



## Informe Tarea 2

---

### Contenidos

1.	Síntesis del proyecto . . . . .	1
2.	Objetivo general y objetivos específicos . . . . .	2
2.1.	Objetivo general . . . . .	2
2.2.	Objetivos específicos . . . . .	2
3.	Problema y oportunidad . . . . .	3
4.	Estado del arte . . . . .	4
5.	Solución y descripción del proyecto . . . . .	7
6.	Metodología . . . . .	9
6.1.	Etapas . . . . .	9
7.	Desafíos . . . . .	10
8.	Resultados esperados . . . . .	10
9.	Indicadores . . . . .	14
10.	Plazos esperados y medios de validación . . . . .	14
11.	Anexos . . . . .	16
11.1.	Proyecto B . . . . .	16
11.2.	Estándares para el proyecto . . . . .	19

### 1. Síntesis del proyecto

Este proyecto tiene como objetivo la creación de una máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa con una alta precisión de tiro. Utilizando la posición de la paleta del jugador en la cancha, obtenida mediante algoritmos de visión por computador, la máquina seleccionará las mejores secuencias de disparos mediante un algoritmo. Esto permitirá implementar sesiones de entrenamiento que se asemejen a la instrucción de un profesor, otorgando a los usuarios una experiencia de alta calidad y ahorrándoles aproximadamente \$10.000 por cada clase. Con un enfoque en la combinación de precisión y adaptabilidad, este proyecto tiene el potencial de cambiar la forma en que se aborda el entrenamiento en el tenis de mesa.



## 2. Objetivo general y objetivos específicos

### 2.1. Objetivo general

Con el objetivo de poder simular un partido de tenis de mesa y que el usuario pueda practicar sus habilidades y mejorar como jugador, se implementará el uso de un sistema robótico que consistirá de un lanzador y recolector de pelotas que pueda imitar los tiros de un humano.

El robot estará hecho de materiales ligeros, idealmente piezas fabricadas con impresoras 3D. Por otro lado, para los movimientos y para disparar las pelotas se usarán pequeños motores de inducción, los cuales serán controlados por un Arduino. Este último a su vez, recibirá las instrucciones a partir de un computador que le enviará los valores de referencia según la posición del jugador capturada por cámara, mediante conexión Bluetooth.

### 2.2. Objetivos específicos

- Implementar cañón capaz de disparar pelotas de tenis de mesa de 3 gramos aproximadamente.
- Construir malla con sistema colector que pueda atrapar las pelotas que devuelve el jugador y almacenarlas (no se espera poder atrapar todas).
- Implementar sistema que tome las pelotas almacenadas y sea capaz de cargarlas para que el cañón pueda dispararlas nuevamente.
- Establecer los límites de la zona de juego.
- Implementar sistema de direccionamiento del cañón. Debe poder variar su ángulo Yaw y Pitch para apuntar a diferentes secciones de la mesa.
- Crear algoritmo que a partir de un punto en la mesa, sea capaz de generar valores de referencia para los ángulos Yaw y Pitch, así como también de velocidad de salida de la pelota, con el propósito de acertar en ese objetivo.
- Enviar datos de ángulos y velocidad de los motores de disparo al Arduino.
- Usar un lazo de control para llegar a dichos valores de referencia.
- Tener al menos tres disparos predeterminados diferentes. El robot debe tener la capacidad de alternar entre ellos de forma automática.
- Idealmente debe ser capaz de realizar un tiro cada 3 segundos.
- Desarrollar un sistema de visión por computador que sea capaz de detectar y seguir la posición de la paleta en tiempo real.
- Desarrollar un algoritmo que en base a la posición de la paleta, elija posiciones en la mesa para disparar.



### 3. Problema y oportunidad

La necesidad que motiva este proyecto surge de la demanda por mejorar y optimizar el entrenamiento y la práctica de jugadores de tenis de mesa en un nivel más avanzado. Actualmente, el entrenamiento depende de la habilidad del entrenador para realizar lanzamientos precisos y variados, teniendo en cuenta de la posición del jugador.

Este problema presenta una oportunidad clara en el mercado, ya que existe una demanda creciente de tecnologías que puedan mejorar la calidad del entrenamiento y permitir a los jugadores perfeccionar sus habilidades de manera más efectiva. Una máquina lanzadora de pelotas de tenis de mesa que pueda alcanzar ubicaciones específicas en la cancha según la posición del jugador representaría un avance significativo en el entrenamiento en este deporte, lo que llevaría a la mejora de la calidad del jugador, por ende aumentaría el nivel de competencia nacional.

El impacto económico de esta solución sería considerable, ya que brindaría a los jugadores, entrenadores y clubes de tenis de mesa una herramienta valiosa para mejorar el rendimiento. Al tener la capacidad de practicar lanzamientos dirigidos y adaptarse a diferentes escenarios de juego, los jugadores podrían mejorar su precisión y experimentar un entrenamiento con un jugador profesional, mediante una máquina. Esto, a su vez, podría traducirse en un aumento en el rendimiento competitivo y en la visibilidad del deporte, lo que podría atraer más inversión y patrocinios. Además, la venta y el arriendo de estas máquinas a diferentes instituciones deportivas podrían generar flujos de ingresos significativos.

Para poder realizar una comparación económica entre practicar con un entrenador y la máquina lanza pelotas, se tomaran los siguientes supuestos:

- Costo de comprar maquina:  
\$400.000 CLP (costo único)
- Costo de mantención maquina:  
\$100.000 CLP anuales
- Costo en electricidad de maquina por clase:  
Suponiendo que tiene un consumo de 1 kW por hora y que la tarifa promedio de kWh en Chile es de 100 pesos, tenemos que, el costo en electricidad por clase es de \$100 CLP.
- Entrenamiento 3 veces por semana de una hora cada entrenamiento.
- 48 semanas en un año.
- Costo promedio por una hora de clase, en Santiago de Chile:  
\$10.000 CLP por clases

Por lo que calculando los costos, tendríamos que:

- **Entrenamiento lanza pelota**  
Costo anual: \$514.400 CLP/año



- **Entrenamiento con profesor**

Costo anual: \$1.440.000 CLP/año

En resumen, nuestro sistema robótico responde a la necesidad de mejorar la calidad del entrenamiento en el tenis de mesa avanzado y presenta una oportunidad real en el mercado deportivo.

## 4. Estado del arte

En la actualidad ya hay algunas soluciones que abordan el problema anteriormente descrito, habiendo algunos proyectos que también siguen la misma línea de implementar un sistema robótico que lo solucione. Algunas de las soluciones que abarcan este problema son las siguientes:

- **Entrenamiento con un profesor:** La forma más común de buscar mejorar en el tenis de mesa, es tomar clases con un profesor o alguien más experimentado. Por lo general, las clases son de una hora, donde el profesor se adapta al nivel de los estudiantes para enseñarles las técnicas de tiro y luego se practica.



Figura 1: Entrenamiento con profesor

El problema que tienen muchas veces las clases, es que el alumno tiene que adaptarse a los horarios que el profesor tenga disponible. Además las clases suelen ser bastante costosas a la larga como se vio en el punto anterior. También, si una persona quiere practicar un tiro en específico, una persona difícilmente puede replicar el tiro repetidas veces, lo que da cabida a un sistema automático capaz de realizar esta tarea.

- **Lanzadores de pelotas básicos:** Estos lanzadores de pelotas son los más básicos que pueden encontrarse en el mercado. Estos se limitan a disparar las pelotas de tenis de mesa hacia el frente de donde fueron colocados, no poseen grado de personalización ni aumento de dificultad en los tiros.



Figura 2: Dispensador básico de pelotas

Si bien el precio de estos lanzadores es muy accesible (\$10 a \$40 dolares), estos no son capaces de brindar un entrenamiento para los jugadores más avanzados, ya que este lanzador no le da *spin* a los tiros, ni cambia la posición de disparo. Este lanzador está más centrado en los jugadores novatos que quieren recién aprender a pegarle a la pelota y no aquellos que quieren aprender a contestar pelotas difíciles.

- **HUIPANG HP 07:** Este es un lanzador de pelotas de tenis de mesa que tiene la capacidad de ajustar las cualidades del tiro. Puede modificar el spin de los lanzamientos, si el tiro es de un bote o dos, disparos en posiciones oscilantes, potencia de tiro y la frecuencia de tiro.



Figura 3: Lanzador HUIPANG HP 07

Fuera del modo de disparos oscilatorios, este no tiene la capacidad de cambiar automáti-



camente el ángulo de tiro, sino que debe hacerse de forma manual. Además, no tiene integrada una cámara que reconozca al jugador y dispare en base a su posición. El valor de este lanzador rondaba los \$200 dolares, ya que en estos momentos el producto no se encuentra disponible, solo puede conseguirse de segunda mano.

- **PongFox:** Una de las mayores competencias que tendríamos sería el lanzador desarrollado por PongFox. Este es un dispensador de pelotas de tenis de mesa que cuenta con una alta capacidad de customización. Este dispensador cuenta con las mismas capacidades de el lanzador HUIPANG HP 07 sumado a que puede ajustar en ángulo del lanzamiento de forma automática mediante una aplicación.



Figura 4: Robot desarrollado por PongFox

Este producto no tiene integrada una cámara para el reconocimiento de la posición del jugador, por lo que el proyecto que se desarrollaría en el curso sería una mejora de este lanzador. Además, el precio de este robot es considerablemente más elevado (\$650 dolares) comparado con el resto de lanzadores.

- **Otros lanzadores:** Existen más lanzadores en el mercado que lanzan de forma automática pelotas de tenis de mesa como son el lanzador **Newgy Robopong 545** y la serie **iPong**, que cuentan con capacidades similares a los dos lanzadores anteriormente mencionados.



Figura 5: Newgy Robopong 545



Figura 6: iPong V300



## 5. Solución y descripción del proyecto

La solución detallada se representa en el siguiente diagrama, donde el área de software incluye un diagrama de bloques general del sistema de control, en el área de eléctrica se muestran las componentes a utilizar, las cuales incluyen placas de controladores (Arduino por ejemplo), placas de control de motores, un módulos bluetooth para la comunicación entre el controlador y la unidad de procesamiento computacional y otros componentes eléctricos que permitan la comunicación entre el robot y el exterior, como una cámara, motores eléctricos, una batería, botones para determinar los niveles de dificultad y otros. Finalmente con respecto al desarrollo mecánico, serán necesarios tres componentes principales: Un primer mecanismo de entrada que sea capaz de cargar correctamente las pelotas de tenis de mesa al robot de forma constante y a una velocidad controlable. Además debe incluir al menos dos actuadores para controlar la dirección de lanzamiento del robot (uno para el eje vertical y otro para el eje horizontal). Un último mecanismo de salida que sea capaz de disparar las pelotas a la velocidad objetivo mediante rodillos, evitando dañarlas y logrando que estas lleguen a su posición objetivo con la precisión y exactitud esperada.

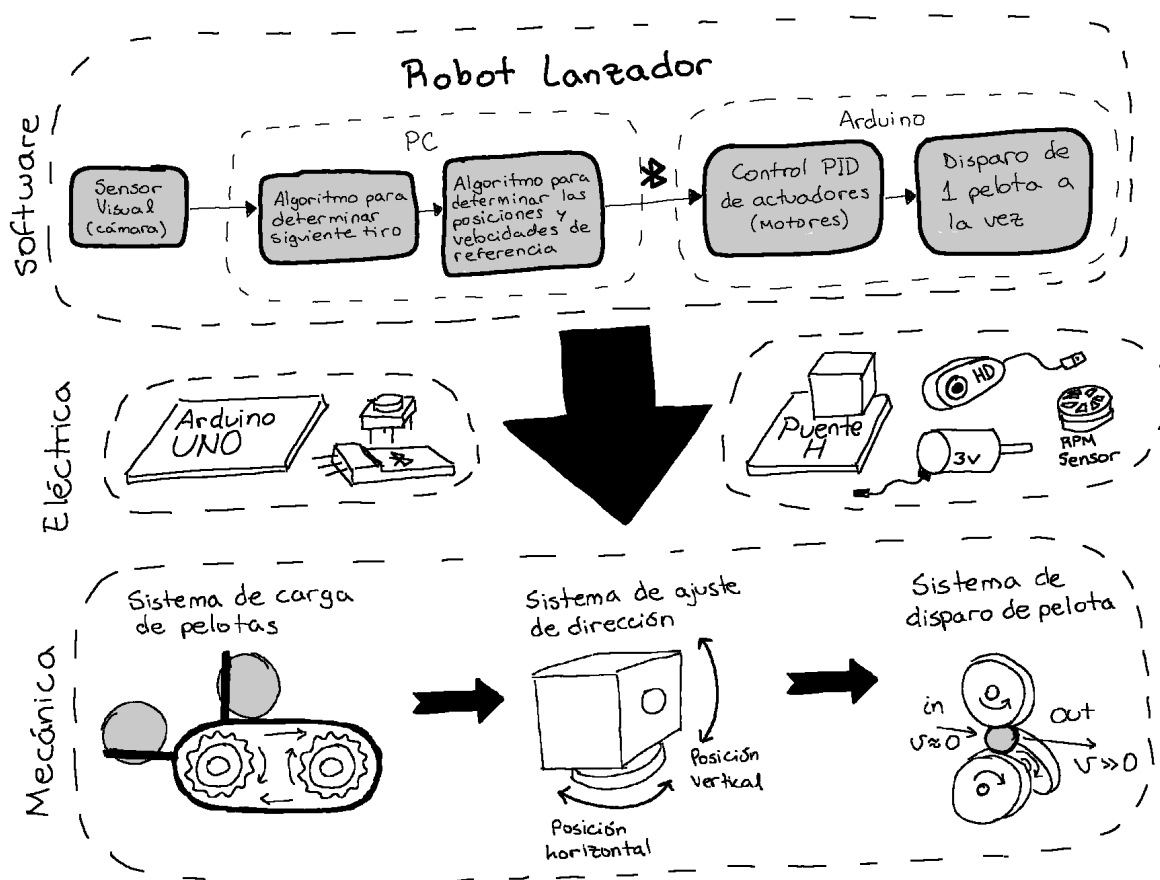


Figura 7: Diagrama de bloques del robot separado en áreas de trabajo

La solución robótica propuesta contará además con una red que capturará las pelotas que





responda el jugador a fin de mantener un alto *stock* sin necesidad de contar con tantas pelotas de tenis de mesa. Se presenta un diseño preliminar de la red, la cual contiene un recipiente individual para que el robot puede recoger una pelota a la vez.

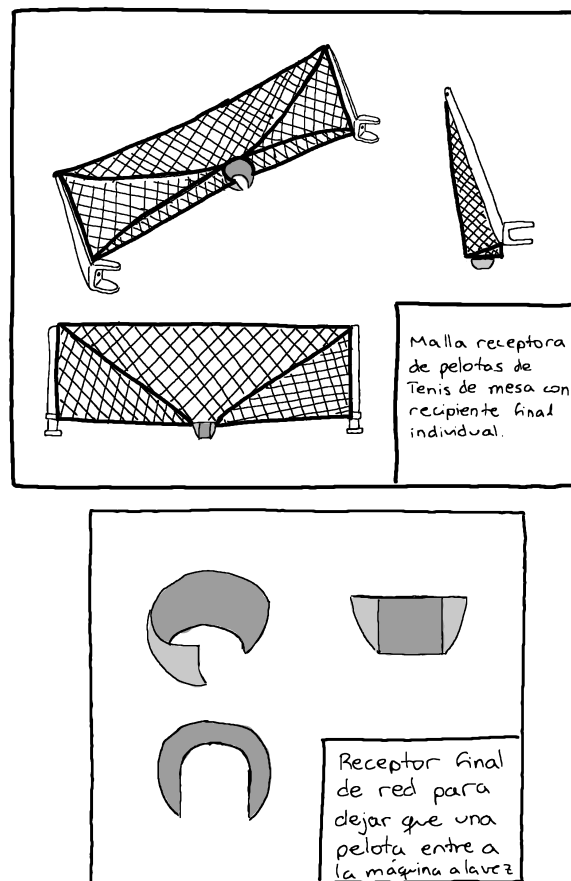


Figura 8: Planos de red capturadora de pelotas de tenis de mesa

En el tenis de mesa se pueden realizar varios lanzamientos variando en potencia, dirección y *spin*, los cuales solamente los jugadores más experimentados suelen dominar, por lo que para entrenar la respuesta a estos complicados tiros es necesario contar con un jugador hábil. Con la solución plateada, estos tiros van a poder ser replicables mediante mecanismos mecánicos, que permiten al jugador practicar el mismo tipo de tiro una y otra vez sin la necesidad de tener que encontrar un jugador hábil que entrene con él.

Complementar el sistema mecánico con elementos eléctricos y controladores resultan en un dispositivo capaz de imitar los lanzamientos especificados en el párrafo anterior, pero corresponden nada más que a un replicador de movimientos. El sistema robótico que se quiere implementar va un paso más allá de las soluciones actuales, considerando además los ojos del jugador profesional por medio de una cámara. Esta pequeña diferencia le permitirá al robot la capacidad de determinar hacia dónde realizar los lanzamientos y cuál de las distintas habilidades aplicar en cada tiro, algo similar a lo que hace un jugador cuando juega, quien al identificar la posición





del oponente, determina cómo seguir el juego.

Hay otras cualidades que se abstraen a la hora de jugar, como observar el cansancio del oponente, su potencia al responder, si este está llegando sin problemas a los lanzamientos u otros, pero en esta ocasión nos centraremos en la primera, la posición del jugador. Esto se logrará implementando una cámara y un algoritmo de visión por computador que sea capaz de determinar la posición de la paleta y en base a ella, decidir dónde se efectuará el disparo.

## 6. Metodología

En el proceso de desarrollar una máquina lanzadora precisa de pelotas de tenis de mesa, una metodología de trabajo efectiva es crucial para el éxito del proyecto. En este plan, presentamos un enfoque estructurado para el diseño y construcción, considerando nuestro equipo de cinco personas y un período establecido en la duración del ramo. Desde la planificación hasta la presentación, nuestras etapas definidas y reuniones semanales garantizarán una colaboración fluida y una ejecución eficiente del proyecto.

Con el propósito de garantizar la exitosa ejecución del proyecto, se ha planificado la realización de encuentros semanales. En estas reuniones, se llevarán a cabo actualizaciones sobre los avances individuales y colaborativos. El propósito primordial de estas sesiones reside en la obtención de retroalimentación por parte de los miembros del equipo, con el fin de asegurar la alineación colectiva del grupo.

Debido a que nos regimos por las evaluaciones y entregas del ramo, decidimos estructurar la metodología según las etapas que aparecen en el programa del curso.

### 6.1. Etapas

#### 1. Definición del proyecto

Esta etapa implica identificar desafíos y oportunidades, formular una propuesta detallada y evaluar la viabilidad del proyecto. Aquí se sientan las bases para el desarrollo del trabajo al establecer objetivos generales y específicos.

#### 2. Planificación y diseño

Esta fase se centra principalmente en la planificación y el diseño exhaustivo del proyecto. En este periodo inicial, se dedica especial atención a la elaboración precisa de las estrategias metodológicas que se implementarán a lo largo del semestre. Paralelamente, se lleva a cabo un enfoque intensivo en la etapa de diseño del proyecto, con el propósito de lograr, de manera progresiva, un diseño integral y resistente del sistema robótico.

#### 3. Prototipo modular

Se realiza la construcción de componentes clave de la máquina de manera individual, la cual nos abre la posibilidad de encontrar fallas en cada módulo y que se puedan arreglar aisladamente.

#### 4. Prototipo integrado

Durante esta fase, se lleva a cabo la integración de todos los módulos previamente diseña-



dos y contruados. Aquí se crea el prototipo del sistema completo y se examinan posibles deficiencias que puedan surgir al combinar todos los elementos.

#### 5. Producto y documentación

En esta etapa, nos ocupamos de los últimos ajustes, creamos los informes y preparaciones finales para las presentaciones. También organizamos los últimos preparativos para asegurarnos de que todo esté en su lugar para la prueba final.

## 7. Desafíos

Con el sistema robótico que se planea implementar, lograríamos enriquecer la experiencia de uso de lanzadores automáticos. Con nuestro robot, los entrenamientos se asemejarían mucho más a la experiencia que un jugador experimentado puede brindar, ya que integraríamos la capacidad de disparar tiros difíciles junto una lógica de decisión de tiro en base a la posición del jugador. Estas dos cosas son lo que caracterizan a un jugador experimentado, la capacidad de ejecutar buenas técnicas y la inteligencia de tomar decisiones según lo que el contrincante hace, cosas que ningún lanzador automático hace a la vez actualmente.

Además, con el sistema de apuntado y disparo según coordenadas especificadas, mejoraríamos la precisión que tienen los actuales lanzadores de pelotas. Las tecnologías actuales de lanzadores son capaces de modificar la potencia de tiro, spin y efecto de la pelota, pero estos no aseguran que la pelota llegue a un punto específico. Nosotros le entregaríamos al controlador coordenadas deseadas y este se haría cargo de hacer los cálculos necesarios para lograr que la pelota le acierte al objetivo con cierto umbral de error. Inclusive, se podría extrapolar este sistema de apuntado a aplicaciones similares, como lanzadores de pelotas de tenis o lanzadores de bolaños anti incendios, donde la dinámica del proyectil es prácticamente la misma.

Por otro lado, estaríamos acercando la integración de sistemas de interacción inteligente entre robot y humanos. Los lanzadores actuales de pelotas de tenis de mesa simplemente siguen algoritmos predefinidos o disparos aleatorios, y no consideran lo que el jugador hace para tomar las decisiones. En cambio, nuestro proyecto recupera esta información por cámara y hace sus funcionalidades en base a lo que ve, o sea que reacciona a lo que el jugador esté haciendo en ese momento. Esto es dar un paso hacia robots más inteligentes en las actividades cotidianas, demostrando el potencial que tienen los robots en mejorar la vida diaria.

## 8. Resultados esperados

#### 1. Prototipo funcional del cañón de lanzamiento con sistema de rodillos integrado.

Los hitos que se deben cumplir son los siguientes:

- (a) Prototipo funcional del cañón de lanzamiento con sistema de rodillos integrado.
- (b) Establecer la cantidad de rodillos necesarios para obtener un lanzamiento en cualquier dirección sin tener que mover el cañón.
- (c) Escoger materiales adecuados para la implementación de cada uno.
- (d) Construcción y montaje del cañón.



Para cuantificar el impacto del resultado se consideran los siguientes aspectos:

- (a) Funcionamiento correcto de los rodillos en lazo abierto.
2. **Implementación de una malla recolectora de pelotas en la parte de atrás del lanzador.**  
Los hitos que se deben cumplir son los siguientes:

- (a) Designar el ancho y largo de la malla ideal.
- (b) Conseguir una malla cercana a la ideal.
- (c) Buscar un mecanismo para enganchar la malla a la mesa.

Para cuantificar el impacto del resultado se consideran los siguientes aspectos:

- (a) Estabilidad y firmeza de la malla.
  - (b) Facilidad de montado y desmontado
3. **Correcta determinación de los límites de la zona de juego.**  
Los hitos que se deben cumplir son los siguientes:
- (a) Realizar un tope mecánico que no permita a los rodillos tener una extensión angular mayor a la permitida para evitar que impulsen la bola sin que toque la mesa de juego.

Para cuantificar el impacto del resultado se consideran los siguientes aspectos:

- (a) Prueba de lanzamiento en los casos extremos asegurando la exactitud del robot dentro del tablero de juego.
4. **Correcta implementación de un sistema encargado de recargar las pelotas almacenadas en la malla al cañón.**  
Los hitos que se deben cumplir son los siguientes:

- (a) Investigar acerca de sistemas de succión y recarga de pelotas.
- (b) Idear un sistema capaz de recargar el cañón con las pelotas que se encuentren almacenadas.
- (c) Prueba del sistema con una cantidad considerable de pelotas.
- (d) Prueba del sistema con una cantidad mínima de pelotas.

Para cuantificar el impacto del resultado se consideran los siguientes aspectos:

- (a) Cantidad de pelotas que son cargadas correctamente.
5. **Desarrollo de algoritmo de lanzamiento de pelotas que ajusta la velocidad de cada rodillo para lograr llegar a la posición deseada.**  
Los hitos que se deben cumplir son los siguientes:

- (a) Realizar un análisis dinámico de la posición de la pelota para calcular la posición final en función de la velocidad de cada rodillo.
- (b) Creación de un algoritmo que ajusta la velocidad de cada rodillo para que la pelota llegue a una posición horizontal determinada.
- (c) Ajustar el algoritmo en base a diversas pruebas para mejorar la precisión y la variabilidad de los tiros.



- (d) Implementar el algoritmo en un CPU externo.

Para cuantificar el impacto del resultado se consideran los siguientes aspectos:

- (a) Precisión en la detección de la posición de la paleta con un error máximo determinado.
- (b) Capacidad para seguir la paleta ante altas velocidades.

**6. Correcta implementación de un sistema de direccionamiento que permite al cañón apuntar a cualquier lugar de la mesa de juego.**

Los hitos que se deben cumplir son los siguientes:

- (a) Evaluar cual es el mejor sistema para rotar el cañón.
- (b) Implementar un mecanismo que sea capaz de rotar el sistema para darle dirección a la pelota.

Para cuantificar el impacto del resultado se consideran los siguientes aspectos:

- (a) Velocidad de rotación del sistema.
- (b) Calidad del lanzamiento respecto al lanzamiento sin dirección.

**7. Correcta implementación del código de comunicación en la MCU (posiblemente Arduino) del robot capaz de recibir y procesar la información de velocidad para ajustar los movimientos.**

Los hitos que se deben cumplir son los siguientes:

- (a) Establecer las conexiones entre el MCU y los rodillos.
- (b) Programación de la MCU con un código que sea capaz de enviarle la velocidad deseada de los rodillos.
- (c) Probar que la comunicación entre la MCU y los rodillos funciona correctamente.
- (d) Instalar un módulo Bluetooth para poder mandar comandos hacia la MCU de forma inalámbrica desde el CPU.

Para cuantificar el impacto del resultado se consideran los siguientes aspectos:

- (a) Desfase temporal entre emisión y recepción de los datos.

**8. Implementación del lazo de control para alcanzar las velocidades de referencia de los rodillos.**

Los hitos que se deben cumplir son los siguientes:

- (a) Dada una velocidad de referencia se debe crear un código de programación que sea subido al MCU para implementar un controlador PID.
- (b) Implementación de un sensor de velocidad en cada rodillo para lograr cerrar el lazo de control.
- (c) Conectar las salidas del sensor de velocidad al MCU.
- (d) Ajustar las constantes del controlador con prueba y error.
- (e) Probar el controlador para diversas velocidades de referencia.

Para cuantificar el impacto del resultado se consideran los siguientes aspectos:



- (a) Error en régimen permanente de la velocidad.
- (b) Tiempo de establecimiento.
- (c) Sobre oscilación.
- (d) Tiempo de subida.

**9. Fabricación correcta de la parte externa del robot que protege los componentes internos y permite el correcto movimiento de los rodillos.**

Los hitos que se deben cumplir son los siguientes:

- (a) Modelado 3D de la parte exterior del robot.
- (b) Escoger los materiales para la fabricación.
- (c) Fabricación y montaje del robot.

Para cuantificar el impacto del resultado se consideran los siguientes aspectos:

- (a) Estabilidad del sistema al momento del lanzamiento de la pelota.
- (b) Resistencia del robot al recibir impactos de pelotas.

**10. Implementación de sistema de visión por computador que detecta y sigue la posición de la paleta en tiempo real.**

Los hitos que se deben cumplir son los siguientes:

- (a) Investigar formas de detectar y seguir objetos en tiempo real mediante la utilización de algún lenguaje de programación.
- (b) Desarrollo de algoritmos de procesamiento de imágenes para detectar la paleta en base a su color.
- (c) Integración de cámaras para visualizar en tiempo real la paleta.
- (d) Pruebas de la detección de la paleta en tiempo real.

Para cuantificar el impacto del resultado se consideran los siguientes aspectos:

- (a) Precisión en la detección de la posición de la paleta con un error máximo determinado.
- (b) Capacidad para seguir la paleta ante altas velocidades.

**11. Integración de todos los sistemas para el correcto funcionamiento del robot.**

Los hitos que se deben cumplir son los siguientes:

- (a) Verificar la correcta comunicación entre la CPU y el MCU.
- (b) Verificar el correcto funcionamiento de los rodillos en lazo abierto y en lazo cerrado con una referencia fija.
- (c) Verificar el correcto funcionamiento de la cámara y conectarla a la CPU.
- (d) Integración del algoritmo de visión por computador, el algoritmo de estimación de velocidad dada una posición y la comunicación hacia la MCU.
- (e) Prueba del robot para un punto específico en la mesa.
- (f) Prueba del robot para una serie de puntos preconfigurados.

Para cuantificar el impacto del resultado se consideran los siguientes aspectos:

- (a) Precisión del lanzamiento de la pelota en un punto específico.
- (b) Tiempo de respuesta del robot para cada lanzamiento.
- (c) Tiempo de funcionamiento del robot antes de fallar.



## 9. Indicadores

Los indicadores que se utilizarán para medir cada resultado esperado están en orden dependiendo de cada resultado esperado y son los siguientes:

1. Velocidad de los rodillos. La velocidad de cada rodillo debe ser al menos de  $10[m/s]$ , y a lo más de  $20[m/s]$ .
2. Cantidad máxima de pelotas que puede aguantar la malla 10.
3. La Distancia máxima de la pelota con el borde debe ser  $5[cm]$ .
4. Cantidad máxima de pelotas que pueden cargarse a la vez: 20.
5. La dispersión de la caída de la pelota respecto a la posición ideal debe ser  $7[cm]$ . El offset o grado de error de la exactitud que tiene la pelota respecto a su posición ideal  $1[cm]$ .
6. Velocidad de rotación del cañón. La velocidad angular debe ser al menos de  $2[rad/s]$
7. Tiempo de envío de información desde la CPU a la MCU  $0,2[s]$ .
8. Diferencia de velocidad esperada con la velocidad real de cada rodillo debe ser como máximo de un 5%. Tiempo en establecer la velocidad esperada  $1[s]$ .
9. La dispersión del punto medio real de la paleta respecto al punto marcado por software  $3,75[cm]$ . El offset o grado de error de la exactitud del punto medio de la paleta respecto al punto marcado por software  $1[cm]$ .
10. La cantidad de veces que el robot falla o no lanza la pelota al lugar deseado debe ser máximo de un 5%.

## 10. Plazos esperados y medios de validación

Los medios de validación de cada resultado esperado se muestran en orden cronológico para explicitar los plazos esperados. Es decir, el avance del proyecto debe seguir este orden de resultados.

1. **Prototipo funcional del cañón de lanzamiento con sistema de rodillos integrado.** El medio de verificación consistiría en probar los rodillos en base a Funcionamiento de los rodillos en lazo abierto para alcanzar una determinada velocidad.
2. **Correcta determinación de los límites de la zona de juego.** El medio de verificación consistirá en establecer límites físicos visibles (puede ser con marcadores visuales) y probar que el robot no se pase de dichos límites.
3. **Desarrollo de algoritmo de lanzamiento de pelotas que ajusta la velocidad de cada rodillo para lograr llegar a la posición deseada.** El medio de verificación consistirá en entregarle al algoritmo un valor de posición de entrada, y con la salida de ajustar los rodillos a dicha velocidad. Con lo anterior será posible medir si el algoritmo es correcto en su cálculo de velocidad por rodillo.



4. **Correcta implementación de un sistema de direccionamiento del robot que permite al cañón apuntar a cualquier lugar de la mesa de juego.** El medio de verificación consistirá en utilizar servomotores para controlar el ángulo con el que se gira el cañón, se realizarán diversas pruebas donde se debe medir la rapidez con la que gira tanto como el ángulo final que tiene respecto al centro.
5. **Correcta implementación del código de comunicación en la MCU (posiblemente Arduino) del robot capaz de recibir y procesar la información de velocidad para ajustar los movimientos.** La forma de verificar el funcionamiento de este resultado consistirá en enviar mensajes desde la CPU al Arduino y comprobar que dichos mensajes llegaron de manera correcta y en un tiempo considerablemente corto.
6. **Implementación del lazo de control para alcanzar las velocidades de referencia de los rodillos.** Para probar esto se deben usar los rodillos y mandar una posición de referencia a través de la CPU, esta debe enviar una velocidad de referencia de cada rodillo al MCU el cual debe realizar el lazo de control y alcanzar la velocidad con un error en régimen permanente nulo.
7. **Fabricación correcta de la parte externa del robot que protege los componentes internos y permite el correcto movimiento de los rodillos.** Para verificar la firmeza y la movilidad del robot se le realizará una prueba de esfuerzo al robot en el que se le lanzarán pelotas de forma directa para comprobar que el material externo es resistente a los golpes y no afecta su funcionamiento ni lo desestabiliza.
8. **Implementación de sistema de visión por computador que detecta y sigue la posición de la paleta en tiempo real.** Para probar este sistema se debe realizar una prueba con una paleta utilizando la cámara y desplegando la imagen en la CPU. Se debe evidenciar la estabilidad del punto medio de la paleta con la precisión y exactitud mencionada en la sección anterior.
9. **Implementación de una malla recolectora de pelotas en la parte de atrás del lanzador.** Para verificar este punto se deben lanzar pelotas a velocidad en dirección a la malla con el objetivo de probar la firmeza de esta. La malla debe estar lo suficientemente tensa como para que no se caiga, pero no hasta el punto en el que la pelota rebote y salga de la mesa.
10. **Correcta implementación de un sistema encargado de recargar las pelotas almacenadas en la malla al cañón.** Para probar este sistema se deben dejar varias pelotas en la malla y verificar que el sistema funcione correctamente independientemente de la cantidad de pelotas que hayan.
11. **Integración de todos los sistemas para el correcto funcionamiento del robot.** Esta es la parte de operación, aquí se asume que el robot cumple con todos los resultados anteriormente. Para probarlo se debe simular una situación real, por lo que se pre configurará al robot para que realice lanzamientos a cierta altura y deberá lanzar la pelota en las posiciones que el algoritmo estime convenientes.





## 11. Anexos

### 11.1. Proyecto B

#### Estado del arte

El problema que busca abordar el proyecto B es el de los incendios en viviendas residenciales. Principalmente enfocado en los fuegos tempranos, es decir, antes de que se salgan de control, cuando todavía son pequeños y pueden apagarse con relativa facilidad, pero es muy importante actuar rápido.

Para el problema descrito existen actualmente las siguientes soluciones (no es una lista exhaustiva):

- **Prototipo de robot de extinción de incendios:** Prototipo de robot para apagar incendios pequeños en residencias. El robot tiene un sensor infrarrojo para permitirle detectar fuego. Una vez detectado, este se desplaza hacia la fuente de calor y la apaga usando agua que tiene almacenada y logra disparar usando una bomba.



Figura 9: Robot de extinción de incendios

- **Thermite:** Es un robot controlado remotamente por un bombero. Gracias a su equipo de video de alta fidelidad, permite transmitir información altamente confiable a los bomberos en tiempo real. Al ser un robot operado remotamente, los bomberos pueden estar a salvo lejos del peligro en situaciones complicadas. Gracias a su robusta construcción, son capaces de soportar condiciones extremas y además tienen la capacidad de despejar el camino de obstáculos menores.
- **Rociadores automáticos:** El sistema más conocido para prevenir incendios son los sistemas de rociadores automáticos. Estos se activan cuando el incendio eleva temperatura lo suficiente para romper la ampolla de cierre. Cuando esta ampolla estalla, el rociador tira agua cubriendo una gran superficie, lo cual logra frenar o incluso apagar incendios de pequeño volumen.
- **Extintores automáticos montados en techos:** Existen algunos extintores que se accionan automáticamente al estar encima de fuegos. Estos siguen una lógica muy similar a los



Figura 10: Thermite



Figura 11: Rociador automático

rociadores automáticos, con la diferencia de que estos extintores apagan considerablemente más rápido los fuegos gracias al gas que tiran los extintores.



Figura 12: Extintor automático

- **ZDMS06:** Es el sistema más parecido a lo que se quiere implementar. Es una torreta capaz de detectar fuentes de fuego y apagarlas mediante agua de alta presión. Esta torreta es capaz de apuntar hacia los focos de fuego y disparar chorros de agua para apagar los incendios. Además, puede rotar en 360° y cuenta con un alcance de 25 metros.



Figura 13: ZDMS06

### Solución propuesta

La solución propuesta consiste en una torreta robótica que sea capaz de detectar fuegos en una vivienda o lugar cerrado (bodega, gimnasio, etc) y apagarlo de forma eficiente mediante el uso de un extintor. Esto lograría una portabilidad y mayor versatilidad que la torreta ZDMS06, ya que esta torreta requiere ser instalada de tal forma que se le conecte una cañería que la abastezca de agua. En cambio, el robot que proponemos no requiere de una instalación tan compleja, solo basta con que se le equipe de un extintor para apagar los incendios. Esto permite que la torreta no quede fija en un solo lugar como la ZDMS06, sino que pueda mover manualmente el robot y usar en diferentes entornos, incluso dando la posibilidad de instalarle una base móvil (cosa que no se implementará de momento).

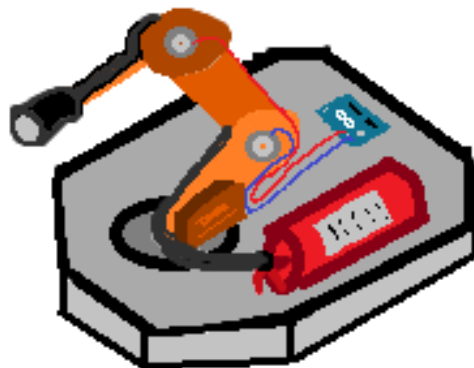


Figura 14: Idea conceptual proyecto B

Es imprescindible que este problema se aborde con un sistema robótico como el propuesto. Por la naturaleza misma del problema, el fuego puede ocurrir en cualquier momento y lugar, por lo que se debe contar con un sistema que sea capaz de reaccionar en cualquier momento y apagar el fuego rápidamente antes de que se propague, por lo que también es necesario que el sistema pueda alcanzar cualquier lugar dentro del recinto.



## 11.2. Estándares para el proyecto

- **IEEE 1872-2015:** Establece la ontología para la robótica y la automatización. Como se está implementando un sistema robótico, es necesario que haya un consenso en qué significan los conceptos más importantes de la robótica.
- **ISO 13849:** Es un estándar que trata la seguridad en los sistemas de control. Debido a que vamos a trabajar con piezas móviles, hay que considerar métodos de seguridad para evitar accidentes que pongan en peligro la integridad del usuario.
- **IECEE CB:** Este es un esquema que certifica la seguridad y especificaciones de los componentes eléctricos. Como habrá circuitos en el proyecto, es necesario que los componentes del circuito estén certificados y cumplan con las especificaciones para evitar fallas.
- **ECMA 287:** Este estándar se enfoca en la seguridad de dispositivos electrónicos de bajo voltaje (menor a 600V), como equipo doméstico. Por esto mismo, es atingente este estándar porque los niveles de voltaje con los que trata el proyecto no irán más allá de los 24V. s
- **AS-I:** Es un estándar que establece cómo se conectan actuadores y sensores a un controlador, con poco envío de datos. Dado a que enviamos pocos datos por los buses y usamos sensores y actuadores, concierne considerar este estándar.
- **ANSI C18.1M:** Establece el uso correcto y seguro de las baterías. Como es necesario usar baterías en nuestro proyecto para energizar las diferentes componentes, es totalmente pertinente tener en cuenta este estándar.
- **ANSI/NEMA MG:** Provee la información para la elección correcta de motores e información como rendimiento, seguridad, testeo, entre otros. Como vamos a trabajar con motores, es útil considerar este estándar para la elección y uso de los motores.
- **IEC60529:** Estándar que clasifica los niveles de protección de los encapsulados de los sistemas eléctricos. Debido a que trabajamos con motores, es atingente al proyecto ver el encapsulado óptimo de estos para la seguridad del usuario.
- **CB AFCIs:** Es un estándar que establece medidas para cortar la corriente eléctrica cuando esta sube mucho. Como trabajamos con motores, puede la corriente se eleve mucho en algunos puntos de operación, por lo que hay que considerar este estándar.
- **IEC 60974:** Estándar acerca de la seguridad, uso y especificaciones de las soldaduras de arco. Dado a que vamos a tener que armar un robot para el proyecto, es pertinente saber los estándares de esta soldadura para unir piezas metálicas que compongan el robot.
- **WirelessHART:** Es un estándar de comunicación inalámbrica entre dispositivos. Como queremos procesar información que captura la cámara, es conveniente que un PC ejecute los algoritmos y envíe instrucciones de forma inalámbrica a los actuadores del robot.
- **Bluetooth:** Estándar que da las especificaciones del conocido método de comunicación bluetooth. Dado a que se necesita una inalámbrica comunicación entre el PC y controlador, este estándar de comunicación es capaz de cubrir esta necesidad.
- **IEEE 802.11:** Es el estándar que define el cómo se usa el WiFi. El proyecto es posible escalarlo e integrar funcionalidades que requieran el uso de internet, por lo que este estándar serviría para lograr este objetivo.