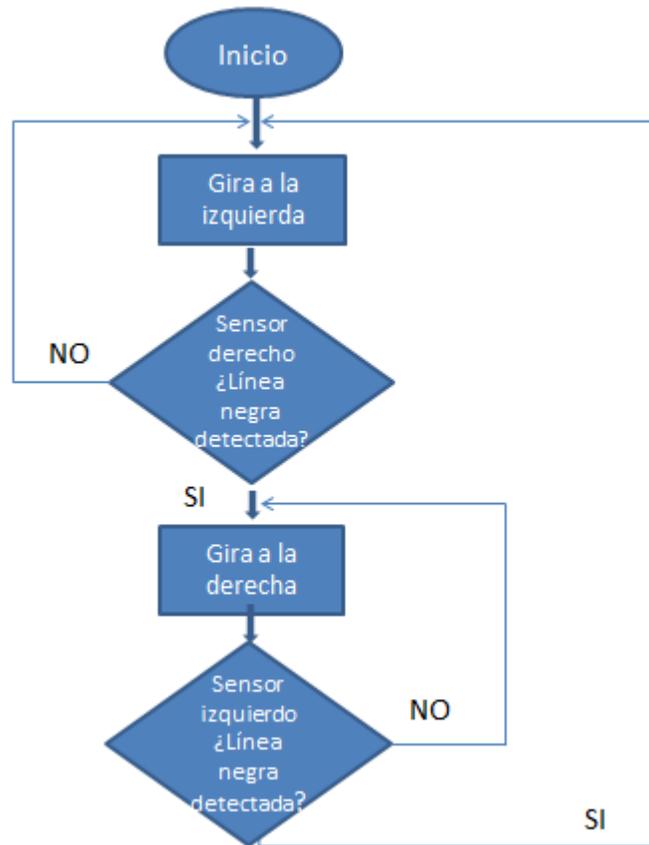


Figura 3.39: Diagrama de flujo del Proyecto aplicativo 2 (Robot seguidor de línea).

3.5.6 Controlador de motor

Para esta etapa se utilizará el driver L298n elegido en el punto 3.4.4 justificado en este ítem.

3.5.7 Motores

Se incluyen los motores en el chasis, las características y conexión de estos se mostraron en la parte mecánica elegida, 120mA de corriente a 6Vdc (ver punto 3.4.1), cabe resaltar que estos se alimentarán con 4 pilas AA de 1.5Vdc, las cuales nos dan un total de 6Vdc, este voltaje irá conectado a la bornera de alimentación del driver elegido en el punto anterior.

3.5.8 Diseño Final

Finalmente, en la figura 3.39 se muestra el esquemático del Proyecto Aplicativo 2 completo, para ubicar los pines del microcontrolador ATmega328 que están asociados a los pines de conexión del Arduino Uno se utilizó el diagrama de pines de Arduino (ver Anexo 7)

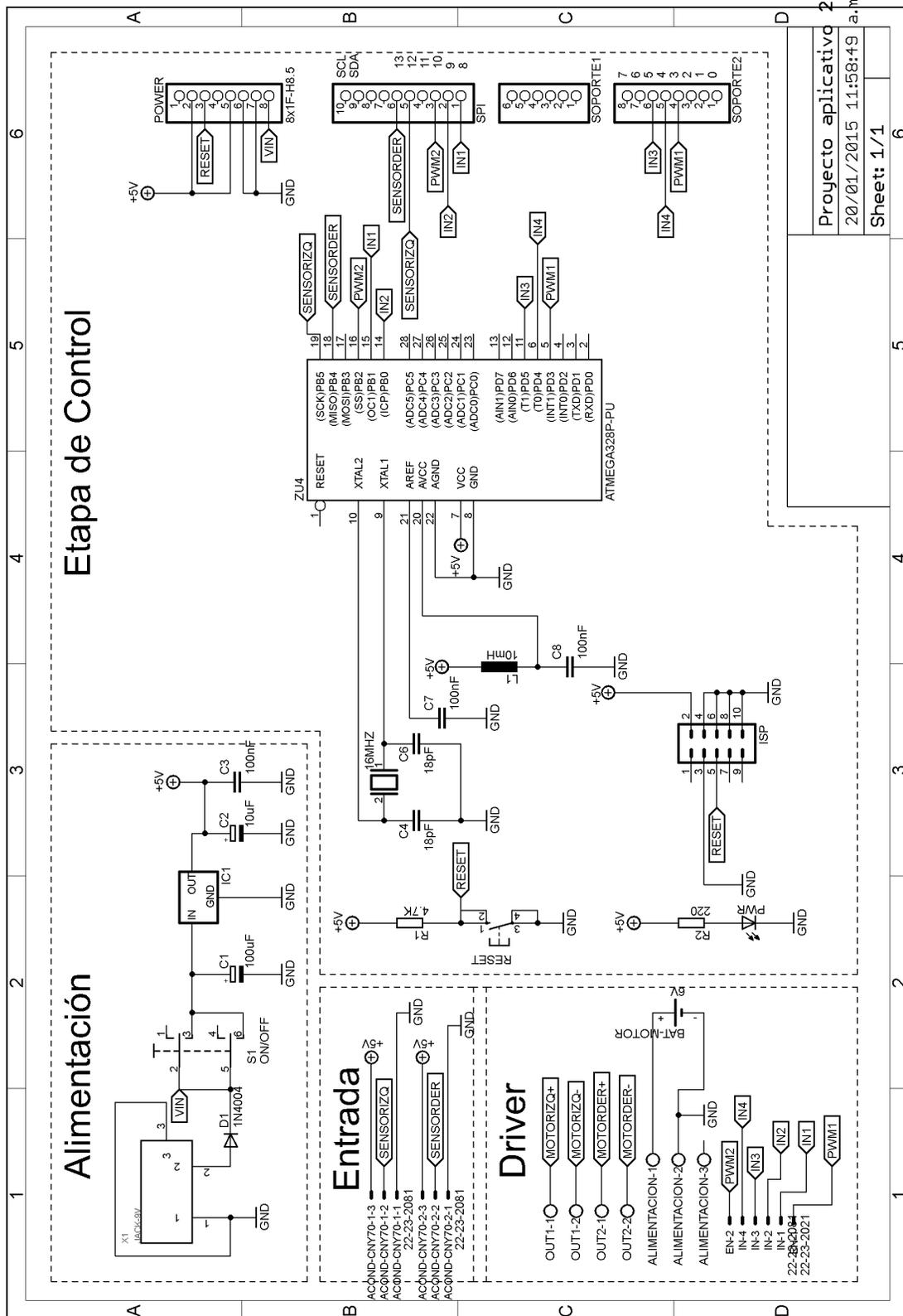


Figura 3.40: Esquemático del Proyecto Aplicativo 2 (Robot seguidor de línea).

3.6 Proyecto Aplicativo 3 - Robot seguidor de luz

Este proyecto aplicativo utilizará el Módulo Electrónico para armar un robot que pueda seguir una fuente de luz, para este caso práctico una linterna, contando con solo dos sensores. A continuación se presentan los bloques necesarios del Módulo para realizar este proyecto aplicativo.



Figura 3.41: Diagrama de bloques del Módulo Electrónico para Robot seguidor de luz.

3.6.1 Diseño mecánico del Módulo Electrónico para el Robot seguidor de luz

Como se mencionó en el punto 3.4.1, el diseño mecánico escogido en el Proyecto Aplicativo 1, será utilizado también para este proyecto aplicativo.

3.6.2 Sensores de luz

Existe una gran variedad de componentes sensibles a la luz, entre los más utilizados están las celdas fotovoltaicas (paneles solares), las cuales son, en la mayoría de los casos, requeridos para la generación de energía eléctrica (energía renovable), y la fotorresistencia (LDR) la cual varía su resistencia dependiendo de la luz que incide en él, es muy sencillo de usar ya que tiene solo dos pines y no tiene polaridad, sin embargo responde a la luz más lentamente que otros sensores de luz (fotodiodos y fototransistores). Para la elección del sensor se analizarán las características de los 4 tipos mencionados, para elegir el que sea óptimo para el presente Proyecto Aplicativo (ver Tabla 3.7)

Tabla 3.7: Características de sensores de luz para el Modulo Electrónico. Elaboración propia.

| Características | LDR (placa para arduino o pic pingüino) | Fotodiodo (placa para arduino o pic pingüino) | Fototransistor (requiere diseñar placa) | Celda fotovoltaica (requiere diseñar placa) |
|---|---|---|--|---|
| Costo (incluyendo componentes adicionales) | S/. 12 | S/. 25 | S/. 30 | S/. 35 |
| Disponibilidad | Mercado local | Mercado local | Mercado local | Mercado local |
| Espectro de detección | Luz visible, infrarroja y ultravioleta | Luz visible e infrarroja | Luz visible e infrarroja | Luz visible |
| Complejidad de componentes adicionales | Baja | Baja | Media | Media |
| Conexión | 4 pines | 4 pines | 3 pines | 3 pines |
| Voltaje de alimentación | 3.5 a 5 Vdc | 3.3 a 5 Vdc | 5 a 9 Vdc | 5 a 9 Vdc |
| Señal de salida | Digital y Analógica | Digital y Analógica | Digital | Digital |
| Dimensiones (mm x mm) | 28 x 13 | 28 x 13 | 40 x 30 | 40 x 30 |
| Montaje y protección | Orificio pasante | Orificio pasante | - | - |
| Cantidad necesaria para el proyecto | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Documentación disponible | Hoja de datos del fabricante y esquema de conexión para arduino | Hoja de datos del fabricante y esquema de conexión para Arduino | Hoja de datos del fabricante, aplicaciones típicas | Hoja de datos del fabricante |

Para la elección del sensor se elige la primera opción, LDR (placa para arduino o PIC pingüino), debido a que tiene un bajo costo y cumple con los requisitos de diseño, de tal manera puede tener una buena performance en el presente Proyecto Aplicativo, el sensor elegido es mostrado en la Figura 3.41.

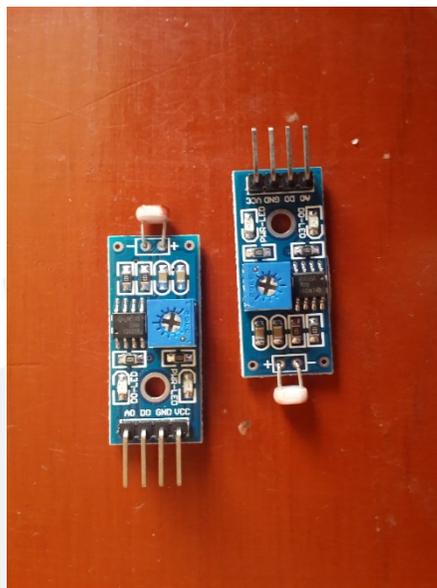


Figura 3.42: Circuito impreso de sensor de luz con LDR para Arduino o Pingüino

[14]

- Características:
 - 1) Voltaje de alimentación: 5Vdc
 - 2) Corriente máxima: 75mA
 - 3) Potencia disipada máxima: 100mW
 - 4) Espectro de detección: 400nm – 750nm
 - 5) Salida: Digital y Analógica
 - 6) Dimensiones: 28mm x 13mm
 - 7) Sensado regulable con un potenciómetro
 - 8) Tiempo de subida de sensado: 2.8ms
 - 9) Tiempo de bajada de sensado: 48ms
 - 10) LED indicador de encendido
 - 11) LED indicador de detección

-

- Funcionamiento:
- 1) La fotorresistencia al ser expuesta a la luz de la linterna bajará su resistencia desde casi 1Mohm hasta 9Kohm valor aproximado (ver Figura 3.42).
 - 2) El LDR se encuentra en serie con una resistencia de 10Kohm por ello el cambio de luz se ve reflejado en la caída de voltaje que se da en este, ya que cuando no se expone a la luz tiene una resistencia de 1Mohm y los 5Vdc que lo alimentan se disipa casi en su totalidad en el LDR, sin embargo al exponerse a la luz su resistencia baja hasta 9Kohm, y así la caída de voltaje se disipa casi el mismo valor en la resistencia de 10K que en el LDR, es decir se tendrá un voltaje de salida de 2.5V aproximadamente.
 - 3) La señal de salida del divisor de voltaje que conforma el LDR con la resistencia de 10Kohm va hacia un comparador, el cual tiene como otra entrada un divisor de voltaje alimentado con los mismos 5Vdc disipándose en un potenciómetro de 10K, así se puede ajustar la sensibilidad del LDR, y también digitalizar la salida del sensor.
 - 4) Es preferible que el lugar donde se desempeñe el Proyecto Aplicativo no esté expuesto a tanta radiación solar, ya que si bien el sensor es regulable no se tendría un buen desempeño siguiendo la luz de una linterna.

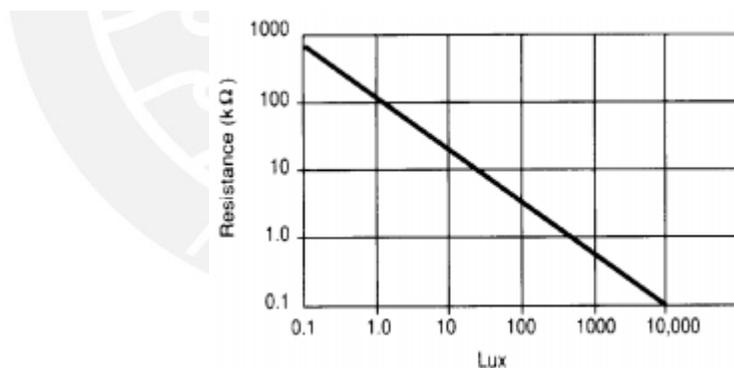


Figura 3.43: Curva de resistencia del LDR versus Lux a los que está expuesto [30]

3.6.3 Microcontrolador

El microcontrolador elegido es el ATmega328, que se encuentra dentro de la tarjeta de desarrollo Arduino Uno, esta presenta 14 entradas o salidas digitales y 6 entradas o salidas analógicas (configurables mediante software) además de poseer pines de salida de 5V y su respectiva tierra (GND). Para el presente proyecto aplicativo se utilizarán dos entradas digitales, para los sensores de luz, además de los pines de 5V y su respectiva tierra para alimentación de los sensores. La conexión del microcontrolador y los sensores se muestra en la Figura 3.43.

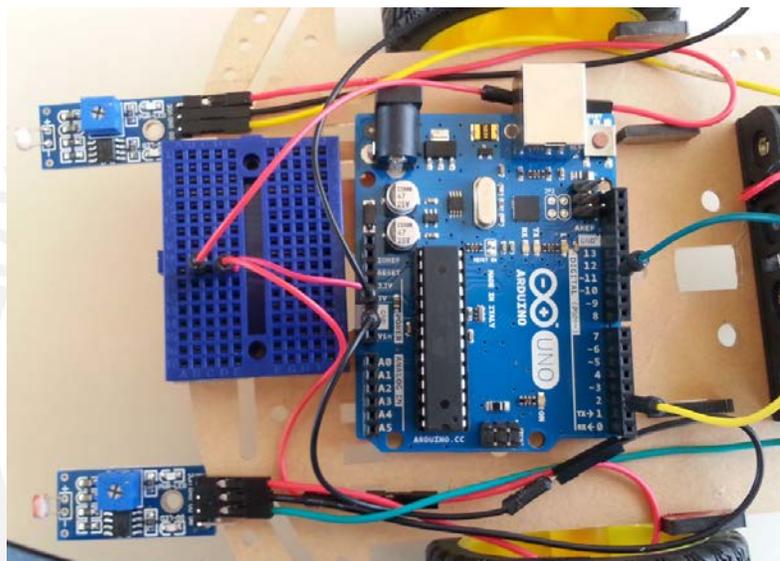


Figura 3.44: Conexión de los sensores de luz con el Arduino. Elaboración propia.

La programación para este proyecto aplicativo se realizará de acuerdo al siguiente diagrama de flujo (ver Figura 3.44). Además el código del programa es presentado en el anexo 3.

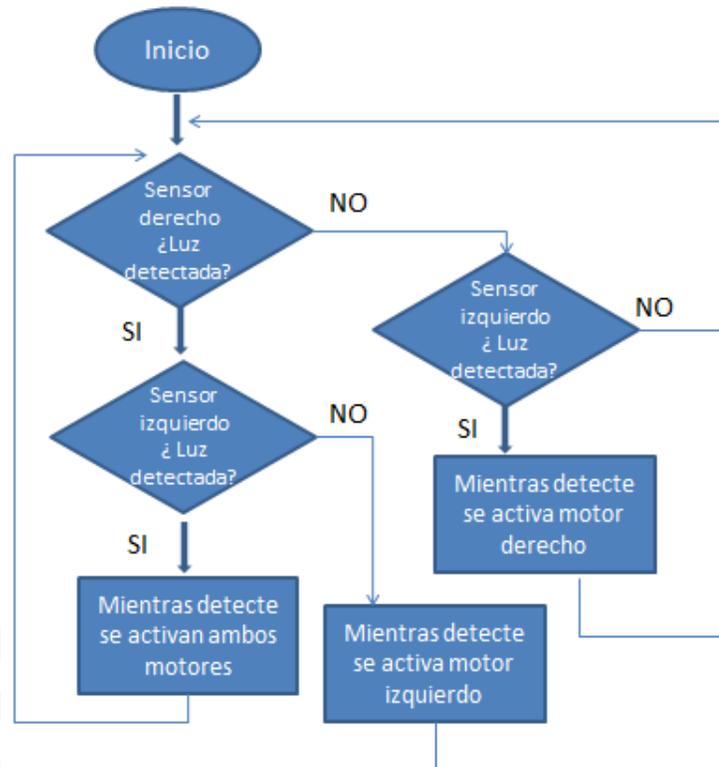


Figura 3.45: Diagrama de flujo del Proyecto Aplicativo 3 (Robot seguidor de luz)

3.6.4 Controlador de motor

Para esta etapa se utilizará el driver L298n elegido en el punto 3.3.1.4 ya justificado en este ítem.

3.6.5 Motores

Se incluyen los motores en el chasis, las características y conexión de estos se mostraron en la parte mecánica elegida, 120mA de corriente a 6Vdc (ver punto 3.4.1), cabe resaltar que estos se alimentarán con 4 pilas AA de 1.5Vdc, las cuales nos dan un total de 6Vdc, este voltaje irá conectado a la bornera de alimentación del driver elegido en el punto anterior.

3.6.6 Diseño Final

Finalmente, en la figura 3.45 se muestra el esquemático del Proyecto Aplicativo 3 completo, para ubicar los pines del microcontrolador ATmega328 que están asociados a los pines de conexión del Arduino Uno se utilizó el diagrama de pines de Arduino (ver Anexo 7)

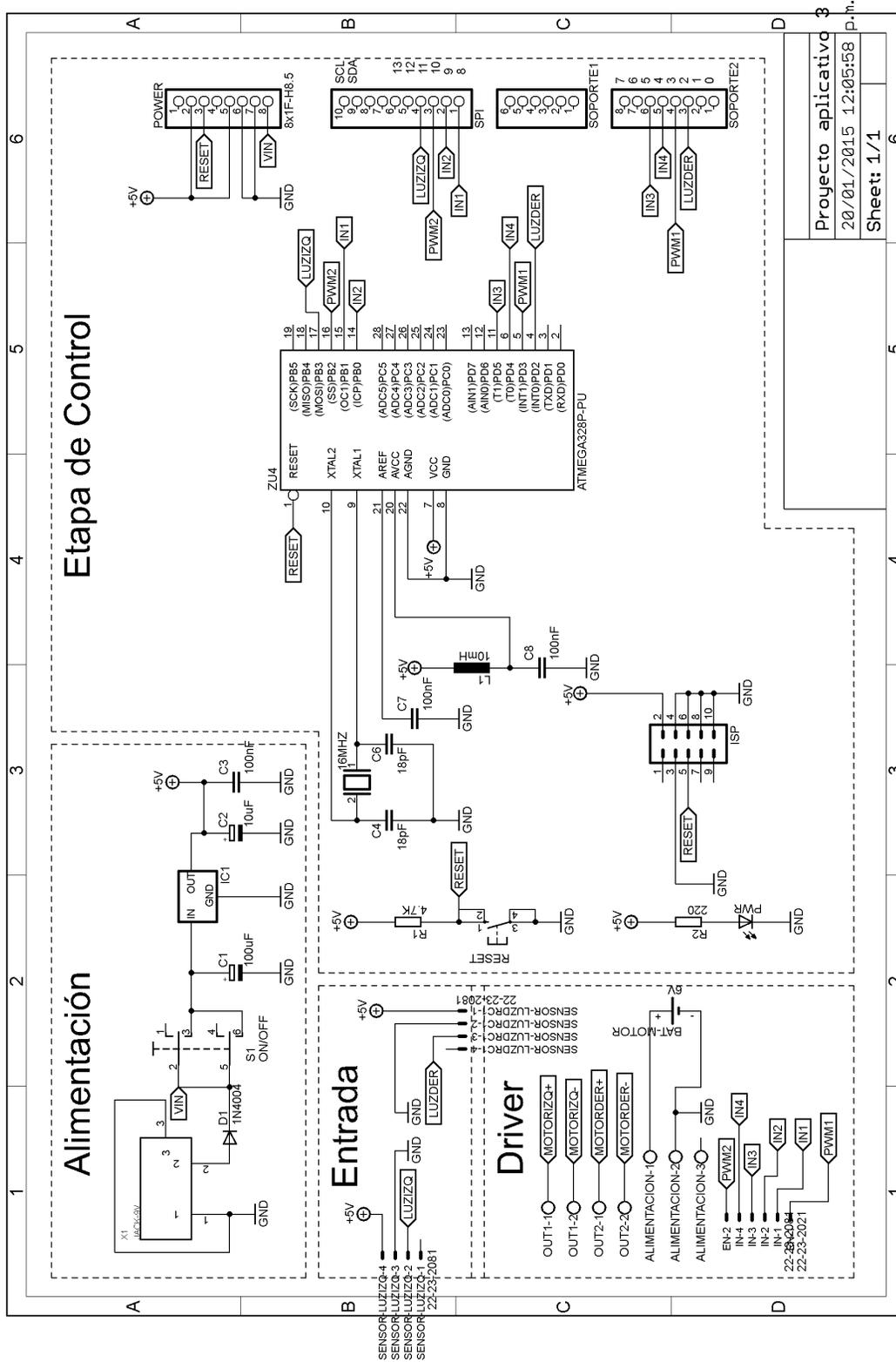


Figura 3.46: Esquemático del Proyecto Aplicativo 3 (Robot seguidor de luz).

Capítulo 4: Resultados

4.1 Introducción

Para el presente capítulo se presentarán las pruebas y resultados en las tres distintas etapas: De aprendizaje electrónico básico, Diseño de un Módulo Electrónico y la implementación de tres proyectos aplicativos que necesitan de las dos primeras etapas. Además, se analiza los resultados de una encuesta a los 12 alumnos de la muestra para comprobar la hipótesis planteada en este trabajo de tesis.

4.2 Etapa de aprendizaje de electrónica básica como punto de partida

Se realizó un “Taller de Electrónica” en la IEP San Martín de Porres, que contó con 12 alumnos de los tres últimos años de educación secundaria, así se logró evaluar la respuesta de los alumnos hacia los distintos circuitos y componentes electrónicos presentados (ver Tabla 4.1), para esta etapa se utilizó una metodología constructora, ya que los conceptos y características de los componentes electrónicos se van generando a lo largo de la implementación y pruebas de los circuitos electrónicos seleccionados para esta etapa. Para este fin se desarrolló una Guía de Implementación donde también se contempla información breve de los componentes electrónicos a usar. En el siguiente ítem se analizará dicha guía y se presentarán las observaciones respectivas en función a cada sesión realizada en el Taller de Electrónica. Además, la guía de implementación se presenta en el Anexo 4.

Tabla 4.1: Resultado de las sesiones del “Taller de Electrónica”

| Sesión | Resultado |
|--|--|
| Manejo del protoboard y encendido de un LED | Los alumnos se muestran entusiastas al lograr encender el LED y sorprendidos al quemarlo. Realizan preguntas del por qué se quemó, ven la necesidad de protegerlo en una futura implementación y deducen la ley de Ohm a partir de esta experiencia. |
| Circuito detector de tacto, llama de fuego y humedad | Los alumnos distinguen las distintas propiedades físicas que involucran estos circuitos, lo cual refuerza y comprueba lo estudiado por ellos en el área de CTA. |
| Circuito temporizador 555 configuración monoestable | Los alumnos preguntan sobre el circuito integrado y el pulsador, al implementar el circuito dan razón del funcionamiento de ambos. |
| Circuito temporizador 555 configuración estable | Los alumnos preguntan sobre la simbología de los componentes y deducen fácilmente a cual representa cada uno. Describen la señal de salida a partir de la visualización de dos LEDs. |
| Circuito secuencia de LEDs | Los alumnos preguntan sobre la diferencia del circuito integrado CD4017 con el NE555, reconocen la configuración del temporizador y realizan un mejor manejo de espacio y cableado en el protoboard al momento de implementar el circuito. |
| Se hace un conversatorio final sobre la experiencia en el taller | Los alumnos logran asociar algunos conceptos vistos en el área de CTA con los circuitos realizados. |

A continuación se muestran imágenes del trabajo realizado por los alumnos en el “Taller de Electrónica” (Ver Figura 4.1).

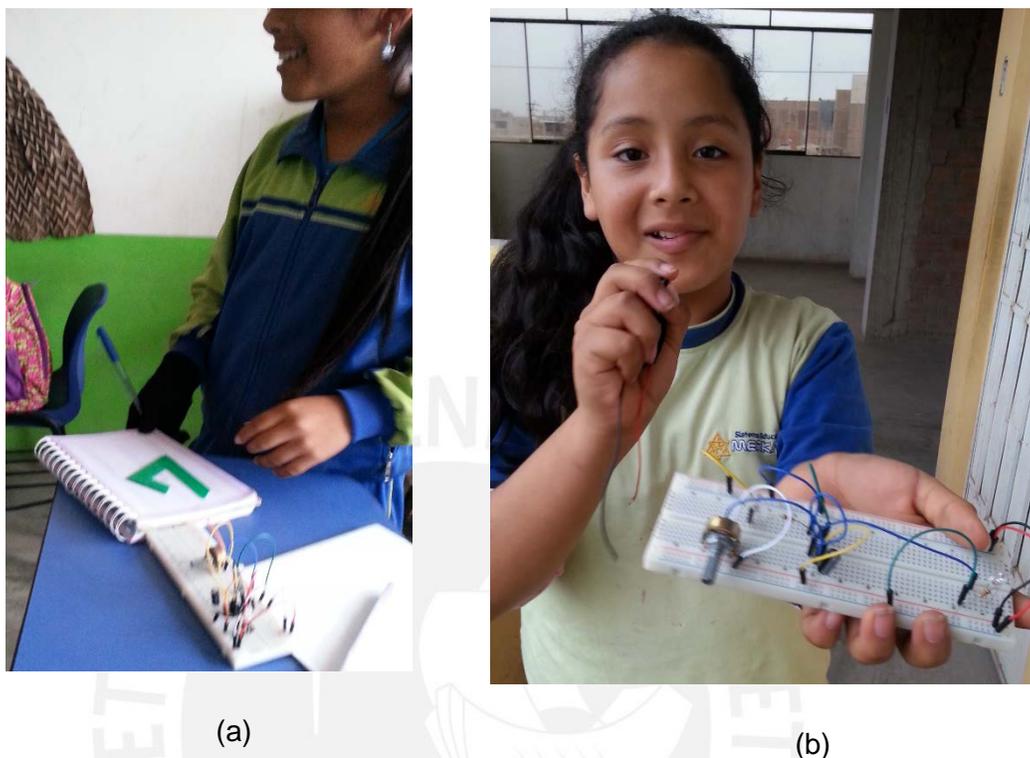


Figura 4.1: a. Alumna repasando la implementación del Temporizador 555 en configuración astable; b. Alumna mostrando su implementación del Temporizador 555 en configuración monoestable

4.3 Pruebas y resultados del diseño del Módulo Electrónico

Se realizaron las pruebas de funcionamiento de los diseños mecánico, diseño de circuitos con microcontrolador, sensores y controlador de motor. Los resultados de las distintas actividades se pueden apreciar en la Tabla 4.2. Al plantear el problema de implementación de circuitos con una Guía de Instrucción para un grupo de tres alumnos por módulo y aplicar el aprendizaje basado en problemas.

Como resultado se obtuvo gran respuesta de trabajo colaborativo y motivacional de parte de los alumnos que debían realizar el ensamble de las piezas escogidas para la implementación de un circuito. Además, los alumnos sobrepasaron las expectativas al mostrar gran interés al realizar un instructivo de cómo y dónde colocar cada componente.

Tabla 4.2: Resultado de las actividades en la implementación del Módulo Electrónico

| Actividad | Resultado |
|--|--|
| Los estudiantes arman la base mecánica del módulo electrónico. | Los alumnos descubren con éxito la manera de ensamblar la parte mecánica |
| Los alumnos sueldan cables a los motores. | Los alumnos ponen a prueba sus destrezas con las herramientas de soldadura. |
| Los alumnos conectan la batería, el Arduino Uno y el driver de los motores en la base del módulo | Los alumnos prueban distintas posiciones de los componentes del módulo, teniendo en cuenta el espacio y las conexiones de estos. |
| Los alumnos descargan e instalan el programa Arduino necesario para la programación del microcontrolador | Los alumnos demuestran sus conceptos informáticos sobre programas e instalación en Windows. |

4.3.1 Piezas y armado del diseño mecánico

Las piezas del diseño mecánico y el armado paso a paso, por parte de dos alumnos, se puede apreciar en las figura 4.2. Es importante mencionar que se deben usar herramientas adicionales: un destornillador estrella y un alicate de punta para el ensamble.

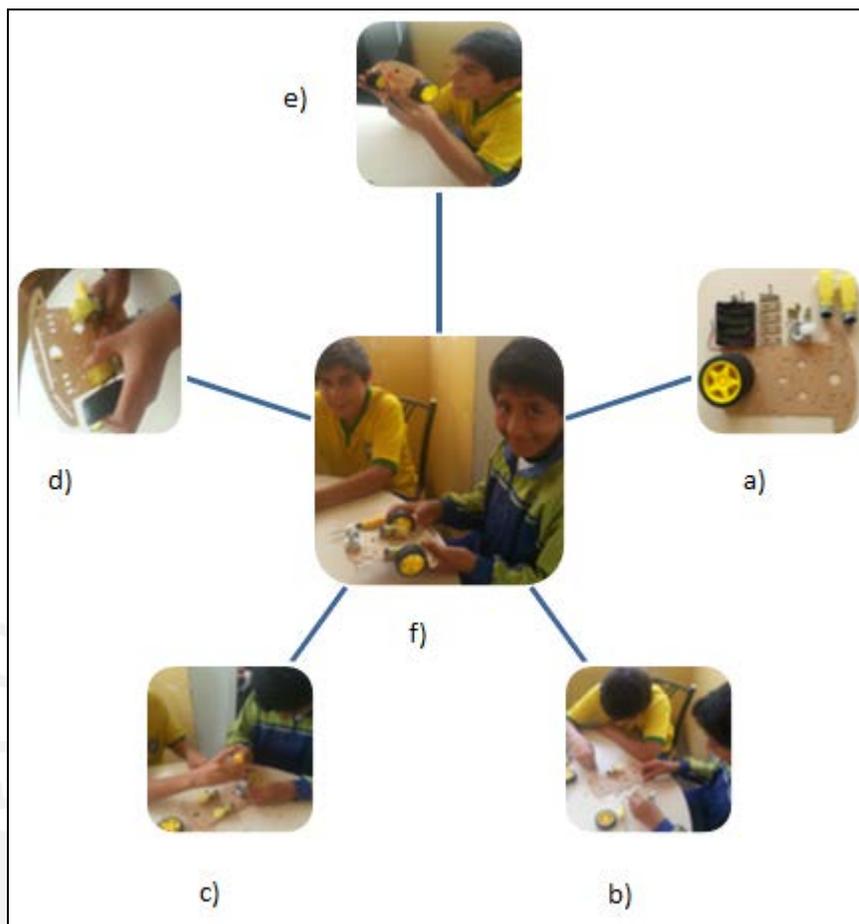


Figura 4.2: a) Piezas de la base mecánica. b) Conexión de un motor con la base de acrílico. c) Conexión de rueda de giro libre en base de acrílico. d) Conexión de la llanta al motor. e) Verificación del armado. f) Base mecánica ensamblada.

4.3.2 Montaje de la tarjeta de control, controladores de motores y baterías

Los alumnos probaron distintas posiciones del Arduino, controladores de motores y baterías, en función de la estabilidad (centro de masa), espacio y conexiones optando por la que se aprecia en la figura 4.3 y 4.4. El miniprotoboar se utiliza para el acondicionamiento de las señales, este tiene una cinta autoadhesiva en base, la cual fue aprovechada para unirlo a la base mecánica del módulo; para la batería se utilizó el mismo principio conectándolo a la base del módulo con una cinta de doble contacto.

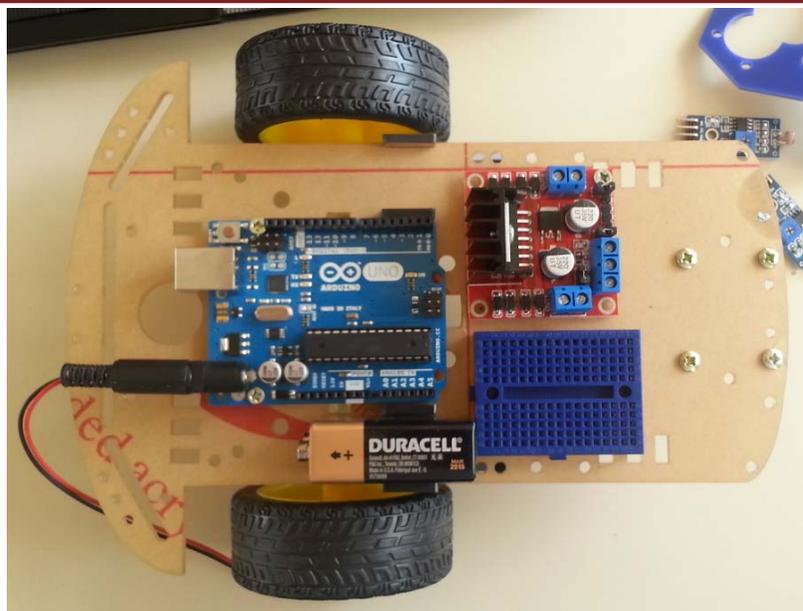


Figura 4.3: Tarjeta Arduino, driver y miniprotoboard ensamblado por alumnos, cara de arriba.

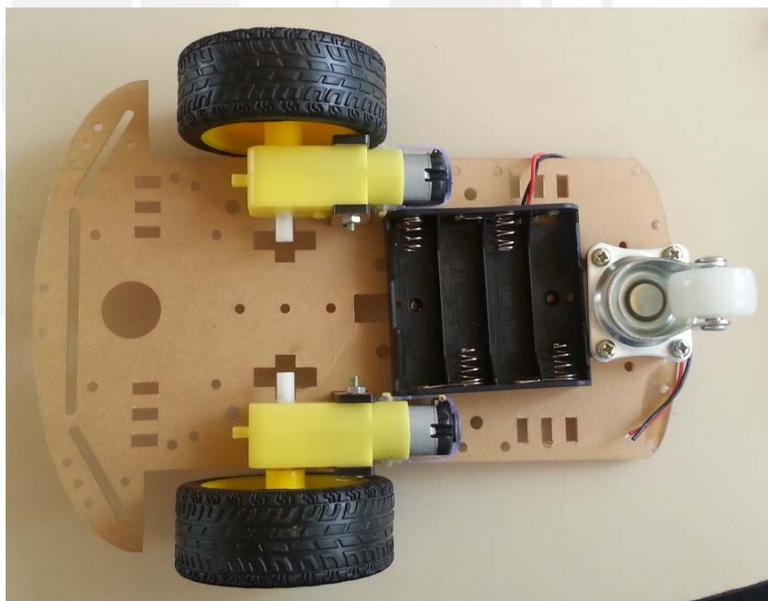


Figura 4.4: Porta pilas para alimentar a los motores ensamblado por alumnos, cara de abajo.

4.4 Implementación de los proyectos aplicativos

Las pruebas y resultados más significativos que se dieron a lo largo de la implementación de los proyectos aplicativos se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3: Resultados de las actividades en la implementación de los proyectos aplicativos

| Actividad | Resultado |
|---|---|
| Los estudiantes conectan los sensores necesarios para el proyecto aplicativo correspondiente. | Los alumnos ensamblaron con facilidad y coherencia los sensores, no solo en la posición sino también en el cableado eléctrico. |
| Los alumnos discuten en grupo la programación necesaria para el proyecto aplicativo correspondiente. | Los alumnos estudian y entienden el funcionamiento del sensor, además preguntan por algoritmos y procesamientos de información. |
| Los alumnos modifican los parámetros del sensor, de acuerdo al entorno o el medio en el cual se va a desempeñar el robot. | Los alumnos comprenden que el desempeño del robot va ir de acuerdo a como este detecte su entorno. |
| Los alumnos ponen en marcha el robot de acuerdo al proyecto aplicativo correspondiente | Los alumnos ven la necesidad de realizar modificaciones en la posición de los sensores, así como algunas modificaciones o compensaciones en el programa, por ejemplo regular la velocidad de los motores. |
| Los alumnos prueban en grupo el robot en el entorno correspondiente, de acuerdo al proyecto aplicativo estipulado. | Los alumnos ponen a prueba sus conocimientos sobre el funcionamiento del robot. |
| Se hace un conversatorio final sobre cada experiencia en cada proyecto aplicativo realizado. | Los estudiantes logran relacionar conceptos físicos vistos en clase de CTA con las características de los robots desarrollados. |

4.5 Proyecto Aplicativo 1

Al plantear este proyecto los alumnos desarrollaron con gran ímpetu el diagrama de bloques del robot que esquiva obstáculos, investigaron sobre cada etapa de este, la parte que más recaló en ellos fue el sensor ultrasónico, ya que descubrieron las muchas aplicaciones que este tiene, sobretodo en su utilización como sonar para submarinos y en los diversas aplicaciones que se le dan en la medicina. Los alumnos realizaron este proyecto de manera exitosa, luego de llevar a cabo varias pruebas en la programación y reubicación el sensor en distintas posiciones, el robot esquiva obstáculos se puede apreciar en la figura 4.5.

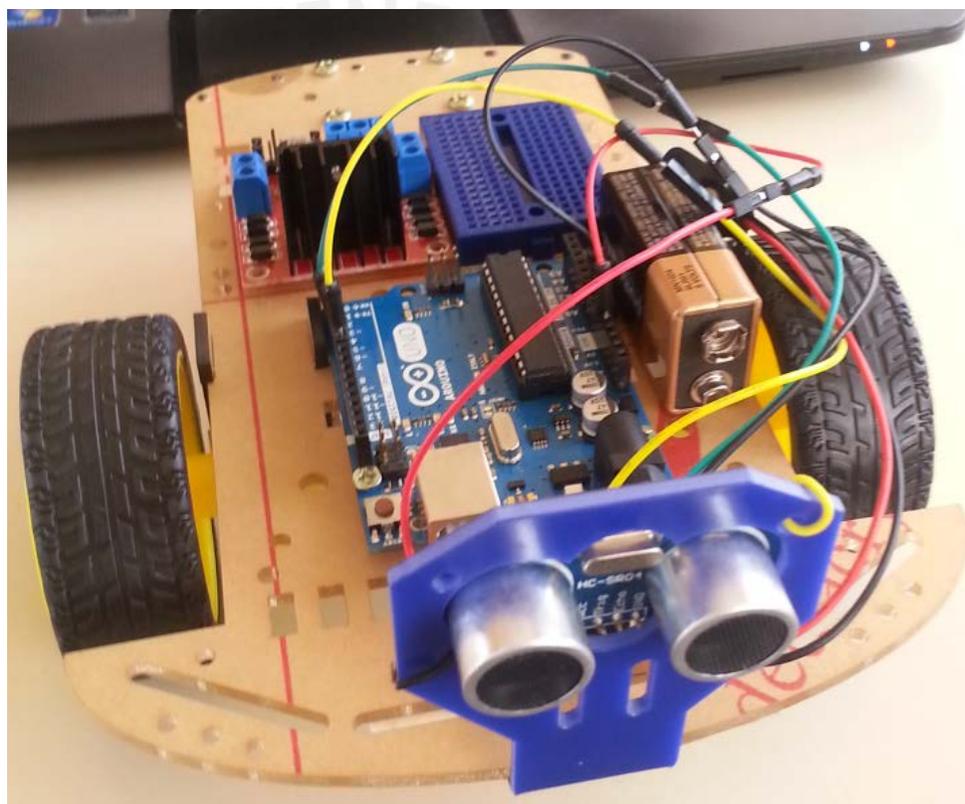


Figura 4.5: Robot esquiva obstáculos

4.6 Proyecto Aplicativo 2

En la realización de este proyecto los alumnos complementaron sus conocimientos sobre radiación infrarroja, ya que el concepto sobre este había sido poco detallado al estudiar el espectro electromagnético en el área de CTA, también se obtuvo gran interés de parte de los alumnos sobre las características de la radiación infrarroja y sus

aplicaciones en la vida diaria, muchos de ellos no tenían conocimiento de que el control remoto de sus televisores utiliza radiación infrarroja. Los alumnos realizaron este proyecto de manera exitosa, luego de llevar a cabo varias pruebas en la programación y reubicación el sensor en distintas posiciones, el robot seguidor de línea se puede apreciar en la figura 4.6.

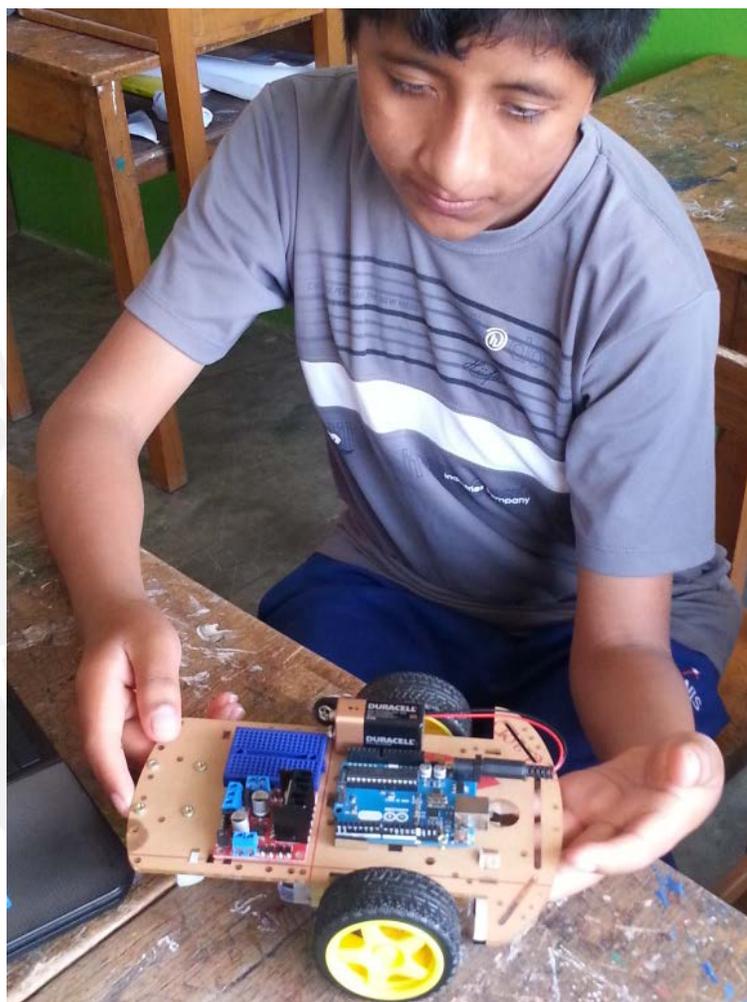


Figura 4.6: Robot seguidor de línea.

4.7 Proyecto Aplicativo 3

En este proyecto aplicativo se tomaron varios datos de la influencia de la luz en el sensor, se corroboró la curva característica que brinda el fabricante, además de calibrar el sensor en cada cambio de ambiente en donde se desempeñó el robot. Se reforzaron los conceptos vistos en el área de CTA sobre la luz visible y las distintas propiedades de esta.

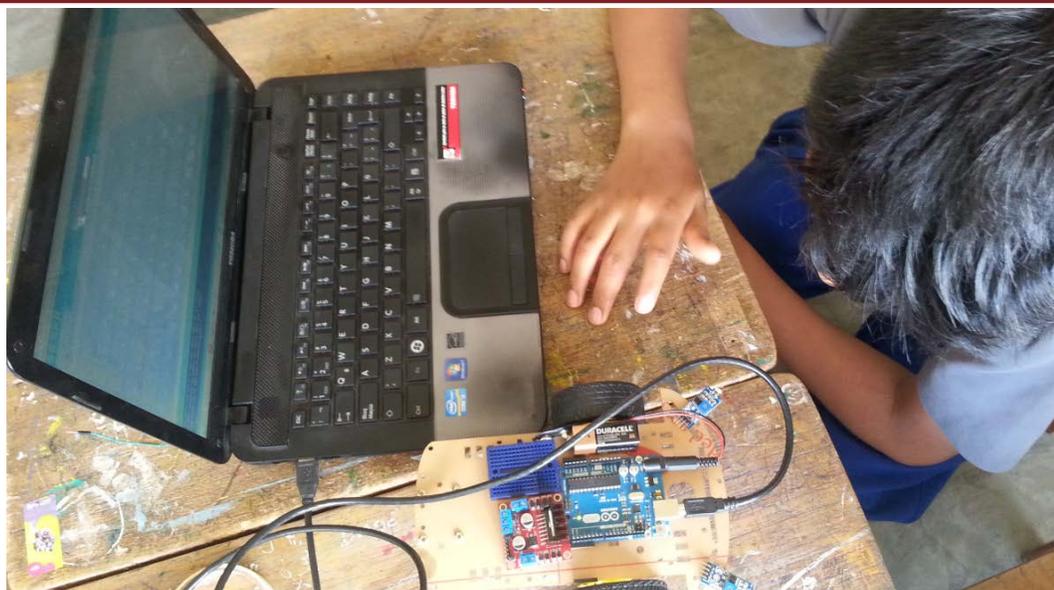


Figura 4.7: Robot seguidor de luz

4.8 Análisis del rendimiento de alumnos en un Taller de Electrónica

Para este análisis se optará por un método de investigación especial que es la que va dirigida a las creaciones susceptibles que se pueden utilizar como solución de problemas y la estrategia de campo que consiste en la recolección de datos y su análisis.

4.8.1 Población

Se consideró como población a todos los estudiantes de 3er, 4to y 5to grado de educación secundaria del IEP San Martín de Porres que suman en total 180 alumnos.

4.8.2 Muestra

Para el diseño de la encuesta primero se debe obtener el tamaño de la muestra (n), que está en función del método de muestreo aleatorio simple probabilístico seguido en este trabajo de tesis y con la condición de un universo < 100000 , por lo que se aplica la fórmula siguiente [43]:

$$n = \frac{Z^2 pqN}{E^2(N - 1) + Z^2 pq}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra.

P = Probabilidad de éxito (0.5)

Q = Probabilidad de fracaso (0.5)

N = Tamaño de la población (180)

E = Error máximo permitido de estimación (18%)

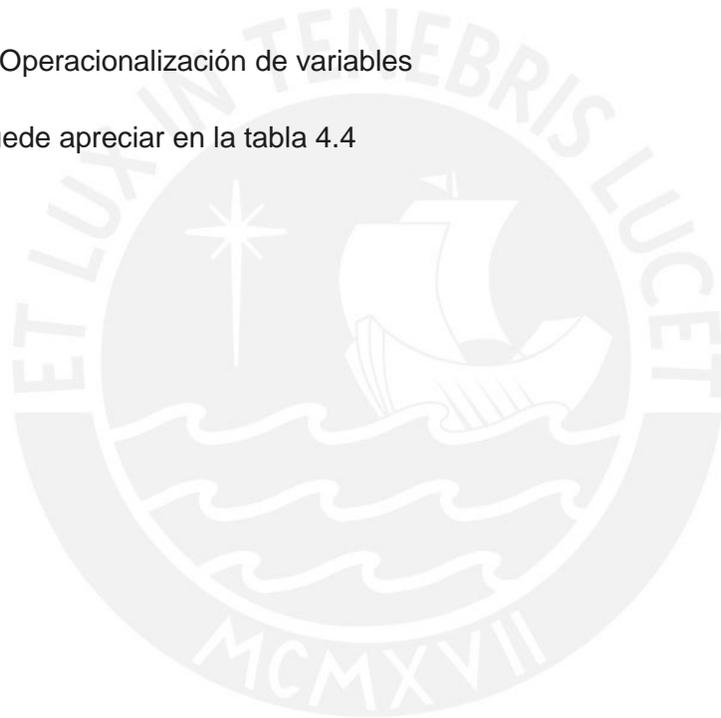
Z = Nivel de confianza, 1.282 (80%, alfa de 20%)

Reemplazando los valores en la fórmula:

Por lo tanto el valor del tamaño de muestra, $n = 11.90867$; redondeando $n=12$.

4.8.3 Operacionalización de variables

Se puede apreciar en la tabla 4.4



4.8.5 Procesamiento y análisis de la Encuesta

A continuación se muestra los resultados a las preguntas del cuestionario de la encuesta (ver Anexo 6 para ver gráficos y base de datos de la información recolectada con la encuesta):

- Pregunta N1: ¿Conoces el concepto de Robótica?

El 75% de los alumnos contestó que no conoce el concepto de robótica, el 25% contestó que si conoce el concepto de robótica. Todos respondieron la pregunta.

- Pregunta N2: ¿Sabes que es un módulo electrónico para la educación secundaria?

El 83% de los alumnos contestó que no conoce lo que es un módulo electrónico para la educación secundaria, el 17% contestó que sí conoce lo que es. Todos contestaron esta pregunta.

- Pregunta N3: ¿Conoces o has escuchado el término Arduino?

El 100% de los alumnos contestó que no ha escuchado el término Arduino. Todos contestaron a esta pregunta.

- Pregunta N4: ¿Crees que la enseñanza usando un módulo electrónico educativo puede ampliar tus conocimientos de alguna forma?

El 83% de los alumnos cree que la enseñanza usando un módulo electrónico educativo puede ampliar sus conocimientos de alguna forma, el 17% contestó que no cree que el módulo puede ampliar sus conocimientos. Todos contestaron a esta pregunta.

- Pregunta N5: ¿Alguna vez has desarmado un robot de juguete?

El 83% de los alumnos contestó que ha desarmado un robot de juguete, mientras que el 17% contestó que no realizó dicha acción. Todos contestaron a esta pregunta.

- Pregunta N6: ¿Alguna vez has construido tu propio robot?

El 50% de los alumnos contestó que nunca ha construido su propio robot y el otro 50% que si construyó al menos una vez su propio robot. Todos contestaron esta pregunta

Segunda parte de la encuesta, los alumnos debían escoger entre 0 y 5, sabiendo que:

5 = Muy alto

3 = Medio

1 = Muy bajo

4 = Alto

2 = Bajo

0 = Nulo

- Pregunta N7: Los costos en el diseño, implementación y construcción de un módulo electrónico educativo es.

El 58% de los alumnos contestó que el costo en el diseño, implementación y construcción de un módulo electrónico educativo es medio, el 17% que el costo es alto, el 16 que es bajo, el 17% que es muy bajo, el 8% que es muy alto y nadie contestó que es nulo o alto. Todos contestaron esta pregunta.

- Pregunta N8: El nivel de influencia que tendría el módulo electrónico educativo en los estudiantes para que puedan desarrollar más sus capacidades e ingenio serían:.

El 34% de los alumnos contestó que el nivel de influencia que tendría el módulo electrónico educativo en los estudiantes es medio, el 25% que el nivel de influencia sería alto, el 25% que el nivel de influencia sería muy alto, el 8% que el nivel de influencia sería bajo, el 8% que el nivel de influencia sería muy bajo y nadie cree que el nivel de influencia sería nulo. Todos contestaron esta pregunta.

- Pregunta N9: La cantidad de maestros que podrían estar capacitados en impartir clases acerca de cómo construir un módulo electrónico para la educación secundaria sería.

El 33% de los estudiantes contestó que la cantidad de maestros que podrían estar capacitados en impartir clases acerca de cómo construir un módulo electrónico es alto, el 25% que la cantidad de maestros que podrían estar capacitados es alta, el 18% que la cantidad de maestros que podrían estar capacitados es muy alta, el 25% contestó esta la cantidad de maestros que podrían estar capacitados es baja, el 17% que la cantidad de maestros que podrían estar capacitados es muy baja, nadie contestó que la cantidad de maestros que podrían estar capacitados es nula o media. Todos los estudiantes contestaron esta pregunta.

- Pregunta N10: En un futuro muy cercano crees que exista la probabilidad de que en escuelas se implementen laboratorios especiales para la construcción de módulos electrónicos educativos.

El 50% de los alumnos contestó que la probabilidad que en un futuro cercano implementen laboratorios especiales para la construcción de módulos electrónicos educativos es muy alta, el 17% contestó que la probabilidad es alta, el 17% que la probabilidad es media, el 8% que la probabilidad es baja, el 8% que la probabilidad es muy baja, el 8% que la probabilidad es muy baja, nadie contestó que la probabilidad es nula. Todos contestaron esta pregunta.

- Pregunta N11: El beneficio que nuestro país tendría en el área de tecnología educativa por construir e implementar módulos electrónicos educativos sería:

El 42% de los alumnos contestó que el beneficio que tendría nuestro país en el área de tecnología educativa por construir e implementar módulos electrónicos educativos sería bajo, el 25% que sería muy alto, el 25% que sería alto, el 8% que sería medio, nadie contestó que sería muy bajo o nulo. Todos respondieron esta pregunta.

- Pregunta N12: Tus conocimientos sobre tarjetas micro-programables Arduino es:

El 33% de los alumnos contestó que no tiene ningún conocimiento sobre tarjeta micro-programables Arduino, el 17% que tiene conocimientos muy bajos, el 17% que tiene conocimientos bajos, el 17% que tiene conocimientos medios, el 16% que tiene conocimientos altos y nadie contestó que tiene conocimientos muy altos sobre tarjetas micro-programables Arduino. Todos respondieron esta pregunta.

4.8.6 Expediente de los alumnos en el área de Ciencia, Tecnología y Ambiente

Se presentan las notas de los doce alumnos que llevaron el Taller de Electrónica, obtenidas en el año 2013 en relación a las notas del año 2014, el cuadro comparativo de puede apreciar en la tabla 4.5.

Tabla 4.5: Notas del área de CTA en los años 2013 y 2014 de los doce alumnos que llevaron el taller de electrónica

| Nombre | Año 2013 | Año 2014 |
|-----------|----------|----------|
| Alumno 1 | 16 | 17 |
| Alumno 2 | 15 | 18 |
| Alumno 3 | 18 | 18 |
| Alumno 4 | 15 | 17 |
| Alumno 5 | 15 | 17 |
| Alumno 6 | 13 | 16 |
| Alumno 7 | 16 | 17 |
| Alumno 8 | 15 | 16 |
| Alumno 9 | 14 | 16 |
| Alumno 10 | 17 | 18 |
| Alumno 11 | 15 | 16 |
| Alumno 12 | 16 | 17 |

En base a los datos de la tabla anterior se obtiene las medidas de tendencia central y distribución se obtiene lo siguiente:

Tabla 4.6 Medidas de tendencia central y distribución de las notas de CTA

| | Año 2013 | Año 2014 |
|------------------------|-------------|-------------|
| Media | 15.41666667 | 16.91666667 |
| Mediana | 15 | 17 |
| Moda | 15 | 17 |
| Desviación estándar | 1.311372171 | 0.79296146 |
| Varianza de la muestra | 1.71969697 | 0.62878788 |

Conclusiones

Un Taller de Electrónica para estudiantes de 3er, 4to y 5to grado de educación secundaria del IEP San Martín de Porres, donde la implementación del Módulo electrónico para la enseñanza de temas relacionados a la electrónica influyó positivamente en el interés en el área de Ciencia Tecnología y Ambiente (CTA) porque incorporó un aprendizaje activo a través del uso de herramientas electrónicas de fácil acceso. Así lo muestran los resultados del mejor rendimiento de los alumnos en el curso de CTA, donde se incrementó la nota media de 15.42 a 16.92 en un rango de 1 a 20 y una desviación estándar que disminuyó de un valor de 1.31 a 0.79.

Se comprobó que el diseño del Módulo electrónico para la enseñanza de temas relacionados a la electrónica involucra un trabajo por etapas por parte del alumno como parte de su aprendizaje constructivista. Esto se evidenció en la respuesta de los 12 alumnos que participaron en el Taller de Electrónica, quienes trabajaron desde la adquisición de conceptos básicos, pasando por el ensamblaje del módulo, de acuerdo al diseño detallado y las herramientas brindadas, y culminando con la ejecución de proyectos aplicativos por parte de los alumnos.

La implementación del Módulo electrónico para la enseñanza de temas relacionados a la electrónica logró motivar el interés de los alumnos respecto a la ingeniería, como lo demuestran las respuestas a la pregunta “El nivel de influencia que tendría el módulo electrónico educativo en los estudiantes para que puedan desarrollar más sus capacidades e ingenio serían”, el 25% de los 12 alumnos que recibieron el Taller de Electrónica respondieron que sería muy alto y 25% que era alto.

Por último, la implementación del Módulo electrónico para la enseñanza de temas relacionados a la electrónica y sus características como su bajo costo, su accesibilidad y diseño de fácil manejo lograron crear una expectativa favorable de “En un futuro muy cercano crees que exista la probabilidad de que en escuelas se implementen laboratorios especiales para la construcción de módulos electrónicos educativos” donde el 50% de los 12 alumnos que llevaron el Taller de Electrónica respondieron “muy alto” a esta expectativa.

Recomendaciones

Es necesario realizar un Taller de Electrónica para los Docentes de Colegios, y un reforzamiento de conceptos de electrónica para que las habilidades y actitudes positivas hacia la ciencia sean duraderas y motiven a los alumnos a seguir carreras de ingeniería.

Proponer nuevos proyectos aplicativos para el módulo electrónico, de ser necesario ampliar o modificar las diferentes etapas de diseño que contemple la robótica educativa como base.

Utilizar medios informáticos de gran alcance, como son las redes sociales, para mostrar las nuevas aplicaciones que se le dan al módulo, así como las mejoras que sean necesarias de acuerdo a lo que se quiere lograr con él. Esto como una herramienta de acceso a la información completa del Taller de Electrónica y una evaluación de los alumnos.

Compartir las experiencias relacionados a Robótica Educativa como es el caso de este trabajo de tesis entre instituciones educativas y al público en general y realizar concursos entre instituciones de una misma localidad o de manera regional en este campo, se recomienda esto en base a los importantes resultados encontrados en el estado de arte de este trabajo de tesis.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Ministerio de Educación
2009 Diseño Curricular Nacional de la Educación Básica Regular, Ministerio de Educación. Consulta: 2 de mayo del 2014.
<<http://ebr.minedu.gob.pe/pdfs/dcn2009final.pdf>>
- [2]. ODORICO, A.
2004 “Marco teórico para una robótica pedagógica”, Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales – vol. 1(3), págs. 34-36. UBA. Consulta: 1 de Abril del 2014.
<http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/010103/A4oct2004.pdf>
- [3]. RICCA A., DEARMAS R.
2013 Butiá: Robótica educativa en Uruguay, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay. WRE IV Workshop of Robotics in Education, Arequipa, Perú.
- [4]. LegoNXT Planeta Rojo. Cultivando el Espíritu Científico en el Medio Rural, Centro Internacional de Tecnologías Avanzadas. Fundación Germán Sánchez Ruipérez, Consulta: 2 de julio del 2014 .
http://robotica.citafgsr.org/images/planeta_rojo.pdf
- [5]. BREDENFELD A., HOFMANN A., and STEINBAUER G.
2010 Robotics in Education Initiatives in Europe - Status, Shortcomings and Open Questions, Proceedings of SIMPAR 2010 Workshops Intl. Conf. on SIMULATION, MODELING and PROGRAMMING for AUTONOMOUS ROBOTS, Darmstadt (Germany) November 15-16, 2010 pp. 568-574. Consulta: 27 noviembre del 2014.
<http://www.terecop.eu/simpar2010/tr-twr-2010/22-teachingrobotics.pdf>
- [6]. Instituto Tecnológico Von Braun
Instituto Tecnológico Von Braun – Robótica educativa en el Perú, Consulta: 2 de mayo del 2014.
http://www.legovonbraun.edu.pe/robotica_educativa.php
- [7]. Ministerio de educación
2010 Jornada Escolar Completa en la Instituciones Educativas Públicas, Plan Piloto. Consulta 25 de Enero del 2015.
<https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.minedu.gob.p>

e%2FDeInteres%2Fextras%2Fdownload.php%3Flink%3Drvm_0048-2010-ed.pdf&ei=sZERVf3IB7bdsATw6YC4BQ&usq=AFQjCNEGFbnHLvd4o_5XxifCcLaV9vgCLA&sig2=Bx7mwaUqbp3qxbkGdr5wQQ

- [8]. PITTÍ K., CURTO B., VIDAL MORENO RODILLA, RODRÍGUEZ J.
2014 Uso de la Robótica como Herramienta de Aprendizaje en Iberoamérica y España, VAEP-RITA Vol. 2, Núm. 1, Mar.
- [9]. GOUMIN ZHANG, JIANPING ZHANG
2008 The Issue of robot education in China's Basic education and its Strategies, Robotics, Automation and Mechatronics, 2008 RAM IEEE Conference on.
- [10]. RIADH W. Y. HABASH and SUURTAMM CH.
2010 Engaging High School and Engineering Students: A Multifaceted Outreach Program Based on a Mechatronics Platform, IEEE Transactions On Education, Vol. 53, No. 1, February.
- [11] Blog de electrónica – Colombia. Consulta: 4 de Agosto del 2014.
www.elprofegarcia.com
- [12] Chasis de 4 llantas – Arequipa, Perú. Consulta: 4 de Agosto del 2014.
<http://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-414513411-kit-chasis-robot-arduino-modelo-de-3-y-4-llantas-nuevos-_JM >
- [13] Chasis de 3 llantas – Lima, Perú. Consulta: 22 de Agosto del 2014.
<http://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-411240366-robot-basico-kit-chasis-para-arduino-_JM>
- [14] Sensor de luz con LDR para arduino o pingüino – Lima, Perú. Consulta: 22 de Agosto del 2014.
http://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-412104390-sensor-de-luz-con-ldr-para-arduino-pic-pinguino-_JM#redirectedFromParent
- [15] Sensor óptico reflectante CNY70. Consulta: 22 de Agosto del 2014.
http://5hertz.com/index.php?main_page=product_info&products_id=739
- [16] Sensor de sonido para arduino o pingüino – Lima, Perú. Consulta: 22 de Agosto del 2014.
http://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-412091812-sensor-de-sonido-para-arduino-pic-pinguino-_JM
- [17] Sensor de Distancia Arduino HC-SR04. Consulta: 22 de Agosto del 2014.
<http://blog.oscarliang.net/how-to-use-ultra-sonic-sensor-arduino-hc-sr04/>

- [18] Modulo driver motor L298n Arduino. Consulta: 22 de Agosto del 2014.
<http://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-411921535-modulo-driver-motor-l298n-arduino- JM>
- [19] Sensor de proximidad o medidor de distancia. Consulta: 22 de Agosto del 2014.
<http://elprofegarcia.com/?p=198>
- [20] Principio de funcionamiento del sensor ultrasónico. Consulta: 22 de Agosto del 2014. <http://www.microsonic.de/es/Interesting-facts.htm>
- [21] Diagrama de tiempos del sensor HC-SR04. Consulta: 22 de Agosto del 2014.
<http://bkargado.blogspot.com/2013/09/todosobrehc-sr04.html>
- [22] SÁNCHEZ J
2011 Diagnóstico Y Aplicación De Los Estilos De Aprendizaje En Los Estudiantes Del Bachillerato Internacional: Una Propuesta Pedagógica Para La Enseñanza Eficaz De La Robótica Educativa, Tesis Doctoral, Universidad Nacional De Educación A Distancia Facultad De Educación Departamento De Didáctica, Organización Escolar Y Didácticas Especiales, Madrid.
- [23] Configuración Darlington de dos transistores. Consulta: 10 de Octubre del 2014.
http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor_Darlington
- [24] Pines del CNY70. Consulta: 10 de Octubre del 2014.
<http://oficinaenlared.com/robotica101/wp-content/uploads/2011/09/ejemplousocny70.jpg>
- [25] Funcionamiento del sensor de líneas negras CNY70. Consulta: 10 de Octubre del 2014. http://pinotolosa.net/taller/sensor_luz/cny70/cny70.html
- [26] Componentes electrónicos básicos <http://www.konstrubotika.com/practica-12-componentes-electronicos-basicos/>
- [27] Conexión en el protoboard. Consulta: 15 de Septiembre del 2014
<http://jornadamecatronico.wordpress.com/2012/08/26/conexion-protoboard-o-tablilla-de-pruebas/>
- [28] Circuito de luces de policía variable. Consulta: 15 de Septiembre del 2014.
<http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/15172106/Como-hacer-un-555-astable.html>
- [29] Diagrama de las conexiones del Driver, Arduino y Motores. Modificación propia. Consulta: 10 de Octubre del 2014. <http://electronilab.co/tutoriales/tutorial-de-uso-driver-dual-l298n-para-motores-dc-y-paso-a-paso-con-arduino/>
- [30] Curva de la resistencia del LDR versus Lux a los que está expuesto. Consulta: 10 de Octubre del 2014. <http://kennarar.vma.is/thor/v2011/vgr402/ldr.pdf>

- [31] Diagrama de pines del Arduino Uno. Consulta: 5 de Noviembre del 2014.
<http://www.tr3sdland.com/2013/02/arduino-pinout/>
- [32] Curva de ganancia del transistor 2n2222 versus la corriente de colector. Consulta: 23 de Enero del 2015.
<http://alltransistors.com/pdfview.php?doc=mtp2n2222a.pdf&dire= motorola>
- [33] RIVERAS V.
2002 El constructivismo y el hipertexto como herramienta para la enseñanza de la matemática, Revista OMNIA, v.9 n. 2, Revistas Científicas y Humanísticas de la Universidad del Zulia. Consulta 23 de Enero del 2015.
<http://www.produccioncientificaluz.org/index.php/omnia/article/viewFile/7081/7070>
- [34] Aprendizaje basado en problemas (ABP). Consulta 28 de Enero del 2015.
<https://sites.google.com/site/portafolioelectronico301/home/tipos-de-pensamiento/aprendizaje-basado-en-problemas-abp>
- [35] Investigación y descripción del impacto de la tecnología en educación y el construccionismo como su fundamento pedagógico. Consulta 28 de Enero del 2015.
<https://docs.google.com/a/pucp.pe/document/preview?hgd=1&id=1eTq8wo8NyT8wxZEz9ONAmRo8mRVCXPdFey-E-cuisVc>
- [36] <https://www.youtube.com/watch?v=Q-X5lQmM43k>
- [37] RIVERO J.
2005 La educación peruana: crisis y posibilidades, Revista Proposições, Faculdade de Educação da Unicamp, Brasil. v. 16, n. 2 (47), maio/ago. Consulta 18 de Febrero del 2015. <http://www.proposicoes.fe.unicamp.br/proposicoes/textos/47-artigos-riveroj.pdf>
- [38] VILLANUEVA E., OLIVERA
2012 Barreras Institucionales para el Desarrollo de una Innovación: Evaluando la Implementación de las Computadoras XO-1 en dos Escuelas Periurbanas del Perú Journal Information Technologies & International Development, Vol 8, Issue 4 Winter, Consulta 18 de Febrero del 2015
<http://www.itidjournal.org/index.php/itid/article/view/964/405>
- [39] MATEUS J.
2013 Imaginarios tecnológicos en la escuela pública peruana: estudio de los discursos de profesores y estudiantes en contextos urbanos y rurales, Departamento de Comunicación, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona-España. Consulta 19 de Febrero del 2015
http://repositori.upf.edu/bitstream/handle/10230/22213/TFM_JulioMateus.pdf?sequence=1

- [40] Programa una laptop por niño, distribución de laptops. Consulta 20 de Febrero del 2015 http://www.perueduca.edu.pe/olpc/OLPC_Dist.html
- [41] Programa una laptop por niño, resumen de capacitaciones. Consulta 20 de Febrero del 2015 http://www.perueduca.edu.pe/olpc/OLPC_resumen.html
- [42] ROMAGNOLI C., CORTESE, I.
2007 Factores de la familia que afectan los rendimientos académicos. Valoras UC, programa de la Escuela de Psicología de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Consulta: 9 de Febrero del 2015.
http://valoras.uc.cl/wp-content/uploads/2010/10/factores_familia.pdf
- [43] ANDERSON, D., SWEENEY, D. y WILLIAMS, T.
2008 Estadística para Administración y Economía. CENGAGE Learning Editores. 10va Edición.
- [44] Secuencia de LEDs con 555 y 4017 (Como se hace) – El Profe García. Consulta 13 de Abril del 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=5-glxB2-hFM>
- [45] Detector de fuego, llama o flama (Como se hace) – El Profe García. Consulta 13 de Abril del 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=Q-X5IQmM43k>
- [46] Reacciones Químicas – Agustín Binora. Consulta 13 de Abril del 2015.
<http://www.monografias.com/trabajos915/reacciones-quimicas/reacciones-quimicas2.shtml>
- [47] Detector de tacto – El Profe García. Consulta 13 de Abril del 2015.
<https://www.youtube.com/watch?v=SUwID0gl2BA>
- [48] Boe-Bot Robot Kit – Serial - Parallax Inc. Consulta 13 de Abril del 2015.
<https://www.parallax.com/product/28132>
- [49] López I.
2004 El estudio del efecto del fuego en los cambios microestructurales de las aleaciones de cobre, Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales, pág 47. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia – España. Consulta 13 de Abril del 2015.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14373/Tesis.pdf?sequence=1>
- [50] Curva de corriente directa vs voltaje directo en el emisor infrarrojo del CNY70. Consulta: 13 de Abril del 2015.
<http://www.vishay.com/docs/83751/cny70.pdf>
- [51] Curva característica del Vce versus CTR en el sensor CNY70. Consulta 04 de Junio del 2015.
<http://www.vishay.com/docs/83751/cny70.pdf>