

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

MÓDULO INTERACTIVO DE DESARROLLO DE HABILIDADES PSICOMOTRICES PARA UN INFANTE ENTRE 24 A 36 MESES

Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecatrónico, que presenta el bachiller:

Rafael Felipe León Coral

ASESOR: Gustavo Kato Ishizawa

Lima, agosto del 2014

Resumen

El módulo interactivo se basa en el desarrollo de habilidades propias del niño a través del juego. Dicho módulo, consiste en dos subsistemas: La caja interactiva y la pelota. Por una parte, la pelota es el primer subsistema que interactúa con el niño. Su función es girar de forma aleatoria por un lapso de tiempo, encender un haz de luz de colores (dentro de la pelota), luego se desactiva y vuelve a encenderse de nuevo. Por otra parte, la caja interactiva es el segundo subsistema y solo interactúa con la pelota. Su función es encender leds de colores y emitir melodías dependiendo en cuál de los 4 niveles se encuentre la pelota. Cada nivel tiene una trayectoria diferente para la pelota. La primera es para filtrar objetos que afecten a la interacción de la pelota y la caja; la segunda es para ver cómo la pelota va descendiendo de forma aleatoria por uno de los dos opciones que se presenta en este nivel; la tercera es para ver cómo la pelota llega a descender por la parte principal hacia la salida; y la cuarta es para adivinar por cuál de las cuatro salidas irá la pelota hacia el exterior de la caja.

En consecuencia, el uso del módulo interactivo, permitirá desarrollar los objetivos:

- El niño empezará a ampliar su rango de visión sobre los objetos que lo rodean.
- El niño logrará tener mayor interacción con el medio que lo rodea.
- El niño aprenderá a idear estrategia o planes que involucre el uso de su cuerpo (psicomotricidad).
- El niño empezará a desarrollar la motricidad de sus extremidades sin ninguna limitación y motricidad fina para el uso correcto de sus manos.

**TRABAJO DE FIN DE CARRERA PARA OPTAR
EL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO**

Título : Módulo interactivo de desarrollo de habilidades psicomotrices para un infante entre 24 a 36 meses de edad.
Asesor : Gustavo Kato Ishizawa
Alumno : Rafael Felipe León Coral
Código : 20082293
Tema N° : 30
Fecha : 16/12/2013



Descripción y Objetivos

El módulo interactivo se basa en el desarrollo de habilidades propias del niño a través del juego. Dicho módulo, consiste en dos subsistemas: La caja interactiva y la pelota. Por una parte, la pelota es el subsistema que interactúa con el niño. Su función es girar de forma aleatoria por un lapso de diez segundos mientras enciende un haz de luz de colores (dentro de la pelota), luego se desactiva por tres segundos y vuelve a encenderse de nuevo. Por otra parte, la caja interactiva es el segundo subsistema y solo interactúa con la pelota. La caja cuenta con cuatro diferentes niveles por los cuales la pelota desciende. En cada nivel, se encenderán leds de colores y se emitirán melodías. La pelota puede realizar diferentes recorridos dentro de cada nivel. Las funciones principales de la caja interactiva son: filtrar objetos que no sean la pelota, generar los recorridos descendentes de la pelota de forma aleatoria, y lanzar la pelota hacia el exterior de la caja de manera aleatoria.

En consecuencia, el uso del módulo interactivo, permitirá desarrollar las siguientes habilidades en los niños:

- Ampliar su rango de visión sobre los objetos que lo rodean.
- Lograr tener mayor interacción con el medio que lo rodea.
- Aprender a idear estrategia o planes que involucre el uso de su cuerpo (psicomotricidad).
- Desarrollar la motricidad de sus extremidades sin ninguna limitación y motricidad fina para el uso correcto de sus manos.

Máximo: 100 páginas



Índice

Índice	4
Capítulo 1: Presentación de la Problemática.....	5
1.1. Introducción.....	5
1.2. Análisis de la problemática	6
Capítulo 2: Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto	7
2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico	7
2.2 Concepto de la solución.....	9
Capítulo 3: Sistema mecatrónico	13
3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico	13
3.2 Sensores y actuadores.....	14
3.2.1 Caja interactiva	14
3.2.2 Pelota	20
3.3 Planos del sistema mecatrónico	21
3.3.1 Caja interactiva	21
3.3.2 Pelota	30
3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico.....	35
3.4.1 Caja interactiva	35
3.4.2 Pelota	39
3.5 Diagrama de flujo del programa de control	41
3.5.1 Diagrama de flujo del usuario.....	41
3.5.2 Diagrama de flujo del módulo.....	44
Capítulo 4: Presupuesto.....	52
Capítulo 5: Conclusiones.....	54
Bibliografía	55

Capítulo 1: Presentación de la Problemática

1.1. Introducción

En la actualidad, el Perú afronta un gran crecimiento demográfico a lo largo de todo el territorio nacional. Como podemos observar en las gráficas proporcionadas por el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) [1], la población del Perú es de 30' 475, 144 habitantes (ver anexo 1: datos demográficos). De dicha población, el grupo de infantes, que se encuentran en el rango de 0 a 4 años, representan el mayor grupo de edad (9.5%) del total de la población (ver anexo 1: datos demográficos) [1]. Asimismo, debemos resaltar que el 31% de la población se encuentra en la capital de Lima y representa el mayor porcentaje de población departamental.

Por otro lado, el INEI nos informa que el crecimiento demográfico será estable hasta un 2% en los siguientes 10 años (Proyección realizada en el año 2005) (ver anexo 1: datos demográficos) [2]. En el caso de los infantes, el porcentaje se reducirá paulatinamente cada año. Es decir, que ese porcentaje pasara a ser parte de la siguiente etapa de edades (5 a 9 años). No obstante, un punto importante que se debe conocer es que entre los 0 a 4 años, los niños desarrollan habilidades que van orientados al desenvolvimiento de sí mismo y su primer contacto con el entorno. Según el plan curricular nacional del Ministerio de educación (MINEDU), las áreas que se deben desarrollar se detallan a continuación (ver anexo 2: plan curricular nivel I) [3]:

- Relación consigo mismo: Se busca el desarrollo de la identidad propia del niño a través de una valorización positiva de sí mismo y de los demás. Y se logra por:
 - Psicomotricidad: se basa en la interacción de la parte psíquica (ideas, razonamiento), motriz (cuerpo, movimiento, emoción) y lo afectivo (actitudes).
 - Identidad: se basa en el conocimiento del niño como ser integral y diferente (características propias) que le permite desarrollar mayor confianza. En paralelo, se va formando la autoestima. Permitiéndole realizar actividades con seguridad y confianza.
 - Autonomía: se basa en la capacidad progresiva de desempeñarse con eficacia y pertinencia en el entorno a partir de experiencias favorables que les brinda el medio ambiente.

Para lograr cumplir con los objetivos planteados, una de las metodologías más usadas para desarrollar habilidades es el juego. A través del juego, el niño va desarrollando la creatividad, la autonomía y la concentración de manera interactiva y eficaz. Por ello, muchas empresas dedicadas al entretenimiento de los niños tratan de complementar dichas habilidades a través de sus productos.

En el mercado, existe una variedad amplia de juguetes dedicados a la motricidad como atrapar la pelota “**Poppin park elefun busy ball popper**” [4] o manipular objetos como “**Universe of imagination**” [5] o dirigir un objeto como “**Laugh & Learn™ Smart Bounce & Spin Pony™**” [6]; para el desarrollo de comprensión oral como “**Leap reader junior book pal**” [7], “**Learnimals magic motion book play**” [8]; y para el desarrollo de la apreciación musical como “**Poppin' Play Piano**” [9], “**Big piano dance mat**” [10].

1.2. Análisis de la problemática

A pesar de que los productos mencionados en el punto 1.1 son de gran interés para el infante, se presentan los siguientes problemas:

- La mayoría de estos juguetes está hecho de polímeros que tienen vida útil para el usuario por un rango de 2 a 3 años mientras que su descomposición es de mayor tiempo. Es decir, no es amigable con el medio ambiente.
- Requiere de la presencia de un adulto, la mayoría del tiempo para lograr que se lleve las actividades a cabo.
- El juguete se especializa en una sola habilidad a desarrollar; por ello, al lograr que el niño se desenvuelva totalmente en la habilidad el juguete quedará inservible.
- Las actividades que se realizan con los juguetes son rutinarias y mientras el niño aprenda cómo usar dicho modulo, perderá concentración proporcionalmente.
- Al tener que cubrir el desarrollo de habilidades, se realizará la compra de más de un juguete para poder conseguirlo, es decir, mayor inversión.

Según la encuesta realizada en la guardería del colegio San Luis de Barranco (ver anexo 3: encuesta):

- El 70% de los niños prefiere realizar actividades o juegos alrededor de toda la habitación donde se encuentra, es decir, que les gusta desplazarse sin tener limitaciones.
- El 60% aprende más cuando se considera el uso de música en las actividades. Debido a que permite la percepción más rápida de la actividad a realizar.
- El 80% prefiere realizar juegos donde tienen la mayor parte de participación.
- El 60% realiza actividades donde se involucra la afinidad motriz, es decir, el uso articulaciones como las manos o el pie.
- El 90% espera que al realizar una actividad se tenga en consecuencia un regalo o premio.

Por ello, es complicado que los juegos convencionales puedan cubrir las necesidades que presentan los infantes de hoy en día.

Capítulo 2: Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto

2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico

Los requerimientos para la implementación de un sistema mecatrónico que pueda cubrir las necesidades presentadas en la sección anterior son:

➤ Requerimientos generales

El principal objetivo que se plantea en el módulo es tratar de captar el mayor tiempo posible la concentración del niño a través del factor aleatorio. El segundo objetivo es desarrollar habilidades psicomotrices y afinidad motriz al realizar las actividades que requiera el juguete (correr, atrapar, colocar, observar) (ver anexo 4: desarrollo cognitivo del ser humano). Para ello, se va a considerar el módulo en dos partes: una pelota interactiva y una caja.

➤ Requerimientos mecánicos

Caja: Deberá cumplir condiciones de diseño como tener un peso de 30kg debido a que un niño de 36 meses llega a pesar en promedio 15kg [11] [12] [13] (ver anexo 5: antropometría) y con el peso nos aseguramos de que el módulo no tenga posibles volcaduras. Por otro lado, las medidas que se consideran son de 0.6m x 0.6m x 1.2m. Las medidas se consideraron por dos motivos: la altura promedio de un niño (1.1m) y el poco espacio que puede ocupar en la habitación (ancho y largo). Por último, se debe usar un material resistente (para soportar todo esfuerzo generado por el infante) (ver anexo 6: selección de materiales), que sea amigable con el medio ambiente, de bajo costo y fácil maquinado.

Pelota: Será diseñado de forma similar al tema de tesis **“Pelota hinchable o no”** [14]. Sin embargo, tendrá diferencia dependiendo a la solución de la problemática expuesta. En efecto, la pelota tendrá un peso aproximado de 250g de peso que le permitirá al niño cogerla sin ningún esfuerzo. Por otro lado, tendrá un diámetro de 12cm. Dicha medida permitirá que el niño use ambas manos para poder atrapar la pelota. Por último, deberá ser diseñado en un material de grado de pureza 1 (ver anexo 6: selección de materiales) para el cuidado del higiene y salud del niño.

➤ Requerimientos electrónicos

Caja: Debe cumplir con la participación de actuadores de dos tipos: de luz y de audio. Por una parte, el actuador de luz se basa en el encendido de 64 leds de tipo RGB automático de cambio lento (ver anexo 7: hoja de datos). Se debe diseñar para que el sistema soporte por lo menos 12 horas de uso continuo. Por otro lado, se usará un sistema de audio que no genere más de 50 decibeles (ver anexo 8: normas de seguridad para el diseño de juguetes) que acompañará, sincronizado, el desarrollo de la actividad principal del módulo.

Pelota: Deberá usar un motor como actuador para poder mover la pelota por un periodo mínimo de 10 segundos y con una trayectoria aleatoria. En adición, la pelota trabajará con una fuente de alimentación de 9v (batería) mientras que la caja usará una fuente de alimentación de arreglo de pilas (tipo D) en paralelo que proporción 7.5v (ver anexo 9: diseño electrónico).

➤ Requerimientos de control

Caja: Deberá usar un regulador de voltaje de 5 voltios para alimentar los circuitos integrados. Además, se requiere el uso de seis interrupciones externas debido a que los actuadores tendrán interacción con la pelota en más de una oportunidad durante su trayectoria dentro de la caja.

Pelota: Deberá usar un temporizador o controlador de tiempo para activar el encendido de la pelota y el tiempo que se mantendrá encendido el led interno.

➤ Requerimientos de seguridad

En ambos sistemas, se velará por respetar los límites de seguridad en el aspecto de la intensidad de luz, nivel de decibeles y uso de sustancias químicas según las especificaciones que se da en la directiva 2009/48/CE sobre la seguridad de los juguetes (Unión Europea) [16] y relación de normas técnicas peruanas de juguetes ICS 97.200.50 (ver anexo 8: normas de seguridad para el diseño de juguetes).



2.2 Concepto de la solución

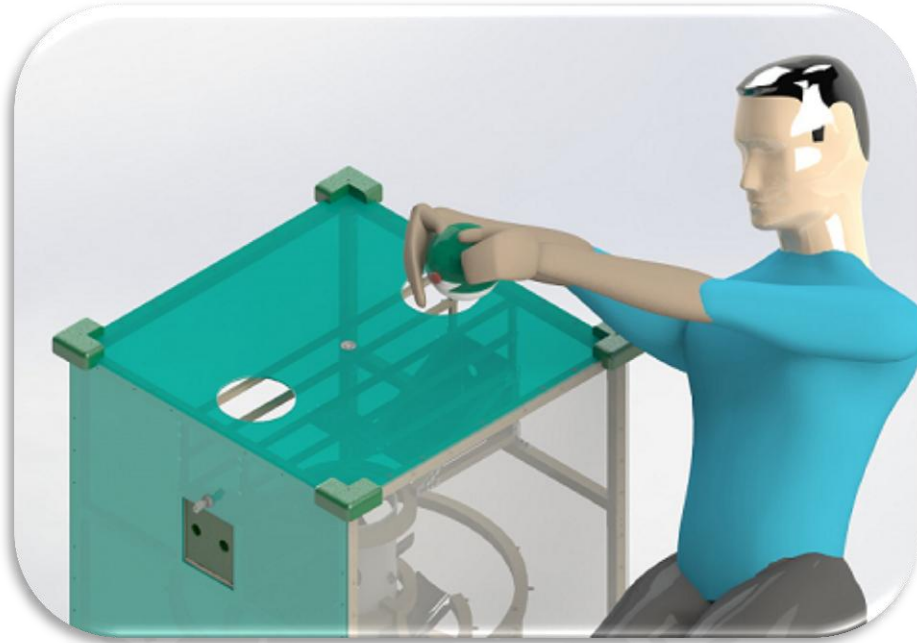


Figura. 2.2 – 1: Vista general del sistema mecatrónico. Fuente: Elaboración propia.

Se propone un sistema mecatrónico que permita desarrollar la afinidad motriz y psicomotriz de un niño entre los 24 a 36 meses de edad. Este rango de edad, se seleccionó debido a que, según Piaget (ver anexo 4: desarrollo cognitivo del ser humano) [17] [18], es la etapa en la cual el niño puede desarrollar sus habilidades personales relacionadas a la motricidad y logra tener repercusión en los siguientes años. Por ello, el módulo constará de dos partes: la pelota (ver figura 2.2 – 2) y la caja interactiva (ver figura 2.2 – 3).



Figura. 2.2 – 2: Vista general del sistema mecatrónico – pelota. Fuente: Elaboración propia.



Figura. 2.2 – 3: Vista general del sistema mecatrónico – caja interactiva. Fuente: Elaboración propia.

En la primera etapa, el niño deberá identificar en qué posición del ambiente se encuentra la pelota y luego atraparla cuando se encuentre en movimiento. Para ello, deberá presionar el pulsador de encendido que se encuentra en la parte frontal de esta. Por una parte, se debe identificar a la pelota por medio de la observación y la percepción de la luz de colores que emitirá la pelota gracias al led RGB (sincronizado al temporizador). Por otra parte, el infante deberá atrapar la pelota que empezará a moverse debido al temporizador (10.4 segundos encendido y 3.47 segundos apagado) que controlará al motor de 9v que se encuentra en la parte interna de la pelota. Asimismo, la pelota realizará dos tipos de movimientos:

El primero será una trayectoria helicoidal en la superficie del suelo donde se encuentre (cuando el eje y el suelo estén en planos paralelos) y el segundo será de forma aleatoria (cuando el eje y el suelo no se encuentren en planos paralelos). Ambos se logran debido a que se tiene una masa colocada de forma excéntrica respecto al eje del motor que generará un cambio en el centro de gravedad de la pelota. Dicha masa está compuesta por la batería, la tarjeta de control y un almacén. Por ello, al girar la masa respecto al eje del motor, irá cambiando su centro de gravedad en cada instante de tiempo.

En la segunda etapa, una vez introducida la pelota en uno de los dos agujeros, el niño deberá colocarla dentro de la caja interactiva por la parte superior (ver figura 2.2 – 4). Inmediatamente, se encenderá una melodía que seguirá a la pelota hasta su salida, ésta empezará un recorrido a través de los 4 niveles dentro de la caja (ver figura 2.2 – 5).

- Primer nivel: Sirve para filtrar el ingreso de los objetos pequeños en comparación con el tamaño de la pelota. Estos objetos se almacenarán en dos bandejas que pueden ser retiradas luego de abrir la cerradura de seguridad. Luego de filtrar los objetos pequeños, la pelota se introduce por un tubo que lo conectará a la siguiente etapa.
- Segundo nivel: La pelota ingresa al primer riel de madera a través del tubo. Gracias a una cuña que se presenta en la base del riel, se podrá lograr que la pelota se traslade a la mitad de la circunferencia sobre el riel de forma aleatoria. Asimismo, los leds, que se encuentran alrededor del aro, se irán prendiendo por nivel y cada vez que la pelota tome una dirección. Por último, la pelota bajará por una rampa al siguiente nivel.
- Tercer nivel: Se repetirá la actividad realizada en el segundo nivel; sin embargo, la única diferencia será que la pelota se trasladará al tubo principal para bajar nuevamente al último nivel.
- Cuarto nivel: En esta última etapa, la pelota caerá sobre una pirámide de punta redondeada que permitirá que esta se dirija por una de las cuatro salidas de manera aleatoria.

En la tercera etapa, la pelota estará fuera de la caja interactiva (ver figura 2.2 – 5) para empezar de nuevo la rutina del módulo de aprendizaje.

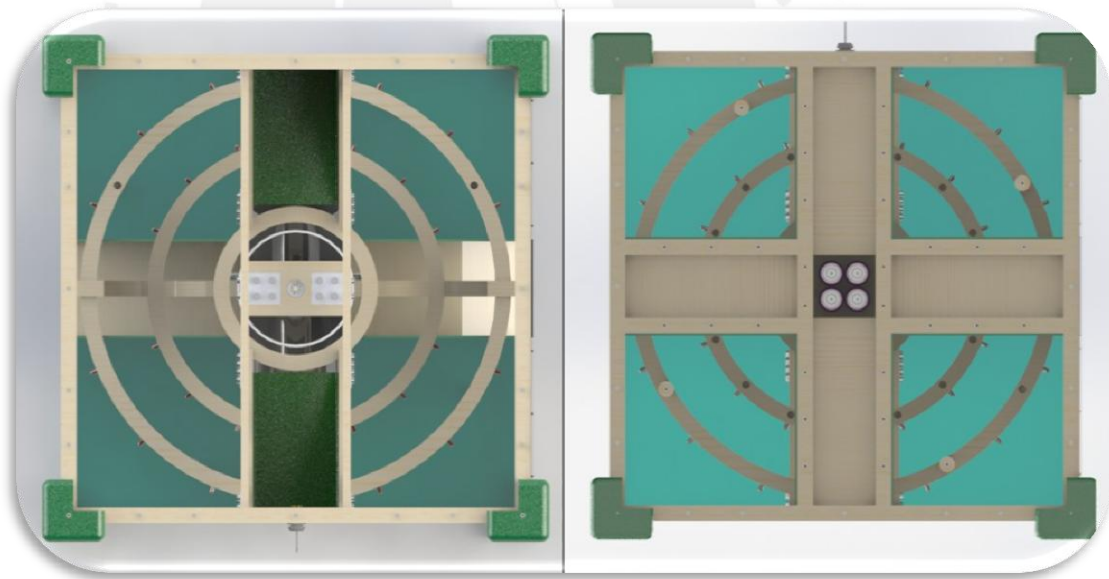


Figura. 2.2 – 4: Vistas superior e inferior (respectivamente) del sistema mecatrónico – caja interactiva. Fuente: Elaboración propia.

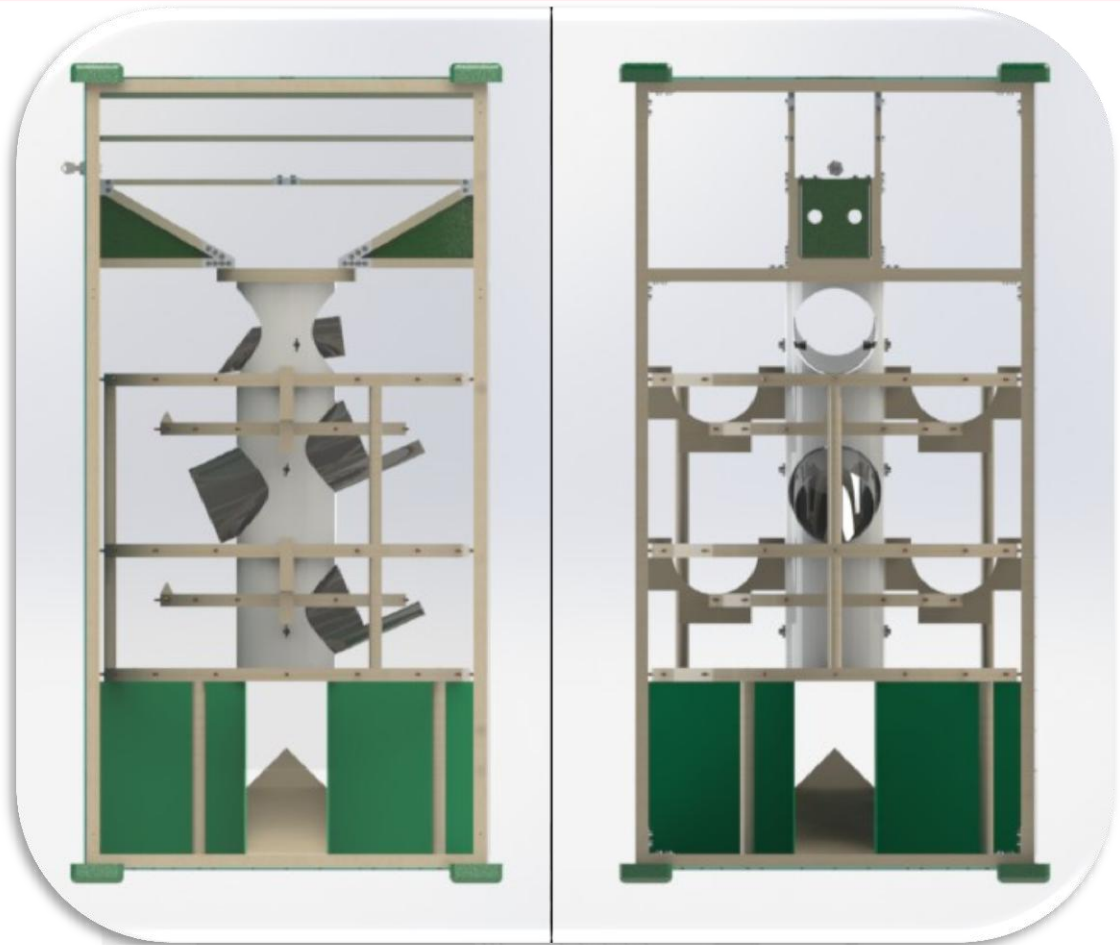


Figura. 2.2 – 5: Vistas lateral y frontal (respectivamente) del sistema mecatrónico – caja interactiva. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 3: Sistema mecatrónico

3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico

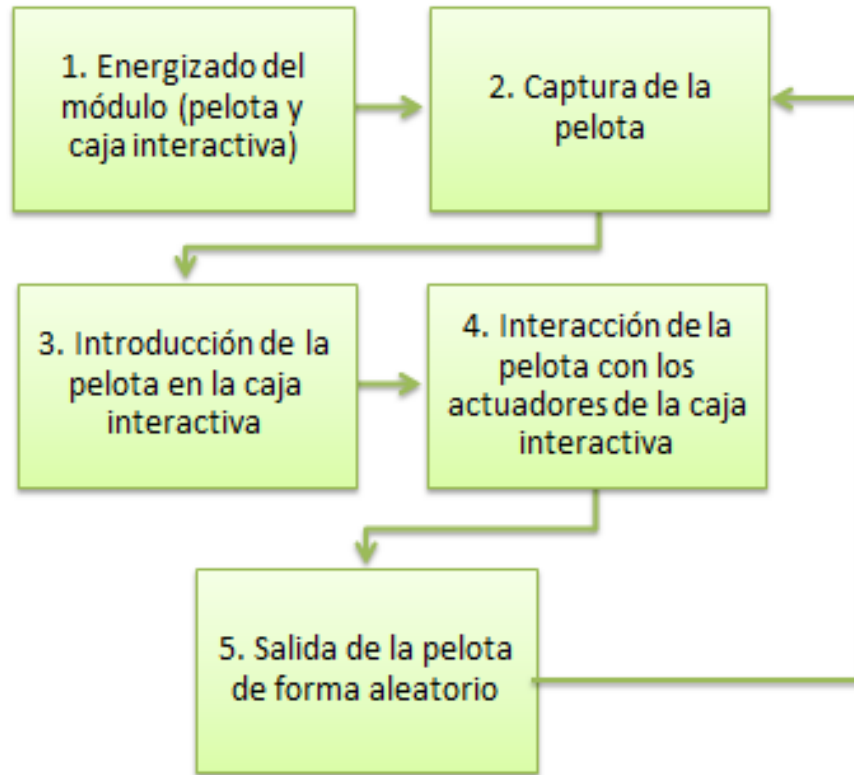


Figura. 3.3: Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico.

El módulo interactivo de aprendizaje desarrollará un diagrama de funcionamiento que se divide en 5 etapas (ver figura. 3.3):

1. Energizado del módulo (pelota y caja interactiva): se basa en realizar el encendido del interruptor que tiene cada uno.
2. Captura de la pelota: el niño debe tratar de anticipar la siguiente posición donde se situará la pelota. De modo que pueda atraparla con las dos manos, porque le será difícil capturarla con una sola por su tamaño.
3. Introducción de la pelota en la caja interactiva: el niño deberá colocar la pelota en la parte superior de la caja.
4. Interacción de la pelota con los actuadores de la caja interactiva: La pelota realizará un recorrido por los cuatro niveles de la caja, de tal forma que se activará animaciones gracias al uso de luces y sonido.
5. Salida de la pelota de forma aleatoria: La pelota saldrá por el nivel inferior de la caja interactiva. Dicho nivel presenta cuatro salidas y la decisión de elección de la salida depende de la velocidad con la que baje la pelota y de cómo se apoye en la pirámide que la receptorá al llegar.

3.2 Sensores y actuadores

A continuación, se detallan los sensores y los actuadores utilizados para la implementación del módulo interactivo. Para mayor detalle, se deberá revisar el anexo 11: selección de sensores y actuadores.

3.2.1 Caja interactiva

I. LDR o Resistencia dependiente de luz (sensor)

Se usará LDR's de la marca SUNRON TECHNOLOGIES (ver figura. 3.2.1 – 1), los cuales funcionan como resistencia variable; es decir, puede registrar una resistencia muy alta ($1\text{ M}\Omega$) cuando no está expuesta a la presencia de luz o pueden registrar una resistencia muy baja ($50\ \Omega$) cuando registra luz sobre su superficie (de 10 a 1000 LUX). Está compuesto por celdas fotoeléctricas (ver figura. 3.2.1 – 2). Sus medidas son 5 mm de diámetro y 2mm de espesor (referente a la pastilla cerámica). Asimismo, tienen la capacidad de soportar tensión hasta 320 v (DC o AC), corriente de hasta 75 mA y una potencia de hasta 100mW.



Figura. 3.2.1 – 1: LDR o Resistencia Dependiente de Luz. Fuente: Sunrom Technologies.

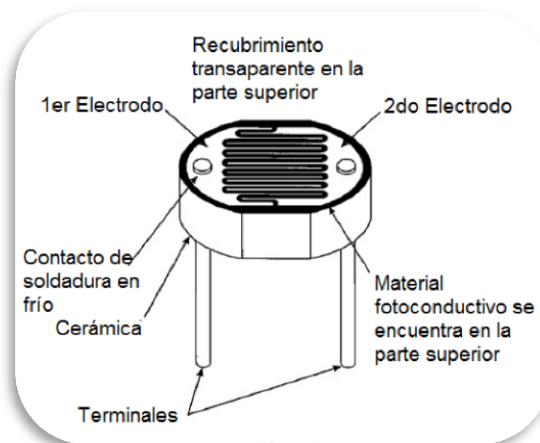


Figura. 3.2.1 – 2: Detalles de las partes de la resistencia dependiente de luz. Fuente: Sunrom Technologies.

Para nuestro sistema mecatrónico, el LDR se ubicará en el último nivel del riel de madera (ver figura 3.2.1 – 3), al costado de la cuña y a 10 mm de profundidad. Su posición se debe a que detecta por cuál de los dos lados, la pelota va a desplazarse y requiere tener la profundidad mencionada para que no se interponga en la trayectoria que realice la pelota. Usaremos cuatro LDR's en total (dos por cada nivel).

Por último, el LDR funcionará en un circuito denominado divisor de tensión. De forma que el divisor de voltaje que se mide, pueda variar de nivel digital, es decir, de bajo a alto cuando detecte el paso de la pelota.

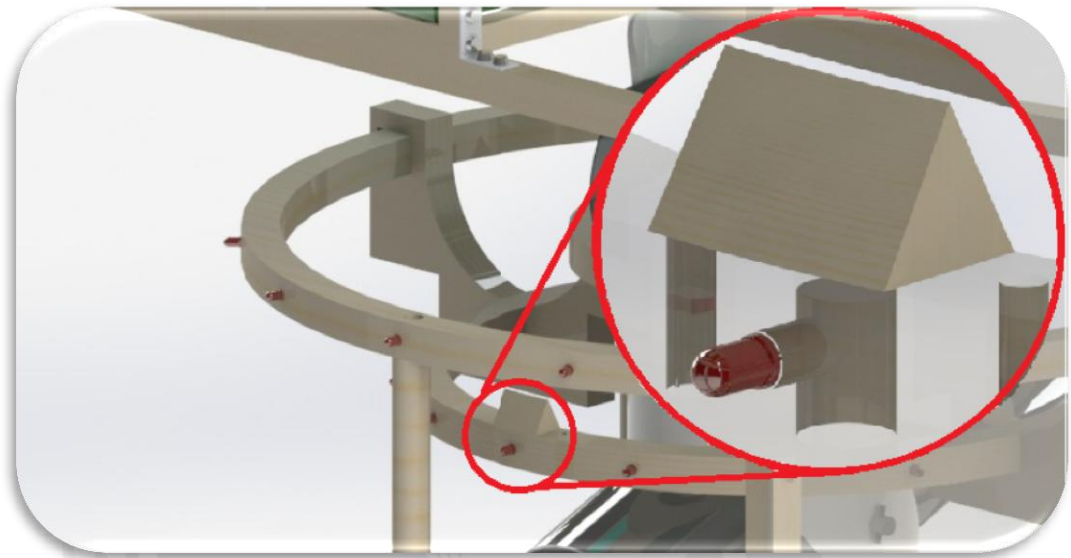


Figura. 3.2.1 – 3: Sección donde se encuentra los dos LDR's. Fuente: Elaboración propia.

II. Optotransistores (sensor):

Se usará un optotransistor modelo MOC70T3 de la marca MOTOROLA (ver figura. 3.2.1 – 4), los cuales funcionan como interruptor abierto hasta detectar algún objeto cercano a una distancia máxima de 25 mm; es decir, genera una señal en voltaje alto (5V) cuando detecte algún objeto pasar. Está compuesto por cuatro pines (dos para el encendido del led interno y dos para la salida del transistor) (ver figura. 3.2.1 – 5). Sus medidas son 13mm x 6.5mm x 7 mm. Asimismo, tienen la capacidad de soportar tensión hasta 6 v (DC), corriente de hasta 60 mA y una potencia de hasta 300mW.

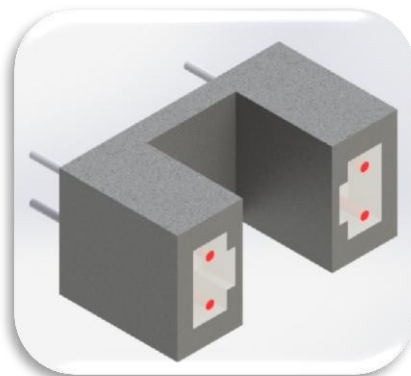


Figura. 3.2.1 – 4: Optotransistor (MOC70T3). Fuente: Motorola.

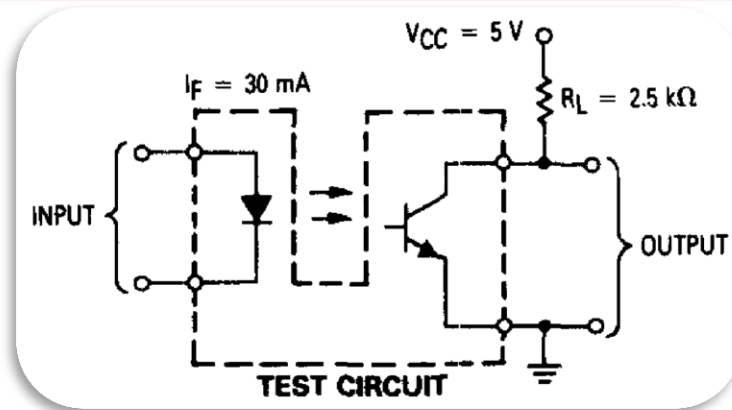


Figura. 3.2.1 – 5: Detalles del circuito interno del optotransistor. Fuente: Motorola.

Para nuestro sistema mecatrónico, el optotransistor se ubicará en el soporte superior de la estructura de madera (la que soporta la tapa principal) (ver figura 3.2.1 – 6), alineado al centro de los agujero por donde pasará la pelota que deberá detectar. Su posición se debe a que detecta el momento que ingresa la pelota para activar una de las animaciones de luces programadas en el microcontrolador. Usaremos dos optotransistores en total (uno para cada agujero de la tapa superior).

Por último, el optotransistor funcionará como interrupción externa del microcontrolador. De forma que al detectar el ingreso de la pelota, se genere una variación de nivel de voltaje digital (de bajo a alto).

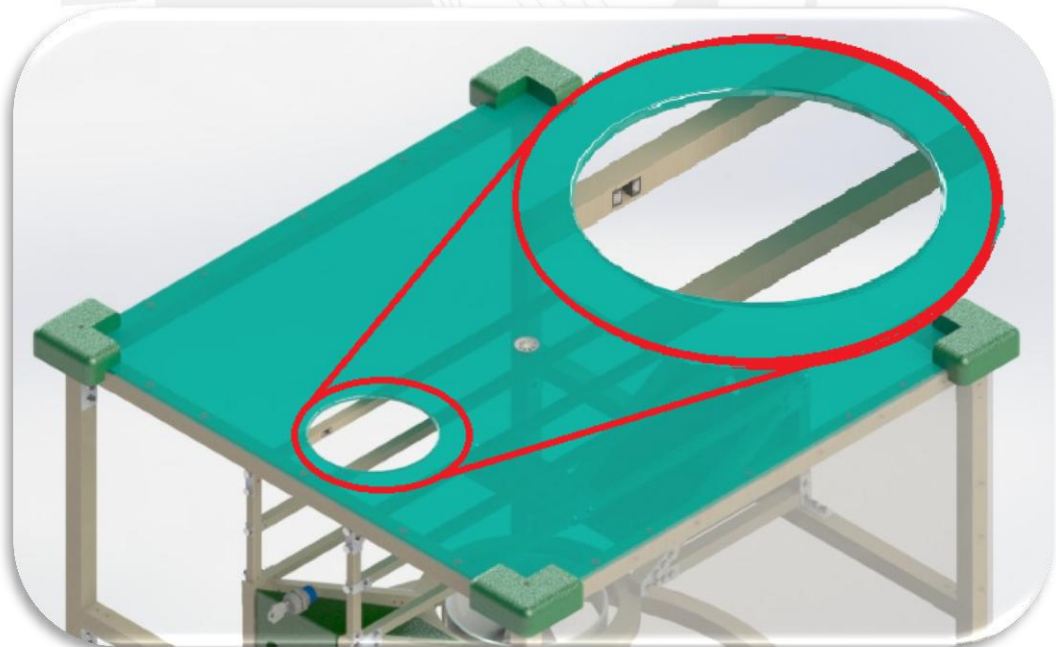


Figura. 3.2.1 – 6: Sección donde se encuentra los dos LDR's. Fuente: Elaboración propia.

III. Leds RGB automáticos de cambio lento (actuador):

Se usará leds RGB automáticos (ver figura 3.2.1 – 7). Estos componentes electrónicos tienen la particularidad de poder cambiar de color de forma aleatoria sin necesidad de ser controlados por el operario pues solo podrá controlar su tiempo de funcionamiento. Se decidió elegirlos debido a que se requiere captar la atención del niño y que mejor alternativa que mostrando colores aleatorios cada vez que se pruebe el circuito temporizador (2 segundos encendidos). Asimismo, debemos saber que estos leds requieren de 4v de alimentación y pueden soportar corriente de hasta 30 mA. Las dimensiones del led se podrán ver en la figura 3.2.1 – 8.



Figura. 3.2.1 – 7: Led RGB automático de cambio lento. Fuente: China Young Sun Led Technology CO. LTD.

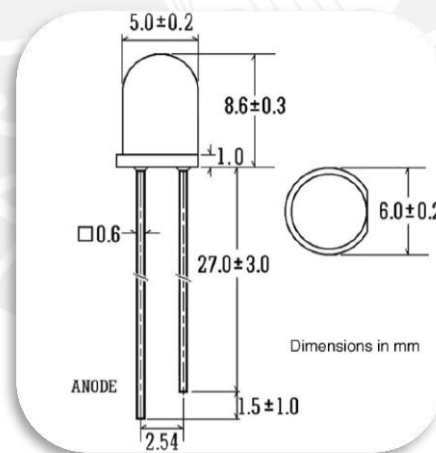


Figura. 3.2.1 – 8: Dimensiones del Led RGB. Fuente: China Young Sun Led Technology CO. LTD.

Adicionalmente, se usarán en total 64 leds que serán repartidos en cuatro niveles (dos por cada riel). Su distribución se debe a que las luces deben seguir el desplazamiento de la pelota dentro de la caja. De tal forma que, cuando sale del tubo principal hacia el riel y se golpee con la cuña, los leds del nivel superior (flecha roja) seguirán a la pelota si es que va por el sentido horario o anti horario hasta llegar a la apertura del otro extremo en el nivel inferior (ver figura 3.2.1 – 9). De la misma forma, se activará los leds del nivel inferior (flecha verde) para que la pelota vuelva a ingresar al tubo principal por el tobogán.

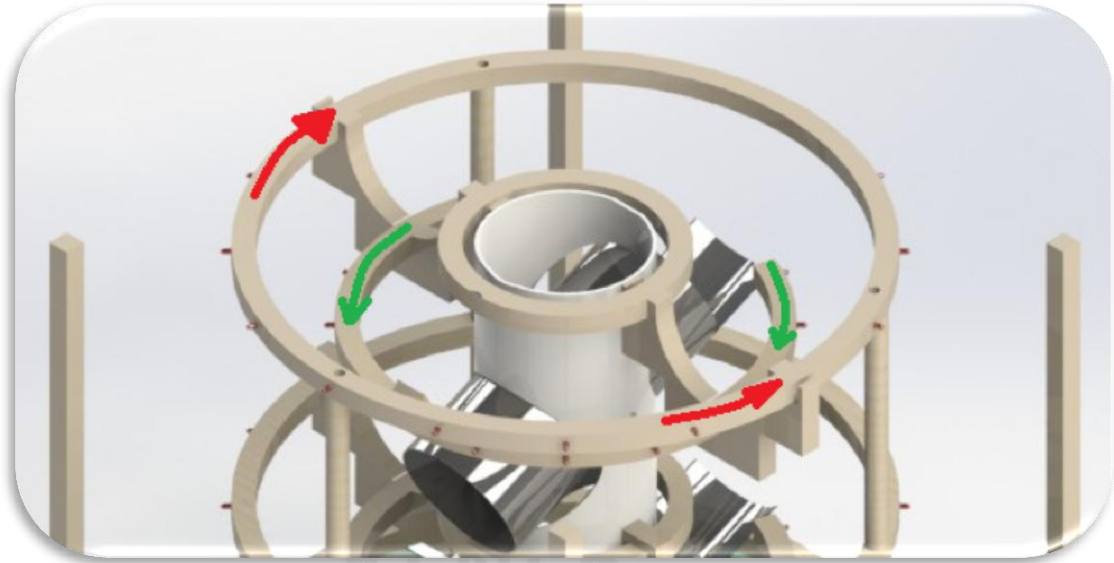


Figura. 3.2.1 – 9: Trayectoria de la secuencia de encendido que presenta los leds RGB automáticos. Fuente: Elaboración propia.

IV. Parlante (actuador):

Se usará un parlante para reproducir la melodía que generará una tarjeta de grabación y reproducción de sonido ISD1700. El parlante es de la marca **CUI Inc.** y su código de modelo es **CLF0251MP** (ver figura 3.2.1 – 10). Asimismo, soporta un rango de frecuencia entre 650Hz a 5KHz, tiene una impedancia de 8 Ohmios, y soporta una potencia de hasta 200mW. Sus medidas se muestran en la figura 3.2.1 – 11.



Figura. 3.2.1 – 10: Parlante CLF0251MP. Fuente: CUI Inc.

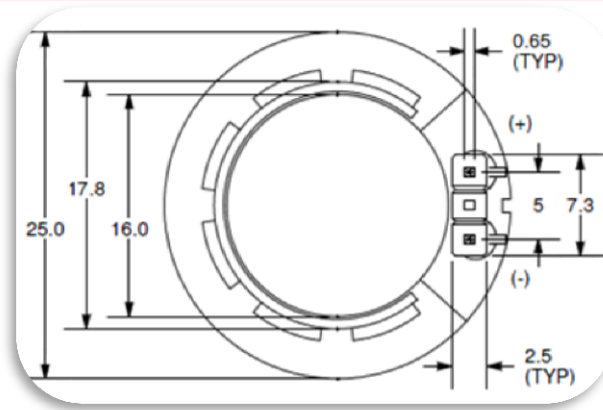


Figura. 3.2.1 – 11: Dimensiones del parlante CLF0251MP (mm). Fuente: CUI Inc.

El speaker se ubicará en la parte superior de la caja, entre los dos agujeros de ingreso de la pelota (ver figura 3.2.1 – 12). Asimismo, tiene como función, reproducir una melodía, de tipo mono, cuando la pelota es ingresada a la caja interactiva. Cabe resaltar que la melodía seguirá activa hasta la salida de la pelota, es decir, será por un tiempo de 10 segundos.

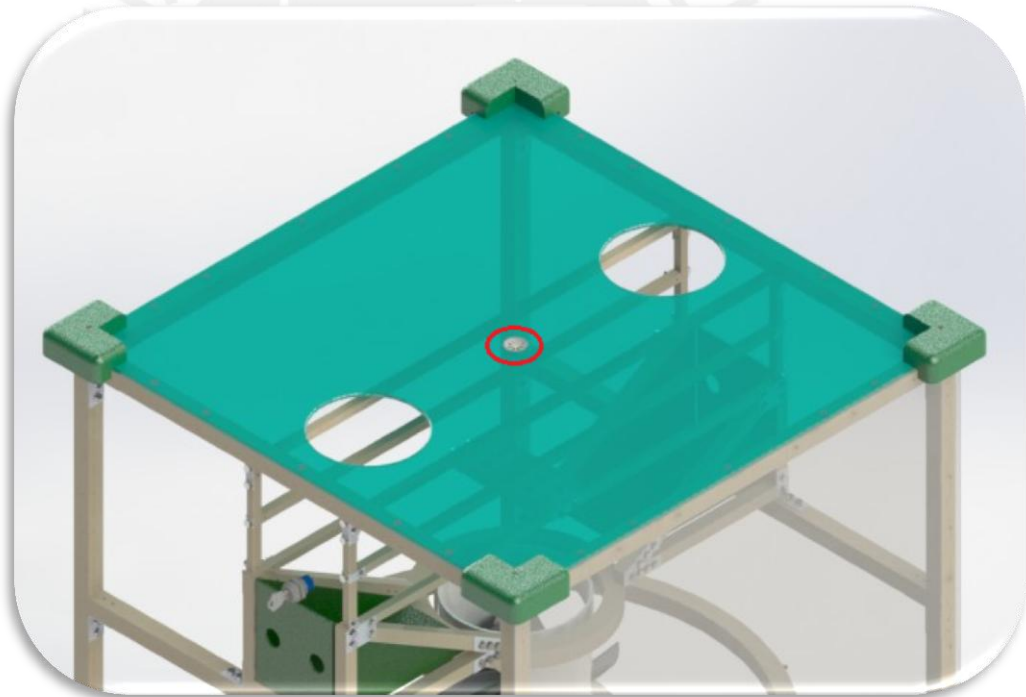


Figura. 3.2.1 – 12: Sección donde se ubica el parlante CLF0251MP. Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Pelota

I. Motor (actuador):

El motor seleccionado es de **180:1 Mini plastic gearmotor [19]**, se trata de un motor de 9v de 80 RPM, 80mA en free-run, 30-oz-in (2.16 kg-cm) y 1.8 A con rotor detenido (ver figura 3.2.2 – 1).



Figura. 3.2.2 – 1: Detalle del motor miniplastic gearmotor. Fuente: Pololu.



Figura. 3.2.2 – 2: Vista seccionada de la pelota. Fuente: Elaboración propia.

Las medidas del motor son 36.5mm x 24.8mm x 27.4mm. Se ubicará como parte de la masa excéntrica que va colocada alrededor del eje de la pelota (ver figura 3.2.1 – 2). Su funcionamiento permitirá mover la pelota por cierto tiempo gracias al sistema de control ON-OFF que le permite el CI 555NE (temporizador). En consecuencia, al momento de encender la pelota, realizará la trayectoria aleatoria debido a su masa excéntrica (ver anexo 9: diseño electrónico).

3.3 Planos del sistema mecatrónico

A continuación se presentarán los planos mecánicos más relevantes del módulo interactivo. El resto de los se muestran en el anexo 10: planos mecánicos.

3.3.1 Caja interactiva

I. Estructura

La estructura (ver figuras 3.3.1 – 1, 2, 3, 4, 5) tiene como función principal ser el soporte de todo el sistema. Asimismo, se ensamblará desde la base para darle mayor estabilidad a la caja interactiva y se ha considerado, en el diseño, la simetría para poder evitar posibles volcaduras en el futuro. Por otra parte, se le acoplarán las demás piezas a través de tornillos y placas metálicas.

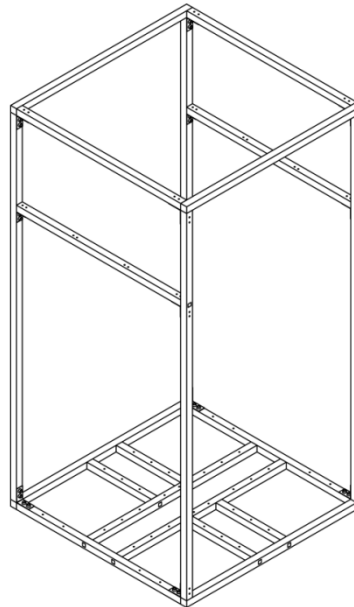


Figura. 3.3.1 – 1: Vista isométrica del ensamblaje de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

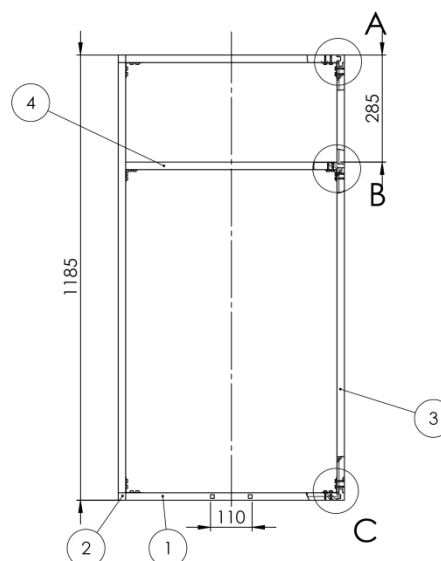


Figura. 3.3.1 – 2: Vista frontal del ensamblaje de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

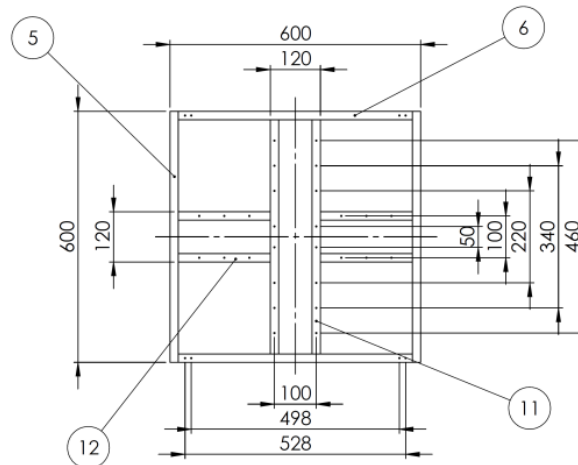


Figura. 3.3.1 – 3: Vista superior del ensamble de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

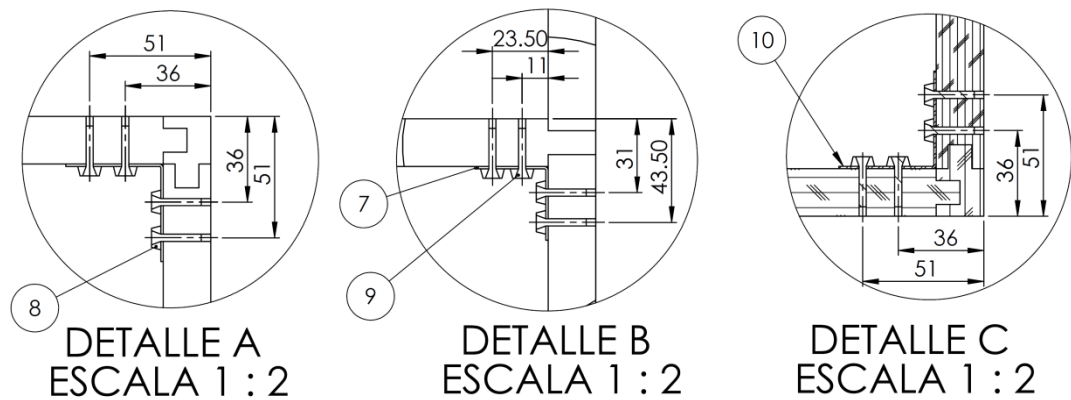


Figura. 3.3.1 – 4: Vistas de detalles A, B y C del ensamble de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

12	4	SOPORTE 4B	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
11	2	SOPORTE 4A	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
10	4	UNION METALICA 8	ASTM/AISI	6061 T6	ALEACION DE ALUMINIO
9	48	TORNILLO 3x25	DIN 1052	Cr3+	
8	48	ARANDELA	DIN 1052	Cr3+	
7	8	UNION METALICA 7	ASTM/AISI	6061 T6	ALEACION DE ALUMINIO
6	2	SOPORTE 0E	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
5	2	SOPORTE 0D	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
4	2	SOPORTE 0F	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
3	4	SOPORTE 0C	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
2	2	SOPORTE 0A	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
1	2	SOPORTE 0B	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

Figura. 3.3.1 – 5: Lista de elementos del ensamble de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

II. Soporte 3

El soporte 3 (ver figuras 3.3.1 – 6, 7, 8, 9, 10, 11) tiene dos funciones principales. Por una parte, sirve como apoyo y filtro de los objetos pequeños que se introduzcan por las aperturas de la parte superior de la caja interactiva. Por otro lado, se utiliza para que la pelota pueda comunicarse con el tubo principal que lo conducirá al descenso de los niveles. Además el soporte está hecho de madera y será unido a través de placas mecánicas y tornillos.

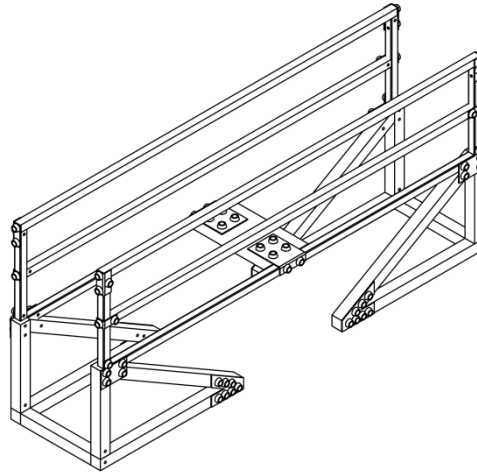


Figura. 3.3.1 – 6: Vista isométrica del ensamblaje del soporte 3. Fuente: Elaboración propia.

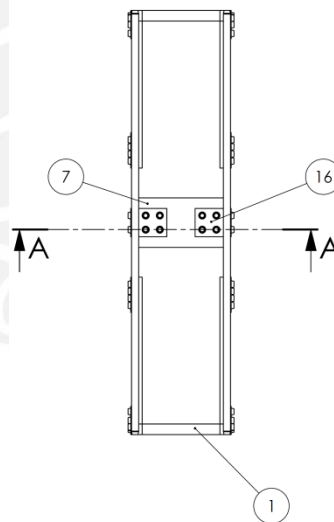


Figura. 3.3.1 – 7: Vista superior del ensamblaje del soporte 3. Fuente: Elaboración propia.

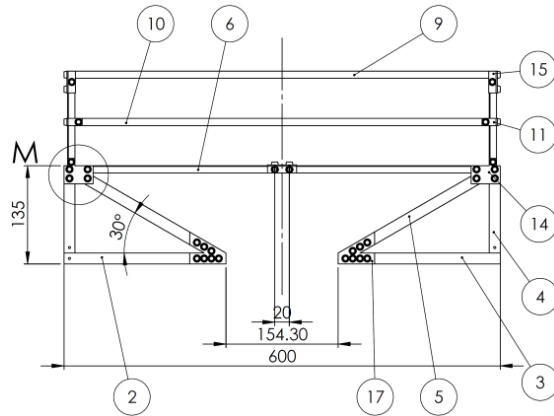
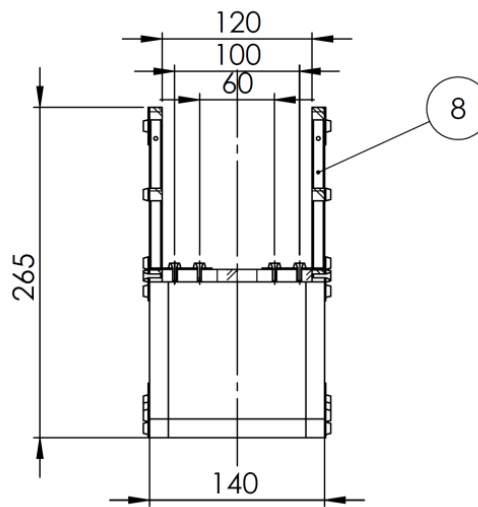


Figura. 3.3.1 – 8: Vista lateral del ensamblaje del soporte 3. Fuente: Elaboración propia.



SECCIÓN A-A

Figura. 3.3.1 – 9: Vista de sección A-A del ensamblaje del soporte 3. Fuente: Elaboración propia.

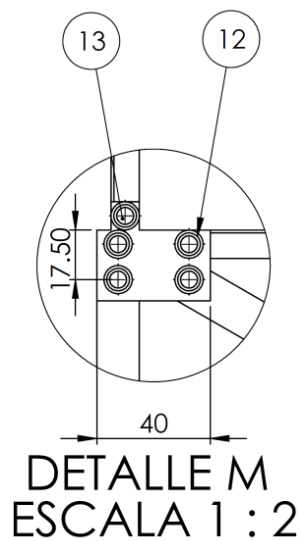


Figura. 3.3.1 – 10: Vista de detalles M del ensamblaje del soporte 3. Fuente: Elaboración propia.

17	4	UNION METALICA 5	AISI/ASTM	6061 T6	ALEACION DE ALUMINIO
16	2	UNION METALICA 4	AISI/ASTM	6061 T6	ALEACION DE ALUMINIO
15	4	UNION METALICA 3	AISI/ASTM	6061 T6	ALEACION DE ALUMINIO
14	4	UNION METALICA 2	AISI/ASTM	6061 T6	ALEACION DE ALUMINIO
13	80	TORNILLO	DIN 1052	Cr3+	
12	80	ARANDELA	DIN 1052	Cr3+	
11	4	UNION METALICA 1	AISI/ASTM	6061 T6	ALEACION DE ALUMINIO
10	2	SOPORTE 3J	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
9	2	SOPORTE 3I	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
8	4	SOPORTE 3H	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
7	1	SOPORTE 3G	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
6	2	SOPORTE 3F	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
5	4	SOPORTE 3C	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
4	4	SOPORTE 3B	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
3	2	SOPORTE 3D	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
2	2	SOPORTE 3A	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
1	2	SOPORTE 3E	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

Figura. 3.3.1 – 11: Lista de elementos del ensamble del soporte 3. Fuente: Elaboración propia.

III. Soporte

El Soporte (ver figura 3.3.1 – 12) tiene dos funciones principales. La primera es ser nexo del soporte 3 de tal forma que la pelota siga su recorrido en el descenso. La segunda, será conectar la pelota con cada riel de madera que se presente en cada nivel. Se observará, tres perforaciones debido a que dos sirven para la conexión con el riel y el último será para la salida de la pelota. Asimismo, el material seleccionado para su elaboración será PET (ver anexo 6: selección de materiales).

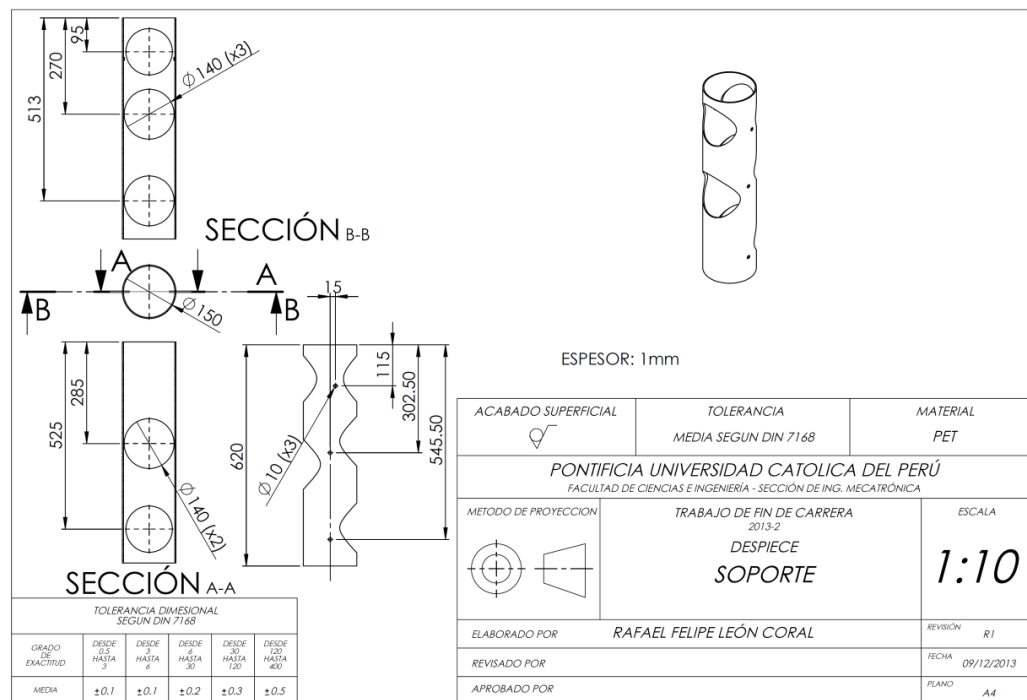


Figura. 3.3.1 – 12: Plano de despiece del soporte. Fuente: Elaboración propia.

IV. Tobogán 1

El tobogán 1 (mostrado en la figura 3.3.1 – 13) se encuentra en el tercer nivel de la caja interactiva (ensamblado al tubo). Esta hecho de PE y tiene un espesor de 3mm. La función principal que cumple es conectar la trayectoria de la pelota entre el tubo principal y el riel de madera. Asimismo, permitirá el traslado de la pelota debido a que el eje de apoyo no está centrado y por el exceso de peso, que generará la pelota, girará para conectarse.

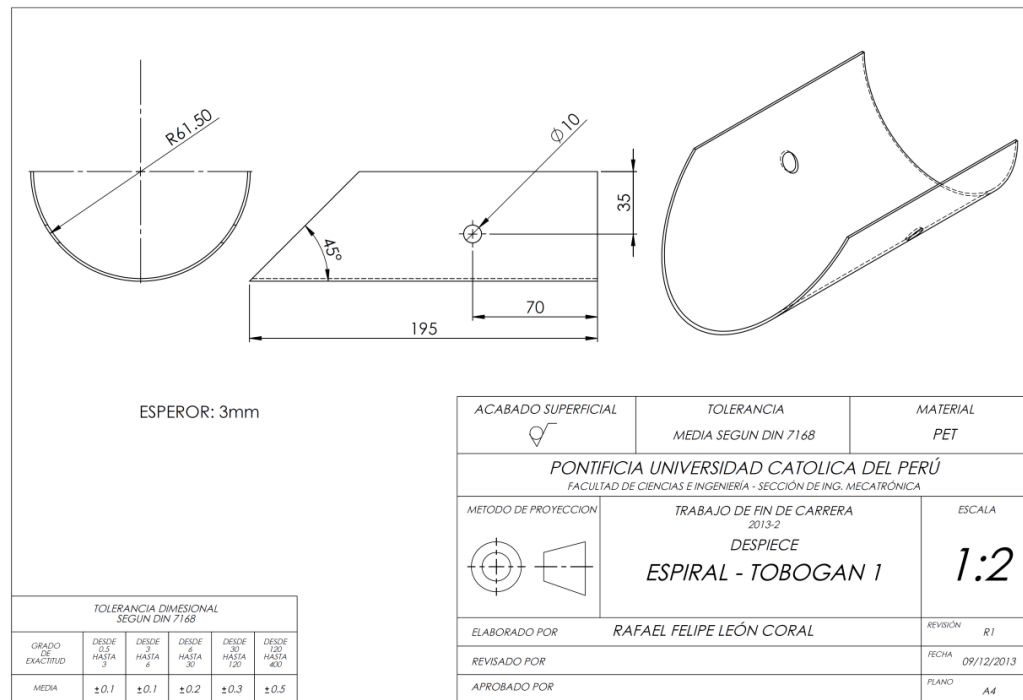


Figura. 3.3.1 – 13: Plano de despiece del tobogán 1. Fuente: Elaboración propia.

V. Tobogán 2

El tobogán 2 (mostrado en la figura 3.3.1 – 14) se encuentra en el segundo nivel de la caja interactiva (ensamblado al tubo). Esta hecho de PE y tiene un espesor de 3mm. La función principal que cumple es conectar la trayectoria de la pelota entre el riel superior y el riel inferior. Asimismo, permitirá el traslado de la pelota ya que se encuentra fijo y no habrá interrupciones aunque pase por el tubo como intermedio de la conexión.

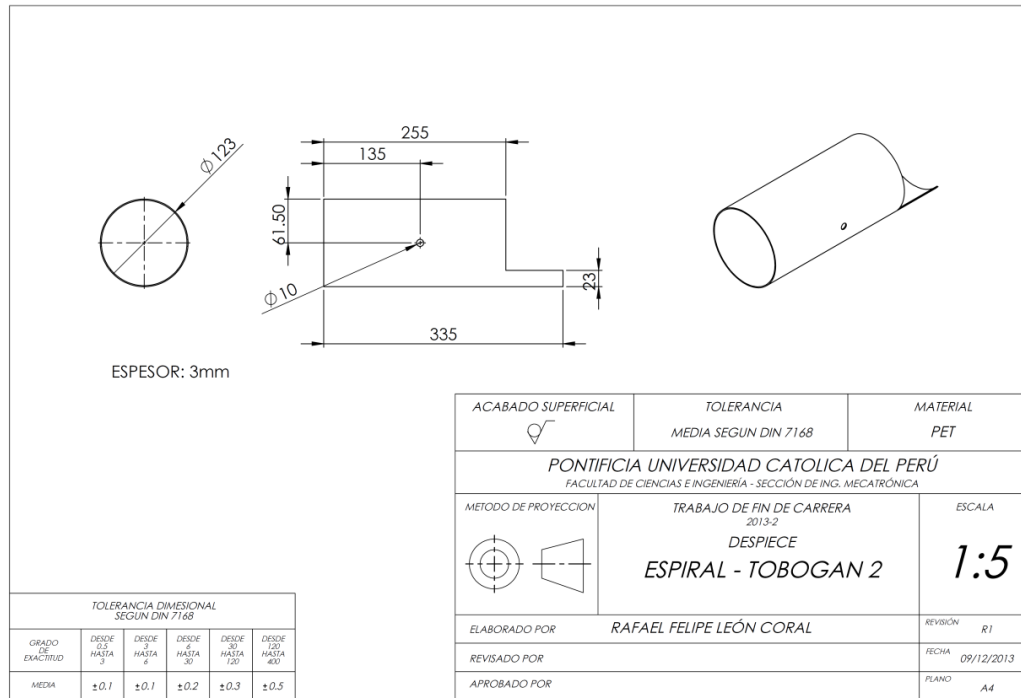


Figura. 3.3.1 – 14: Plano de despiece del tobogán 2. Fuente: Elaboración propia.

VI. Espiral

El espiral (ver figuras 3.3.1 – 15, 16, 17, 18, 19) se encuentra en el segundo y tercer nivel de la caja interactiva. Esta hecho de madera y consta de 5 partes: tres aros (sirven de apoyo para la pelota), cuña (ayuda a que la pelota se posicione aleatoriamente), y el perfil (mantiene unido todas las piezas). Tiene como función principal que la pelota se desplace sobre ella.

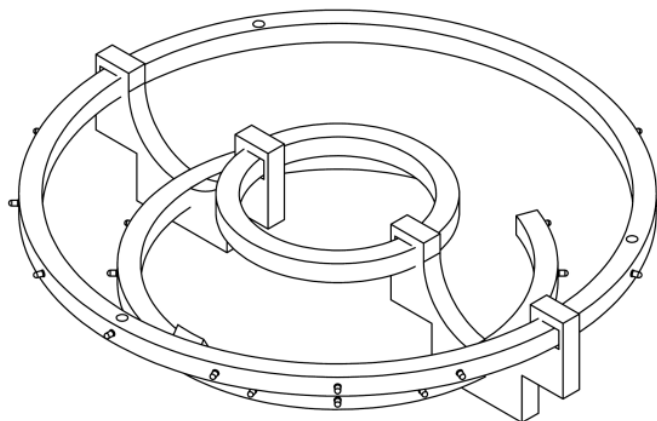


Figura. 3.3.1 –15: Vista isométrica del ensamble del espiral. Fuente: Elaboración propia.

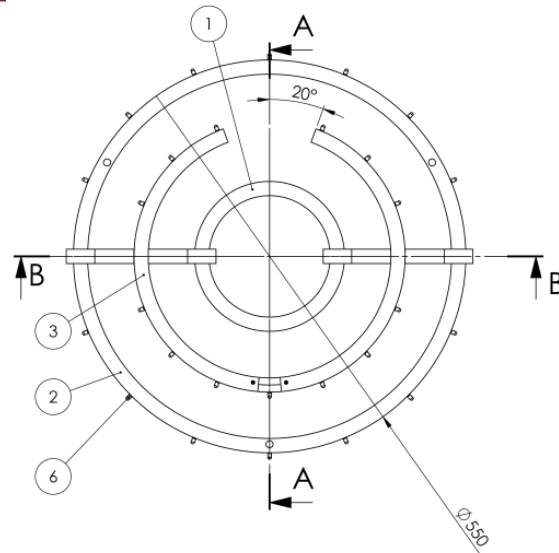


Figura. 3.3.1 – 16: Vista superior del ensamble del espiral. Fuente: Elaboración propia.

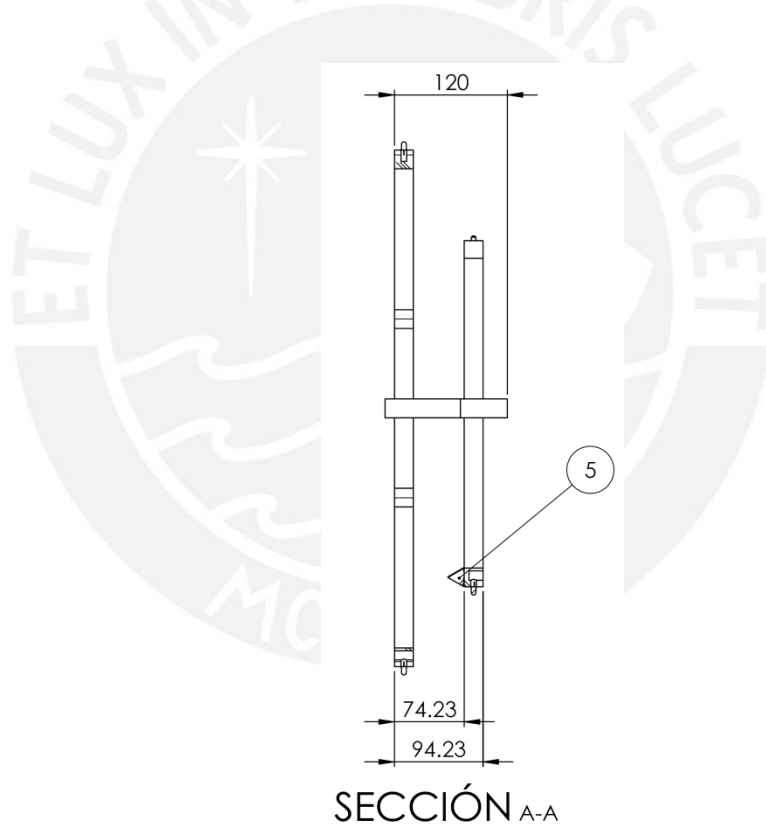


Figura. 3.3.1 – 17: Vista de sección A-A del ensamble del espiral. Fuente: Elaboración propia.

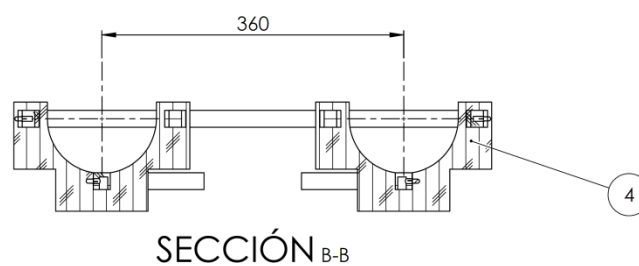


Figura. 3.3.1 – 18: Vista de sección B-B del ensamble del espiral. Fuente: Elaboración propia.

6	32	LED RGB			YSL-R596CR3G4B5C-C10
5	1	ESPIRAL - CUÑA	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
4	2	ESPIRAL - PERFIL	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
3	1	ESPIRAL - RIEL C	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
2	1	ESPIRAL - RIEL A	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
1	1	ESPIRAL - RIEL B	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
<i>POS</i>	<i>CANT</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>MATERIAL</i>	<i>OBSERVACIONES</i>

Figura. 3.3.1 – 19: Lista de elementos del ensamble del espiral. Fuente: Elaboración propia.

VII. Salida

La salida (ver figura 3.3.1 – 19, 20, 21, 22, 23) se encuentra ubicada en el primer nivel de la caja interactiva. Está hecho totalmente de madera y unido por tornillos. Consta de dos tipos de pieza: la pirámide y la rampa. Su función principal es trasladar la pelota a una de las cuatro salidas de manera aleatoria, debido a que al caer sobre la pirámide (proveniente del tubo) la geometría de la pieza lo obligará a deslizarse por una de las rampas.

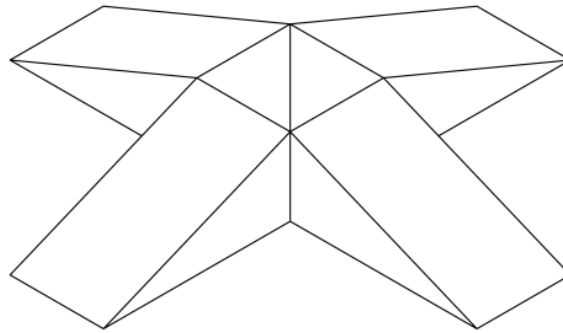


Figura. 3.3.1 – 20: Vista isométrica del ensamble de la salida. Fuente: Elaboración propia.

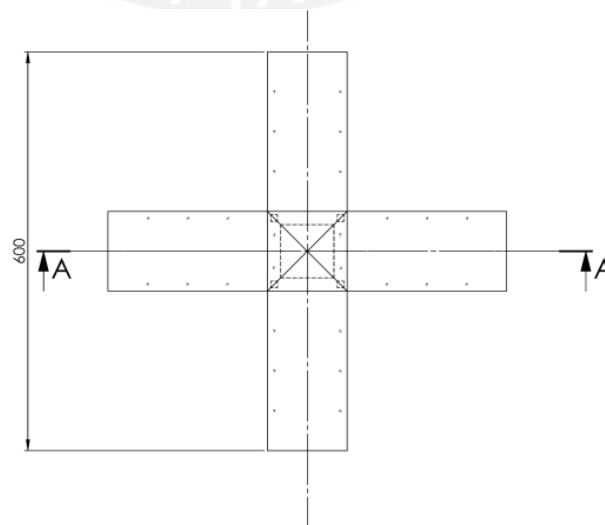


Figura. 3.3.1 – 21: Vista inferior del ensamble de la salida. Fuente: Elaboración propia.

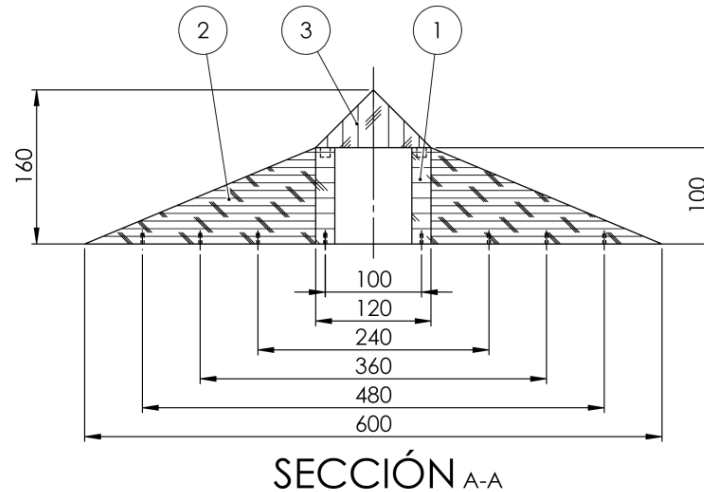


Figura. 3.3.1 – 22: Vista de sección A-A del ensamble de la salida. Fuente: Elaboración propia.

3	1	SALIDA - CUÑA	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
2	4	SALIDA - PENDIENTE	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
1	1	SALIDA - BASE	NMX-C-239	PINO	NORMA MEXICANA
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

Figura. 3.3.1 – 23: Lista de elementos del ensamble de la salida. Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Pelota

La pelota (ver figuras 3.3.2 – 1, 2, 3, 4, 5) es uno de los dos subsistemas del módulo interactivo. Está compuesto de 7 piezas: la carcasa A, la carcasa B, el motor, la batería 9v, el eje, el almacén e interruptor. Su principal función es trasladarse de forma aleatoria debido a que el soporte de batería, representa una carga excéntrica respecto a su eje de giro.

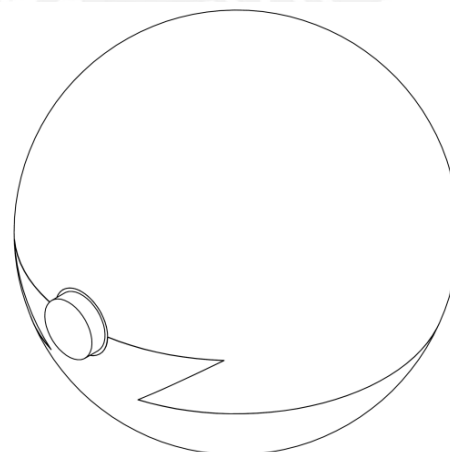


Figura. 3.3.2 –1: Vista isométrica del ensamble de la salida. Fuente: Elaboración propia.

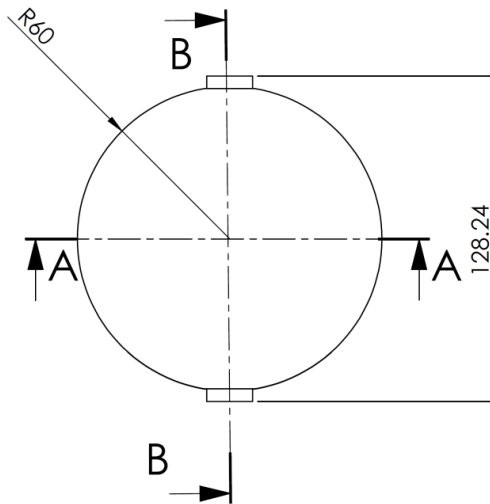


Figura. 3.3.2 – 2: Vista superior del ensamble de la pelota. Fuente: Elaboración propia.

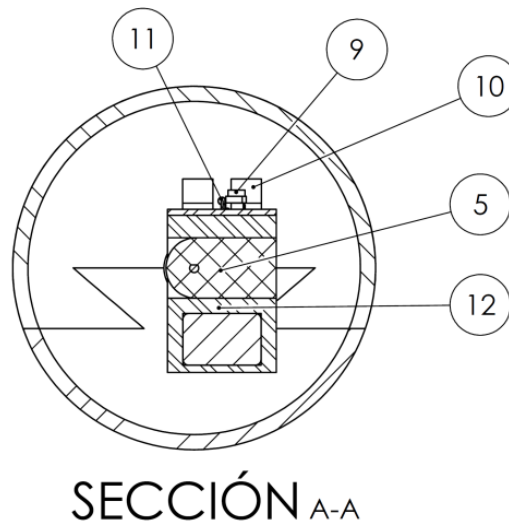


Figura. 3.3.2 – 3: Vista de sección A-A del ensamble de la pelota. Fuente: Elaboración propia.

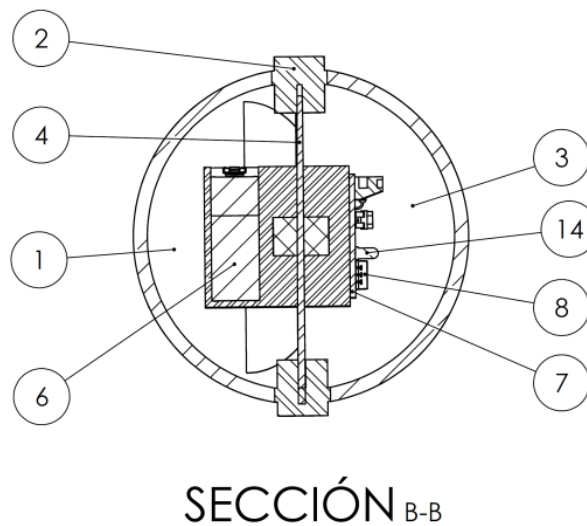


Figura. 3.3.2 – 4: Vista de sección B-B del ensamble de la pelota. Fuente: Elaboración propia.

14	1	LED RGB			YSL-R596CR3G4B5C-C10
13	1	TORNILLOS M3 x 10mm	DIN 1152	Cr3+	
12	1	DEPOSITO DE BATERIA		HDPE	
11	1	RESISTENCIA 100K			
10	2	BORNERA			
9	1	POTENCIOMETRO 1M			
8	1	REGULADOR DE VOLTAJE (5V)			CI 7805
7	1	BAQUELITA 4.3cm x 2.9cm			
6	1	BATERIA DE 9V DURACELL			MODELO 6LR61
5	1	MINIPLASTIC GEAR MOTOR 180:1 9VC			POLOLU
4	1	EJE	AISI/ASTM	6061 T6	ALEACION DE ALUMINIO
3	1	CARCASA B	ISO 1183	PET	
2	1	CARCASA A	ISO 1183	PET	
1	2	PULSADOR			
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

Figura. 3.3.2 – 5: Lista de elementos del ensamble de la pelota. Fuente: Elaboración propia.

I. Depósito de batería

El depósito de batería (ver figura 3.3.2 – 6) se encuentra en la parte interior de la pelota. Está hecho de HDPE puesto que, es un material fácil de mecanizar. Tiene como función principal poder almacenar la batería de 9v, que alimenta al sistema, y permitir el ensamble con el motor (para formar una solo bloque). También, permite la sujeción de la tarjeta electrónica que permitirá tener control del sistema.

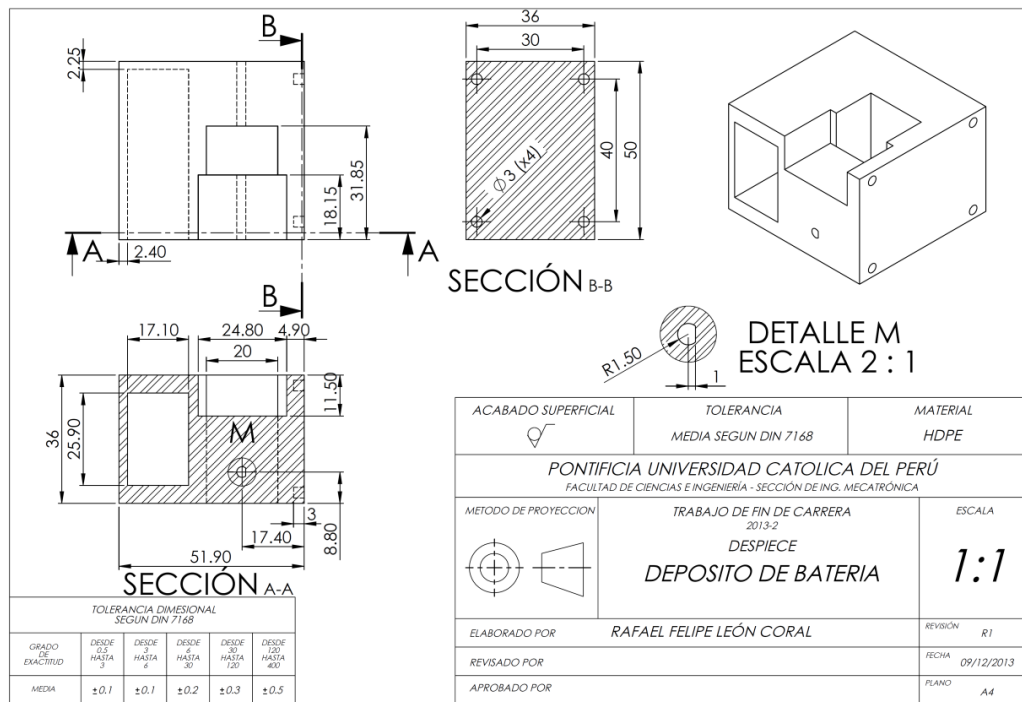


Figura. 3.3.2 – 6: Plano de despiece del depósito de batería. Fuente: Elaboración propia.

II. Carcasa A:

La carcasa A (ver figura 3.3.2 – 7) es una de las piezas que conforman la parte exterior de la pelota. Esta hecho de PE debido a que se requiere pureza, porque estará en contacto con el niño. Su función principal, poder almacenar las piezas que conforman el sistema de control, alimentación y actuador de la pelota.

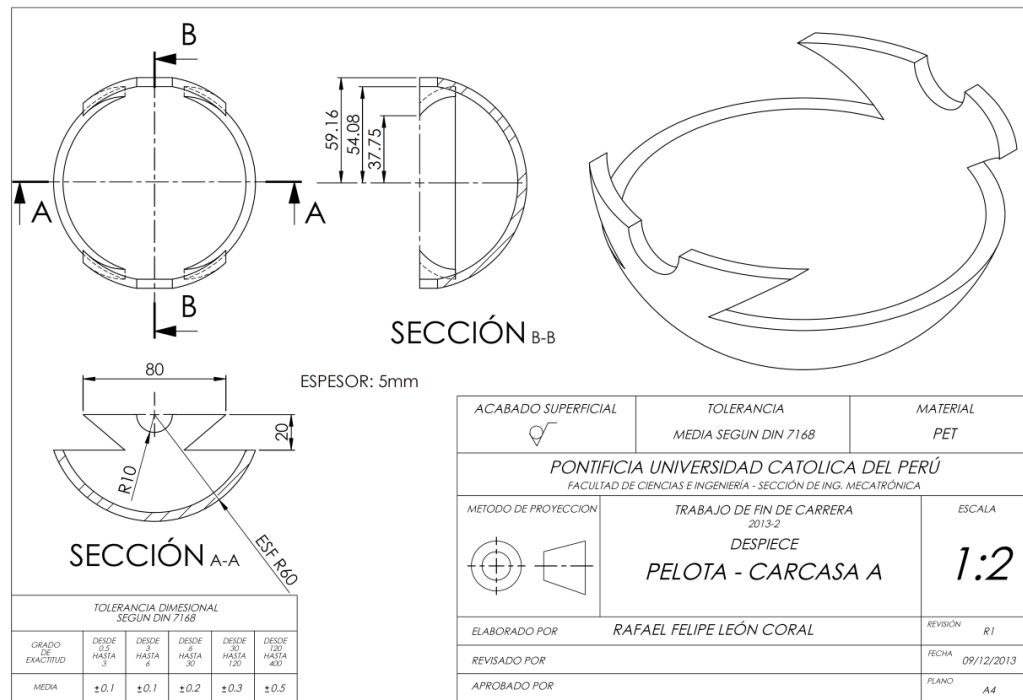


Figura. 3.3.2 – 7: Plano de despiece de la carcasa A. Fuente: Elaboración propia.

III. Carcasa B

La carcasa B (ver figura 3.3.2 – 8) es una de las piezas que conforman la parte exterior de la pelota. Esta hecho de PE debido a que se requiere pureza porque estará en contacto con el niño. Tiene como función principal poder almacenar las piezas que conforman el sistema de control, alimentación y actuador de la pelota.

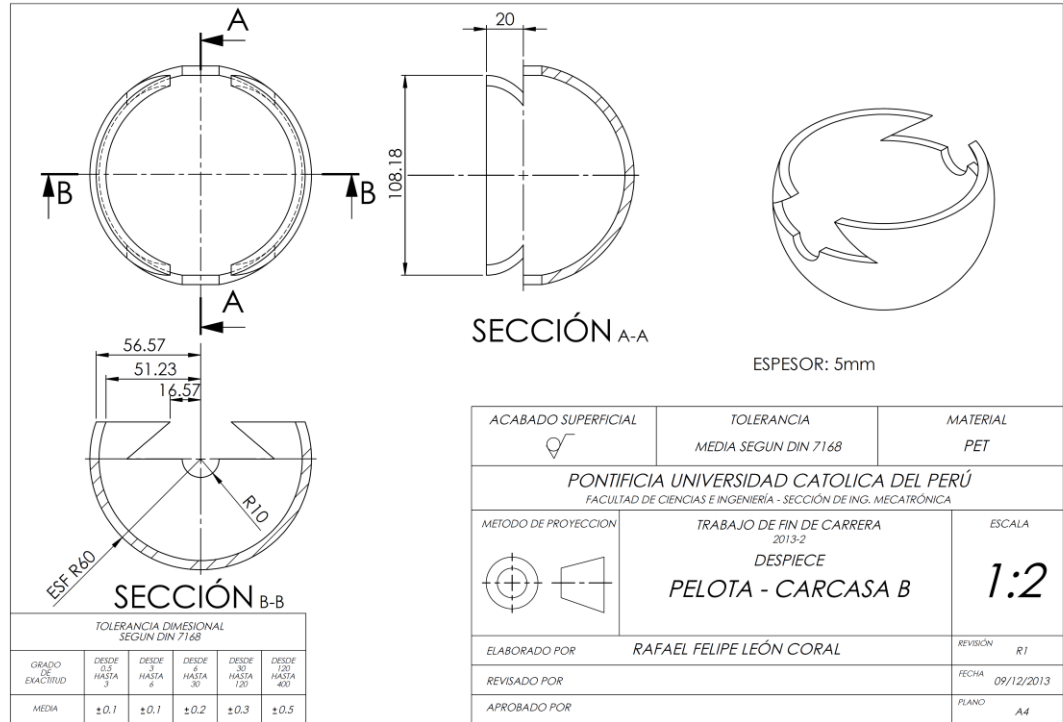


Figura. 3.3.2 – 8: Plano de despiece de la carcasa B. Fuente: Elaboración propia.

3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico

A continuación, se va a presentar los planos esquemáticos del sistema mecatrónico. Si se requiere conocer a mayores detalles, verificar el anexo 11: planos electrónicos.

3.4.1 Caja interactiva

I. Tarjeta del microcontrolador

La tarjeta del microcontrolador (ver figura 3.4.1 – 1) estará ubicada en la parte inferior de la caja interactiva. Se va alimentar con una fuente digital de 5v, cuya función principal será tomar el control de la interacción de la pelota y caja. El controlador que se usará es el Atmega16 (AVR) debido a las tres señales PWM que generan y el número de pines disponibles. Además, cabe resaltar que el microcontrolador deberá recepcionar la señal que generen los cuatro LDRs (dos por cada nivel), generar las señales pwm (para el encendido de los leds), enviar una trama de dato (para poder controlar la secuencia de encendido de leds con el shift register).

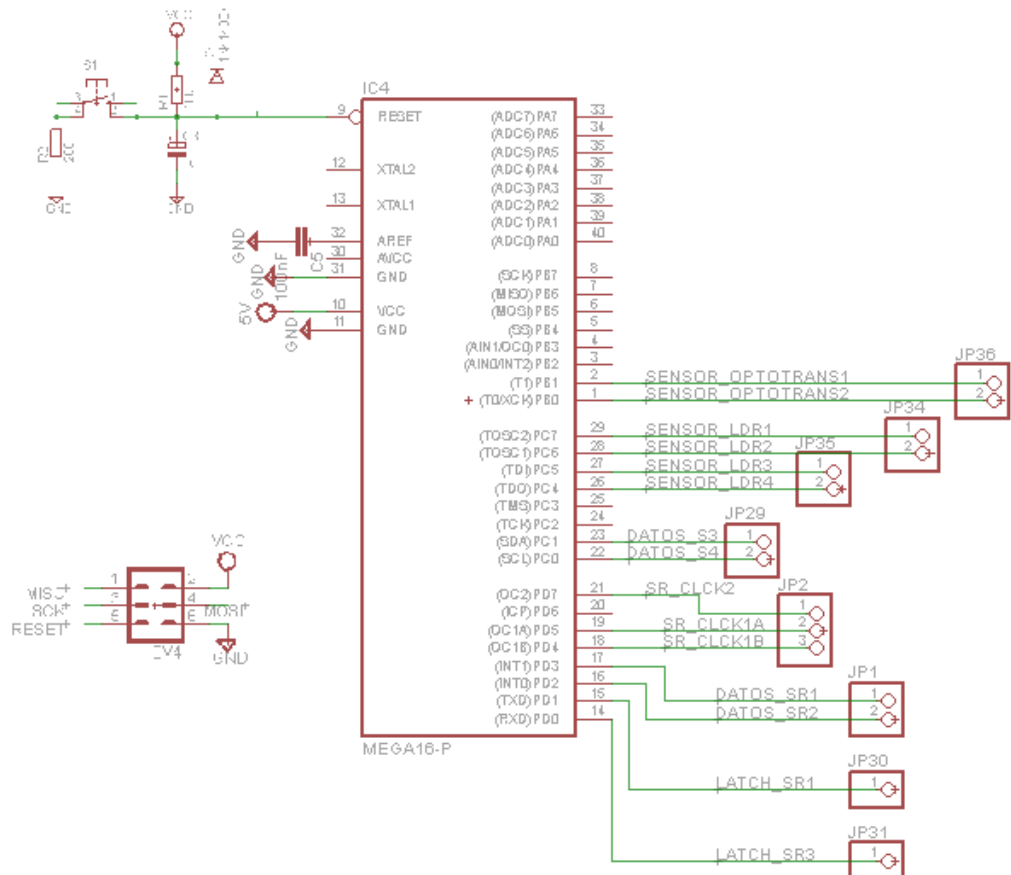


Figura. 3.4.1 – 1: Plano esquemático del microcontrolador. Fuente: Elaboración propia.

II. Tarjetas de leds RGB

La tarjeta de leds RGB (ver figura 3.4.1 – 2) se encontrará ubicado en la parte inferior de la caja. Esta diseñada por treinta y dos leds RGB automáticos, dos shift registers, ocho transistores NPN y condensadores. La tarjeta funciona de la siguiente manera:

El shift register recibe la data del microcontrolador (8 bits en secuencia) de tal forma que cada bit hace referencia a cada línea para controlar.

Cuando se activa una salida del shift register, se activará un transistor NPN. El transistor funcionará como interruptor eléctrico, dándole paso a una fuente de alimentación de 7.5v. Se diseñó este arreglo debido a que el voltaje que emita cada salida del shift register se limita a un rango de 1.5v a 2v y no es suficiente para encender un led RGB. El led se encenderá según la secuencia enviada desde el microcontrolador.

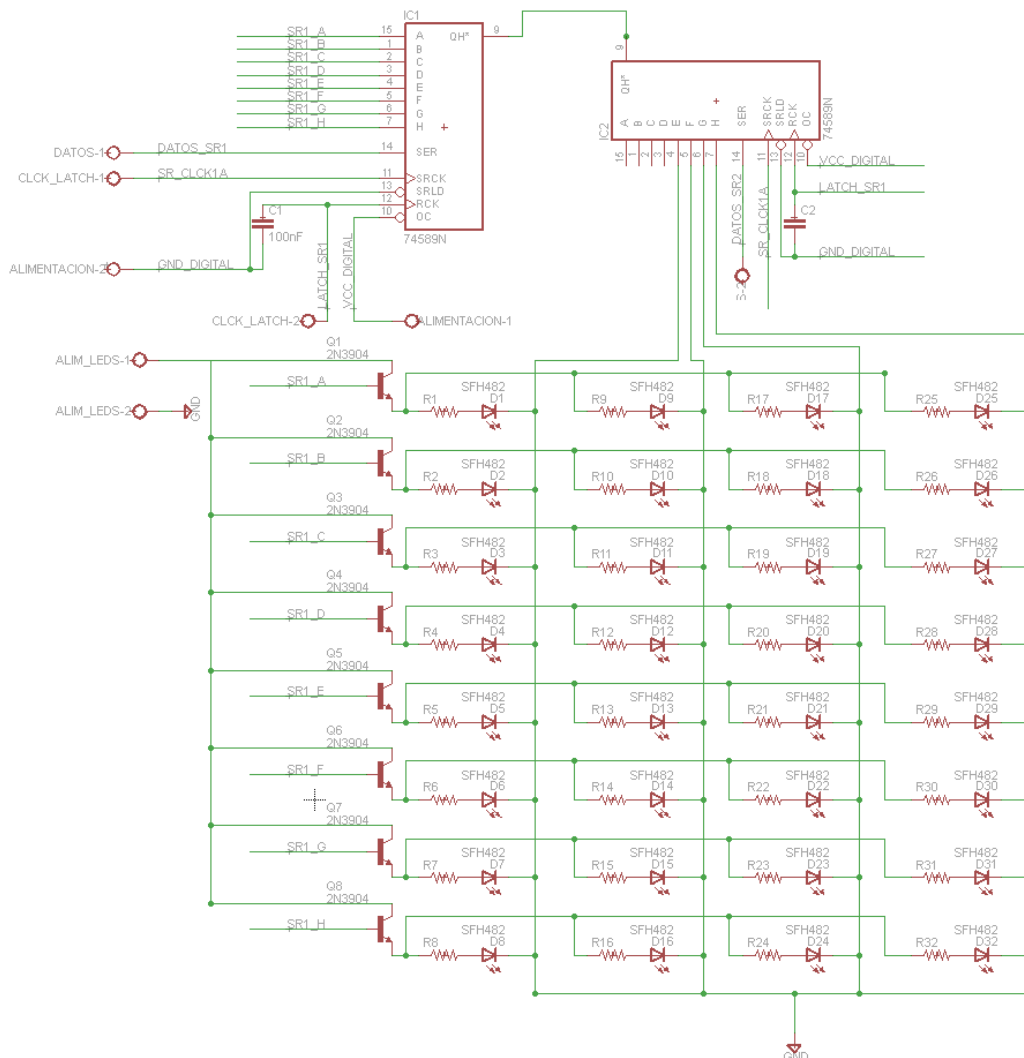


Figura. 3.4.1 – 2: Plano esquemático de los leds RGB. Fuente: Elaboración propia.

III. Tarjeta de LDR

La tarjeta de LDR (ver figura 3.4.1 – 3) se encontrará ubicada en el riel de madera, es decir, estarán alrededor de la cuña del riel en los dos niveles (dos unidades por cada nivel). El sistema será alimentado por una fuente de 7.5v. Su funcionamiento se basa en:

Si no detecta el paso de la pelota (cuando se le emite luz al LDR), su resistencia disminuirá al valor de 50 K Ω . En consecuencia, al estar en un sistema de divisor de voltaje, se le enviará un voltaje de 3.75v (nivel alto) al microcontrolador.

Si detecta el paso de la pelota (cuando no se le emite luz al LDR), su resistencia aumentará al valor de 1 M Ω . En consecuencia, al estar en un sistema de divisor de voltaje, se le enviará un voltaje de 0.37v (nivel bajo) al microcontrolador.

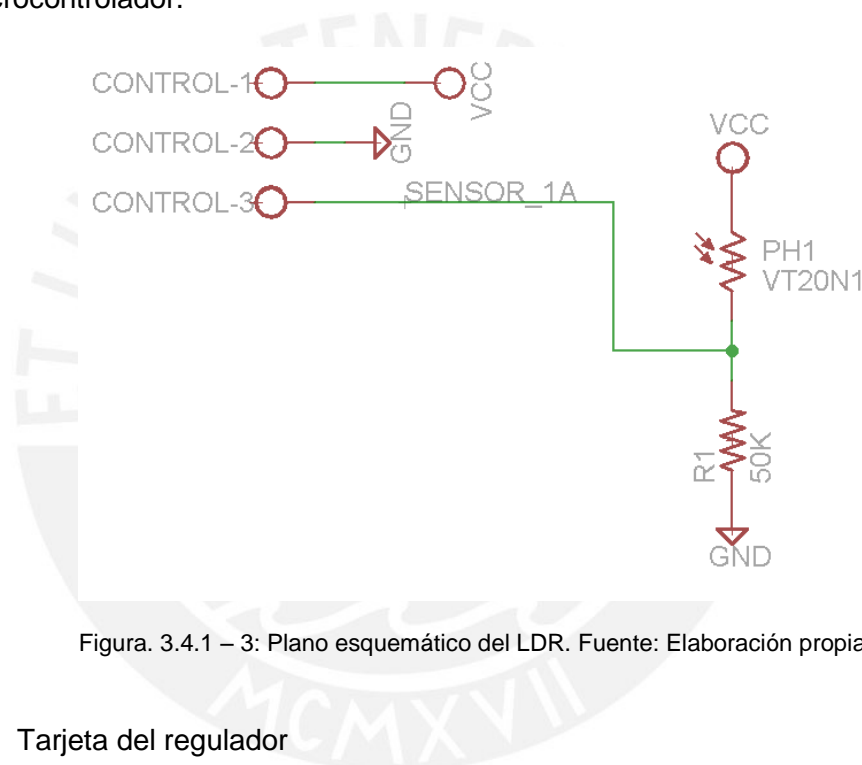


Figura. 3.4.1 – 3: Plano esquemático del LDR. Fuente: Elaboración propia.

IV. Tarjeta del regulador

La tarjeta del regulador se encuentra en la parte inferior de la caja. Su función básicamente es regular el voltaje de entrada del arreglo de pilas tipo D (7.5v y 1000 mA) a un salida de 5v (máx. 1 A). Se usará para la alimentación digital de la tarjeta del microcontrolador, leds RGB y tarjeta de sonido.

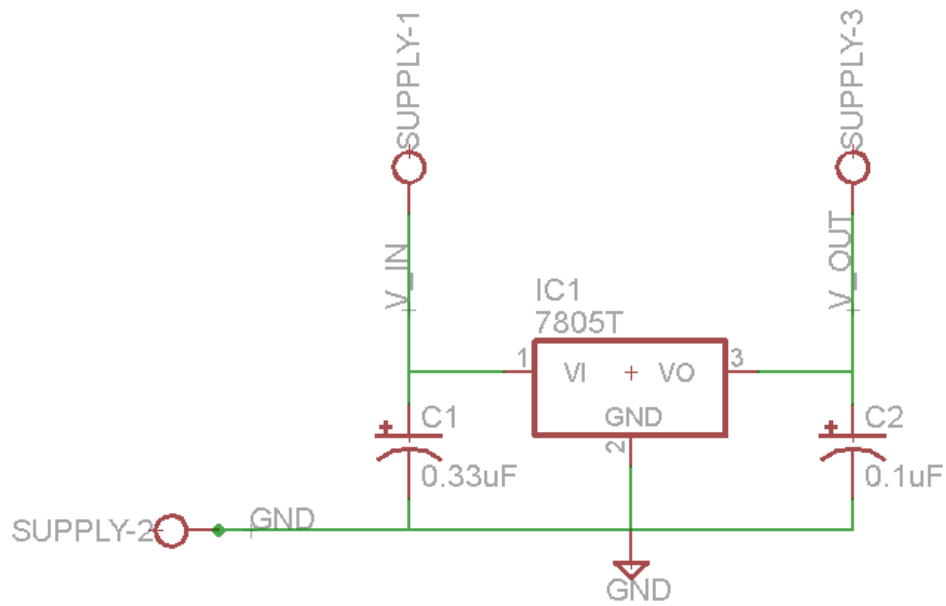


Figura. 3.4.1 – 4: Plano esquemático del regulador. Fuente: Elaboración propia.

V. Tarjeta de sonido

La tarjeta de sonido (ver figura 3.4.1 – 5) modelo ISD1700 del fabricante NUVOTON se encuentra en la parte superior de la caja. Tiene como función reproducir un sonido pregrabado de forma cíclica. La melodía grabada varía entre 60 a 120 segundos. Asimismo, el diseño del circuito que se muestra en la figura 3-25 es proporcionado por el fabricante en la hoja de datos (ver anexo 7: hoja de datos). La tarjeta requiere una alimentación entre 3.5v a 5.5v.

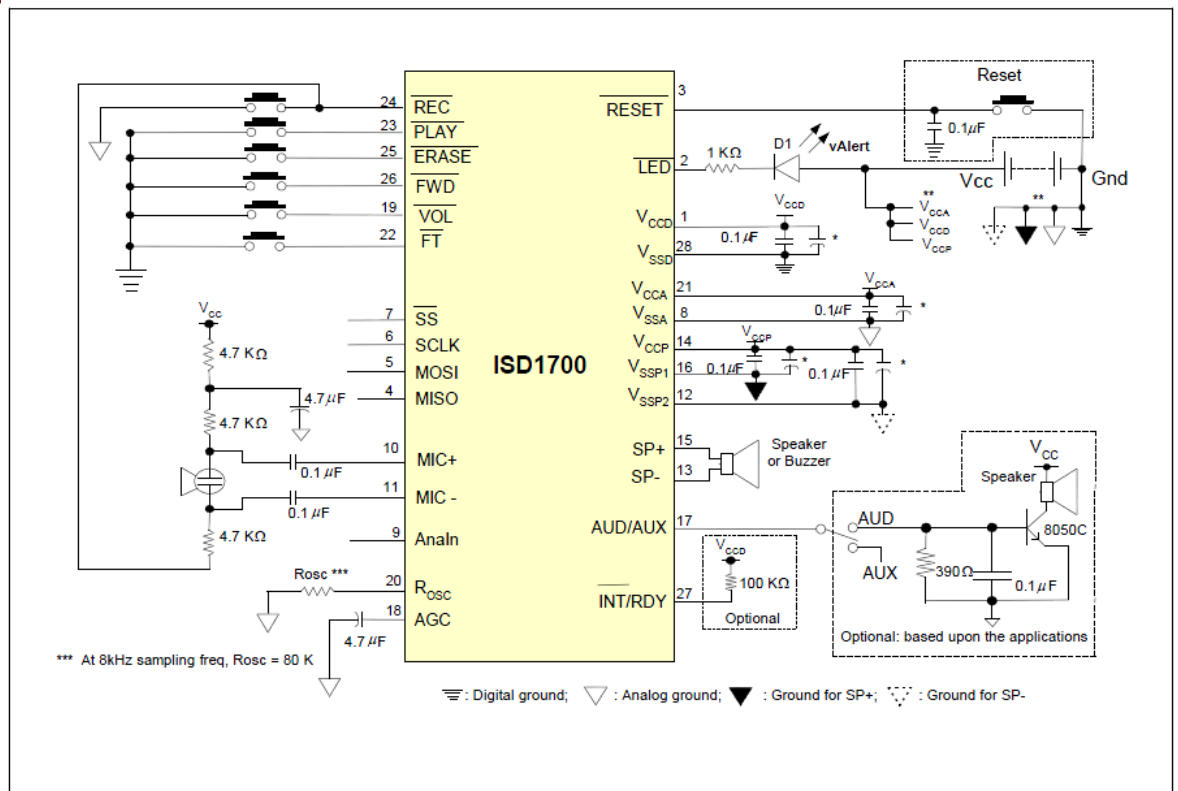


Figura. 3.4.1 – 5: Plano esquemático de la tarjeta de sonido. Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Pelota

I. Tarjeta del motor

La tarjeta del motor se ubicará dentro de la pelota y estará ensamblada junto al soporte de batería. La función de este circuito será mantener encendido el motor por un rango de tiempo; es decir, el CI SE555N (temporizador) mantendrá su salida en nivel alto dependiendo a la relación entre el potenciómetro ($1\text{ M}\Omega$) y la resistencia ($500\text{ K}\Omega$). Según la relación, se calculó que se mantendrá en encendido por 10.4 segundos y se apagará por 3.47 segundos (ver anexo 9: Diseño electrónico). Cada vez que esté en alto la salida del temporizador, se alimentará un mosfet de nivel digital a 2v. De esta manera el mosfet funcionará con un interruptor para alimentar el motor con la batería de 9v. Igualmente, recordemos que el diodo de protección que se conecta en paralelo con el motor, es para evitar una posible corriente de fuga que pueda haber en algún instante del encendido y el capacitor es para que el arranque del motor sea más suave.

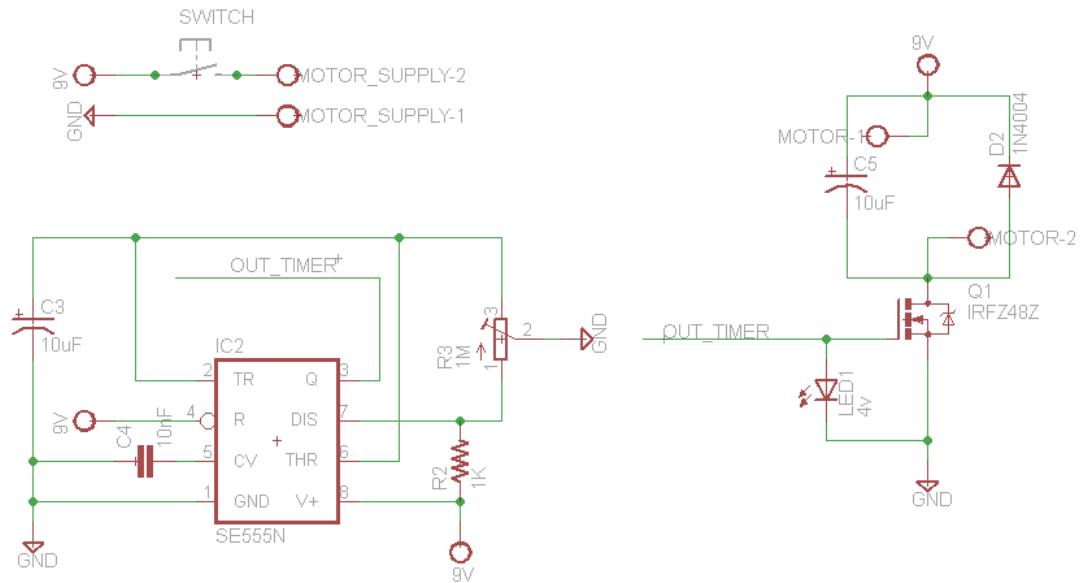
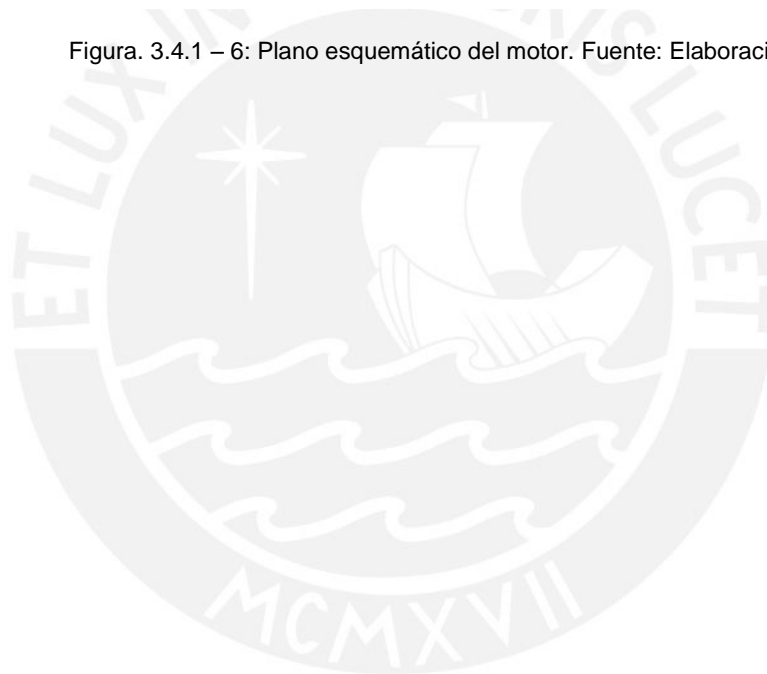


Figura. 3.4.1 – 6: Plano esquemático del motor. Fuente: Elaboración propia.



3.5 Diagrama de flujo del programa de control

A continuación, se va a presentar los diagramas de flujo de control del módulo interactivo, el cual se divide en caja interactiva y pelota (ambos funcionarán mientras se presione el pulsador que tiene cada sistema). De igual manera, cabe resaltar que la única forma de que interactúen ambas partes (dos sistemas independientes) será a través del usuario. Por ello, se va a mostrar el diagrama de flujo del usuario (ver figura 3.5.1 – 1) ya que, es importante como va evolucionando las habilidades del niño al interactuar con el módulo.

3.5.1 Diagrama de flujo del usuario

I. Usuario (Principal)

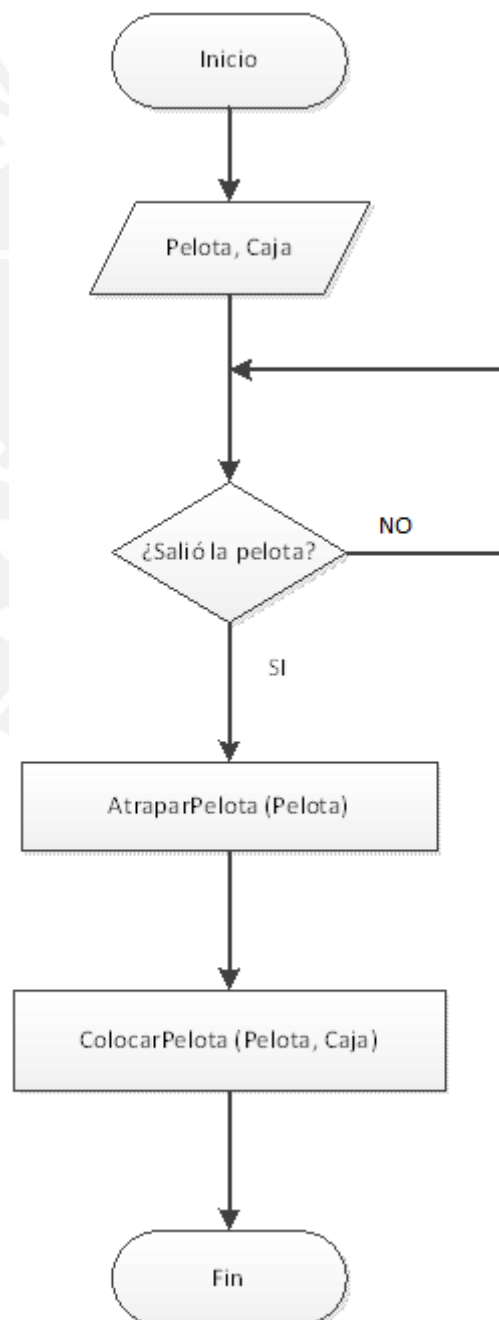


Figura. 3.5.1 – 1: Diagrama de flujo del usuario (Principal). Fuente: Elaboración propia.

II. Usuario – AtraparPelota (Procedimiento)

El procedimiento AtraparPelota (ver figura 3.5.1 – 2) se basa en actividades que el niño va desarrollando en cadena desde que decide ir a atrapar la pelota del módulo. El niño al observar la pelota, amplía su rango de visión de tal forma que pueda visualizar el objeto de interés. Por otra parte, el saber atraparla implica que el infante ha desarrollado el plan (psico) que le permita obtener la pelota de manera eficaz. Por último, al saber que extremidad mover, el niño pondrá en práctica el plan que desarrollo con el uso de sus extremidades (psicomotriz). De tal forma que pueda mover algunas o todas las partes de su cuerpo para conseguirlo.

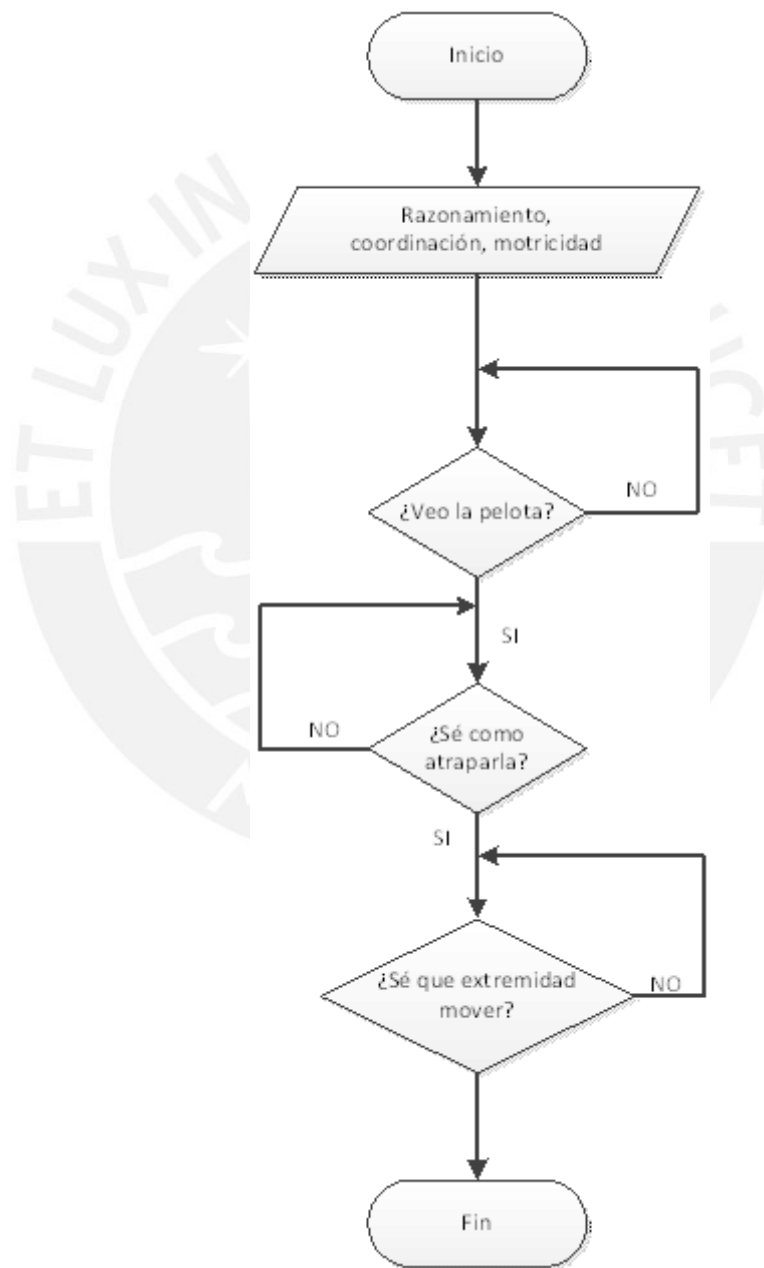


Figura. 3.5.1 – 2: Diagrama de flujo de AtraparPelota (Procedimiento). Fuente: Elaboración propia.

III. Usuario – ColocarPelota (Procedimiento)

El procedimiento ColocarPelota (ver figura 3.5.1 – 3) tiene funciones similares al procedimiento anterior. Sin embargo, se diferencia en su última etapa ya que, se debe coordinar con sus manos para que la pelota ingrese a la caja interactiva con mucho cuidado. De lo contrario, la pelota se le escapará de las mismas y deberá regresar a la etapa anterior.

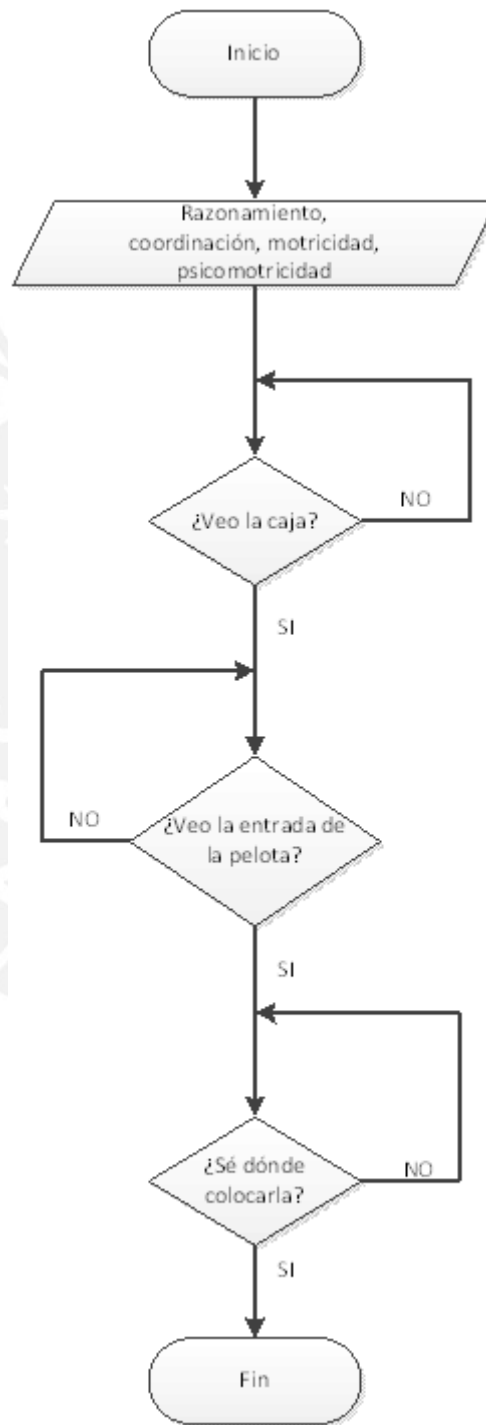


Figura. 3.5.1 – 3: Diagrama de flujo de ColocarPelota (Procedimiento). Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Diagrama de flujo del módulo

I. Pelota (Principal)

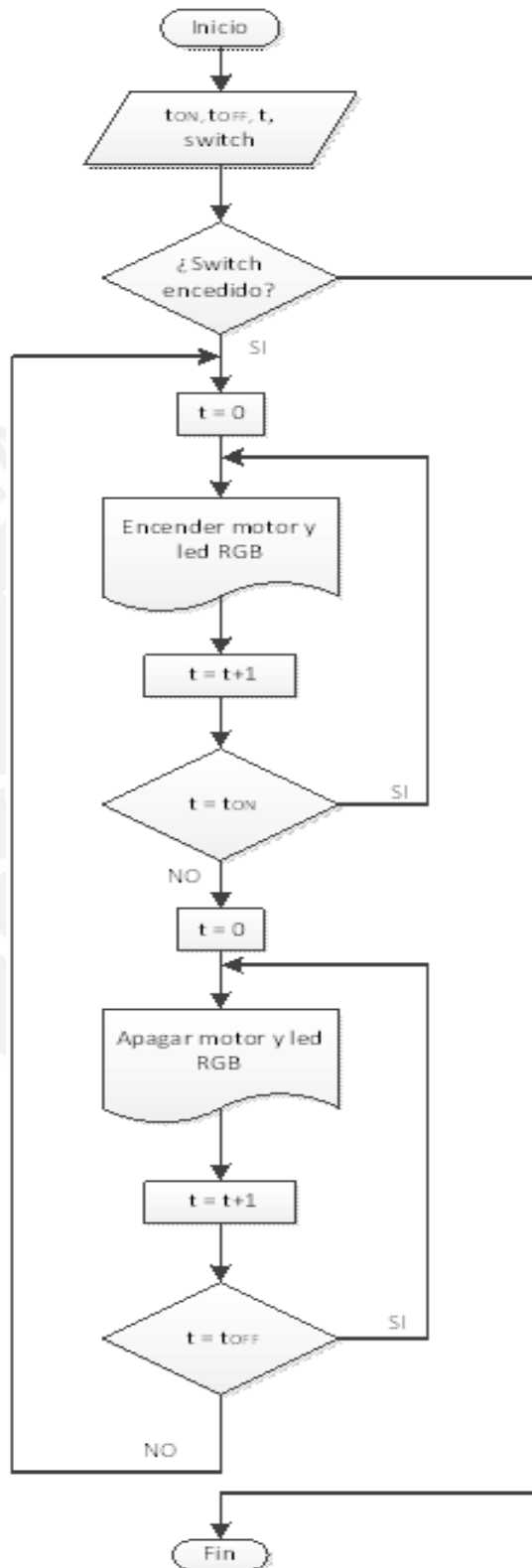


Figura. 3.5.2 – 1: Diagrama de flujo de la pelota (Principal). Fuente: Elaboración propia.

El diagrama de flujo de la pelota es uno de los dos sistemas que conforman el módulo (ver figura 3.5.2 – 1). El sistema de control de la pelota se basa en mantener un tiempo de encendido y apagado del motor. El cual, se logra a través de CI NE555 (temporizador).

II. Caja interactiva (Principal)

El diagrama de control de la caja tiene dos etapas (ver figura 3.5.2 – 2). La primera etapa consiste en verificar si el interruptor ha sido presionado para cerrar el circuito entre el sistema de control y la batería de 9v. La segunda etapa, empezará, al controlar la activación de los actuadores mientras la pelota interactúa con la caja.

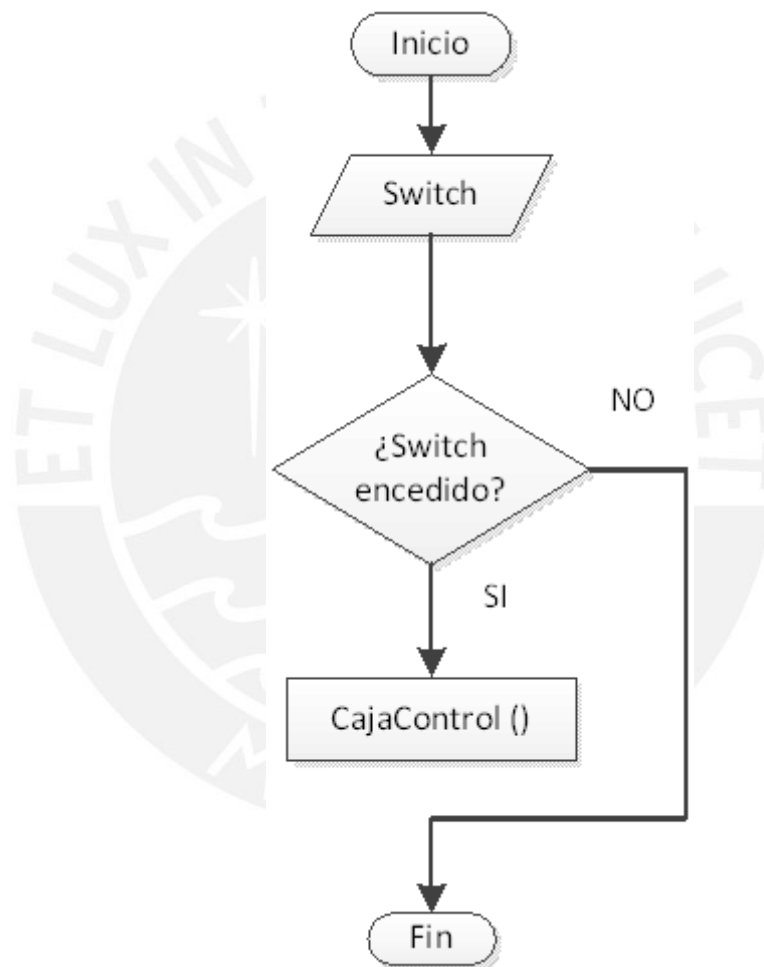
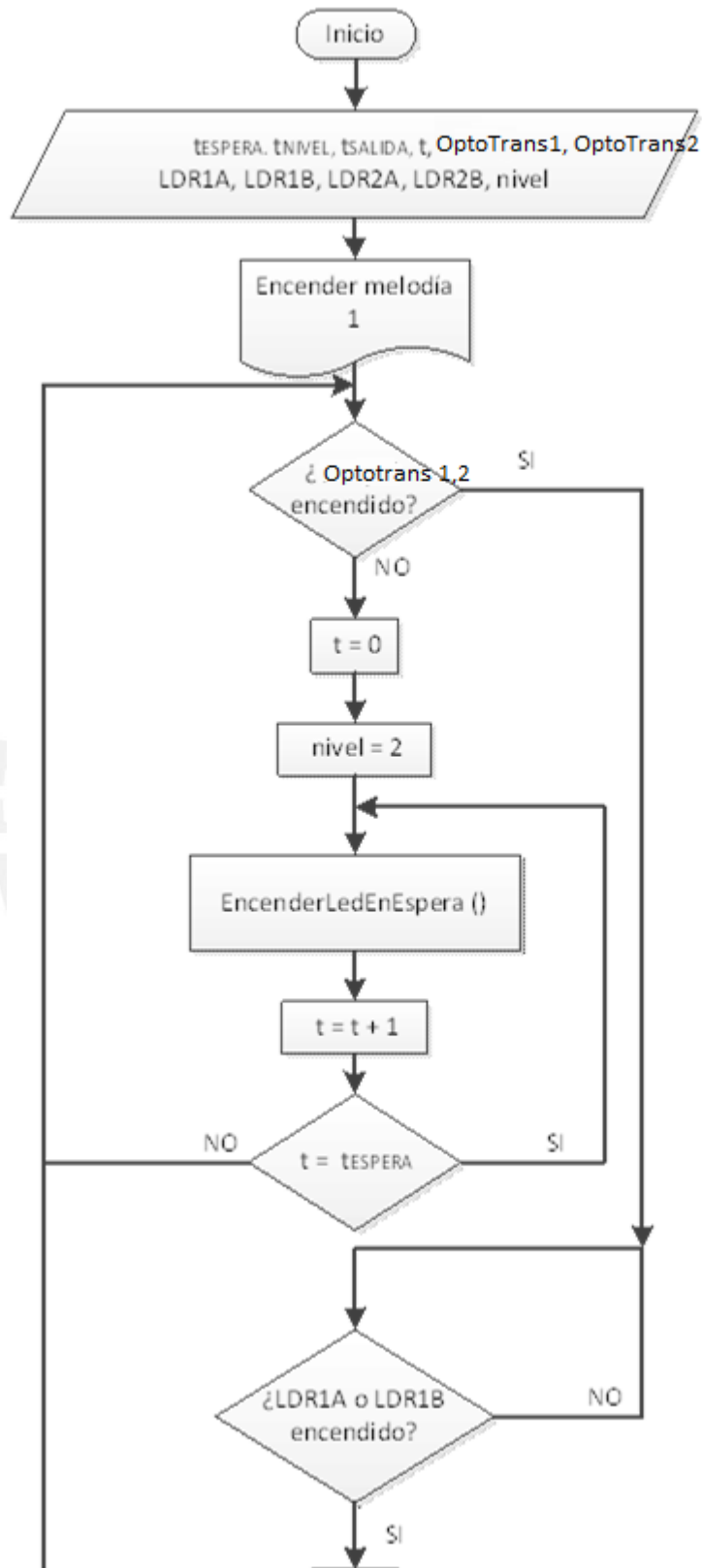
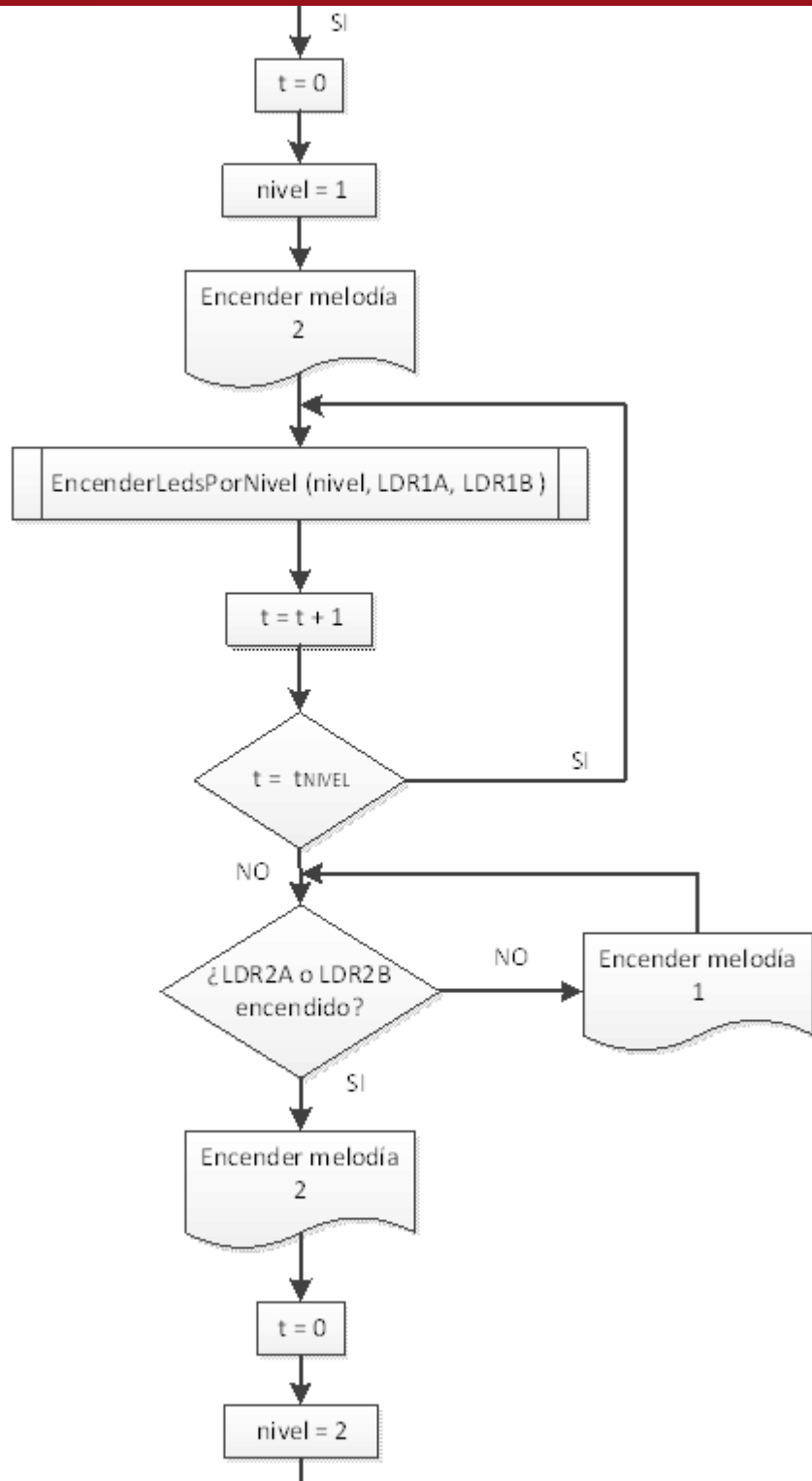


Figura. 3.5.2 – 2: Diagrama de flujo de la caja (Principal). Fuente: Elaboración propia.

III. Caja interactiva – CajaControl (Procedimiento)





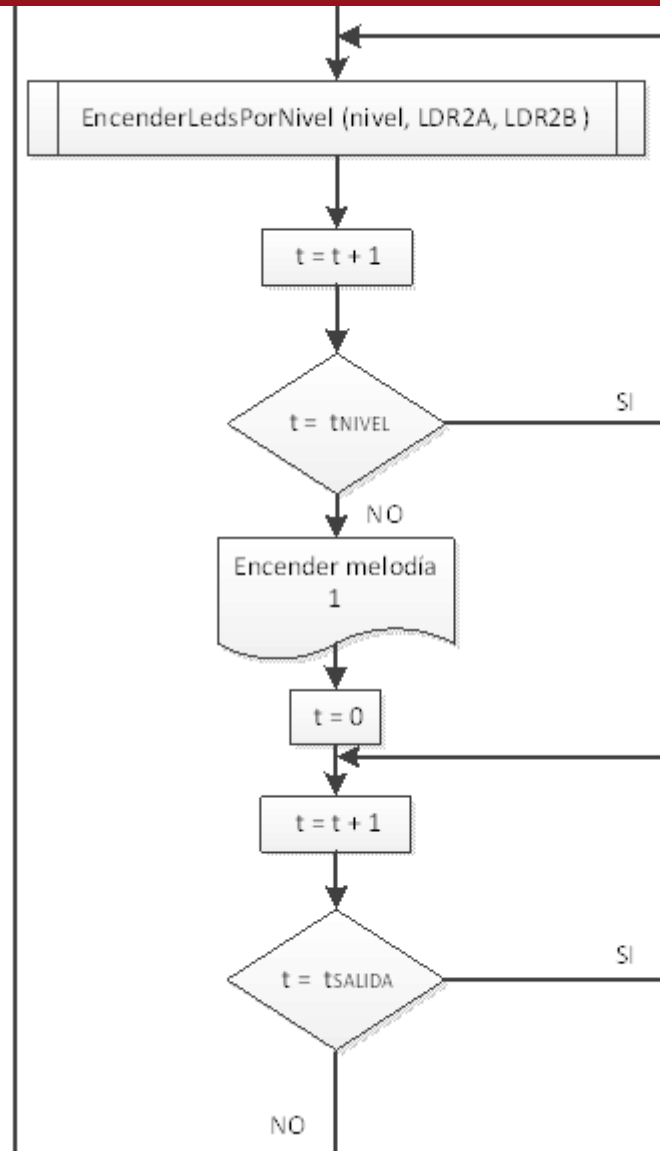


Figura. 3.5.2 – 3: Diagrama de flujo de CajaControl (Procedimiento). Fuente: Elaboración propia.

El diagrama de flujo del procedimiento CajaControl (ver figura 3.5.2 – 3) se basa en la activación de los actuadores en dos etapas. La primera etapa, consiste en activar las luces en modo de espera (EncenderLedEnEspera) y activar la melodía 1 (música general que suena cuando se detecta que la pelota está adentro). Además, está empezará a funcionar cuando se activen los optotransistores u otros transistores de la entrada. La segunda etapa, consiste en activar las luces por cada nivel y la melodía 2, las cuales se activarán cuando la pelota este pasando de un nivel a otro. Asimismo, este proceso comenzará cuando se active unos de los cuatro sensores LDR. Por último, cada etapa está temporizada (tiempo de espera, tiempo de nivel y tiempo de salida).

IV. Caja interactiva – EncenderLedEspera (Procedimiento)

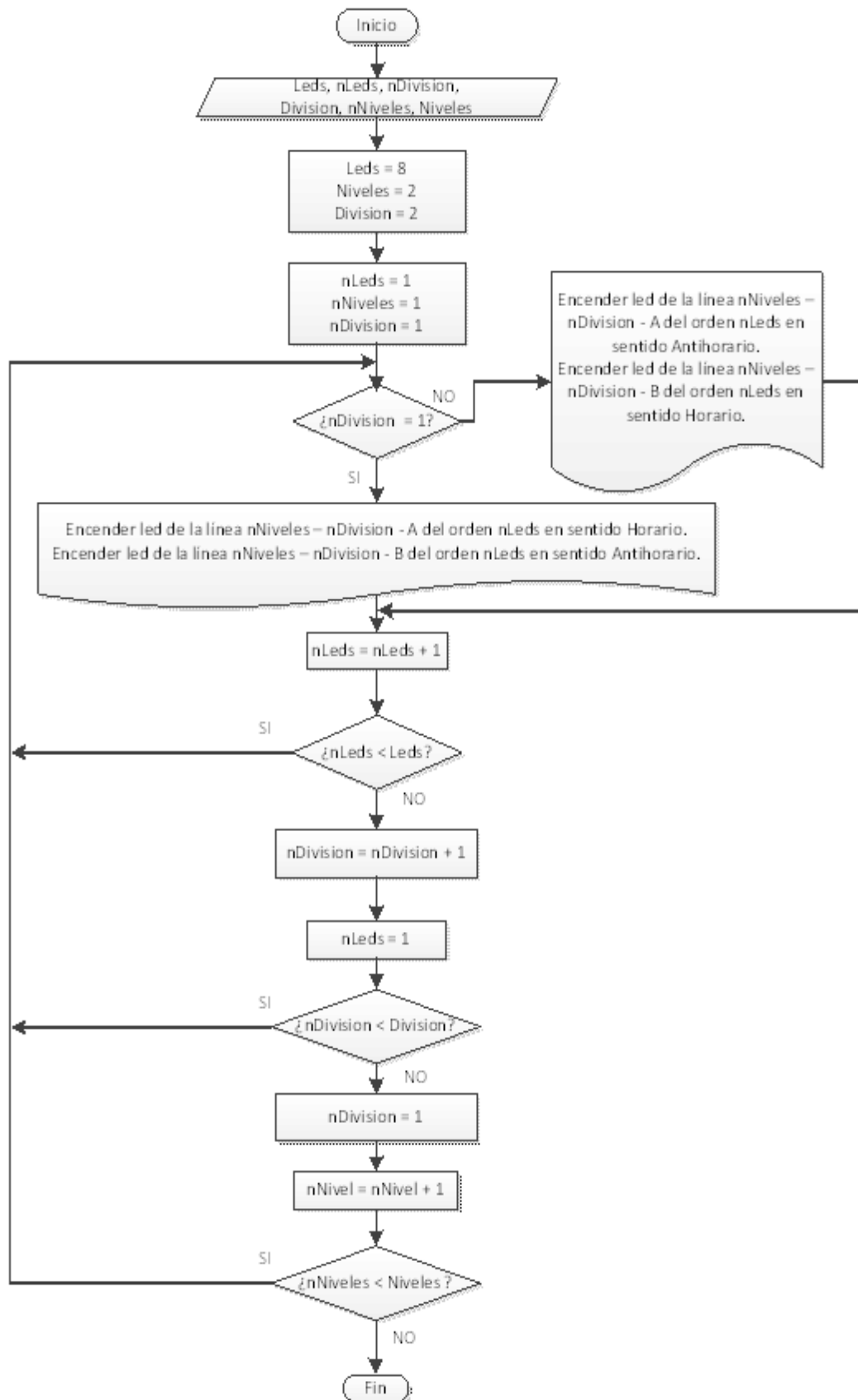
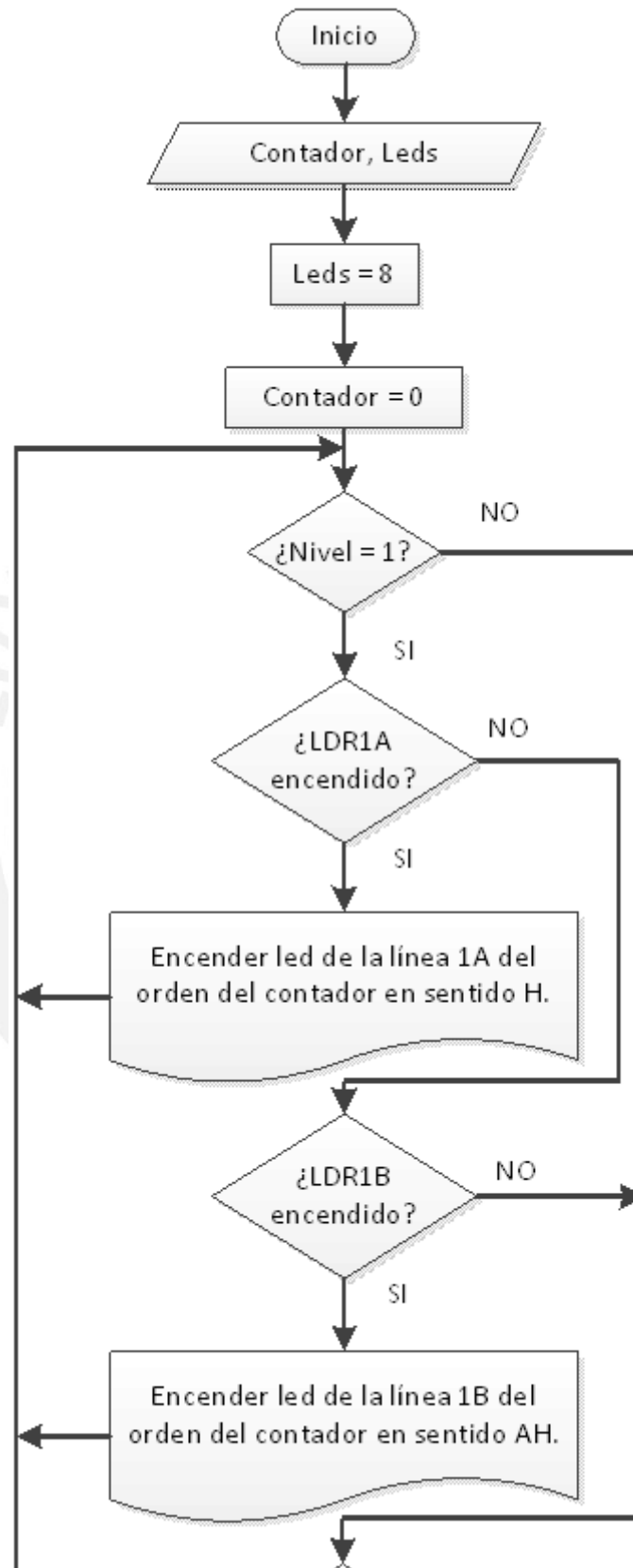


Figura. 3.5.2 – 4: Diagrama de flujo de EncenderLedEspera (Procedimiento). Fuente: Elaboración propia.

V. Caja interactiva – EncenderLedsPorNivel (Procedimiento)



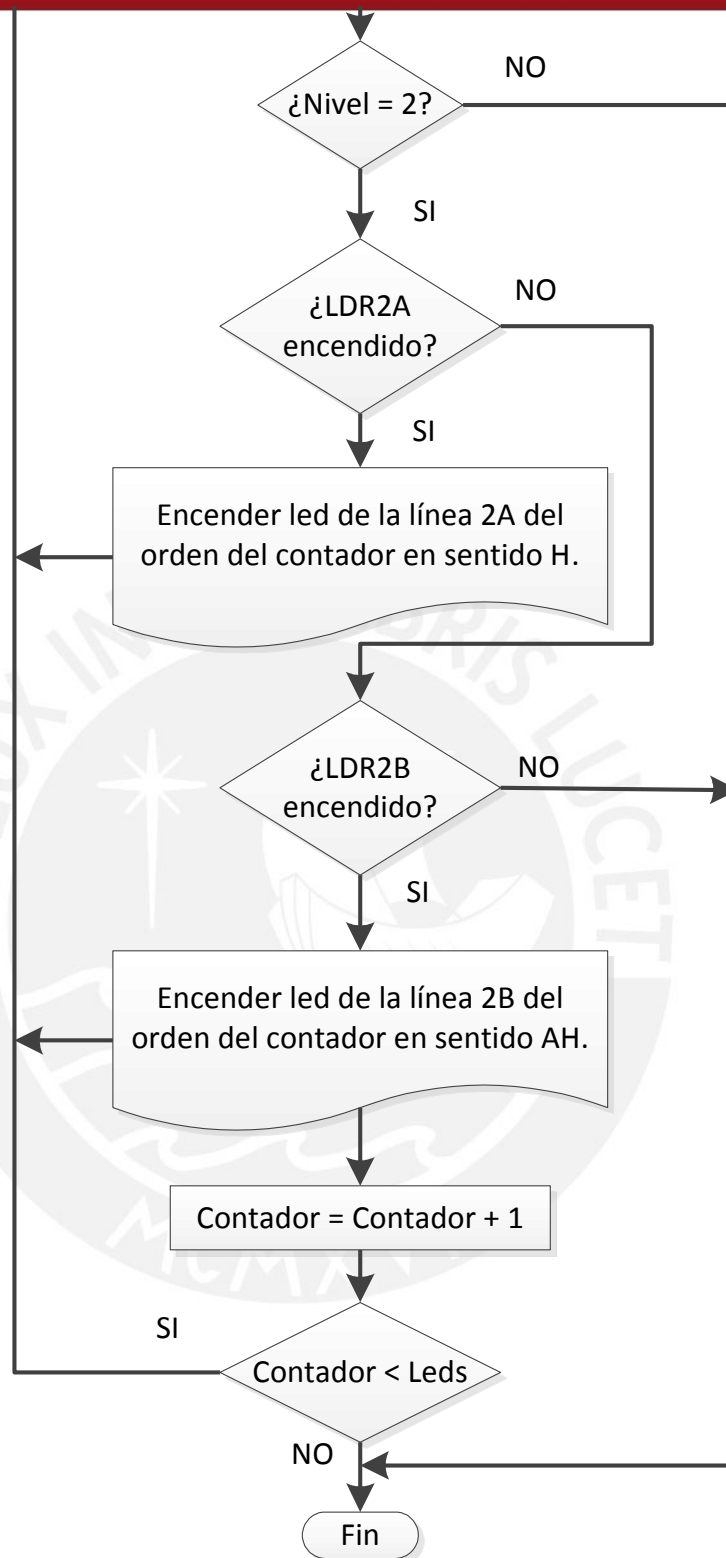


Figura. 3.5.2 – 5: Diagrama de flujo de EncenderLedsPorNivel (Procedimiento).

Capítulo 4: Presupuesto

En el siguiente capítulo, se muestra 3 tablas: tabla resumen (tabla 4-1), tabla de elementos mecánicos (tabla 4-2) y tabla de elementos electrónicos (tabla 4-3). Asimismo, se ha considerado hacer el cálculo para la producción de 10000 piezas y se usará el tipo vigente al día 5 de diciembre del 2013: 1 USD = S/2.8007. Si se desea tener mayor detalle, ver anexo 12: cotizaciones.

Sistema	Elementos	USD (\$)	Soles (S/.)
Caja interactiva	mecánicos	143.41	401.65
	electrónicos	48.56	136.00
Pelota	mecánicos	2.50	7.00
	electrónicos	13.21	36.99
Total		207.68	581.64

Tabla 4-1: Presupuesto general.

Cotización Mecánica					
Sistema	Cantidad	Descripción	Material	USD (\$)	Soles (S/.)
Caja interactiva	1	Estructura principal	Madera	8.03	22.50
	1	Soporte de bandeja	Madera	16.07	45.00
	3	Riel	Madera	21.42	60.00
	1	Soporte de salida	Madera	8.03	22.50
	2	Carcasa lateral	PET	7.95	22.27
	2	Carcasa frontal	PET	7.95	22.27
	1	Carcasa superior	PET	1.99	5.57
	1	Carcasa inferior	PET	1.99	5.57
	1	Tubo principal	PET	2.50	7.00
	1	Tobogán 1	PET	1.07	3.00
	2	Tobogán 2	PET	2.14	6.00
	2	Bandeja	PET	7.14	20.00
	8	Planchas	Acrílico	1.99	5.57
	8	Esquineras	-	21.42	60
	60	Tornillos HBS medida	Cr3+	3.57	10
	8	Placas de unión	Al 6061	30.14	84.4
Pelota	1	Carcasa A	PET	0.36	1.00
	1	Carcasa B	PET	0.36	1.00
	1	Soporte de batería	HDPE	1.79	5.00
Total				145.91	408.65

Tabla 4-2: Presupuesto de los elementos mecánicos.

Cotización Electrónica							
Sistema	Tarjeta	Código	Cant.	Descripción	USD (\$)	Soles (S/.)	
Caja interactiva	LDR		4	LDR	1.29	3.6	
			4	Resistencia 50 KΩ - 1/4W	0.14	0.4	
	7805	7805	1	Regulador de voltaje (5v)	0.36	1	
			1	Condensador 0.33uF electrolítico	0.04	0.1	
			1	Condensador 0.1uF electrolítico	0.04	0.1	
			1	Tarjeta en fibra de vidrio (4.7 cm x 3.55 cm)	3.57	10	
	Leds RGB	74HC595	2	Shift Register	2.57	7.2	
			32	LED RGB automático difuso	11.43	32	
			2	Condensador 100nF cerámico	0.14	0.4	
			32	Resistencia 200Ω - 1/4W	2.29	6.4	
		BC546	8	Transistor NPN	1.71	4.8	
			1	Tarjeta en fibra de vidrio (9.8 cm x 7.3 cm)	24.99	70	
	Pelota	Motor		1	Pololu 180:1 Mini Plastic Gearmotor	2.21	6.19
			555	1	Timer	0.18	0.5
			2	Potenciometro 1MΩ	0.71	2	
			1	Condensador 100nF cerámico	0.11	0.3	
			2	Condensador 10uF electrolítico	0.14	0.4	
IRFZ48Z			1	Mosfet de nivel lógico	2.50	7	
			1	LED RGB automático difuso	0.18	0.5	
1N4004			1	Diodo - 1/4W	0.04	0.1	
			2	Interruptor	3.57	10	
			1	Tarjeta en fibra de vidrio (4.3 cm x 2.9 cm)	3.57	10	
			Total	61.77	172.99		

Tabla 4-3: Presupuesto de los elementos electrónicos.

Capítulo 5: Conclusiones

Las conclusiones del presente trabajo son:

- El sistema mecatrónico diseñado permite que a través de su uso el infante entre 24 a 36 meses de edad desarrolle sus habilidades psicomotrices finas y complejas. A diferencia de los juguetes normalmente diseñados para niños de esta edad que solo reaccionan de manera repetitiva a las acciones del niño, el presente módulo posee un factor de aleatoriedad (respecto al movimiento y a la salida de la pelota) que podría mantener por un mayor tiempo el interés y la atención del niño al utilizar el módulo.
- El análisis económico nos muestra que el módulo será rentable si y solo si se reemplazan piezas que requieran trabajo de mano de obra calificada (piezas de madera) por piezas que se produzcan en gran volumen por procesos de manufactura automatizados (inyección de polímeros). La reducción de los costos de fabricación de piezas se reducirían aproximadamente en un 70% (detalles en el anexo 5).



Bibliografía

- [1] **Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)**
2007
“Población y Vivienda”. *Estadísticas. Portal del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)*. Lima, junio. Consulta: 30 de agosto de 2013.
<<http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda>>
- [2] **Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)**
2013
“Población y Territorio”. 11 de julio Día Mundial de la Población. Lima, número 1095, pp. 2-5. Consulta: 30 de agosto de 2013.
<http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1095/libro.pdf>
- [3] **Ministerio de Educación del Perú (MINEDU)**
2005
“Nivel de Educación Inicial”. *Diseño Curricular Nacional de Educación Básica Regular*. Lima, 2005, pp 47-49. Consulta: 6 de setiembre de 2013.
<<http://www.minedu.gob.pe/normatividad/reglamentos/DisenoCurricularNacional.pdf>>
- [4] **HASBRO**
2012
“Winner of the Infant/Toddler Toy of the Year 2012! Elefun Busy Ball Popper toy”. *PLAYSKOOL POPPIN PARK ELEFUN BUSY BALL POPPER. Portal de Hasbro*. Estados Unidos. Consulta: 31 de agosto de 2013.
<http://www.hasbro.com/playskool/en_US/shop/details.cfm?R=6B7E9DF9-5056-900B-108E-B19495AFD760:en_US>
- [5] **Toysrus**
2013
“Universe of Imagination – Cubo Multiactividades”. *Juguetes Educactivos Avanzados. Portal de Toysrus*. España. Consulta: 31 de agosto de 2013.
<<http://www.toysrus.es/product/index.jsp?productId=10005071&prodFindSrc=search>>
- [6] **Fisher Price**
2013
“Laugh & Learn Smart Bounce & Spin Pony”. *Información del producto. Portal de Fisher Price*. Francia. Consulta: 31 de agosto de 2013.
<http://www.fisher-price.com/fr_CA/products/60999>
- [7] **Leap Frog**
2013
“LeapReader Junior Book Pal”. *Descripción del producto. Portal de LeapFrog*. Estados Unidos. Consulta: 31 de agosto de 2013.
<<http://www.shop.leapfrog.com/leapfrog/jump/LeapReader%22-Junior-Book-Pal/productDetail/LeaperReader-Junior-Book-Pal-and-Bundles/lprod22003/cat80018>>

- [8] **HASBRO**
2012
"A Bithday Party for Elefun". Playskool Learnimals Magic Motion Book Toy. *Portal de Hasbro*. Estados Unidos. Consulta: 31 de agosto de 2013.
<http://www.hasbro.com/playskool/en_US/shop/details.cfm?R=6BB409B-5056-9047-F530-FC26AE4F9953:en_US >
- [9] **Toysrus**
2013
"LeapFrogPoppin' Play Piano". *Descripción del producto. Portal de Toysrus*. Estados Unidos. Consulta: 31 de agosto de 2013.
<<http://www.toysrus.com/product/index.jsp?productId=13148214&cp=2255956.2273442.2255959.2255959&parentPage=search> >
- [10] **Toysrus**
2013
"FAO Schwarz Big Piano Dance Mat". *Descripción del producto. Portal de Toysrus*. Estados Unidos. Consulta: 31 de agosto de 2013.
<<http://www.toysrus.com/product/index.jsp?productId=20543976&cp=2255956.2273442.2255959.2255959&parentPage=search> >
- [11] **Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición – Salvador Zubirán**
2004
"Medición del peso". *Manual de Antropometría*. Mexico, D.F. número 15, pp 6-7. Consulta: 15 de setiembre de 2013.
<http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/spi/unidad2/Antropometria_manualinnsz.pdf >
- [12] **The Food and Nutrition Technical Assistance**
2011
"Clasificaciones a nivel de población". *ANTROPOMETRÍA: NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS*. Consulta: 15 de setiembre de 2013.
<<http://www.fantaproject.org/sites/default/files/resources/Pocket-Ref-Anthro-Feb2011-Spanish.pdf> >
- [13] **INSTITUTO NACIONAL DE SALUD CENTRO NACIONAL DE ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN**
1998
"Medidas antropométricas". *MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS, REGISTRO Y ESTANDARIZACIÓN*. Lima, pp 16-27. Consulta: 15 de setiembre de 2013.
<http://www.bvs.ins.gob.pe/insprint/cenan/modulo_medidas_antropometricas_registro_estandarizacion.pdf >
- [14] **Registro de la Propiedad Industrial – España.**
1984
"Reivindicaciones". *Memoria Descriptiva de un Modelo de Utilidad*. España, pp 6. Consulta: 15 de setiembre de 2013.
<http://www.espatentes.com/pdf/0280433_u.pdf >
- [15] **Punto Ecológico Tucumán S.R.L**
2013
"Tipos y Usos". *Plásticos. Portal de Punto Ecológico Tucumán*. Mexico, D.F. Consulta: 30 de setiembre de 2013.
<<http://www.petreciclados.com.ar/plasticos.php> >

- [16] **COMISIÓN EUROPEA**
2011
"Marco Jurídico". *GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA 2009/48/CE SOBRE LA SEGURIDAD DE LOS JUGUETES EXPEDIENTE DEL PRODUCTO*. Bélgica, pp 11-15. Consulta: 10 de setiembre de 2013.
<http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/toys/files/technical-documentation-guidance/20110405_technical_documentation_guidance_document_rev_1-0_es.pdf >
- [17] **Facultad de Psicología Universidad de Buenos Aires**
2013
"Jean Piaget". *Psicología Ciclo Vital. Portal de Facultad de Psicología*. Argentina, Buenos Aires, pp 1-4 Consulta: 20 de agosto de 2013.
<http://www.psi.uba.ar/academica/carrerasdegrado/musicoterapia/sitios:catedras/196_psicologica_ciclo_vital1/material/referentes/piaget.pdf >
- [18] **Pierre Mounoud**
2001
"Los mayores descubrimientos de Piaget". *EL DESARROLLO COGNITIVO DEL NIÑO: DESDE LOS DESCUBRIMIENTOS DE PIAGET HASTA LAS INVESTIGACIONES ACTUALES*. Suiza, pp 58-67. Consulta: 20 de agosto de 2013.
<<http://www.unige.ch/fapse/PSY/persons/mounoud/mounoud/publicationsPM/PM-desarrollo-cognitivo.pdf> >
- [19] **Pololu Robotics & Electronics**
2013
"Pololu 180:1 Mini Plastic Gearmotor Offset 3mm D-Shaft Output". *Componentes mecánicos. Portal de Pololu Robotics & Electronics*. Las Vegas, Nevada. Consulta: 30 de setiembre de 2013.
<<http://www.pololu.com/product/1594> >
- [20] **Niños Felices y Seguros**
2013
"¿Cuántas horas puede dormir un niño según la edad?". *Fases o ritmos de sueño. Portal de Niños Felices y Seguros*. Costa Rica. Consulta: 15 de noviembre de 2013.
<<http://www.ninosfelicesyseguros.com/%C2%BFcuantas-horas-debe-dormir-un-nino-segun-la-edad/> >