



Instituto Politecnico Nacional  
Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingenieria Campus Zacatecas  
Ingenieria en Sistemas Computacionales



# Sistema manipulador de un brazo robótico basado en redes neuronales artificiales

---

**Línea de investigación:** Inteligencia Artificial

**Presentan:**

Eliane Danae Trejo Aguiñaga  
Braulio Sebastián Vázquez Reyes

**Directora:** M.C.C.C Mayra Alejandra Torres Hernández

**Asesores:** Dr. Teodoro Ibarra Pérez

Ing. Isaul Ibarra Belmonte

**21 de diciembre 2023**

# Tabla de contenidos

|    |                          |                                    |    |
|----|--------------------------|------------------------------------|----|
| 01 | Definición del problema  | Marco teórico                      | 06 |
| 02 | Estado del arte          | Marco metodológico                 | 07 |
| 03 | Descripción del proyecto | Análisis y discusión de resultados | 08 |
| 04 | Objetivos                | Conclusiones                       | 09 |
| 05 | Justificación            |                                    |    |

# 01

## Definición del problema

---



# Contexto y antecedentes

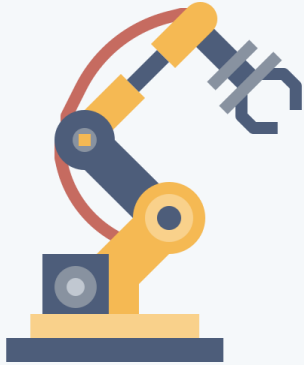
Uso de las redes neuronales en la robótica

Sistema de control de brazo robótico

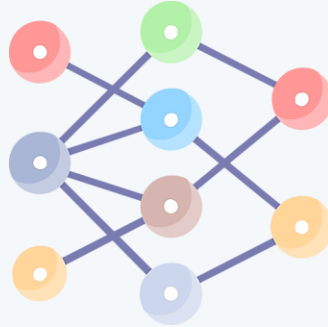
Evolución de redes neuronales

Optimización de parámetros

# Problema de investigación



Robótica



Redes neuronales  
artificiales



Nuevas  
herramientas



# 02

## Estado del arte

---



# Comparativa de mercado

|   | Control de trayectorias | Control de optimización | Control movemaster | Procesamiento señal EMG |
|---|-------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
| Captura de coordenadas                      |                         |                         | X                  | X                       |
| Modificación de parámetros                  |                         |                         |                    |                         |
| Revisión de eficiencia                      |                         |                         |                    | X                       |
| Movimiento de brazo robótico                | X                       | X                       | X                  | X                       |
| Esquema cartesiano del robot                | X                       |                         |                    |                         |
| Esquema de optimización de trayectorias     |                         | X                       |                    |                         |
| Modificación de modelos de redes neuronales |                         |                         |                    | X                       |



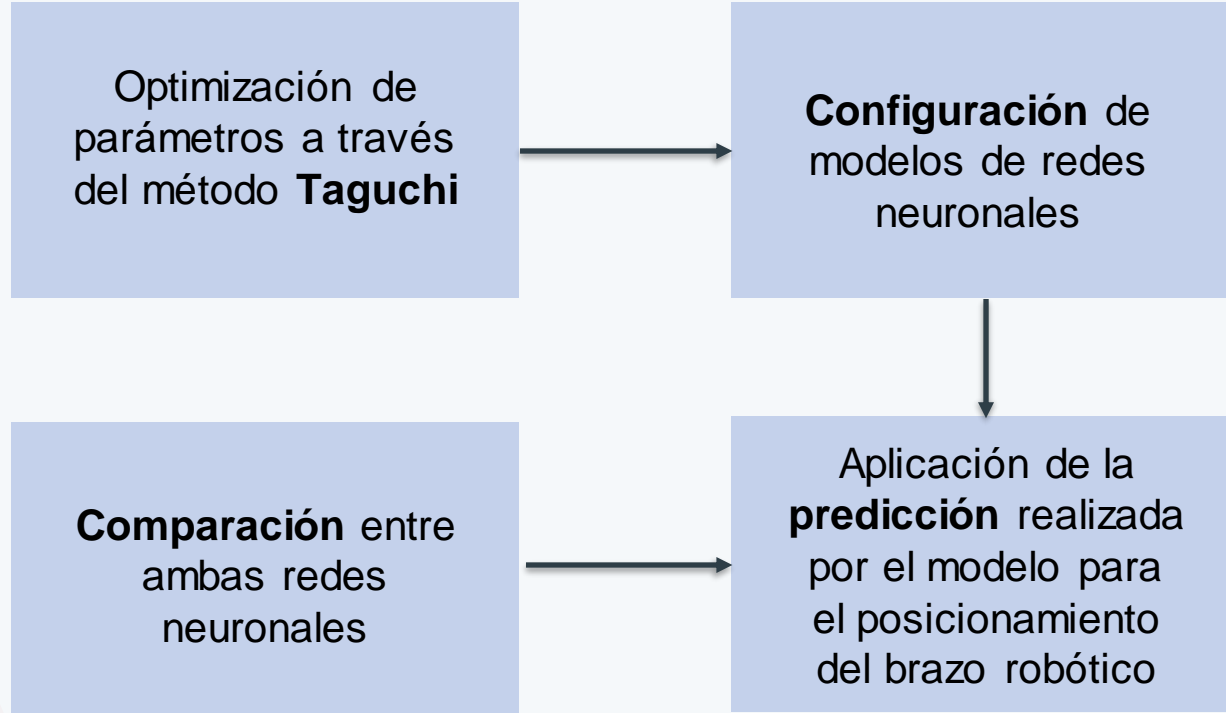
# 03

## Descripción del proyecto

---



# Diagrama de flujo



# 04

---

## Objetivos



# Objetivo general

Controlar y comparar el desempeño de un brazo robótico resolviendo la cinemática inversa usando dos modelos de redes neuronales



# Objetivos particulares



- Implementación de modelos MLP y aprendizaje profundo en Python.
- Comparar los desempeños de las redes neuronales.
- Utilizar el método Taguchi para la optimización de parámetros de la red neuronal.
- Probar los resultados de los modelos en un kit de brazo robótico.



# 05

---

## Justificación

# Tabla comparativa sistema propuesto

|   | Sistema propuesto | Control de trayectorias | Control para optimización | Control robot movemaster | Procesamiento de señales EMG |
|---|-------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Captura de coordenadas                      | X                 |                         |                           | X                        | X                            |
| Modificación de parámetros                  | X                 |                         |                           |                          |                              |
| Revisión de eficiencia                      | X                 |                         |                           |                          | X                            |
| Movimiento de brazo robótico                | X                 | X                       | X                         | X                        | X                            |
| Esquema cartesiano del robot                |                   | X                       |                           |                          |                              |
| Esquema de optimización de trayectorias     |                   |                         | X                         |                          |                              |
| Modificación de modelos de redes neuronales | X                 |                         |                           |                          | X                            |

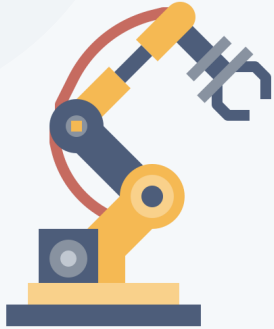
# 06

---

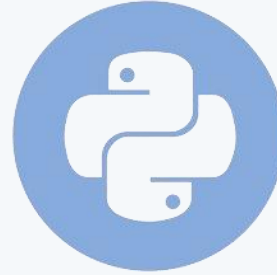
## Marco teórico



# Conceptos clave



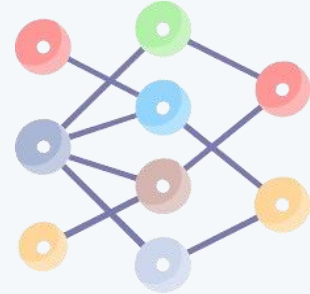
Robótica



Python



Inteligencia  
Artificial



Redes  
Neuronales



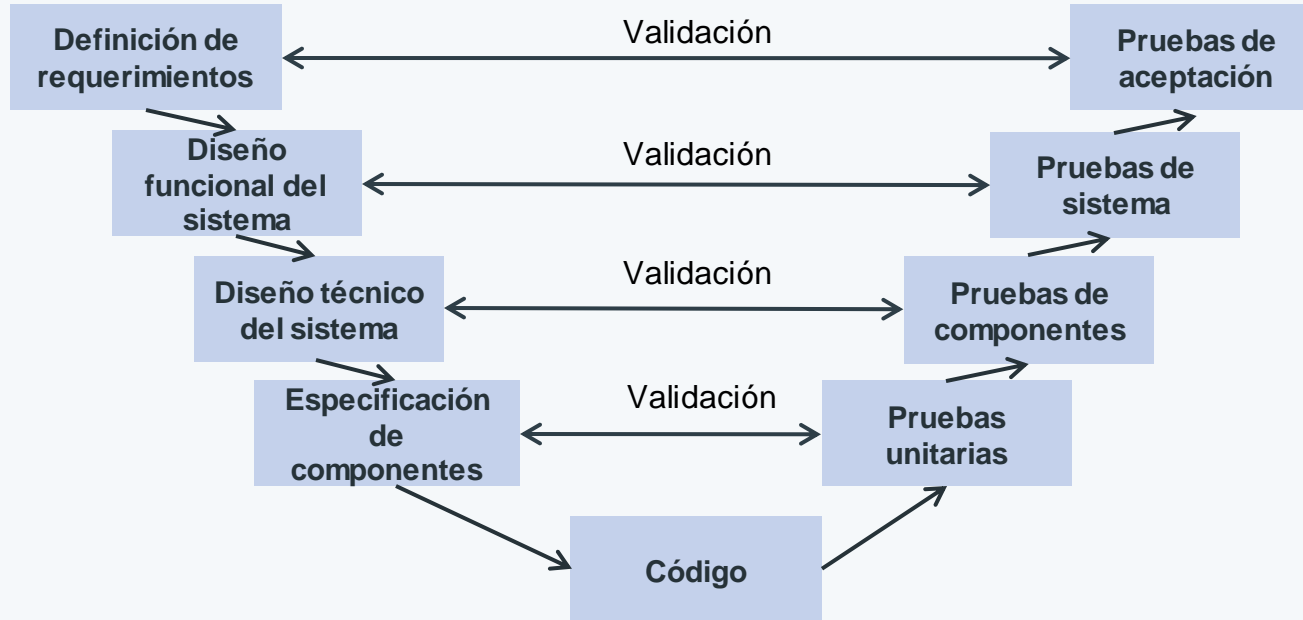


# 07

---

## Marco metodológico

# Modelo V



Fuente: Adaptado de «¿Qué es el modelo V en el desarrollo de software?», Aptiv. [En línea]. Disponible en: <https://www.aptiv.com/es/tendencias/art%C3%ADculo/que-es-el-modelo-v-en-el-desarrollo-de-software>

# 08

## Análisis y discusión de resultados

---



# 8.1

## Gestion del proyecto



# Análisis de lo planeado contra lo ejecutado

|                                   | Cronograma V1            | Cronograma V2            |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Fecha de inicio</b>            | 28 de agosto de 2023     | 28 de agosto de 2023     |
| <b>Fecha de termino</b>           | 18 de diciembre del 2023 | 13 de diciembre del 2023 |
| <b>Cantidad de actividades</b>    | 55 actividades           | 66 actividades           |
| <b>Tiempo total planeado</b>      | 240horas                 | 280horas                 |
| <b>Horas semanales de trabajo</b> | 12horas                  | 15horas                  |

# Desviaciones ejecutadas

| Id riesgo | Descripción   |
|-----------|---|
| R-001     | Cambios en los requisitos del cliente durante el proyecto   |
| R-003     | Pérdida de datos críticos debido a fallos en el sistema de respaldo                                   |
| R-005     | Desmotivación o agotamiento del equipo debido a la carga de trabajo intensa o largas horas de trabajo |
| R-011     | Problemas en la creación del documento de diseño.   |
| R-012     | Problemas con el entendimiento del proceso de desarrollo  |

# Riesgos y mitigación

|       | Riesgo                    | Incidencias  | Cómo se mitigó  |
|-------|---------------------------|--|---|
| R-001 | Cambios en los requisitos | Durante la toma de requerimientos, hasta que se firmó el SRS | Revisión del documento de requerimientos para dejar los acuerdos firmados.  |
| R-003 | Pérdida de datos críticos | Reseteo del equipo de uno de los integrantes del equipo      | Por el historial de versiones y el acceso de los documentos en la nube fue posible generar nuevamente las referencias que se perdieron. |

# Matriz de trazabilidad

| Objetivo | Requerimiento          | Diagramas de diseño  | Componente   | Casos de uso              | Pruebas  |
|----------|------------------------|--|--|---------------------------|--|
| OB_01    | RS_02, RS_03,<br>RS_04 | DCSG,<br>DCS_01,<br>DCS_02, DCP,<br>DCU, DCM,<br>GUI_02,<br>DA_02,<br>DA_03, DA_04 | Interfaz de investigador,<br>núcleo de aplicación,<br>sistema de entrenamiento,<br>base de datos | CU_02,<br>CU_03,<br>CU_04 | PSU_02,<br>PSU_04,<br>PSU_08,<br>PSI_02,<br>PSI_04 |
| OB_02    |                        |  |  |                           |  |



# Control de versiones de documentos

| Autor(es)  | Fecha de modificación | Versión | Descripción del cambio       | Revisó | Estado    |
|------------|-----------------------|---------|------------------------------|--------|-----------|
| EDTA       | 10/10/2023            | 1.1     | Creación del Documento       |        |           |
| EDTA       | 30/10/2023            | 1.2     | Revisión de casos de uso     | MATH   | Pendiente |
|            | 05/10/2023            | 1.3     | Aceptación de Arquitectura   | MATH   | Pendiente |
| ETDA, BSVR | 31/10/2023            | 1.4     | Revisión de casos de uso     | MATH   | Pendiente |
| EDTA,BSVR  | 21/11/2023            | 2.0     | Última revisión y aceptación | MATH   | Aprobado  |

# Estrategia de control de versiones



# Resumen de minutas elaboradas, con cliente y con equipo de trabajo

| Minutas con el cliente | Minutas con el equipo |
|------------------------|-----------------------|
| 7                      | 11                    |

# 8.2

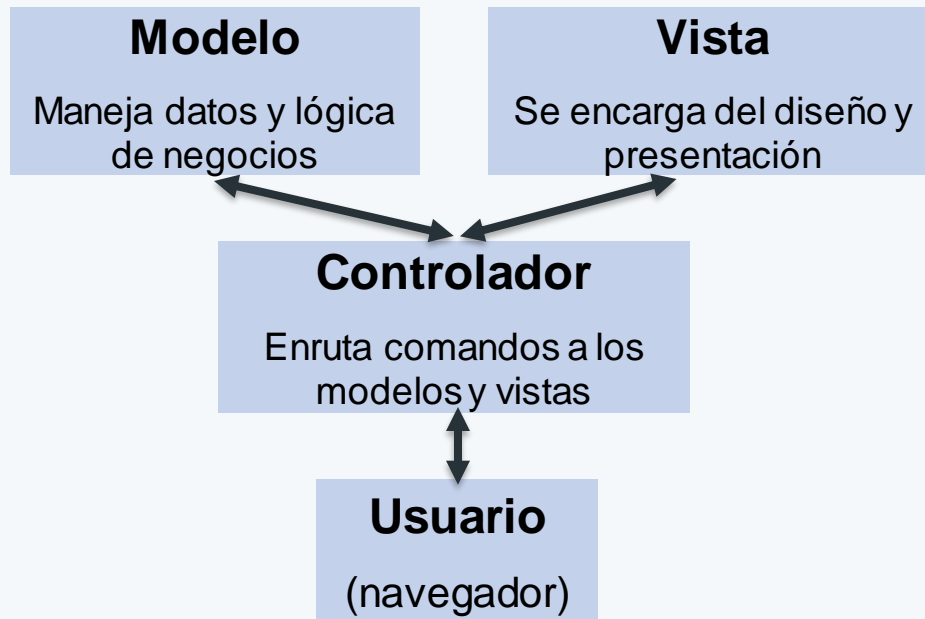
## Desarrollo del proyecto



# Requerimientos

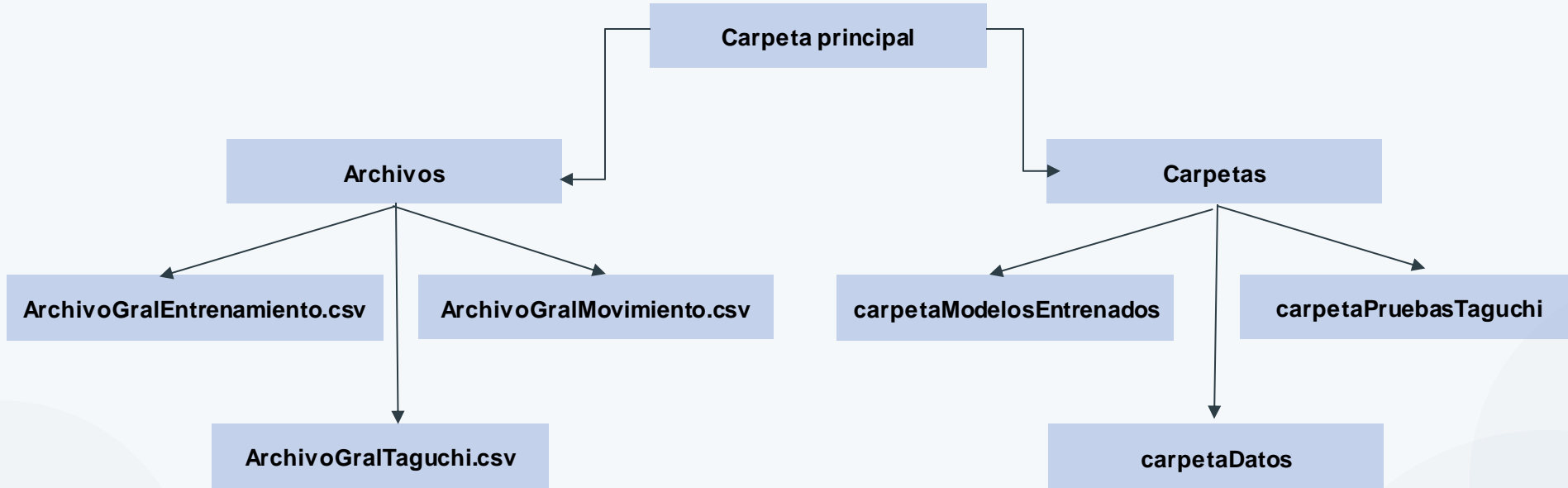
|        | Nombre   |
|--------|--|
| RS_01  | Recopilación de coordenadas deseadas             |
| RS_02  | Captura de parámetros de las redes neuronales    |
| RS_03  | Cargar modelo                                    |
| RS_04  | Procesamiento de los modelos de redes neuronales |
| RS_05  | Optimización de Parámetros                       |
| RH_01  | Armado del brazo robótico                        |
| RH_02  | Recepción de instrucciones de movimiento         |
| RH_03  | Interpretación de instrucciones                  |
| RNF_01 | Interfaz intuitiva                               |
| RNF_02 | Uso de Python y toolkits IA                      |
| RNF_03 | Uso de archivos .csv                             |

# Arquitectura

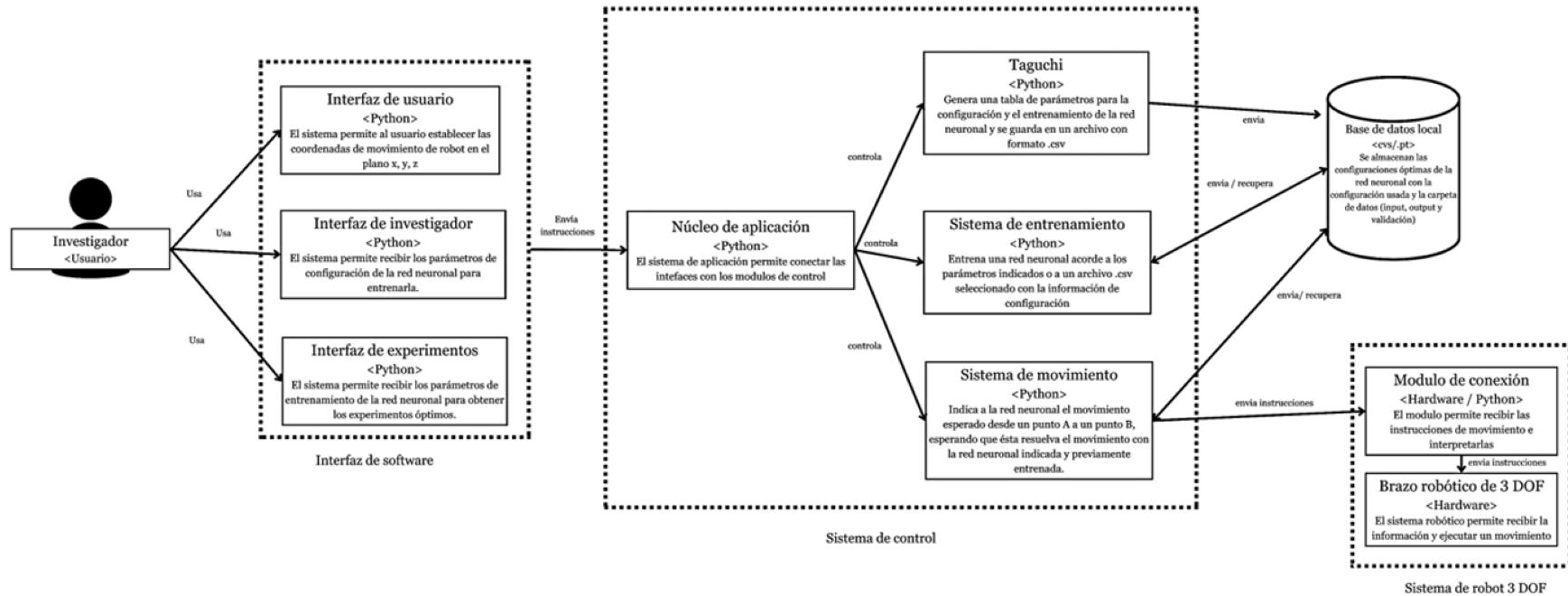


Fuente: Adaptado de MVC - Glosario de MDN Web Docs: Definiciones de términos relacionados con la Web», Mozilla.org. [En línea]. Disponible en: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Glossary/MVC>

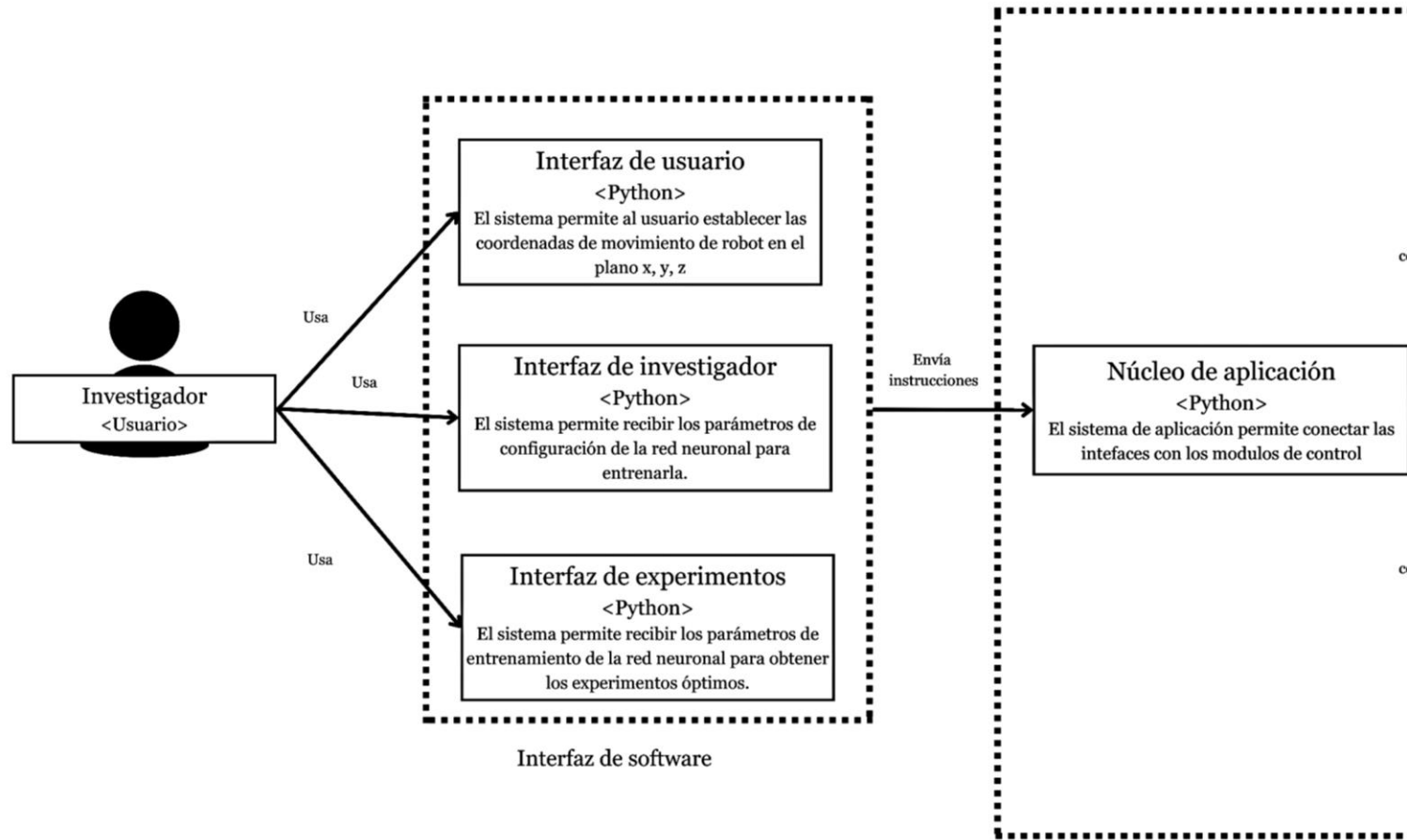
# Manejo de archivos

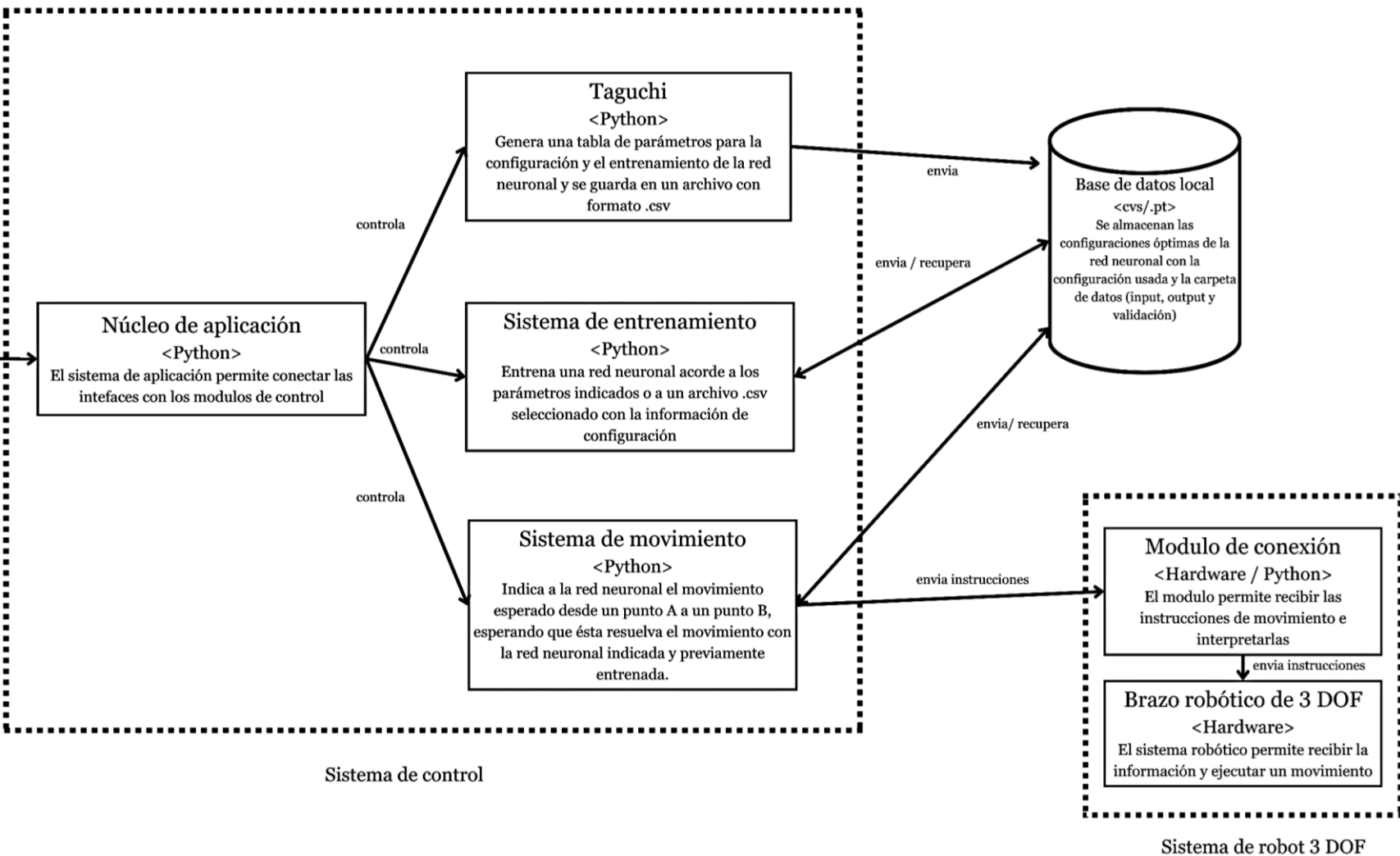


# Diagrama UML

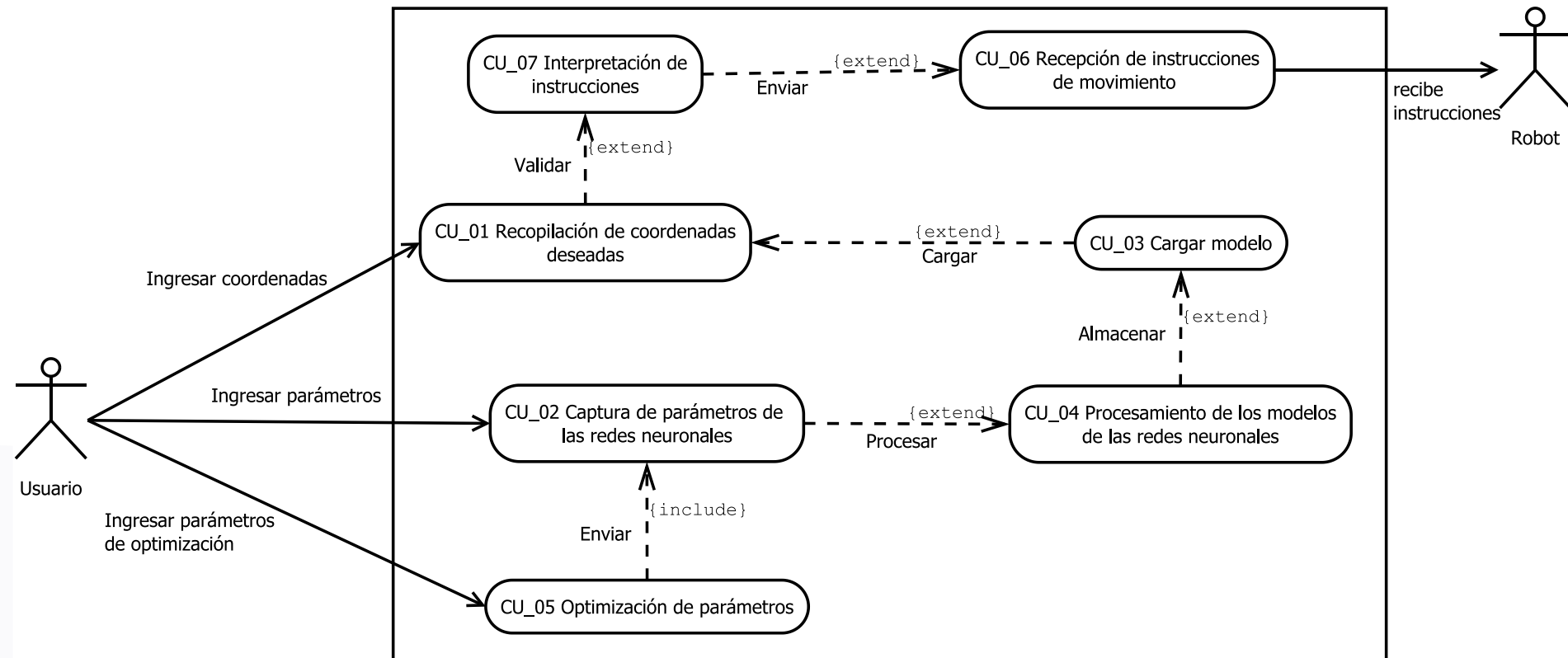




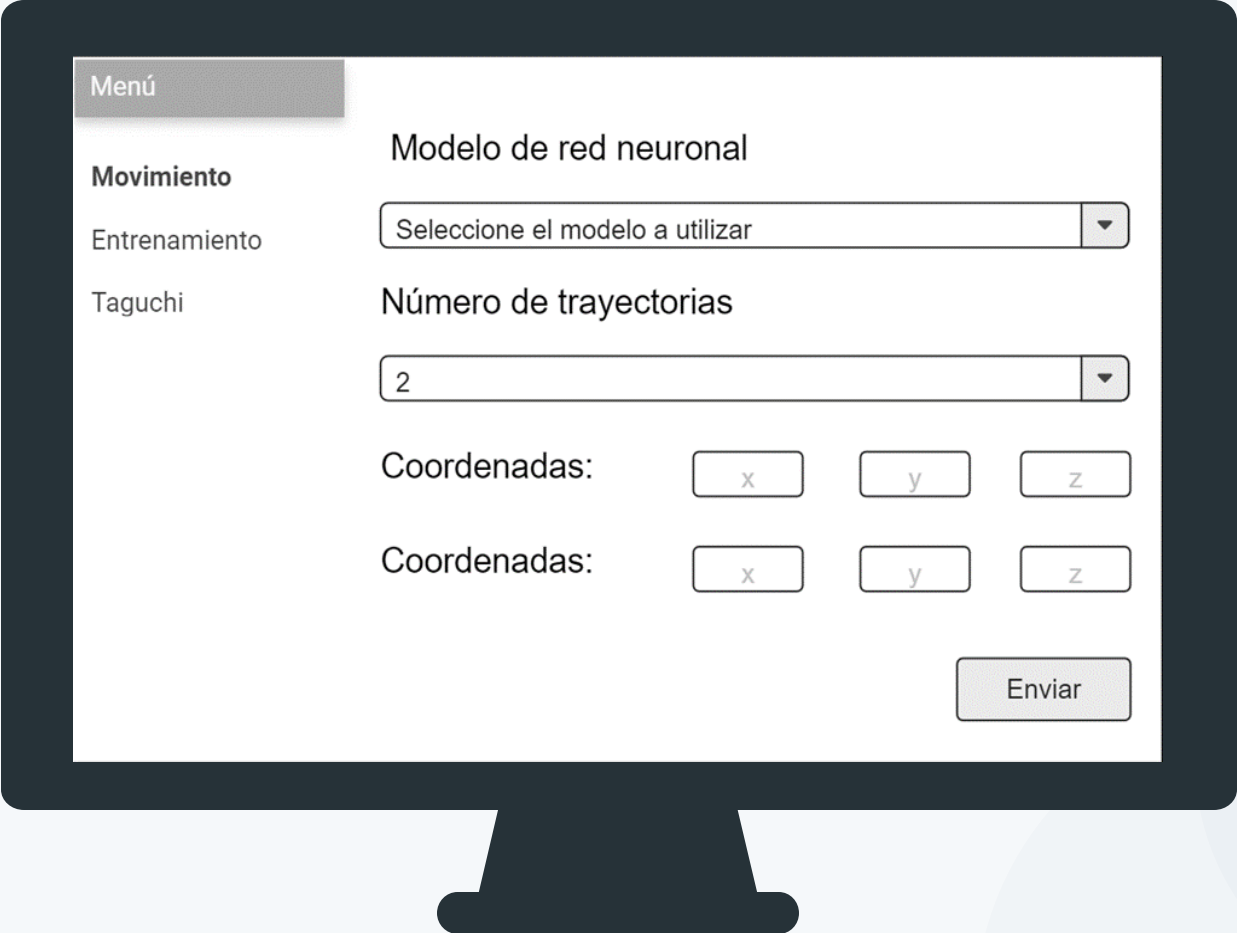




# Diagrama de casos de uso



# Prototipos



The image shows a computer monitor with a dark blue frame and stand. On the screen is a web application interface. On the left side, there is a vertical menu with four items: 'Menú' (highlighted with a grey background), 'Movimiento', 'Entrenamiento', and 'Taguchi'. The main content area on the right is titled 'Modelo de red neuronal'. It contains a dropdown menu with the text 'Seleccione el modelo a utilizar' and a downward arrow. Below this is another dropdown menu with the text 'Número de trayectorias' and the value '2' selected. Underneath are two rows of input fields, each labeled 'Coordenadas:' on the left. Each row has three input boxes labeled 'x', 'y', and 'z'. At the bottom right of the main area is a grey button labeled 'Enviar'.

Menú

Movimiento

Entrenamiento

Taguchi

Modelo de red neuronal

Seleccione el modelo a utilizar ▼

Número de trayectorias

2 ▼

Coordenadas: x y z

Coordenadas: x y z

Enviar

# Resumen del plan de pruebas

| Pruebas unitarias | Pruebas de integración |
|-------------------|------------------------|
| 10                | 8                      |

# Análisis y diseño de hardware

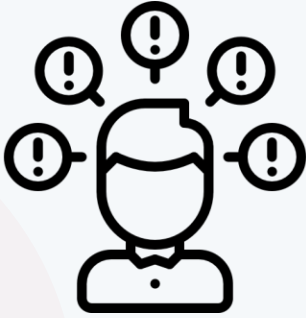


Kit de brazo robótico SunFounder



Arduino UNO

# Conclusiones



Problemas  
encontrados



Reuniones  
constantes



Etapas a  
realizar

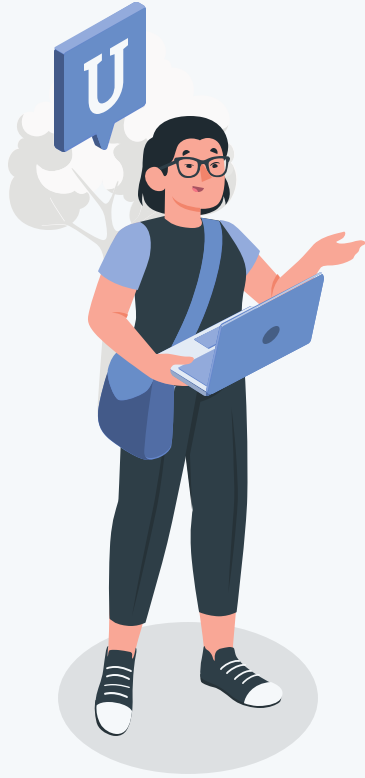
# Planeación TT2

| Etapa a realizar              | Fecha de inicio | Fecha de finalización | Tiempo en días |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|----------------|
| Actividades faltantes TT1     | 08/01/2024      | 19/01/2024            | 10 días        |
| Capacitación                  | 13/02/2024      | 26/02/2024            | 10 días        |
| Especificación de componentes | 27/02/2024      | 04/03/2024            | 5 días         |
| Codificación                  | 05/03/2024      | 25/04/2024            | 30 días        |
| Pruebas unitarias             | 26/04/2024      | 13/05/2024            | 10 días        |
| Pruebas de componentes        | 14/05/2024      | 28/05/2024            | 10 días        |
| Pruebas de sistema            | 29/05/2024      | 11/06/2024            | 10 días        |
| Pruebas de aceptación         | 12/06/2024      | 18/06/2024            | 5 días         |



# iGracias!





# ¿Preguntas?