

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA  
ESCUELA DE CIENCIAS FISICOMECAICAS, FACULTAD DE INGENIERIA  
MECATRONICA  
LINEA DE INVESTIGACION EN DISEÑO MECATRONICO

**DISEÑO DEL SISTEMA MECATRÓNICO DE UN JUEGO DE ARCADE PARA  
SER IMPLEMENTADO EN LAS CESTAS DE BASURA DE LA CIUDAD DE  
BUCARAMANGA**

AUTOR:

DIEGO NORBERTO ANAYA ROBAYO

DIRECTOR:

NAYIBE CHIO CHO

ASESOR:

SILVIO RAFAEL CUELLO DE AVILA

BUCARAMANGA, ENERO DE 2012

## Tabla de contenido

1. OBJETIVOS.....	3
1.1. Objetivo general.....	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
3. ESTADO DEL ARTE.....	10
4. MARCO TEÓRICO.....	15
4.1. Sensores.....	16
4.2. Actuadores.....	22
4.2.1. Motor de c.c. y puente h.....	22
4.2.2. Servo motor y PWM.....	26
5. METODOLOGIA DEL DISEÑO.....	27
5.1. Identificación del problema.....	27
5.2. Estudio de recolección y reciclaje.....	28
5.3. Selección del tipo de juego.....	28
5.4. Selección de sensores y actuadores.....	28
5.5. Diseño en cad y simulación.....	29
5.6. Características de sensores y acutadores.....	29
5.7. Prototipo mecánico.....	29
5.8. Sistema de visualización.....	30
5.9. Programación.....	30
5.10. Pruebas y evaluación.....	30
5.11. ensamble.....	30

	2
<b>6. DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>31</b>
<b>6.1. interacción con el usuario y selección del tipo de juego .....</b>	<b>31</b>
6.1.1. modo automático .....	31
6.1.2. Modo juego .....	32
<b>6.2. Selección de sensores y actuadores .....</b>	<b>32</b>
6.2.1. Sensor de presencia de material .....	33
6.2.2. Sensor de material metálico .....	34
6.2.3. Sensor de sonido para detección de vidrio .....	35
6.2.4. Sistema de golpe para detección de vidrio .....	36
6.2.5. Separación de materiales .....	37
<b>6.3. Prueba de sensores .....</b>	<b>38</b>
6.3.1. Sensor inductivo .....	38
6.3.2. Sensor de vidrio .....	39
<b>6.4. Diseño de la estructura de la cesta .....</b>	<b>44</b>
6.4.1. Diseño final .....	44
6.4.2. Diseño del prototipo .....	47
<b>6.5. Simulación del juego .....</b>	<b>50</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>68</b>

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar un sistema mecatrónico para implementarlo en una cesta de basura y con el incentivar a las personas a la recolección de basuras

### 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Definir el tipo de juego de arcade
- Programar y simular el juego
- Seleccionar los sensores y dispositivos electrónicos que se acoplen al funcionamiento y a la seguridad de la cesta de basura
- Seleccionar y programar el sistema de visualización del juego

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION

Los desechos sólidos se han convertido en una gran amenaza para el ambiente en los últimos años, y en mayor parte en las sociedades altamente consumistas.

Las basuras dan mala imagen y generan focos de infección que dan paso a problemas de salud pública, además de ser agentes contaminantes del medio de primer orden.

Las latas, el plástico y el vidrio son los desechos que más tardan en degradarse en el ambiente, de ellos, el vidrio es el que más tiempo tarda llegando a degradarse totalmente casi 4000 años después y es por esto que se debe tener especial cuidado a la hora de desechar este tipo de materiales. En la figura 1 podemos ver el tiempo de degradación de los desechos mas comunes en lugares públicos.

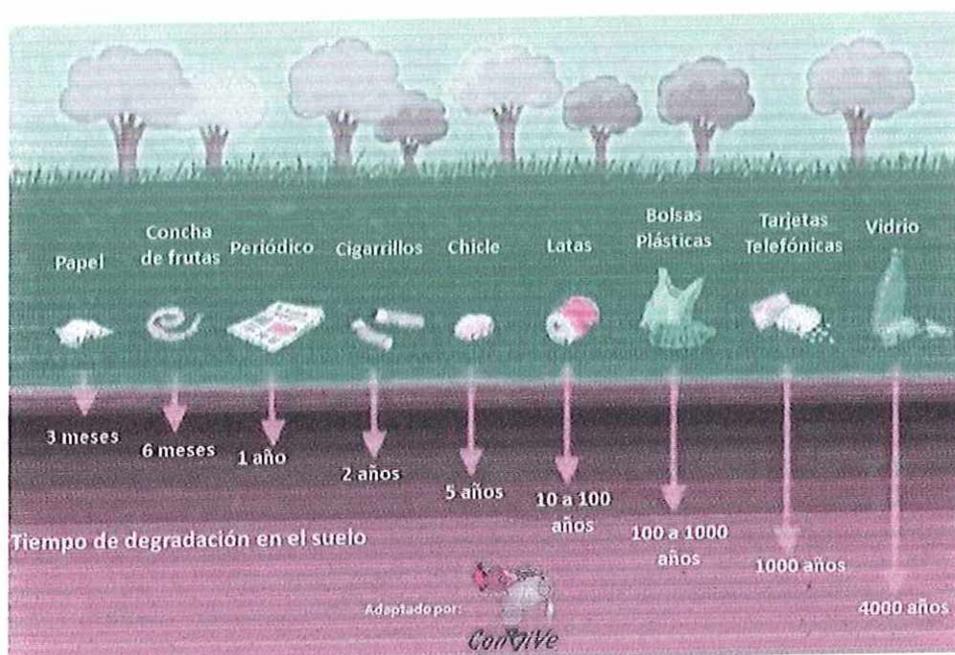


Figura 1. Conservación de la biodiversidad venezolana "convive"

En busca de solucionar el problema de la disminución de residuos y la conservación de recursos naturales se han puesto en práctica 3 posibles soluciones: la reducción de consumo, la reutilización de materiales y por último el reciclaje.

Las grandes ciudades le han apostado al reciclaje para la solución final a los problemas ambientales, sin embargo esta solución tiene que superar primero la barrera de la conciencia social. La falta de conciencia de los ciudadanos y la despreocupación por los problemas ambientales reduce la efectividad de este método.

Para esto se han desarrollado a través del mundo, diferentes campañas, publicidad e incluso incentivos para que las personas creen el hábito del reciclaje.

En algunos países de Europa se han instalado máquinas recolectoras de botellas que dan dinero a quien deposite las botellas utilizadas, así como en Latinoamérica los colegios de las diferentes ciudades realizan diferentes campañas que van desde obras de teatro donde enseñan a los más jóvenes a reciclar, hasta jornadas de aseo y reciclaje en la ciudad.

En la figura 2 vemos un ejemplo de imágenes difundidas por la unión de instituciones voluntarias en Bolivia a través de diferentes medios como el internet y carteleros que sirvieron de apoyo a la campaña "limpiemos nuestra ciudad" que se llevó a cabo en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra

En este centro se realiza la separación de materiales orgánicos e inorgánicos y el respectivo tratamiento para los materiales a ser reciclados, cuenta con amplias instalaciones para el almacenamiento y distribución de materiales.

En la tabla 1 se puede observar una lista de las empresas dedicadas a esta tarea en el área metropolitana y su ubicación

Tabla 1. Empresas dedicadas al reciclaje en Bucaramanga y municipios aledaños

EMPRESA	UBICACIÓN
BELLO RENACER	Cra 5 # 57 -480 Bucaramanga, Santander
COMPRA VENTA DE ENVASES LA 22	Cra 19 # 22-22 Bucaramanga, Santander
COOPRESER LTDA	Cl 19 # 20-46 Bucaramanga, Santander
DEPOSITO LA 19	CR 19 # 22-50 Bucaramanga, Santander
DESPERDICIOS DE PAPAEL Y RECICLAJE ROQUE JULIO GUERRERO Y GIALTDA	Cl 15 # 13-45 Bucaramanga, Santander
FIBRAS NACIONALES LTDA	Cra 13 # 21-35 Bucaramanga, Santander
MESAN LTDA	Cl 34 # 26-80 Bucaramanga, Santander
METALCO LTDA	Cra 17 A # 24-66 Bucaramanga, Santander
RECICLAJE MOTTA	Autop Giron Km.3, Bucaramanga, Santander
RECICLAJE SANTANDER	Cra 18 # 51-150 Bucaramanga, Santander
RECUPERADORA GIRON RESUR	Cll 30 # 22-40 Giron, Santander Cra 11 # 30- 61 Bucaramanga, Santander

Sin embargo este tipo de soluciones no son completas si no se crea en los ciudadanos la conciencia de reciclaje debido a que la separación de materiales es fundamental para la eficiencia de este tipo de centros de acopio.

De diferentes formas se ha buscado incentivar a las personas a clasificar sus basuras pero siguen siendo un porcentaje muy pequeño aquellos que en realidad se preocupan por la separación de desechos, incluso en las ciudades se instalan cestas de basura con un código de colores como el que vemos en la figura 3, para que las personas separen las basuras pero aun así la conciencia social no es suficiente como para usar debidamente este tipo de elementos, convirtiéndolos en soluciones poco útiles.



Figura 3. Tomada de [http://www.flickr.com/photos/nanda\\_ac/](http://www.flickr.com/photos/nanda_ac/)

Con este proyecto se busca aportar una idea novedosa para llamar la atención de la ciudadanía quienes por medio de juegos interactivos encontraran en el reciclaje y la recolección de basuras una divertida forma de ayudar al cuidado del medio ambiente, y se facilitara el trabajo de las empresas recolectoras de basura y empresas dedicadas al reciclaje ya que las cestas de basura de la

ciudad equipadas con este sistema podrán clasificar y recolectar de forma automática distintos residuos sólidos.

La gran ventaja de esta solución es que además de llamar la atención de las personas a recolectar basuras, lo cual es el problema en primera instancia, también nos aseguramos de separar correctamente los desechos debido a que el sistema realiza esta acción automáticamente usando un sistema basado en sensores, de esta forma las áreas públicas tendrán un aspecto de limpieza y se podrá realizar un mejor reciclaje con las empresas encargadas de esto.

### 3. ESTADO DEL ARTE

A través de los años muchas empresas, gobiernos, organizaciones ecológicas y sociales, entidades y fundaciones se han preocupado por crear una conciencia de limpieza en las calles de las diferentes ciudades del mundo. Por medio de campañas, charlas e inventos novedosos han querido enseñar a los ciudadanos a depositar basuras en los lugares indicados.

En nuestro país algunos colegios y universidades crean grupos ecológicos que visitan otras instituciones educativas y dan charlas, presentan obras de teatro y muestran soluciones didácticas para enseñar a los estudiantes a utilizar los botes de basura situados en distintos puntos de las ciudades.

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) ,seccional meta mostro uno de los proyectos de sus estudiantes llamado "CANECA INTELIGENTE PEDAGOGICA", este proyecto dirigido por el profesor Pedro Pablo Rodríguez se enfocaba a la creación de unas canecas de basura didácticas para enseñar a la comunidad a reciclar.

El posicionamiento en el mercado de estas canecas viene acompañado de charlas de manejo de basuras.

Otro ejemplo lo muestran los estudiantes del colegio la esperanza en barranquilla (figura 4) que por medio de presentaciones de teatro y charlas enseñan a sus compañeros a reciclar y a utilizar los botes de basura en sitios públicos.



Figura 4. Campaña ecológica colegio la esperanza (barranquilla)

En las empresas en Colombia también se ha visto el esfuerzo por concientizar a las personas a utilizar las canecas de basura en lugares públicos, tal es el caso de la empresa DISEÑO LIBRE de Medellín, esta empresa formada por diseñadores industriales e ingenieros ambientales tiene en su catálogo de productos cestas de basura con diseños originales y llamativos para incentivar al uso de estas.

Con recolectores de colillas de cigarrillos, cestas para desechos de perros y canecas de basura en general (figura 5) esta empresa ha conseguido llamar la atención del transeúnte para el correcto uso de basuras.



Figura 5. Ejemplo de productos de la empresa DISEÑO LIBRE (Medellín)

En el ámbito internacional se encuentran claros ejemplos del manejo de la tecnología para una conciencia social en la recolección de basuras y su

reciclaje. La conocida empresa COCA-COLA COMPANY ha desarrollado diversas iniciativas eco-amigas, una de ellas lleva por nombre "reimagine".

Reimagine (figura 6) es un pequeño centro de reciclaje en el cual los usuarios podrán depositar las latas de Coca-Cola y envases plásticos (PET) y reclamar puntos canjeables en donaciones para distintas fundaciones, participaciones en concursos y descuentos en productos en supermercados. Esta máquina separa los materiales a reciclar internamente.



Figura 6. "REIMAGINE" máquina recolectora de latas y envases plásticos de Coca-Cola company

En el año 2009 la empresa VOLKSWAGEN realiza un concurso llamado "The fun theory". Esta idea planeaba mostrar que la mejor forma de cambiar el comportamiento de las personas era por medio de la diversión.

Los participantes mostraron diferentes proyectos en los cuales por medio de juegos creaban una conciencia social sobre las diferentes problemáticas de las ciudades.

En este concurso se presentaron muchos proyectos relacionados con la recolección de basuras, uno de ellos fue un juego arcade para la recolección de botellas (figura 7). Contaba con una línea de agujeros cada uno con un bombillo, el participante (transeúnte) debía insertar la botella que iba a reciclar en el agujero que tuviera encendido el bombillo y así acumular puntos que se mostraban en una pequeña pantalla.

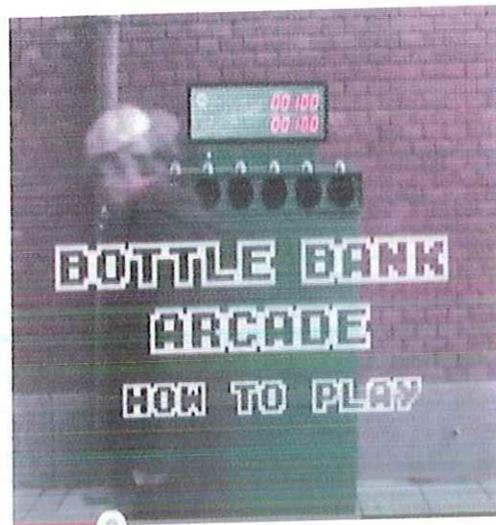


Figura 7. Participantes del concurso "the fun theory" 2009

Otro de los proyectos mostraba un diseño de caneca especial en el cual se acoplaba a la parte superior una cesta de basquetbol como se muestra en la figura 8, para que los usuarios de la caneca encontraran una forma más divertida de "lanzar" la basura.



Figura 8. Participantes del concurso "the fun theory" 2009

Uno de los proyectos finalistas integraba un sensor de proximidad a una cesta de basura, este sensor estaba conectado a un circuito reproductor de sonidos, así, en el momento en el que las personas depositaban basuras en esta cesta escuchaban un sonido gracioso que producía el efecto de que la cesta era más profunda de lo que se podía pensar (figura 9).



Figura 9. Participantes del concurso "the fun theory" 2009

En los videos mostrados por los participantes se pudo ver la efectividad de la idea y se demostró que con la diversión las personas participan activamente en la recolección de basuras.

#### 4. MARCO TEORICO

Este proyecto consiste en una cesta de basura acoplada a un sistema mecatrónico capaz de separar automáticamente 3 tipos de residuos sólidos para su respectivo reciclaje. Además de esto integra un juego interactivo para que los transeúntes recolecten basuras de una forma más divertida. La figura 10 muestra un esquema de funcionamiento del sistema.

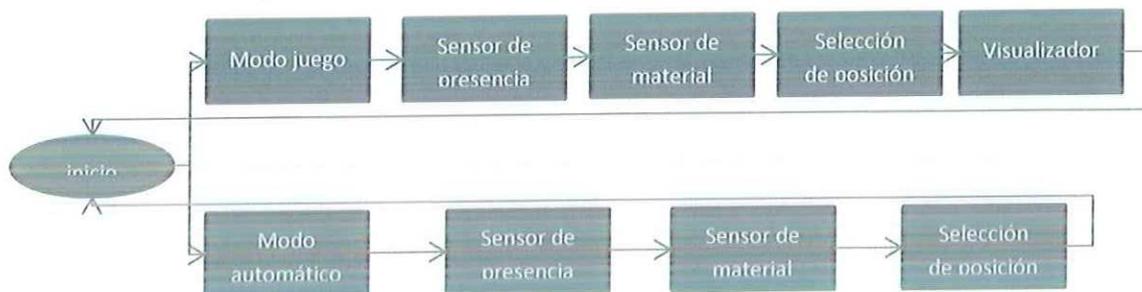


figura 10. Etapas de funcionamiento del sistema

Un tablero de control se encuentra conectado al sistema y ubicado en un lugar visible junto a la cesta, este tablero contiene un pulsador que al ser presionado activara el modo juego, de otro modo el sistema se encontrará siempre en estado automático, además de esto el tablero cuenta con algunos indicadores como leds y displays 7 segmentos utilizados en el modo juego.

Para detectar los 3 tipos de desechos la cesta cuenta con un juego de sensores que se encargan de la clasificación. El primer sensor detecta materiales metálicos tales como latas de cerveza o de gaseosa, si este sensor se activa se llevara el residuo al compartimiento de los desechos metálicos, si no es de material metálico se activara un actuador que dará un ligero golpe al residuo, en este momento se activara un segundo sensor que recibirá el sonido provocado por el golpe del actuador.

Si el desecho es de vidrio, la frecuencia del sonido será mayor que la provocada por un golpe en desechos de plástico, de esta forma se podrán clasificar los dos tipos de residuos restantes.

#### 4.1. Sensores

En primera instancia el sistema separa los desechos metálicos por medio de un primer sensor. Los tipos de sensores de materiales metálicos más utilizados son los sensores de tipo inductivo y los sensores de tipo capacitivo. Los primeros son los más utilizados en la industria para la detección de metales ferrosos y no ferrosos.

Gracias a la inherente habilidad de sensor a través de materiales no metálicos, pueden ser recubiertos, puestos en maceta o incluso ser sumergidos en fluidos permitiendo así su funcionamiento en áreas de trabajo contaminadas (sensors for mobile robots, theory and application h. r. heverett). Con este tipo de sensor se pueden conseguir respuestas de frecuencia por encima de los 10 khz. Los sensores inductivos generan un campo oscilatorio RF alrededor de un cable enrollado típicamente sobre un núcleo ferrita.

Cuando un objeto metálico entra en el campo definido que sobresale de la cara del sensor, se inducen corrientes parásitas en la superficie del objeto. Estas corrientes parásitas generan un campo magnético secundario que interactúa con el campo magnético del sensor, por lo tanto carga el oscilador del sensor (figura 11). La impedancia efectiva de la bobina del sensor cambia, generando un cambio de frecuencia en el oscilador (o cambio de amplitud) que se convierte en una señal de salida proporcional a la distancia entre el sensor y el objeto metálico.

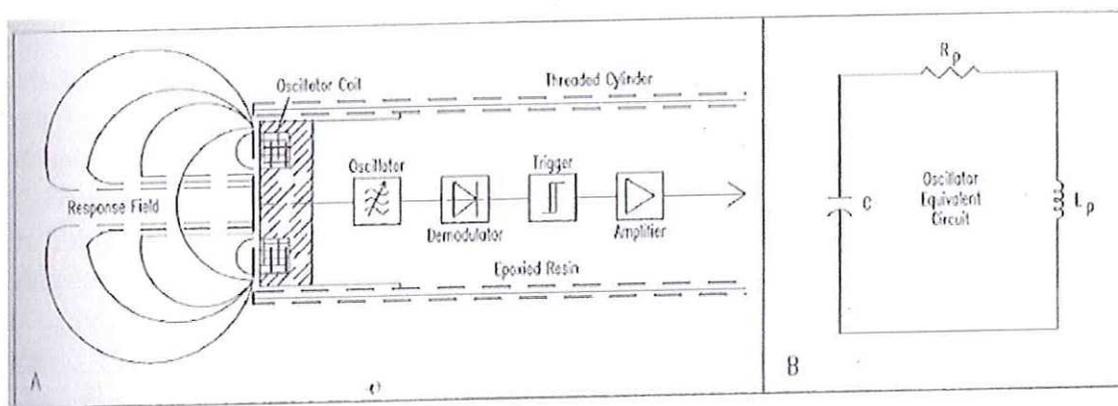


Figura 11. (A) diagrama de bloques de un típico sensor inductivo de proximidad tipo ECKO (adaptado por Smith, 1985) y (B) circuito equivalente del oscilador (adaptado por Carr, 1987)

Monitoreando la amplitud de salida del oscilador con un detector de umbral interno se crea un detector de proximidad inductivo con una salida digital on/off. Cuando el objeto metálico se aproxima a la cara del sensor, el voltaje de salida del oscilador se cae, hasta finalmente caer por debajo de un nivel de disparo predeterminado, con lo cual el comparador de umbral cambia desde un estado de desconexión hasta un estado de encendido.

Aumentar la distancia de separación hace que la tensión vuelva a subir y la salida cambia a un nivel de apagado cuando supera el nivel. La pequeña diferencia intencional entre el nivel de disparo y el nivel de salida se llama histéresis, esto evita inestabilidades de salida cerca del umbral de detección (figura 12). Los valores típicos de histéresis (en términos de distancia de separación) varían entre 3% y 20% de la distancia efectiva máxima.

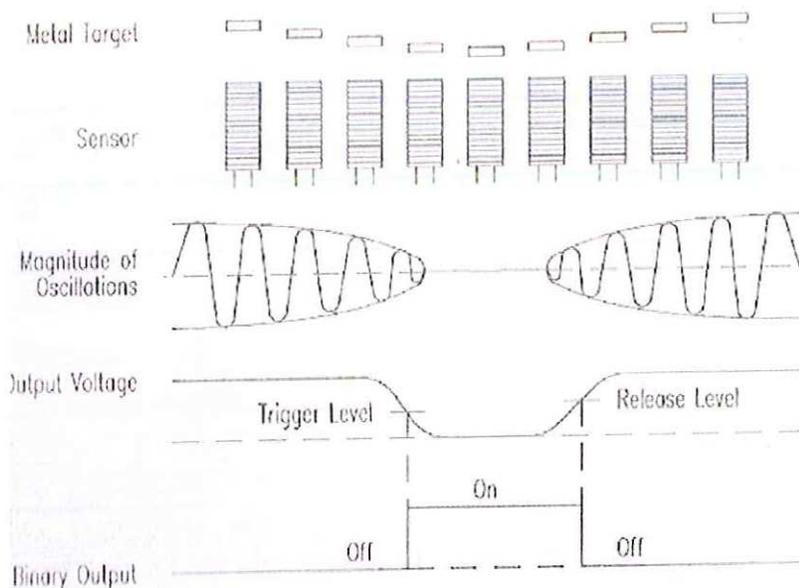


Figura 12. Una pequeña diferencia entre los niveles de disparo y liberación (histéresis) eliminada la inestabilidad de salida cuando el objeto metálico se mueve dentro y fuera del rango (adaptado por moldoveanu, 1993)

Una vez hecho el sensado de material metálico procedemos a separar el vidrio del plástico. En primera instancia se consideró un sensor óptico aprovechando la diferencia de refracción de la luz sobre distintos materiales, para esto se realizaron pruebas preliminares con un sensor infrarrojo emisor detector en

configuración réflex como se muestra en la figura 13, sin embargo no se tuvo en cuenta como la mejor opción debido a que este era afectado por colores y texturas.

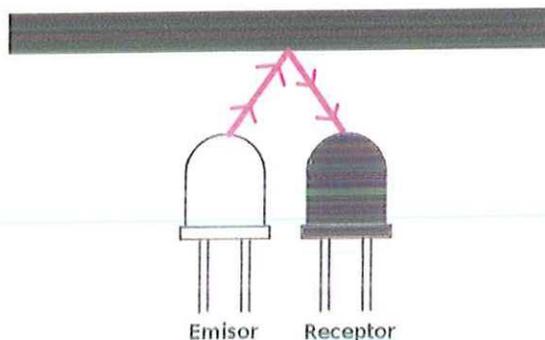


Figura 13. Sensor infrarrojo en configuración réflex, Ingenio Sólido, centro de desarrollo tecnológico

Finalmente se realizaron pruebas con un sensor de sonido que junto a una etapa de tratamiento de señales, se encarga de recibir solo ciertos niveles de frecuencia. Este sensor recibirá el sonido generado por un pequeño golpe que un actuador dará al desecho. Ya que la frecuencia generada al golpear el vidrio es más elevada que la generada al golpear el plástico, el sensor es capaz de diferenciar entre ambos materiales.

Para este tipo de sensor utilizamos un micrófono Electret (figura 14). El llamado micrófono de condensador Electret o, simplemente, Electret, es una variante del micrófono de condensador que utiliza un electrodo (fluorocarbonato o policarbonato de flúor) o lamina de plástico que al estar polarizado no necesita alimentación. Que las placas están polarizadas significa que est n cargadas permanentemente desde su fabricación (se polarizan una sola vez y pueden durar muchos años).

La carga electrostática se induce en la placa móvil (diafragma) durante el proceso de fabricación, cuando la misma se somete a una temperatura de 220 grados, al tiempo que se le aplicaban 4.000 voltios.

La existencia de esta carga electrostática hace que para alimentar las placas ya no sean necesarias ni pilas ni alimentación phantom para su

funcionamiento, sin embargo, sí que se requiere esta alimentación para proporcionar energía al preamplificador.

Como el diafragma pesa menos (tiene menor masa), la respuesta en frecuencia del micrófono Electret está más cerca de la respuesta que proporciona un micrófono de bobina móvil, que de la que ofrece un micro de condensador convencional. Pueden ser omnidireccionales o direccionales. Estos micrófonos son robustos, por lo que soportan la manipulación, y además tienen como gran ventaja su reducido tamaño, por lo que el micro se usa en las siguientes aplicaciones:

- Como micro de solapa. La mayoría de micrófonos de solapa usados en televisión son del tipo Electret. Más aún, cuando su fabricación en masa, permite que su coste sea económico.
- Como micro de las pequeñas grabadoras portátiles que usan los profesionales en exteriores (para obtener declaraciones para radio, etc.).
- Como micrófonos para ser pegados a instrumentos específicos, de percusión, metales, pianos acústicos, cuerdas, etc.
- Como micrófonos de los celulares (teléfonos móviles).

Los micrófonos Electret tienen una respuesta en frecuencia bastante buena (50 a 15.000 Hz), aunque lejana de la de los micrófonos de condensador, que son mucho más sensibles en la zona de los agudos). Además, es una respuesta poco plana.



Figura 14. Imagen tomada del catálogo de Electrónicos Caldas (Manizales, Colombia)

Debido a que las señales adquiridas por este micrófono son muy pequeñas es necesario una etapa de pre amplificación y polarización para el tratamiento de señales. Esta señal se envía ahora a un filtro pasa alto teniendo ya la frecuencia a la que oscila el vidrio al golpe y con esta poder establecer la frecuencia utilizada en el diseño del filtro a utilizar.

Para el paso de esta frecuencia se tuvo en cuenta un filtro activo, el cual es un circuito formado por resistencias, condensadores y amplificadores, en general amp-ops, que permiten que solo ciertas frecuencias seleccionadas pasen desde la entrada hasta la salida del filtro.

Estos circuitos se usan para aumentar o atenuar ciertas frecuencias en circuitos de audio, generadores electrónicos de música, instrumentos sísmicos, circuitos de comunicaciones y en laboratorios de investigación para estudiar los componentes de frecuencia de señales tan diversas como ondas cerebrales y vibraciones mecánicas.

Para este tipo de diseño resulta superior un filtro activo que uno pasivo debido a que en la gama de frecuencias en la cual los filtros activos son útiles, la mayoría de filtros pasivos requieren inductores grandes, pesados y costosos. Los inductores que se usan en los filtros pasivos tienen resistencia de arrollamiento, pérdidas en el núcleo y capacitancia entre espiras, de manera que no se comportan precisamente de manera ideal.

Las ventajas de los filtros activos respecto a los pasivos son las siguientes:

- Utilizan resistencias y condensadores que se comportan más idealmente que los inductores.
- Son relativamente más baratos.
- Pueden dar ganancia en la banda de paso y rara vez tienen pérdidas severas (como las tienen los filtros pasivos).
- El empleo de amp-ops en los filtros activos proporciona separación entre la entrada y la salida. Esto permite que los filtros activos puedan conectarse fácilmente en cascada a fin de obtener un mejor funcionamiento.

- Los filtros activos son relativamente fáciles de alinear.
- Se pueden construir filtros de muy baja frecuencia usando componentes de poco valor.
- Los filtros activos son pequeños y ligeros.

Clasificados por su tipo de respuesta encontramos tipos de filtros como Butterworth, Chebyshev o Bessel.

Para nuestra aplicación y debido a la forma ondulatoria, casi tipo pulso, que genera el vidrio al ser golpeado, el tipo de filtro a tener en cuenta en los cálculos de la frecuencia sería el Chebyshev por su respuesta ondulatoria en la banda de paso mas no en la de bloqueo (figura 15).

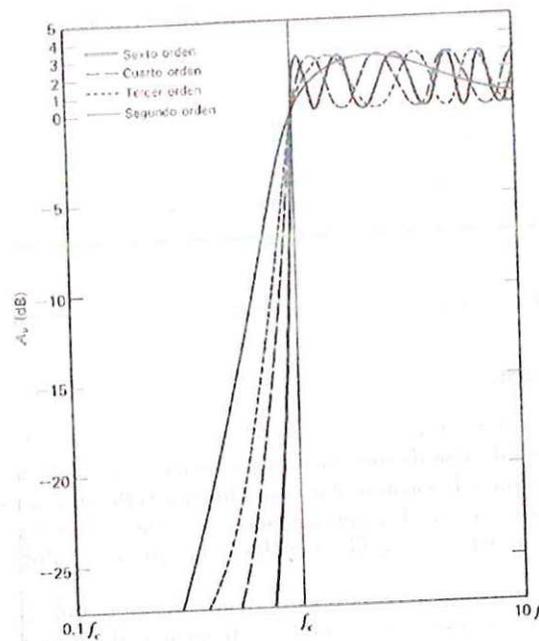


Figura 15. Curva de respuesta del chebyshev paso altas con ondulación de 3 dB

Por último, el tipo de configuración de filtro activo a tener en cuenta en nuestro pasa-altas es el llamado Sallen y Key (VCVS). VCVS son las siglas en ingles de fuente de voltaje controlada por voltaje. En estos circuitos, el amp-op se usa como VCVS. Los circuitos de filtros activos Sallen y Key de segundo orden pasa-altas como el que se muestra en la figura 16, son populares, poco caros y fáciles de ajustar.

En cada circuito, cada RC proporciona 6 dB/octava de variación de atenuación en la región de transición. Como hay dos circuitos RC,  $R_1C_1$  y  $R_2C_2$ , el circuito será de segundo orden. Para el circuito pasa-altas,  $R_1C_1$  y  $R_2C_2$  son diferenciadores.  $R_a$  y  $R_b$  determinan el factor de amortiguación y la retroalimentación a través de  $R_1$  proporciona la forma de respuesta cerca del borde de la banda de paso. Si  $R_1=R_2$  y  $C_1=C_2$ , los componentes de este filtro son fáciles de calcular.

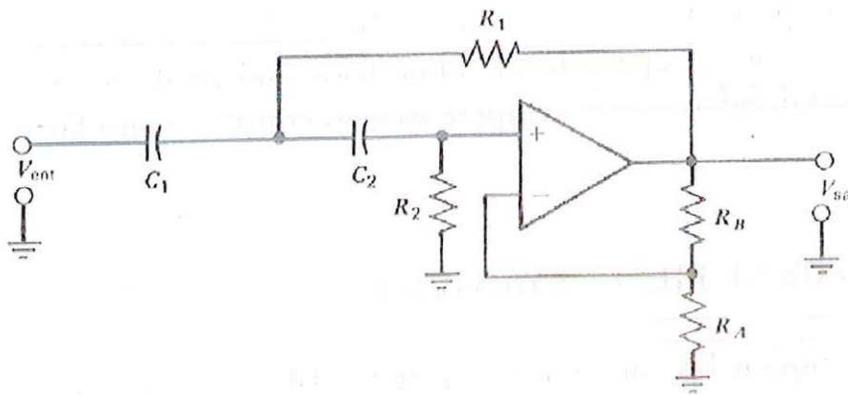


Figura 16. filtro activo Sallen y Key pasa-altas de segundo orden

Los filtros Sallen y Key deben tener una ganancia fija, ya que  $R_a$  y  $R_b$  determinan el factor de amortiguación y por tanto el tipo de filtro.

## 4.2. Actuadores

En el diseño de la cesta de basura se utilizan dos actuadores para dos etapas distintas de clasificación.

### 4.2.1. Motor de cc y puente h

El primero de ellos es un motor dc controlado por un circuito puente h, este motor se encargara de dar un pequeño golpe al material a sensar para poder separar entre vidrio y plástico.

El motor dc cumple un buen trabajo en esta etapa teniendo en cuenta su característica de girar en ambas direcciones con solo cambiar su polaridad, además de su bajo costo y su facilidad de implementación. Debido a que la carga a manejar no será muy alta, no será necesario un motor de grandes dimensiones,

teniendo en cuenta esto, el consumo de corriente y la potencia requerida también serán mínimas y será innecesario diseñar un circuito puente h. por esta razón utilizaremos un integrado con el que podamos activar y cambiar la polaridad del motor para su cambio de giro.

El integrado L293d (figura 17) maneja cargas de potencia media y es especial para motores pequeños y cargas inductivas, con la capacidad de controlar corriente hasta 600 mA y una tensión entre 5.4v y 36v. Permite un manejo bidireccional con frenado rápido y con posibilidad de implementar fácilmente un control de velocidad.

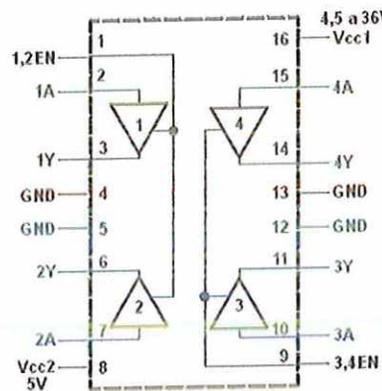


Figura 17. Esquema del circuito interno del integrado L293D por Eduardo J. Carletti (© 2007, 2012 Robots Argentina)

Las salidas tienen un diseño que permite el manejo directo de cargas inductivas tales como relés, solenoides, motores de corriente continua y motores por pasos, ya que incorpora internamente los diodos de protección de contracorriente para cargas inductivas. Las entradas son compatibles con niveles de lógica TTL. Para lograr esto, incluso cuando se manejan motores de voltajes no compatibles con los niveles TTL, el chip tiene patas de alimentación separadas para la lógica (VCC2, que debe ser de 5v) y para la alimentación de la carga (VCC1, que puede ser entre 4.5v y 36v)

Las salidas poseen un circuito de manejo en configuración "tótem-pole" (termino en ingles que se traduce como poste de tótem", nombre que gráficamente nos remite a un "apilamiento" de transistores, como las figuras en

los famosos tótems indígenas). En esta estructura, unos transistores en configuración Darlington conducen la pata de salida a tierra y otro par de transistores en conexión seudo Darlington aporta la corriente de alimentación desde VCC2 como se muestra en la figura 18.

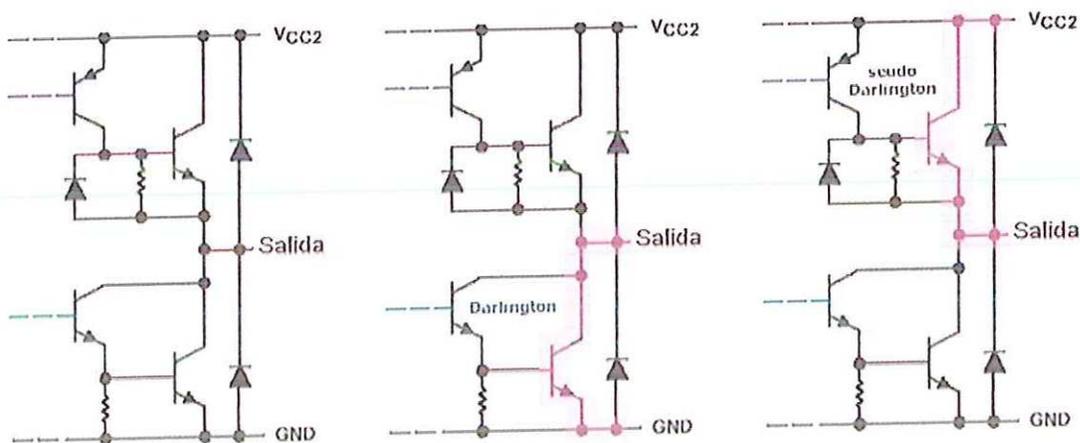


Figura 18. Manejo de potencia para motores con el integrado L293D por Eduardo J. Carletti (© 2007, 2012 Robots Argentina)

Estos circuitos de salida se pueden habilitar en pares por medio de una señal TTL. Los circuitos de manejo de potencia 1 y 2 se habilitan con la señal 1,2EN y los circuitos 3 y 4 con la señal 3,4EN.

Las entradas de habilitación permiten controlar con facilidad el circuito, lo que facilita la regulación de velocidad de los motores por medio de una modulación de ancho de pulso. En ese caso, las señales de habilitación en lugar de ser estáticas se controlarían por medio de pulsos de ancho variable.

Las salidas actúan cuando su correspondiente señal de habilitación está en alto. En estas condiciones, las salidas están activas y su nivel varía en relación con las entradas. Cuando la señal de habilitación del par de circuitos de manejo está en bajo, las salidas están desconectadas y en un estado de alta impedancia (figura 19).

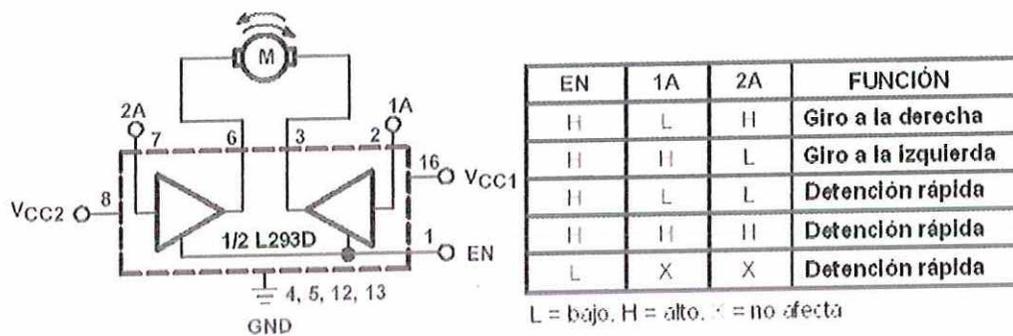


Figura 19. Funcionamiento del integrado L293D según la configuración de sus entradas por Eduardo J. Carletti  
 (© 2007, 2012 Robots Argentina)

Las patas centrales de la cápsula del chip están pensadas para proveer el contacto térmico con un disipador que permitirá lograr la potencia máxima en el manejo del integrado. En la figura 20 se observa la distribución de pines afectados a esta disipación, el área de cobre que se deja en el circuito impreso por debajo y a los lados del chip, y el diseño del disipador que propone el fabricante. La hoja de datos aporta una curva que permite una variación de estos tamaños según la potencia a manejar.

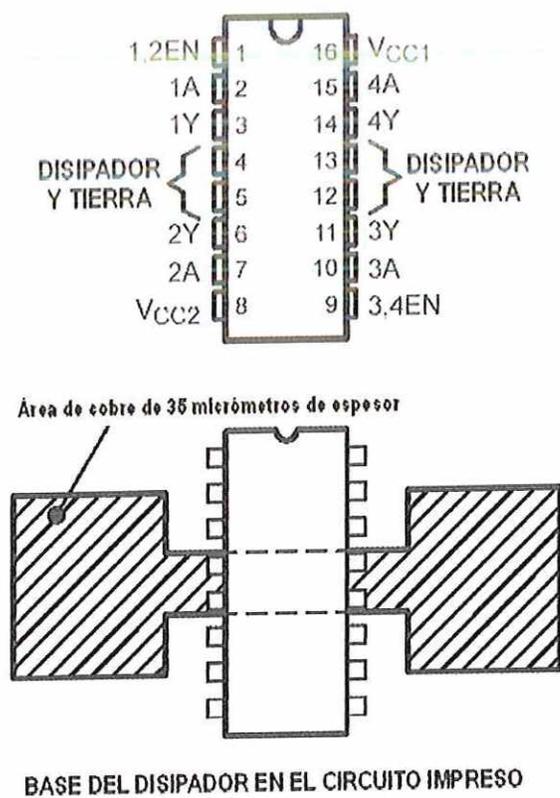


Figura 20. Disposición de pines para acoplarse a un disipador térmico en el integrado L293D por Eduardo J. Carletti (© 2007, 2012 Robots Argentina)

#### 4.2.2. Servomotor y Pwm

El segundo actuador se encarga del posicionamiento del sistema para la clasificación de los 3 tipos de desechos. Ya que esto se hace por medio de un control de posición, un servomotor puede ser la mejor opción para el diseño de este tipo de control.

Los servomotores son sistemas integrados que tienen un control de posición angular, y un sistema mecánico de piñones para ofrecer mayor fuerza pero menor velocidad. Un servomotor tiene incorporado un control de posición angular, que puede ser gobernado por medio de una señal PWM. Las aplicaciones de los servomotores están desde la robótica hasta los modelos a escala como aviones, helicópteros y carros. Los servomotores cuentan con un terminal de tres pines para la alimentación, la referencia y la señal de control PWM.

La característica de la señal de control es su periodo de PWM de 16m a 18m segundos y el periodo útil puede variar de 1 a 2 milisegundos, esto hace referencia respectivamente a 0 y 180 grados en la posición angular. La figura 21 ilustra esta situación:

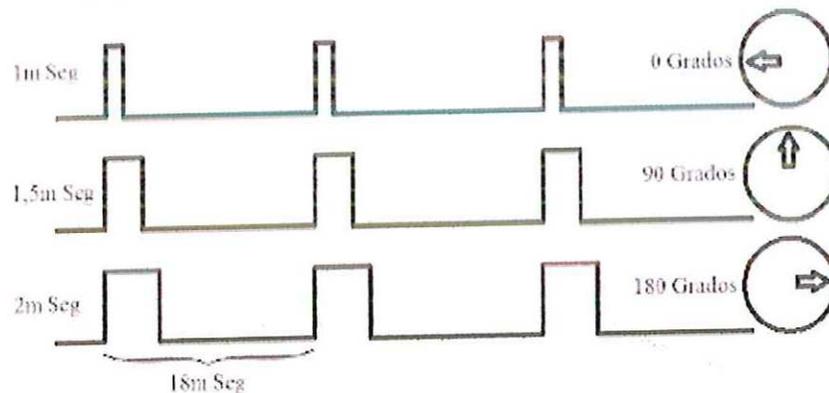


Figura 21. Diseño y simulación de sistemas micro controlados en lenguaje c, Juan Ricardo Clavijo Mendoza

## 5. Metodología del diseño

Los pasos que se siguieron como metodología del diseño de este proyecto se muestran en el diagrama de la figura 22

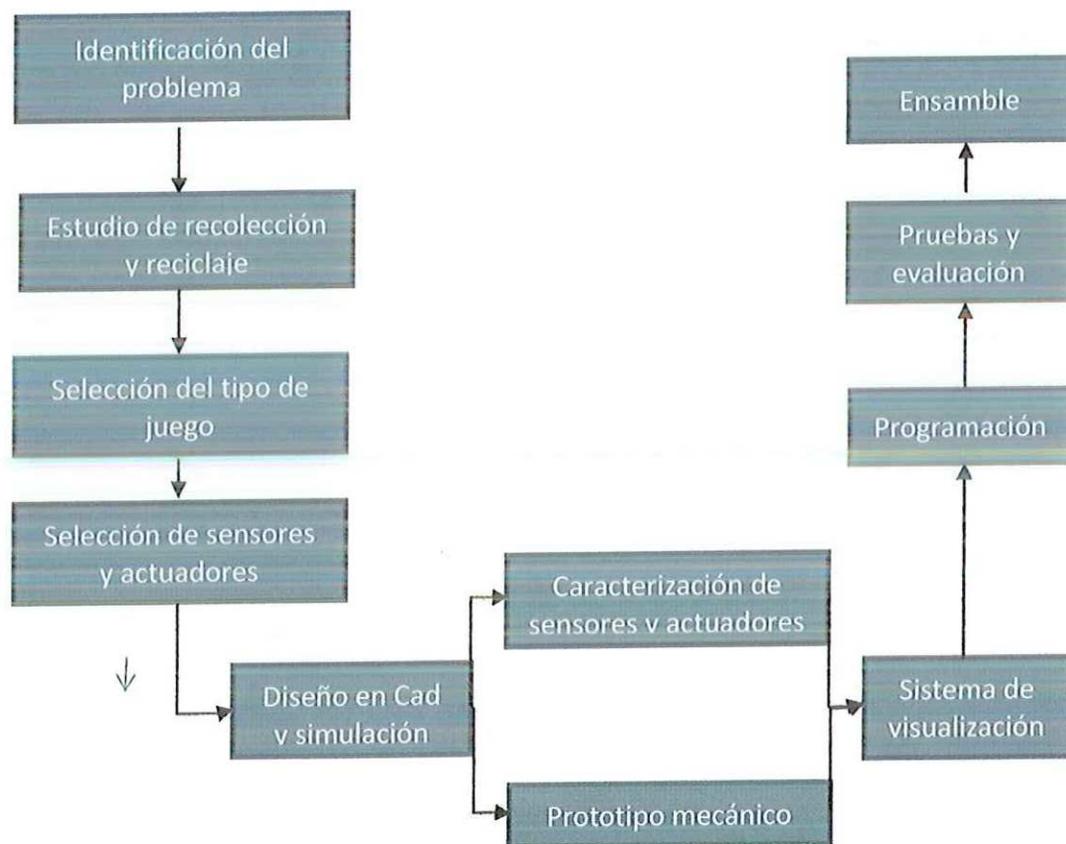


Figura 22. Diagrama de la Metodología del diseño

### 5.1. Identificación del problema

La necesidad de buscar nuevas soluciones para el tratamiento de desechos y la opción de incentivar a las personas a la recolección de basuras es el problema hacia el que se enfoca esta investigación. Se buscara aplicar la tecnología para la

selección automática de desechos y simultáneamente llamar la atención de los ciudadanos y así crear una conciencia de recolección

## **5.2. Estudio de recolección y reciclaje**

En este paso se buscara información de centros de reciclaje y organizaciones dedicadas al medio ambiente para definir y limitar el tipo y el número de materiales que el sistema reciclará, teniendo como parámetros de elección su tiempo de degradación en el ambiente y el uso frecuente de estos materiales por las personas en lugares públicos

## **5.3. Selección del tipo de juego**

Con el producto final se busca clasificar automáticamente residuos mientras se educa de una forma divertida a las personas acerca del tema de la recolección de basuras, para tal fin el sistema contara con un juego interactivo para motivar a las personas a recoger los desechos de las calles públicas.

En esta etapa de diseño seleccionaremos la dinámica del juego. Debe ser llamativa, divertida y debe promover el uso de las cestas de basura publicas

## **5.4. Selección de sensores y actuadores**

Una vez definidos los tipos de materiales a clasificar y el tipo de juego a implementar se seleccionaran los sensores apropiados para estas acciones. Los sensores deberán tener ciertas características específicas para diferenciar entre distintos tipos de materiales, así mismo los actuadores deberán cumplir con las características necesarias para la separación de materiales y otras acciones necesarias.

Se tendrán en cuenta factores como tamaño, fiabilidad, economía y en el caso de los actuadores la carga a manejar. En esta etapa de diseño se tendrá en

cuenta la flexibilidad del diseño para futuras modificaciones y facilidad de mantenimiento e instalación

### **5.5. Diseño en Cad y simulación**

En esta primera etapa de investigación y diseño se mostrara un prototipo mecánico del sistema final, sin embargo no entraremos en detalle en aspectos como el tipo de material a utilizar.

Un primer esquema en Cad mostrara la forma y el diseño de la cesta de basura y la forma en la que estarán distribuidos cada sistema y cada elemento. En esta etapa se realizara también una simulación del diseño electrónico del juego y del clasificador, en el software designado para esta simulación se podrá ver el funcionamiento del sistema y el desarrollo del juego

### **5.6. Caracterización de sensores y actuadores**

Una vez seleccionados el tipo de sensores y actuadores a utilizar y teniendo el diseño del juego, procederemos a realizar pruebas de cada dispositivo. Una caracterización de sensores y actuadores nos permitirá establecer si su funcionamiento para este tipo de aplicación es óptimo y abrirá las puertas para una futura etapa de control

### **5.7. Prototipo mecánico**

Tal y como se había planteado anterior mente, se procederá a construir un prototipo mecánico que podría mostrarnos el funcionamiento real del sistema, así como ver sus dimensiones y empezar a considerar características de montaje e instalación

### **5.8. Sistema de visualización**

El juego diseñado deberá ser amigable con el usuario ya que se espera que las cestas de basura sean autónomas, de esto se encargara el sistema de visualización. Junto a la cesta de basura se instalara un tablero de controles y un pequeño manual de instrucciones que ayudara a los usuarios a la utilización del sistema

### **5.9. Programación**

Teniendo en cuenta los pasos y el funcionamiento además del funcionamiento del sistema, iniciaremos la programación para el funcionamiento y control de cada paso. En este paso va incluido la programación del juego y el ensamble entre sensores y actuadores.

### **5.10. Pruebas y evaluación**

Terminados los anteriores pasos podremos poner en funcionamiento cada parte del sistema por separado para comprobar errores que en la simulación no se han contemplado.

### **5.11. Ensamble**

Comprobando errores en el funcionamiento del sistema iniciaremos el ensamble del diseño electrónico con el prototipo mecánico y el sistema de visualización para tener un prototipo del producto final y con el podremos ejecutar pruebas reales en lugares públicos para analizar resultados.

## 6. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para esta etapa del diseño se realizaron avances en sistemas electrónicos y mecánicos así como la simulación de estos

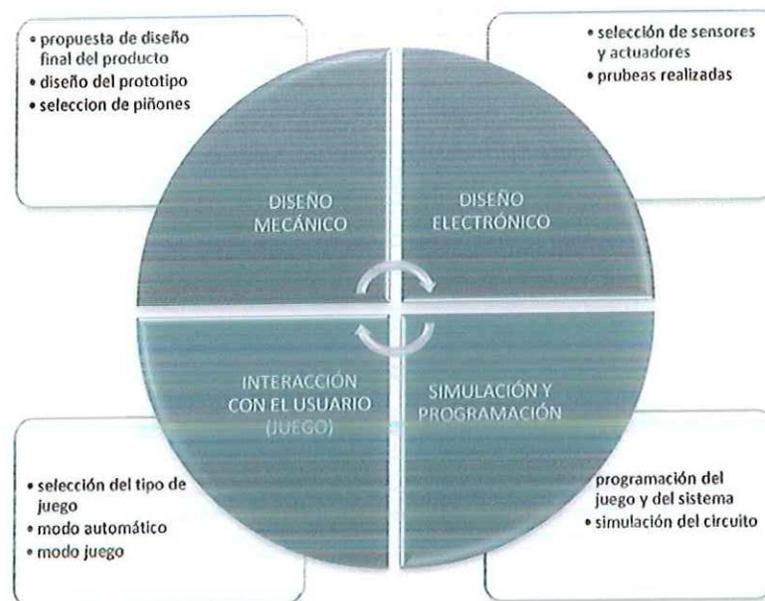


Figura 23. Pasos del desarrollo del sistema

### 6.1. Interacción con el usuario y selección del tipo de juego

Como se explicó anteriormente el sistema contara con un pulsador que dará inicio al “modo juego” del sistema para interactuar con los usuarios. Mientras no sea presionado el sistema se encontrara en modo automático.

#### 6.1.1. Modo automático:

Si la cesta se encuentra en modo automático los usuarios podrán depositar basura y el sistema la seleccionará y depositará según su tipo de desecho. Para la

recolección, el cuerpo de la cesta se encuentra dividido en 3 compartimientos que separan los 3 tipos de desechos que son: latas, vidrio y plástico

### 6.1.2. Modo juego:

El modo juego está diseñado para dos personas, al ser activado, el tablero de control indicara de forma aleatoria uno de los 3 tipos de desechos que recibe la cesta, en este momento uno de los dos jugadores deberá buscar a su alrededor algún desecho de este tipo y depositarlo en la cesta, para esto contara con un minuto de tiempo, Cuando el minuto concluya será el turno del segundo jugador.

El tablero de control cuenta además con un visualizador de puntos similar al mostrad en la figura 24, si el tipo de desecho depositado por el jugador es el mismo solicitado por el sistema, se le otorgara un punto mostrado en el tablero.

Esto se repetirá un numero definido de veces y después se mostrara un ganador o se establecerá un empate. El sistema de clasificación funcionara en cualquier momento del juego y los desechos se depositaran automáticamente en su lugar correspondiente.

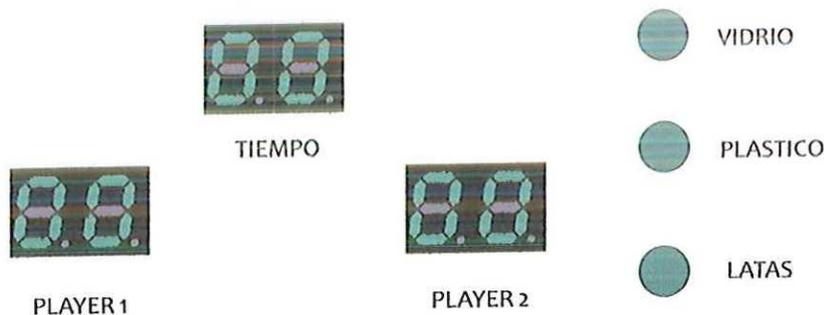


Figura 24. Tablero de juego

## 6.2. Selección de sensores y actuadores

En primera instancia un sensor detectara el momento en el que se deposita en la cesta de basura algún desecho y así dar inicio al funcionamiento del sistema. Después de ser detectada la presencia del desecho entraran en

funcionamiento otros dos sensores que clasificarán los 3 tipos de basura a depositar.

### 6.2.1. Sensor de presencia de material

El diseño de la cesta de basura cuenta con una boquilla en donde serán depositados los desechos para llegar a un primer compartimento, en este lugar se encontrará un sensor óptico que detectará la presencia del material depositado. Este sensor cuenta con las siguientes especificaciones:

#### Descripción:

Sensor óptico reflectivo superficial integrado por un emisor de luz infrarroja y el receptor infrarrojo, el sensor viene empaquetado en configuración reflex, y es el más pequeños de su tipo, permitiendo hacer configuraciones para detección de objetos, de colores, etc.

#### Aplicaciones:

Robótica Posición, rastreadores de línea, finales de carrera ópticos

#### Características

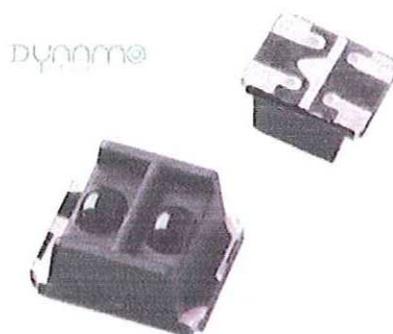
Voltaje Colector- Emisor: 35Vdc

Distancia sensada: 3mm

Tipo de salida: Análogo (Señal variable)

Longitud de onda: 930nm

Tipo de sensor: Infrarrojo reflex



### 6.2.2. Sensor de material metálico

En el momento en el que el primer sensor detecte presencia de material se iniciara el proceso de clasificación. Los desechos metálicos son el primer material que el sistema detectara a la hora de dar inicio a la clasificación de desechos.

Para saber si el desecho es metálico el sistema contara con un sensor inductivo capaz de detectar latas de aluminio como las de cerveza o gaseosa que normalmente son arrojadas en parques y lugares públicos. Este sensor cuenta con las siguientes características:

<b>Código</b>	<b>221473</b>
<b>Referencia</b>	<b>PR3010DO</b>
<b>Alcance</b>	<b>15 mm +/- 10%</b>
<b>Alimentación</b>	<b>12-24 VDC</b>
<b>Salida</b>	<b>NC dos hilos</b>
<b>Respuesta frecuencia</b> en	<b>200 Hz</b>
<b>Protección</b>	<b>IP67</b>
<b>Conector</b>	<b>Cable</b>
<b>Detección</b>	<b>Saliente</b>
<b>Marca</b>	<b>AUTONICS</b>



Copyright 2007 Autonics Corporation All rights reserved.

Figura 26. Catálogo, AUTONICS, SENSORS AND CONTROLLERS.

### 6.2.3. Sensor de sonido para detección de vidrio

Una vez se compruebe que el material no es metálico, el sistema continúa con la detección de vidrio, de esta forma si se descarta que el desecho está constituido de material metálico o de vidrio, por defecto se asumirá que el material es plástico.

Para poder detectar la presencia de vidrio, un sistema compuesto por un motor c.c. acoplado a una pequeña barra de metal, dará un pequeño golpe al material. El choque de la barra con el material generará un sonido con cierta frecuencia específica, este sonido será recibido por un sensor de sonido.

Ya que el golpe con el vidrio genera una frecuencia mayor que con el plástico, el sensor será capaz de diferenciar ambos materiales para su clasificación.

El micrófono seleccionado cuenta con las siguientes características:

Tabla 2. Características del micrófono electret

<b>Ref.</b>	<b>34350/BT</b>
<b>Tipo</b>	Unidireccionales
<b>Frecuencia</b>	100 Hz - 16 KHz
<b>Dimensiones</b>	9'4 x 6'5 mm
<b>Intensidad máxima</b>	0'5 mA
<b>Tensión nominal</b>	1'5 V
<b>Tensión máxima</b>	10 V
<b>Tolerancia sensibilidad</b>	3 dB
<b>Ratio S/N</b>	>58 dB

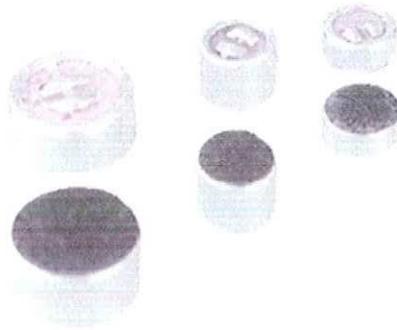


Figura 27. Imagen tomada del catálogo de Electrónicos Caldas (Manizales, Colombia)

#### 6.2.4. Sistema de golpe para detección de vidrio

Una pequeña barra metálica acoplada al eje de un motor de c.c. dará un ligero golpe al material para generar la frecuencia a ser detectada, la barra debe ser metálica para poder hacer un buen acople con el eje del motor.

El motor controlado por un circuito integrado puente h, se moverá entre dos posiciones para poder generar el golpe. Teniendo en cuenta que la carga a manejar no será muy pesada y pensando en el reducido espacio dentro de la cesta para implementar circuitos, se seleccionó para esta operación un micro motor HP relación 298:1 (figura 28).

Este micro motor de alta calidad está diseñado para trabajar a un voltaje nominal de 6Vdc, puede trabajar en un rango de 3 a 9 Vdc, pero se recomienda no trabajarlo por encima del voltaje nominal.

Este moto reductor hace parte de la familia micro motor HP (High Power) de alta potencia los cuales vienen en diferentes tipos de reducciones desde 5:1 hasta 298:1 conservando en todos los casos el tamaño y las propiedades eléctricas del motor

**Tipo:** Micro motor (HP) Alta potencia

**Tamaño** 24 x 10 x 12 mm

**Peso** 0.34 oz

**Relación de reducción** 298:1

**Velocidad sin carga** 100 rpm

**Corriente sin carga** 70 mA

**Torque Stall** 90 oz-in (6.4 kg-cm)

**Corriente Stall** 1600 mA

### Dimensiones

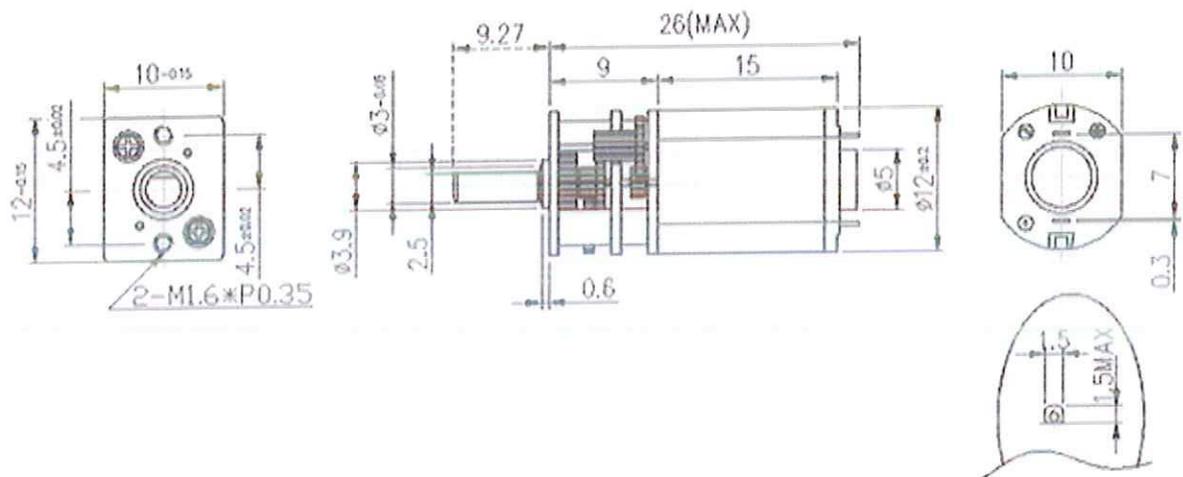


Figura 28. Catálogo de productos DYNAMO ELECTRONICS

### 6.2.5. Separación de materiales

Cuando los sensores seleccionen el tipo de material depositado, una bandeja que sostiene el compartimiento donde se encuentra el desecho girará hasta posicionarlo en el lugar designado según su tipo de material.

Para esta acción de posicionamiento de desechos seleccionamos un servomotor con el cual podremos diseñar un control de posición fiable y de forma sencilla, sin embargo para este diseño se debe tener especial cuidado en la carga.

Este motor moverá los desechos depositados en la cesta de basura a los diferentes compartimientos separados para la clasificación entre latas, vidrio y plástico y aunque generalmente este tipo de desechos no suelen ser pesados, el sistema debe estar preparado en caso de que alguna persona deposite en la cesta algún objeto muy pesado.

Para evitar este tipo de problemas el diseño de la boquilla por la cual será depositada la basura tendrá dimensiones limitadas para evitar objetos muy grandes, sin embargo puede llegar el caso de que un objeto pequeño pueda tener gran peso, para esto se tuvo en cuenta utilizar el servomotor mg 995 como el mostrado en la figura 29.

Este es un servo motor de alto torque de piñonería metálica, a pesar de su pequeño tamaño, con una alimentación de 4.8v podemos obtener de él un torque de 13kg/cm y con una alimentación de 6v puede llegar hasta 15kg/cm. Su velocidad de operación va desde los 0.17 seg/60 grados hasta los 0.13 seg/60grados.

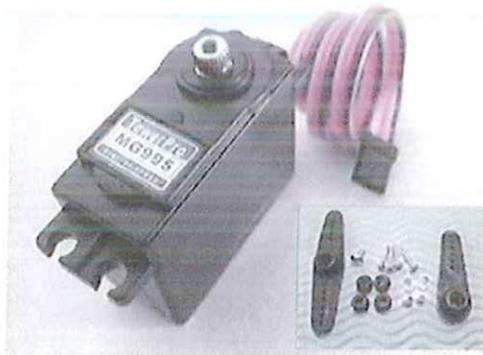


Figura 29. Catálogo de productos DYNAMO ELECTRONICS

### 6.3. Prueba de sensores

#### 6.3.1. Sensor inductivo:

El primer material que el sistema detecta es el metálico. Como se explicó anteriormente esta acción se realiza por medio un sensor inductivo de tipo blindado, esta característica permite ampliar la distancia de detección, sin

embargo, en pruebas realizadas en el sensor inductivo seleccionado, logramos una distancia de detección no mayor a 15 milímetros.

Por esto se deberá tener especial cuidado en la ubicación del sensor para evitar lecturas falsas. Otro punto a tener en cuenta tiene que ver con la alimentación.

El inductor seleccionado se alimenta con 24V y las pruebas realizadas en metales se hicieron con este voltaje, por otro lado, el resto del sistema cuenta con un voltaje de alimentación de 9V, es por esto que el diseño final del circuito contara un una batería de 24V para su alimentación y se necesitara de la implementación de un circuito regulador de voltaje para la alimentación de las etapas de voltaje menor.

### 6.3.2. Sensor de vidrio

Para diferenciar el vidrio del plástico en la etapa de clasificación se consideró en primera instancia un sensor óptico. Aprovechando la diferencia en la cantidad de luz reflejada en ambos materiales y su índice de refracción. se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3. Pruebas del sensor óptico

TIPO DE MATERIAL	VOLTAJE DESALIDA (V)
Vidrio oscuro	3.7
Vidrio claro	4.5
Plástico oscuro	3
Plástico claro	3.3

Todas las pruebas realizadas con el sensor óptico se realizaron a una distancia de 20 milímetros. Después de realizado este procedimiento descartamos el uso de este tipo de sensor teniendo como argumento el efecto que el color del

material produce en el resultado, ya que la prioridad de detección es el tipo de material mas no el color del mismo.

Definido esto, iniciamos la prueba de clasificación del vidrio y el plástico por medio del sensor de sonido. Para iniciar esta prueba se implementó primero el sistema de golpe que se realiza por medio de un motor dc para obtener en cada prueba una frecuencia de sonido similar. Una vez terminado el circuito y mecanismo de golpe continuamos con el acondicionamiento del sensor.

Para el correcto funcionamiento del micrófono Electrec, fue necesario añadir una etapa de pre-amplificación (figura 30) ya que el voltaje de salida adquirido por este tipo de micrófono es muy pequeño

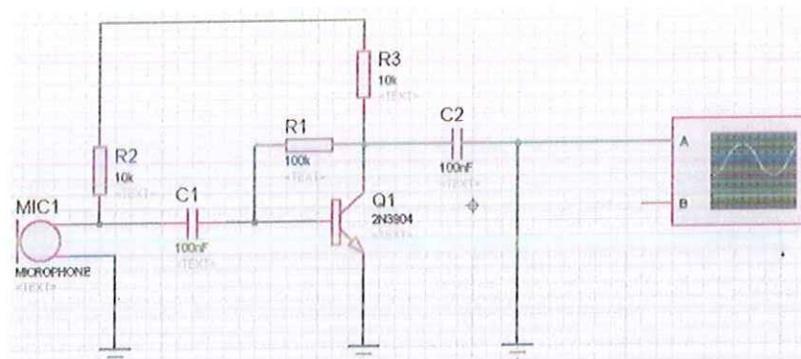


Figura 30. Circuito pre-amplificador para micrófono

La resistencia R2 de 10 K $\Omega$  se conecta al terminal positivo del micrófono para asegurar la tensión necesaria para el funcionamiento del mismo.

A este mismo terminal conectamos el capacitor C1 de 100nF para bloquear la componente DC de la señal y así permitir que la componente AC que es la portadora del audio ingrese por la base del transistor amplificador.

Con la resistencia R3 de 10 K $\Omega$  conectada al colector del transistor polarizamos este elemento. La resistencia R1 de 100K $\Omega$  se encarga de la retroalimentación de la señal.

Por ultimo conectamos al colector un capacitor C2 de 100nF que bloqueara las señales de DC en este punto y dejara pasar solo la señal de audio.

El preamplificador nos ayuda a polarizar el micrófono y genera una señal que aún es muy pequeña, por esto pasamos esta señal por un amplificador diseñado con amp-op (figura 31).

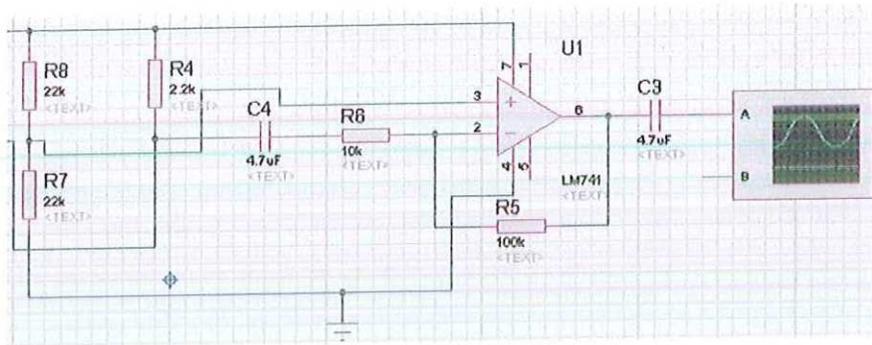


Figura 31. Amplificador de audio

El amplificador operacional funciona con alimentación dual, sin embargo este circuito es alimentado con una fuente de 9V.

Si alimentamos el amplificador operacional con una fuente sencilla, lo tomara como si dividiera el voltaje y en ocasiones no alcanza la tensión mínima que recomienda el fabricante, además mientras menos sea la alimentación menor será la salida y podría generar distorsión en la señal.

Para solucionar esto, creamos una tierra virtual utilizando las resistencias R8 y R7, ambas con un mismo valor de 22K $\Omega$ , con esto obtenemos un divisor resistivo y el nodo entre estas dos resistencias estará justo a la mitad de la tensión de alimentación.

Ya que la alimentación es de 9V, el operacional tendrá como referencia el nodo medio y así el operacional funcionara con alimentación dual de 4.5V y -4.5V. el valor de las resistencias no es crítico por que las entradas apenas requieren corriente, en este caso basta con que tengamos una alimentación estable.

Con la resistencia R6 de 10K $\Omega$  que determina la impedancia de entrada y el condensador C4 de 4.7 $\mu$ F formamos un filtro pasa altos recortando la componente continua. R2 es la resistencia de retroalimentación, junto con R1 determinan la ganancia del amplificador

$$G = \frac{R2}{R1} = \frac{100V}{10V} = 10V$$

Haciendo la relación voltaje-decibeles con esta ganancia obtenemos

$$dB = 20 \log_{10} 10 = 20dB$$

Terminado el circuito del micrófono realizamos pruebas de sonido en plástico y vidrio utilizando el mecanismo de golpe anteriormente mostrado.

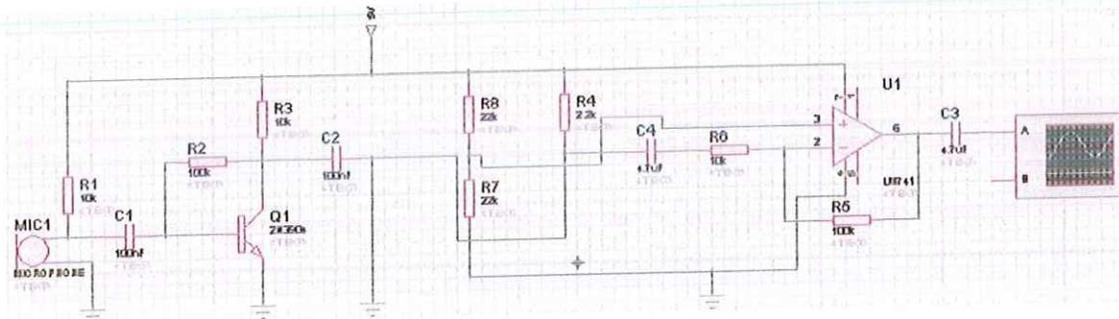


Figura 32 circuito amplificador para micrófono

Al sensar el sonido generado por el golpe a botellas de vidrio, el circuito mostro una señal de salida mayor a 1 KHz. Después, realizando la misma prueba en botellas plásticas obtuvimos frecuencias menores a 500 Hz.

Tabla 4. Pruebas del sensor de sonido

N° de prueba	Material sentido	Frecuencia (KHz)
1	Plástico	0.49
2	Plástico	0.35
3	Plástico	0.4
4	Vidrio	2
5	Vidrio	1.5
6	Vidrio	1.7

Haciendo el análisis de resultados se concluyó que el sensor generaba un rango de frecuencia entre los dos materiales suficiente para ser diferenciados.

Después de esto, diseñamos un filtro pasa altas para separar las señales generadas por ambos materiales. Con este filtro se garantizara el paso único de la señal producida por el golpe del vidrio, cualquier otra señal será atenuada y por ende, descartada por el sistema detector de vidrio.

Para el cálculo de la frecuencia consideramos un filtro tipo Chebyshev debido a la forma ondulatoria, casi tipo pulso, que genera el vidrio al ser golpeado.

Un filtro Chebyshev genera una respuesta ondulatoria en la banda de paso mas no en la de bloqueo. En cuanto a configuración del circuito del filtro se tuvo en cuenta el tipo Sallen y Key (VCVS) mostrado en la figura 33 por su baja complejidad en el cálculo de sus componentes, además de su fácil ajuste y bajo costo.

Para facilitar el cálculo de sus componentes asumimos  $R1 = R2$  y  $C1 = C2$ , así mismo se le dio un valor a  $C1$  y  $RB$  para utilizar en las formulas y poder hallar los demás componentes, estos valores fueron  $C1 = 0.01\mu F$  y  $RB = 10k$  teniendo en cuenta que estos son valores comerciales fáciles de conseguir en el mercado. Con las especificaciones del filtro tipo Chebyshev realizamos los cálculos de las resistencias y la ganancia (A):

$$\alpha = 1.059$$

$$fc = 1KHz$$

$$\omega c = 2\pi fc = 2\pi(1KHz) = 6.28 \frac{Krad}{seg}$$

$$R1 = \frac{1}{\omega c C1} = \frac{1}{6.28(0.01\mu F)} = 15.91K\Omega = R2$$

$$RA = 10K\Omega$$

$$RB = (2 - \alpha)RA = (2 - 1.059)10K\Omega = 9.41K\Omega$$

$$A = 1 + \frac{RB}{RA} = 1 + \frac{9.41K\Omega}{10K\Omega} = 1.941$$

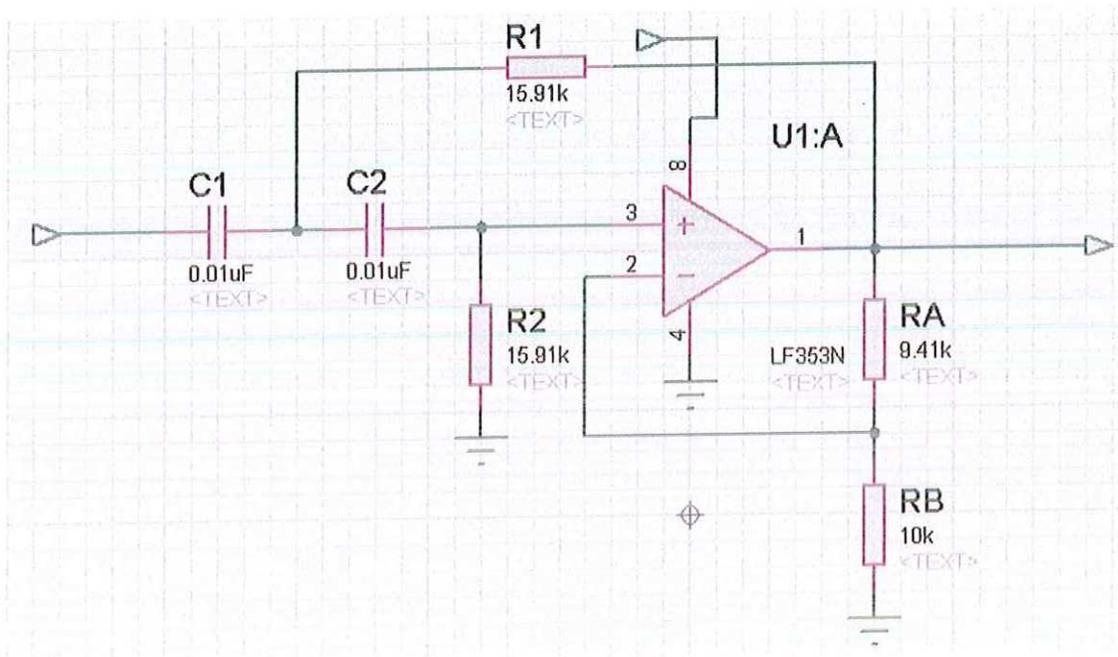


Figura 33. Filtro pasa altas tipo Sallen y Key (VCVS)

Cada RC proporciona 6 dB/octava de variación de atenuación en la región de transición. Como hay dos circuitos RC,  $R1C1$  y  $R2C2$ , el circuito será de segundo orden. Para el circuito pasa-altas,  $R1C1$  y  $R2C2$  son diferenciadores.  $RA$  y  $RB$  determinan el factor de amortiguación y la retroalimentación a través de  $R1$  proporciona la forma de respuesta cerca del borde de la banda de paso.

## 6.4. Diseño de la estructura de la cesta

### 6.4.1. Diseño final

El diseño final de la cesta de basura deberá ser atractivo para los usuarios sin perder la sencillez en la imagen que caracteriza a este tipo de recolectores de basura (figura 34). Con esto podremos asegurar su instalación en todo tipo de lugares sin que con esto se pierda la estética del lugar. El diseño será ideal para centros comerciales, parques y empresas.

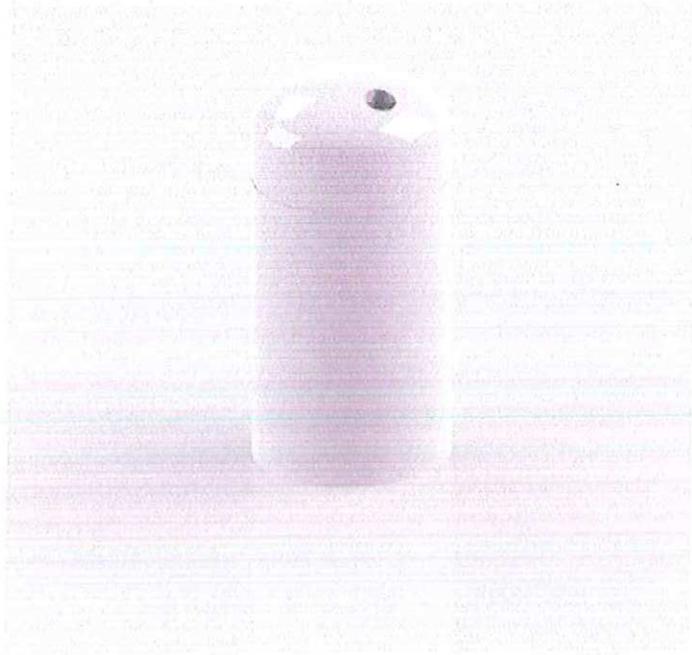


Figura 34. Diseño final de la cesta.

El diseño de la parte superior cuenta con una pequeña boquilla como la que se muestra en la figura 35, en donde serán depositados los desechos. Con un diámetro limitado en la entrada de la basura evitamos que sean depositados residuos muy pesados o de características diferentes a las propuestas.

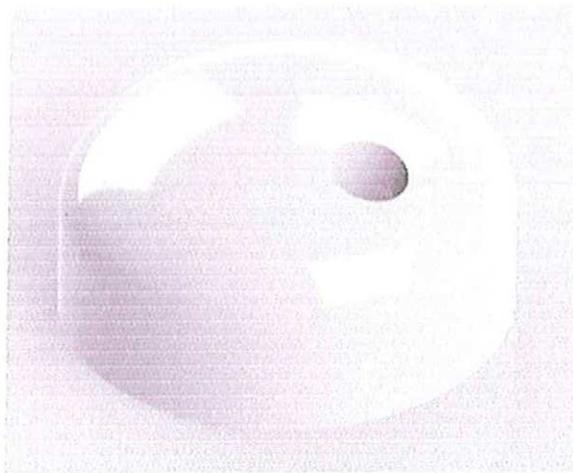


Figura 35. Diseño de la tapa superior

Además de esto, un pequeño espacio en la tapa será dispuesto para implementar la parte electrónica del sistema (figura 36). En este espacio

estarán ubicados los sensores actuadores y demás implementos encargados del funcionamiento del sistema de clasificación.

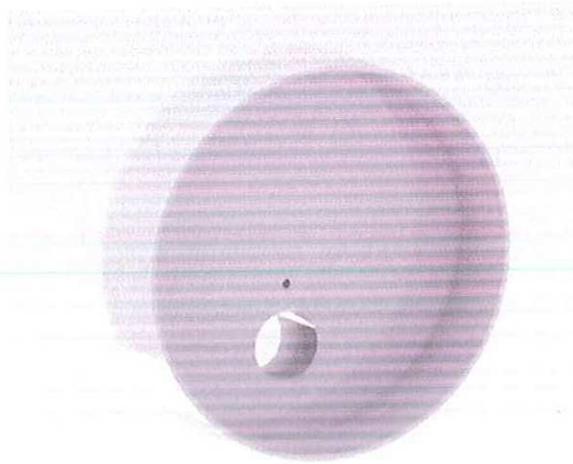


Figura 36. Espacio de la tapa superior para circuitería

También contaremos con 3 compartimentos en los cuales se almacenaran los diferentes tipos de desechos (figura 37). Para nuestro caso, los residuos metálicos tales como latas de bebidas ocuparan uno de estos espacios, las botellas de vidrio ocuparan otro de los lugares y el tercero de ellos será ocupado con residuos plásticos.

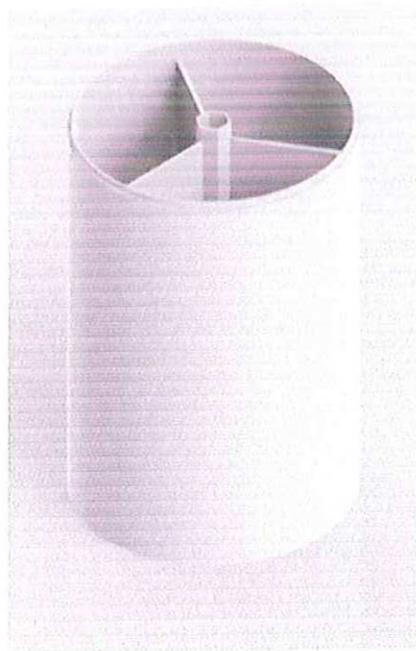


Figura 37. Compartimientos para 3 diferentes tipos de desecho

### 6.4.2. Diseño del prototipo

Para una etapa preliminar se realizó el diseño de un prototipo de la estructura de la cesta de basura que nos permitió dimensionar los espacios requeridos para ubicar los circuitos, la capacidad de recolección de basuras y un primer esquema de movimiento del sistema que permitirá la selección y separación de los diferentes materiales depositados (figura 38).

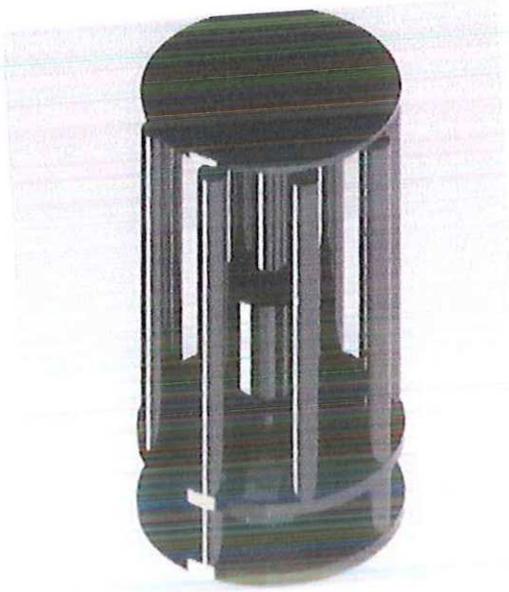


Figura 38. Diseño del prototipo

El cuerpo del prototipo se encuentra rodeado por 8 tubos de 50 cm de largo y con diámetro de 20mm, que forman las paredes exteriores de la cesta y permiten ver el funcionamiento interno de la misma. En la parte inferior otros 4 tubos de 9cm de la rango y 30mm de diámetro sostienen la estructura y dejan un espacio para ubicar allí los circuitos, así como los piñones y el servomotor encargados del movimiento. Estos tubos unen dos bandejas de 34cm de diámetro y 5mm de espesor cada una. La bandeja de la parte inferior es la base del sistema y soporta el peso de la estructura mientras que la de la parte superior será el piso de los 3 compartimientos donde se depositaran las basuras.

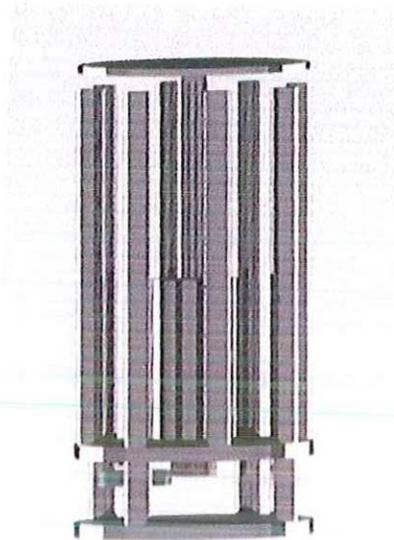


Figura 39. Vista lateral del prototipo

La bandeja superior (figura 40) sostiene un eje fijo de 23cm de largo y 62mm de diámetro con un espacio en el centro para ubicar un eje móvil unido en la parte superior a una bandeja que soportará el peso de los materiales depositados y en la parte inferior a dos piñones acoplados al servomotor.

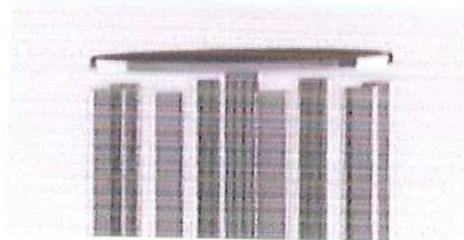


Figura 40. Bandeja superior del prototipo

Ambos ejes se encuentran unidos por un rodamiento de rodillos cónicos como el mostrado en la figura 41, de esta forma el eje soporta cargas radiales y cargas axiales simultáneamente. Es necesario este tipo de rodamiento ya que al poner sobre la bandeja algún desecho, este ejerce presión hacia abajo generando carga axial al eje.



Figura 41. Rodamiento de rodillos cónicos, catálogo de productos Rodabeni S.A.C.

En la siguiente tabla podemos ver un cuadro donde se muestra la forma de calcular la carga axial y radial en este tipo de rodamientos. Para este tipo de cálculo se tienen en cuenta la carga entre la carcasa y el eje ( $F_{ae}$ ).

Tabla 5. Cálculo de carga axial y radial en rodamiento de rodillos cónicos, diseño de máquinas V. Badiola 2004

Cargas radiales y axiales combinadas		Método ISO		Método Timken	
		Condición de carga axial 1	Condición de carga axial 2	Condición de carga axial 1	Condición de carga axial 2
		$\frac{0,5 \cdot F_{1A}}{Y_A} \leq \frac{0,5 \cdot F_{1B}}{Y_B} + F_{ae}$		$\frac{0,47 \cdot F_{1A}}{K_A} \leq \frac{0,47 \cdot F_{1B}}{K_B} + F_{ae}$	
		$\frac{0,5 \cdot F_{1A}}{Y_A} > \frac{0,5 \cdot F_{1B}}{Y_B} + F_{ae}$		$\frac{0,47 \cdot F_{1A}}{K_A} > \frac{0,47 \cdot F_{1B}}{K_B} + F_{ae}$	
Carga axial total sobre el rodamiento		Carga axial total sobre el rodamiento		Carga axial total sobre el rodamiento	
$F_{aA} = \frac{0,5 \cdot F_{1B}}{Y_B} + F_{ae}$ $F_{aB} = \frac{0,5 \cdot F_{1B}}{Y_B}$		$F_{aA} = \frac{0,5 \cdot F_{1A}}{Y_A}$ $F_{aB} = \frac{0,5 \cdot F_{1A}}{Y_A} - F_{ae}$		$F_{aA} = \frac{0,47 \cdot F_{1B}}{K_B} + F_{ae}$ $F_{aB} = \frac{0,47 \cdot F_{1B}}{K_B}$	
Carga radial dinámica equivalente		Carga radial dinámica equivalente		Carga radial dinámica equivalente	
si $\frac{F_{aA}}{F_{rA}} \leq 0,4$ , $P_A = F_{rA}$ si $\frac{F_{aA}}{F_{rA}} > 0,4$ , $P_A = 0,4 \cdot F_{rA} + Y_A \cdot F_{aA}$ $P_B = F_{rB}$		$P_A = F_{rA}$ si $\frac{F_{aB}}{F_{rB}} \leq 0,4$ , $P_B = F_{rB}$ si $\frac{F_{aB}}{F_{rB}} > 0,4$ , $P_B = 0,4 \cdot F_{rB} + Y_B \cdot F_{aB}$		$P_A = 0,4 \cdot F_{rA} + K_A \cdot F_{aA}$ si $P_A < F_{rA}$ , $P_A = F_{rA}$ $P_B = F_{rB}$	
Vida $L_{10}$		Vida $L_{10}$		Vida $L_{10}$	
$L_{10A} = \frac{10^6}{60n} \cdot \left( \frac{C_{1A}}{P_A} \right)^{10/3}$ (horas)		$L_{10A} = \left( \frac{C_{10A}}{P_A} \right)^{10/3} \times 3000 \times \frac{500}{n}$ (horas)		$L_{10B} = \left( \frac{C_{10B}}{P_B} \right)^{10/3} \times 3000 \times \frac{500}{n}$ (horas)	

Teniendo en cuenta que un servomotor sera el encargado del movimiento del eje principal, se tuvieron en cuenta ciertos parametros para el angulo de giro. El eje del servomotor gira de  $0^{\circ}$  a  $180^{\circ}$ , sin embargo el eje principal debe girar hasta  $360^{\circ}$  para que la bandeja pueda pasar por los 3 compartimentos diferentes.

Para esta relacion incluimos dos piñones acomodados al eje central y al eje del servomotor con relacion 2:1(figura 42), el piñon del eje central tiene 21 dientes mientras que el piñon del eje del servomotor tiene 42 dientes. Por cada vuelta que de el eje del servomotor, el eje central completara 2 vueltas. La parte inferior de la cesta cuenta con un espacio suficiente para la ubicaci3n de estos piñones, el servomotor y demas implementos necesarios para el movimiento del sistema.

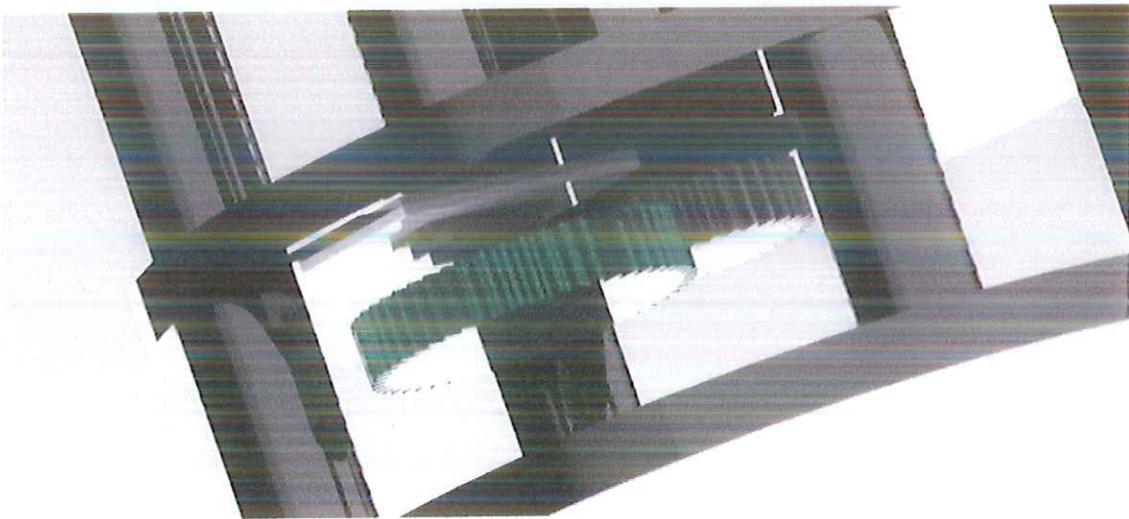


Figura 42. Sistema de transmision del movimiento

### 6.5. Simulaci3n del juego

Utilizando el software Proteus, se diseñ3 una simulaci3n del sistema de juego y el papel que desempeñan los sensores y actuadores en 3l (figura 43).

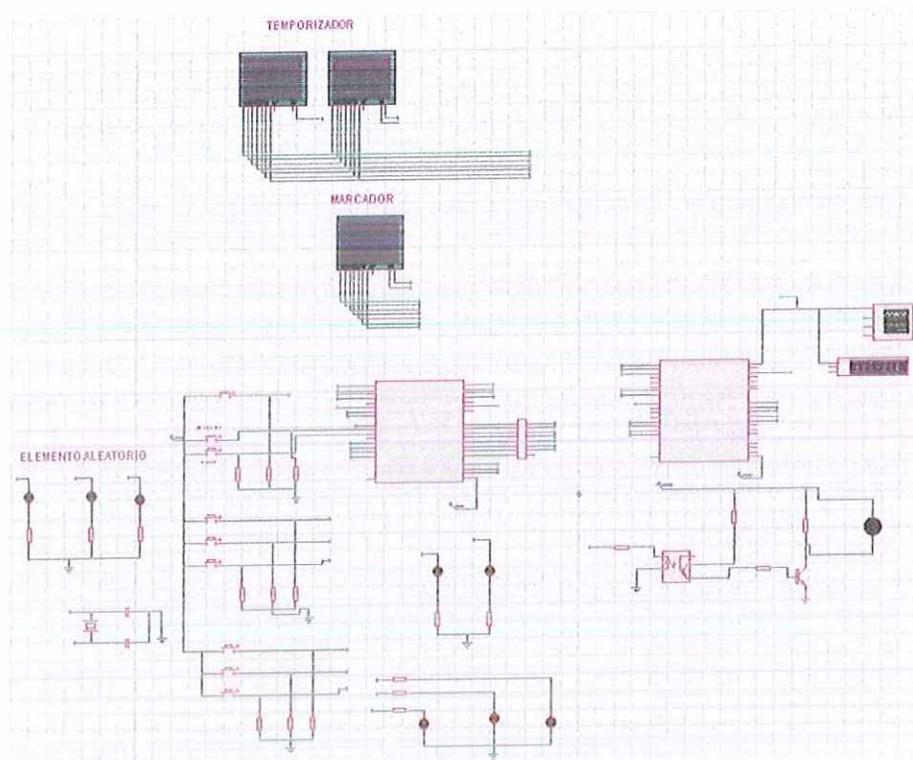


Figura 43. Conexión del circuito simulador de los estados del juego

Dos pulsadores se encargaran del cambio de estado del sistema, pulsando el primero el sistema iniciara el modo juego, pulsando el segundo el sistema iniciara el reciclaje automatico. Dos leds mostraran en cual de los dos estados se encuentra el sistema.

Los sensores seran representados por pulsadores que al ser presionados representaran el estado activo de cada sensor. Al iniciar el modo juego 3 leds iniciaran una secuencia randomica hasta detenerse en alguno de ellos, cada led esta etiquetado con uno de los 3 desechos a clasificar. Al detenerse en alguno, indicara que el usuario debera buscar este tipo de desecho. Adicional a esto, otro grupo de leds mostrara el tipo de material que se encuentra en el momento en la boquilla.

Finalmente, otros 3 pulsadores indicaran al sistema que el desecho llevo a su respectivo compartimiento para asi ser depositado y de nuevo volver a su posicion inicial.

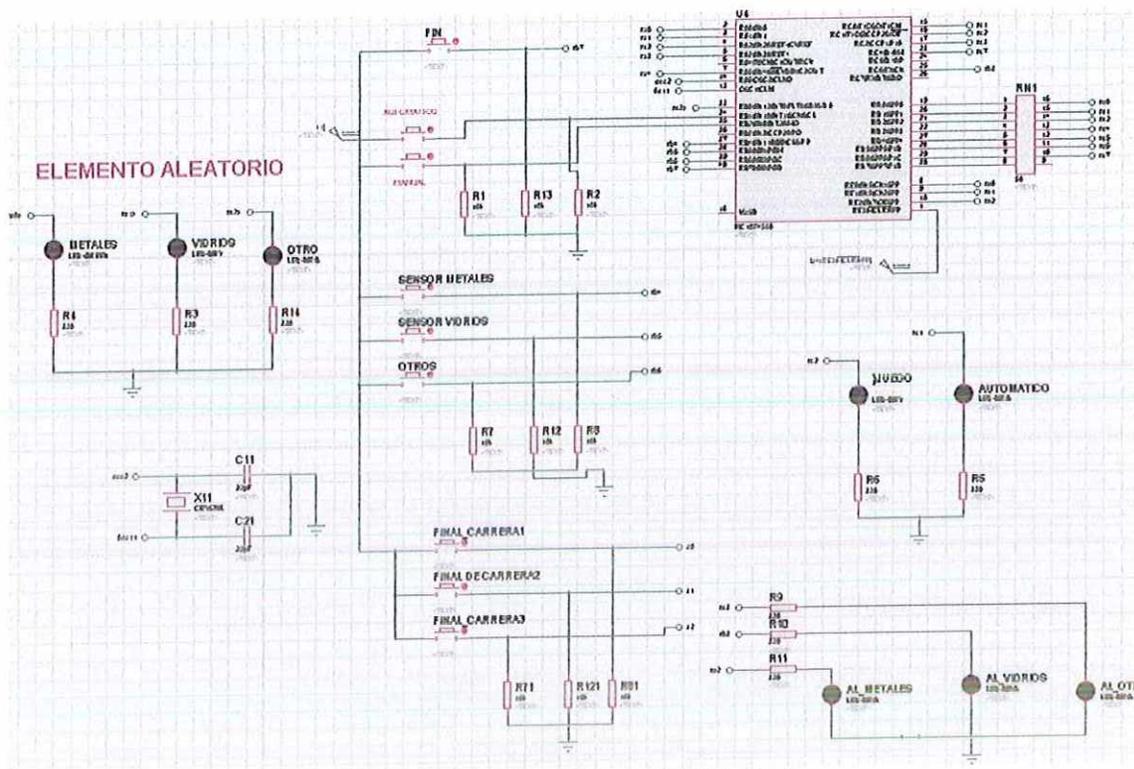


figura 44. Conexión sensores y controlador 1

Ya que el número de salidas del sistema es mayor al dispuesto en el controlador seleccionado, es necesario incluir 2 controladores.

Con el segundo controlador nos encargamos del manejo de los actuadores (figura 45). Utilizando las herramientas del software, graficaremos la señal de pwm que controlara el servo para así comprobar el control de posición. en cuanto al motor de corriente continua, en el diseño se le adicionara un optocoplador para aislar el sistema y proteger el controlador. En la simulación los dos actuadores funcionaran de acuerdo a lo especificado en los parámetros del juego y las entradas que se activen o se desactiven.



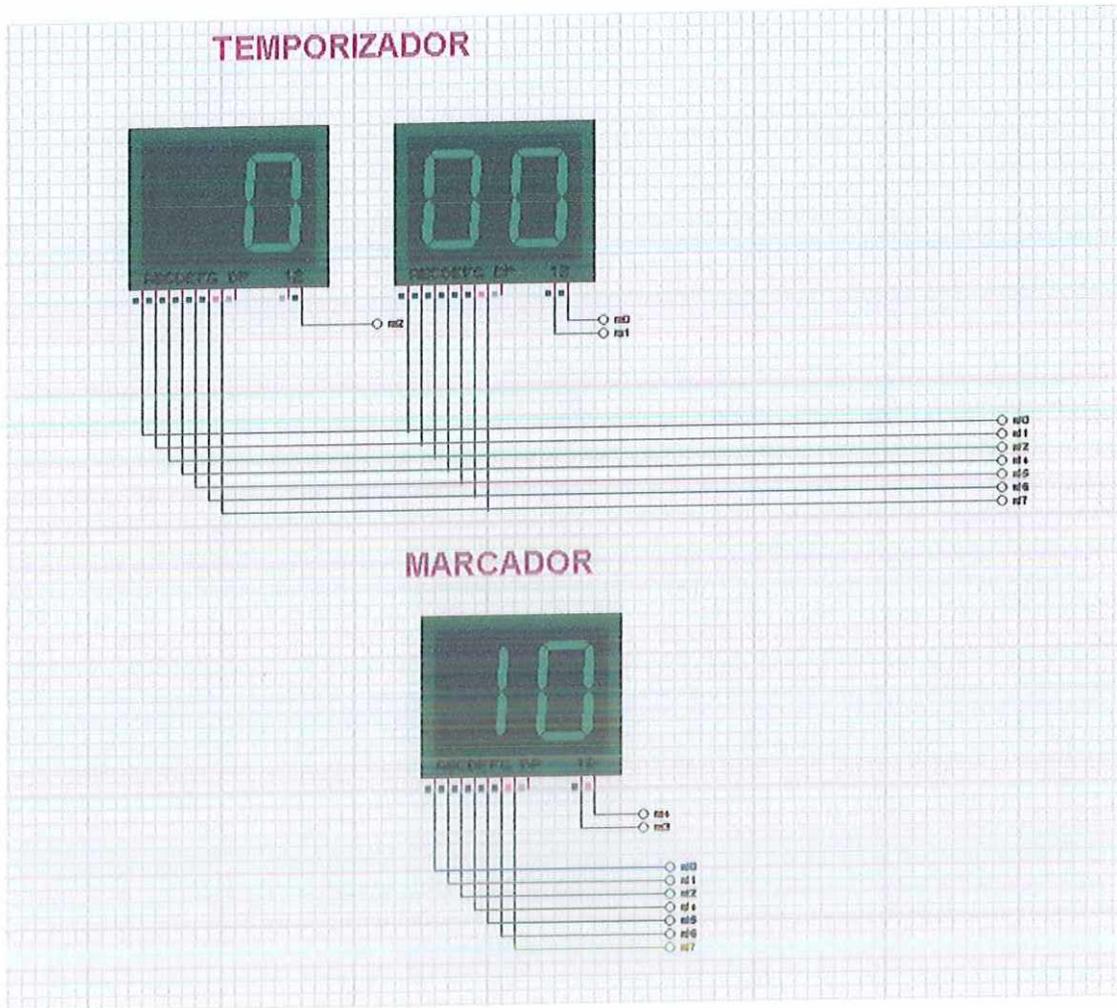


Figura 46. Simulación del tablero de juego

en la zona marcada con el título TEMPORIZADOR, el visualizador de la derecha nos muestra los segundos recorridos mientras que el de la izquierda señala los minutos. En la zona marcada con el título MARCADOR, encontramos un visualizador con dos cifras, cada una de las cifras muestra el puntaje de cada jugador. En el ejemplo mostrado en la figura 46, se muestra que el jugador uno lleva un punto mientras que el jugador dos inicia en tiempo cero su oportunidad teniendo cero puntos hasta ahora.

A continuación vemos en detalle el código de programación de ambos controladores para realizar la simulación del sistema de juego:

Código del controlador uno:

```
#include <18f4550.h>

#FUSES HS,NOWDT,NOLVP,PUT

#use delay(clock=20000000)

#byte TRISD = 0x77

#use FAST_IO(B)

#priority TIMER1,RB,EXT

byte const DISPLAY [10]={64,249,36,48,25,18,2,120,0,16};

int8 uni,dec,cen,volt,cont,a=0,n1=0,ran=0,c=0,play1=0,play2=0,par=0,x=0;

#int_timer1

void diego()

{

    cont=cont+1;

    if (cont>19)

    {

        volt=volt+1;

        cont=0;

    }

    set_timer1(3036);

}

#int_rb

void Otro()

{
```

```
clear_interrupt(int_RB);

if(input(pin_b4)==1)
    {
        n1=1;
        output_high(pin_e0);
        output_low (pin_c4);
        output_low (pin_e1);
    }

if(input(pin_b5)==1)
    {
        n1=2;
        output_low (pin_e0);
        output_low (pin_c4);
        output_high(pin_e1);
    }

if(input(pin_b6)==1)
    {
        if(n1!=2 && n1!=1)
            {
                n1=3;
                output_high(pin_c4);
                output_low (pin_e0);
                output_low (pin_e1);
```

```
        }  
        if(input(pin_b7)==1)  
        {  
            a=0;  
        }  
        delay_ms(3);  
    }  
  
#int_ext  
void nada()  
{  
    output_low (pin_c4);  
    output_low (pin_e0);  
    output_low (pin_e1);  
}  
  
void main()  
{  
    TRISD=0;  
    set_tris_b(255);  
    port_b_pullups(TRUE);  
    enable_interrupts(int_rb);  
    enable_interrupts(int_timer1);  
    enable_interrupts(int_ext);
```

```
enable_interrupts ( GLOBAL);  
  
while (TRUE)  
    {  
        while (a==0)  
            {  
  
volt=0;  
  
cen=0;  
  
dec=0;  
  
uni=0;  
  
if (input(pin_b1)==1)  
    {  
  
output_high(pin_c0);  
  
output_low (pin_c1);  
  
delay_ms(3);  
  
a=1;  
  
x=2;  
  
    }  
  
if(input(pin_b2)==1)  
    {  
  
x=1;  
  
output_high(pin_c1);  
  
output_low (pin_c0);  
  
  
while(input(pin_b2)==1)
```

```
ran =ran+1;

if(ran > 3)
    {
        ran=1;
    }

if(ran==1)
    {
        output_high(pin_e2);
        output_low(pin_c6);
        output_low(pin_c2);
    }

if(ran==2)
    {
        output_high(pin_c6);
        output_low(pin_e2);
        output_low(pin_c2);
    }

if(ran==3)
    {
        output_high(pin_c2);
        output_low(pin_e2);
        output_low(pin_c6);
    }
}
```

```
par=par+1;

if(par > 2)
    {
        par=1;
    }

setup_timer_1(T1_internal|T1_div_by_4);

set_timer1 (3036);

delay_ms(3);

a=1;
}

c=0;

output_a(0x02);

output_d(DISPLAY[dec]);

delay_ms(8);

output_a(0x04);

output_d(DISPLAY[cen]);

delay_ms(8);

output_a(0x01);

output_d(DISPLAY[uni]);

delay_ms(8);

output_a(0x08);

output_d(DISPLAY[play1]);

delay_ms(8);
```

```
output_d(DISPLAY[play2]);
```

```
delay_ms(8);
```

```
}
```

```
if(x==2)
```

```
{
```

```
  n1=0;
```

```
}
```

```
if(x==1)
```

```
{
```

```
  uni =volt;
```

```
  if (uni>9)
```

```
    {
```

```
      dec=dec+1;
```

```
      uni=0;
```

```
      volt=0;
```

```
    }
```

```
if(dec>5)
```

```
{
```

```
  cen=cen+1;
```

```
  dec=0;
```

```
}
```

```
if(cen>9)
```

```
{
```

```
  cen=0;
```

```
}
```

```
if(dec < 4)
    {
        output_a(0x02);
        output_d(DISPLAY[dec]);
        delay_ms(8);

        output_a(0x04);
        output_d(DISPLAY[cen]);
        delay_ms(8);

        output_a(0x01);
        output_d(DISPLAY[uni]);
        delay_ms(8);

        output_a(0x08);
        output_d(DISPLAY[play1]);
        delay_ms(8);

        output_a(32);
        output_d(DISPLAY[play2]);
        delay_ms(8);
        output_a(0);
    }
else
```

```
        if(n1 == ran)
            {
                switch (par)
                {
                    case 1:
                        play1=play1+1;
                        break;

                    case 2:
                        play2=play2+1;
                        break;

                    default:
                        play1=0;
                        play2=0;
                        break;
                }
            }
        if (play1>4 || play2 > 4)
            {
                play1=0;
                play2=0;
            }
        n1=0;
```

```
    }  
  }  
}  
}
```

### Código del controlador 2:

```
#include <18f4550.h>  
  
#FUSES XT,NOWDT,NOLVP,PUT  
  
#device ADC=10  
  
#use delay(clock=4000000)  
  
#byte TRISD= 0x98  
  
#USE FAST_IO(B)  
  
#byte TRISC = 0x89  
  
#priority EXT,rb  
  
int16 a=0,cont=0,b=0;  
  
#int_ext  
  
void DA()  
  
  {  
  
    set_pwm1_duty(332);  
  
    if(a==0)  
  
      {  
  
        a=4;  
  
      }  
  
    output_low(pin_d3);
```

```
if (cont<=a)
{
    output_high(pin_c0);
}
```

```
if (cont >=a)
{
    output_low(pin_c0);
}
```

```
if(cont > 100)
{
    cont=0;
}
```

```
}
```

```
#int_rb
```

```
void Otro()
```

```
{
    output_b(input_b());
    clear_interrupt(int_RB);
```

```
if(input(pin_b4)==1)
```

```
{
    a=9;
```

```
output_high(pin_d0);  
output_low (pin_d1);  
output_low (pin_d2);  
}  
if(input(pin_b5)==1)  
{  
a=15;  
output_high(pin_d1);  
output_low (pin_d2);  
output_low (pin_d0);  
}  
if(input(pin_b6)==1)  
{  
a=19;  
output_high(pin_d2);  
output_low (pin_d0);  
output_low (pin_d1);  
}  
if(input(pin_b7)==1)  
{  
a=4;  
output_low (pin_d0);  
output_low (pin_d1);  
output_low (pin_d2);  
}
```

```
    }  
  
void main()  
{  
    TRISC= 0;  
  
    setup_timer_2(T2_div_by_1,166,1);  
  
    setup_ccp1 (ccp_pwm);  
  
    enable_interrupts (int_rb);  
  
    enable_interrupts(INT_ext);  
  
    ext_int_edge(L_TO_H);  
  
    enable_interrupts(GLOBAL);  
  
    while (TRUE)  
    {  
        if(input(pin_a0)==1 || input(pin_a1)==1 || input(pin_a2)==1)  
        {  
            output_high(pin_d4);  
  
            delay_ms(1600);  
  
            output_low (pin_d4);  
  
            output_high(pin_d3);  
  
            a=0;  
        }  
    }  
}
```

## 7. BIBLIOGRAFIA

- EVERETT, H. R. "Sensors for Mobile Robots". 63 south avenue, natick, Massachusetts: A. K. Peters, ltda. 1995
- L.M. Faulkenberry, "Introducción a los Amplificadores Operacionales con Aplicaciones a CI", México D.F.: Ed. Limusa-Noriega, 1990.
- ALCIATORE, David , HISTAND, Michael. "Introducción a la Mecatrónica y los Sistemas de Medición". México D.F.: McGraw Hill. 509p. Tercera Edición. 2008
- V. Badiola. "Diseño de máquinas" México D.F.: grupo IMAC: Ingeniería Mecánica Aplicada y Computacional 2006
- CLAVIJO MENDOZA, Juan Ricardo. "Diseño y simulación de sistemas microcontrolados en lenguaje C.", Programación con el compilador MikroC PRO y simulación en Proteus ISIS, Colombia, ISBN 978-958-44-8619-6 Primera edición mayo de 2011
- CARLETTI, Eduardo J. "Manejo de potencia para motores con el integrado L293D", internet ([http://robots-argentina.com.ar/MotorCC\\_L293D.htm](http://robots-argentina.com.ar/MotorCC_L293D.htm))