



## CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

# Construcción de un modelo para predecir la mortalidad en pacientes en diálisis renal

**Autor:**

**Lic. Ezequiel Scordamaglia**

Director:

Esp. Ing. Trinidad Monreal (FIUBA)

Jurados:

Nombre del jurado 1 (pertenencia)

Nombre del jurado 2 (pertenencia)

Nombre del jurado 3 (pertenencia)

*Este trabajo fue realizado en la Lanús, Buenos Aires,  
entre diciembre de 2023 y junio de 2024.*



## *Resumen*

En esta memoria se describe el diseño y la implementación de un modelo de inteligencia artificial y la arquitectura necesaria para su utilización, desarrollado para una empresa médica que opera centros de atención en todo el país. El algoritmo utiliza datos clínicos de pacientes en tratamiento de diálisis renal con el propósito de predecir el riesgo de mortalidad. Como resultado este trabajo permite al personal médico definir estrategias de tratamiento personalizadas para mejorar la salud de los pacientes en riesgo. Se utilizaron técnicas de estadística y análisis de datos junto con modelos de aprendizaje automático y aprendizaje profundo.



## *Agradecimientos*

Esta sección es para agradecimientos personales y es totalmente **OPCIONAL**.



# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>I</b>
<b>1. Introducción general</b>	<b>1</b>
1.1. Conceptos básicos de la diálisis renal . . . . .	1
1.1.1. Diálisis renal y tipos de tratamiento . . . . .	1
1.2. Contexto y motivación . . . . .	2
1.3. Objetivos, alcance y requerimientos . . . . .	3
1.3.1. Objetivos . . . . .	3
1.3.2. Alcance . . . . .	3
1.3.3. Requerimientos . . . . .	4
1.4. Estado del arte . . . . .	4
<b>2. Introducción específica</b>	<b>7</b>
2.1. Estilo y convenciones . . . . .	7
2.1.1. Uso de mayúscula inicial para los título de secciones . . . . .	7
2.1.2. Este es el título de una subsección . . . . .	7
2.1.3. Figuras . . . . .	8
2.1.4. Tablas . . . . .	9
2.1.5. Ecuaciones . . . . .	10
<b>3. Diseño e implementación</b>	<b>13</b>
3.1. Análisis del software . . . . .	13
<b>4. Ensayos y resultados</b>	<b>15</b>
4.1. Pruebas funcionales del hardware . . . . .	15
<b>5. Conclusiones</b>	<b>17</b>
5.1. Conclusiones generales . . . . .	17
5.2. Próximos pasos . . . . .	17
<b>Bibliografía</b>	<b>19</b>





# Índice de figuras

1.1. Diferencia entre hemodiálisis y diálisis peritoneal. . . . .	2
1.2. Arquitectura de solución. . . . .	3
2.1. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo. . . . .	8
2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador <sup>1</sup> . . . . .	9
2.3. ¿Por qué de pronto aparece esta figura? . . . . .	9
2.4. Tres gráficos simples . . . . .	9



# Índice de tablas

2.1. caption corto . . . . .	10
------------------------------	----



***Dedicado a... [OPCIONAL]***



# Capítulo 1

## Introducción general

En este capítulo se presentan los conceptos básicos de la diálisis renal. Además se mencionan las motivaciones que impulsan este trabajo de investigación, se establecen los objetivos, el alcance y los requerimientos, y se revisa el estado del arte en el campo de estudio.

### 1.1. Conceptos básicos de la diálisis renal

En esta sección se abordan las definiciones de diálisis renal y sus principales tipos de tratamientos.

#### 1.1.1. Diálisis renal y tipos de tratamiento

La diálisis renal es un tratamiento en el que se extraen las toxinas y el exceso de agua de la sangre. Se utiliza como terapia renal sustitutiva cuando los riñones no funcionan correctamente debido a su deterioro. Los riñones desempeñan un papel crucial al eliminar las toxinas y el líquido de la sangre, evitando que los productos de desecho se acumulen en el cuerpo. Cuando los riñones no pueden realizar esta función, la diálisis se convierte en una herramienta vital.

Existen dos tipos principales de tratamientos de diálisis renal [1]:

- Hemodiálisis (HD): En este tratamiento se utiliza una membrana artificial. La purificación de la sangre se lleva a cabo mediante un riñón artificial, que elimina el exceso de agua, residuos y toxinas antes de devolverla al cuerpo. Cada sesión de hemodiálisis puede durar aproximadamente cuatro horas y debe realizarse unas tres veces por semana.
- Diálisis Peritoneal (DP): En este método de tratamiento, la filtración de la sangre se realiza en la cavidad peritoneal del paciente. Se utiliza un catéter permanente que se coloca en el abdomen, a través del cual se introduce una solución especial llamada líquido de diálisis en la cavidad peritoneal. Esta solución absorbe los desechos y el exceso de líquido del cuerpo a través de la membrana peritoneal, que actúa como una barrera semipermeable. Luego, después de un período de tiempo especificado (generalmente varias horas), el líquido de diálisis se drena del abdomen, llevando consigo los desechos y el exceso de líquido. Hay dos variantes de diálisis peritoneal:
  - Diálisis Peritoneal Continua Ambulatoria (DPCA): El paciente realiza los intercambios de líquido de diálisis manualmente varias veces al día, mientras sigue con sus actividades diarias. No se requiere una

máquina para realizar los intercambios y el proceso es llevado a cabo por el paciente o su cuidador.

- **Diálisis Peritoneal Automática (DPA):** En este método, se utiliza una máquina cicladora para realizar los intercambios de líquido de diálisis durante la noche mientras el paciente duerme. La máquina administra automáticamente el líquido de diálisis, lo retira y lo reemplaza según un programa preestablecido. Esto permite una mayor flexibilidad en el tratamiento y puede ser más conveniente para algunos pacientes.

En la figura 1.1 se muestra la diferencia entre ambos tratamientos.

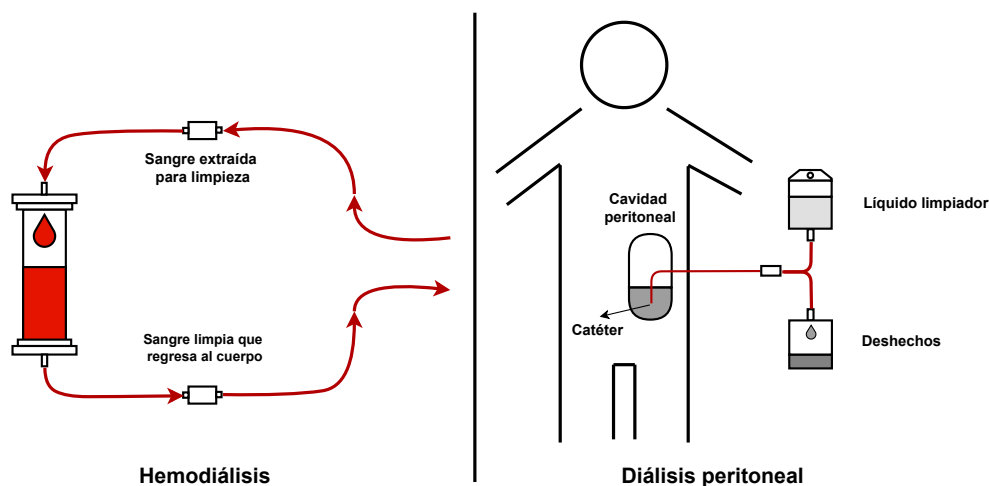


FIGURA 1.1. Diferencia entre hemodiálisis y diálisis peritoneal.

## 1.2. Contexto y motivación

La motivación principal de este trabajo es incorporar técnicas de inteligencia artificial (IA) en el campo de la medicina, dado que han demostrado una notable capacidad para anticipar eventos futuros basándose en datos históricos [2]. Pero uno de los desafíos recurrentes a la hora de entrenar modelos de IA es la obtención de datos representativos. En el ámbito de la medicina este desafío también se hace presente, ya que se suele contar con pocos datos médicos de una población muy reducida. Para el desarrollo de este trabajo se contó con datos médicos de unos catorce mi pacientes que estuvieron bajo tratamiento de diálisis renal. Tanto el equipo de sistemas como el equipo médico de ésta empresa de diálisis renal, si bien no tienen experiencias en herramientas de IA para predicción de eventos, conocen el potencial de estos modelos para identificar patrones, por lo que colaboraron en el desarrollo de este trabajo para lograr el cumplimiento del objetivo.



### 1.3. Objetivos, alcance y requerimientos

#### 1.3.1. Objetivos

El propósito de este trabajo fue el desarrollo de un modelo de IA que permite predecir el riesgo de mortalidad en pacientes en diálisis renal, junto con la configuración de una plataforma de administración de modelos, una interfaz de comunicación con el modelo y un proceso que solicite las predicciones continuamente. Este conjunto de herramientas provee una predicción actualizada del riesgo de mortalidad de los pacientes, lo que permite al personal médico adaptar el tratamiento y la medicación prescrita para mejorarles su calidad de vida y, en última instancia, salvar vidas. En la figura 1.2 se muestra la arquitectura de la solución propuesta.

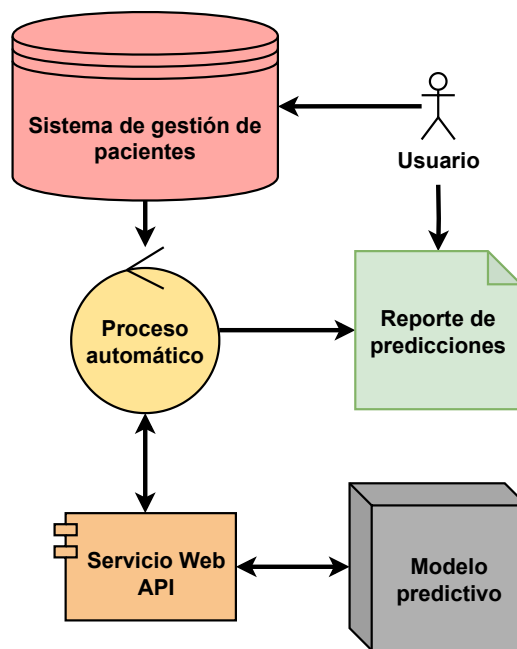


FIGURA 1.2. Arquitectura de solución.

#### 1.3.2. Alcance

Se encuentra dentro del alcance del trabajo la instalación y configuración de una plataforma de gestión de modelos que permite desplegar modelos en distintos ambientes, el desarrollo de un modelo de predicción de mortalidad, y la construcción de una interfaz y un proceso automático que actúan como nexo entre el modelo predictivo y el sistema de gestión de pacientes. Para el desarrollo del modelo, se elabora un conjunto de datos con variables médicas de pacientes en diálisis renal. El conjunto de datos debe estar en cumplimiento con la ley 25.326 para garantizar el derecho al honor y a la intimidad de los pacientes en cuestión. Asimismo, se incluye en el alcance el pre-procesamiento del conjunto de datos y el análisis de las distintas métricas para evaluar el correcto desempeño del modelo.

Sin embargo, no se encuentra dentro del alcance del proyecto el desarrollo de una plataforma de gestión, sino que se eligió una existente que cumple con los requerimientos del trabajo, ni el desarrollo de una interfaz web orientada al usuario

final. Tampoco se encuentra dentro del alcance la instalación del modelo predictivo en el entorno productivo de la empresa médica. Lo único que se instala en el entorno de la empresa médica será el proceso que recupera datos de los pacientes y llama al servicio web cada cierto período de tiempo para recuperar las predicciones.

### 1.3.3. Requerimientos

A continuación, se listan los requerimientos principales del trabajo agrupados por afinidad:

#### 1. Requerimientos funcionales

- a) La plataforma de gestión de modelos deberá permitir desplegar modelos en diversos ambientes.
- b) La interfaz por servicio web deberá recibir datos médicos de uno o varios pacientes y devolver las predicciones asociadas a ellos.
- c) El modelo predictivo deberá tener una precisión de al menos un 75 %.
- d) El proceso que solicita predicciones y genera el reporte al usuario deberá poder ejecutarse automáticamente cada cierto período de tiempo.
- e) El reporte de predicciones que le llegue al usuario final deberá tener un formato claro y comprensible.
- f) Se utilizará GIT como repositorio para el control de version de código

#### 2. Requerimientos de datos a utilizar

- a) Durante el entrenamiento del modelo se deberá resguardar la confidencialidad de los datos de los pacientes.

#### 3. Requerimientos de documentación

- a) Redactar una memoria técnica con la información del proyecto.
- b) La documentación de la interfaz por servicio web deberá incluir la lista de métodos disponibles con su detalle.
- c) La documentación del modelo predictivo incluirá información sobre el origen de los datos utilizados para el entrenamiento, las características que se usaron, el detalle del modelo seleccionado y la información que haya sobre la explicabilidad del modelo.

## 1.4. Estado del arte

Se llevó a cabo una exhaustiva revisión de la literatura relacionada con la predicción de la mortalidad de pacientes en diálisis renal y se ha encontrado principalmente una tesis doctoral [3] muy relevante que plantea un objetivo similar pero cuenta con muchos menos datos para el entrenamiento de los modelos. Si bien las variables médicas seleccionadas para realizar las predicciones en dicha tesis son muy similares a las que se seleccionaron en este trabajo, allí se plantea la discriminación de los casos según el tiempo que los pacientes llevan en diálisis, ya sea tres meses, seis meses, un año o más. Los modelos utilizados en dicha tesis incluyen Bósque Aleatorio (*Random Forest*) y Regresión Logística, algunos de

los cuales también fueron utilizados en este trabajo. En cuanto a las conclusiones, para evaluar el desempeño de los modelos se utilizó la métrica de Área bajo la curva (AUC), la cual llega a valores entre 70 % y 73 %. En esta tesis también se muestra qué variables tienen más influencia al realizar la predicción de mortalidad del paciente, lo que resulta sumamente importante para el personal médico. También se ha encontrado una investigación [4] donde se utilizan técnicas de IA para predecir la mortalidad en pacientes con enfermedad renal crónica. La misma también cuenta con muy pocos datos de pacientes en diálisis renal y, aunque no se da mucho detalle sobre el entrenamiento de los modelos, concluye indicando que con un modelo de red neuronal se obtiene una predicción superior al 90 %, mejor que con una Regresión Logística. Por otro lado, se ha encontrado otra tesis [5] orientada a comprobar si el índice neutrófilo/linfocito es un predictor de mortalidad en pacientes que inician hemodiálisis. Si bien no se entrena ningún modelo de IA en la investigación, se concluye en que dicho índice no es un predictor de la mortalidad pero que la edad mayor a 60 años sí representa un factor de riesgo. Existen muchos otros trabajos relacionados con la temática de la predicción de mortalidad en pacientes con enfermedades renales, donde algunos abordan el beneficio que aporta la IA en la detección y predicción de eventos en medicina [6][7][8], otros la predicción de mortalidad teniendo enfermedad renal junto con enfermedad coronaria [9], y otros la predicción de contraer algún cáncer renal [10].

Si bien existe literatura académica que aborda el tema de la predicción de mortalidad de pacientes en diálisis renal, la mayoría de los trabajos se centran en investigaciones de carácter teórico y experimental, y además parten de conjuntos de datos muy chicos, lo cual no permite a los modelos generalizar el conocimiento para poder realizar predicciones correctas. Este trabajo se destaca por su enfoque práctico, ya que se desarrolla una herramienta concreta que pueda ser implementada en una empresa médica dedicada a la diálisis renal. Se espera obtener predicciones en tiempo real para los pacientes en diálisis renal y en base a su riesgo de mortalidad adecuar el tratamiento y la medicación prescrita. Esta iniciativa ofrece una solución práctica y viable en el ámbito clínico, lo que contribuye a mejorar la atención y seguimiento de los pacientes.



## Capítulo 2

# Introducción específica

Todos los capítulos deben comenzar con un breve párrafo introductorio que indique cuál es el contenido que se encontrará al leerlo. La redacción sobre el contenido de la memoria debe hacerse en presente y todo lo referido al proyecto en pasado, siempre de modo impersonal.

### 2.1. Estilo y convenciones

#### 2.1.1. Uso de mayúscula inicial para los título de secciones

Si en el texto se hace alusión a diferentes partes del trabajo referirse a ellas como capítulo, sección o subsección según corresponda. Por ejemplo: “En el capítulo 1 se explica tal cosa”, o “En la sección 2.1 se presenta lo que sea”, o “En la subsección 2.1.2 se discute otra cosa”.

Cuando se quiere poner una lista tabulada, se hace así:

- Este es el primer elemento de la lista.
- Este es el segundo elemento de la lista.

Notar el uso de las mayúsculas y el punto al final de cada elemento.

Si se desea poner una lista numerada el formato es este:

1. Este es el primer elemento de la lista.
2. Este es el segundo elemento de la lista.

Notar el uso de las mayúsculas y el punto al final de cada elemento.

#### 2.1.2. Este es el título de una subsección

Se recomienda no utilizar **texto en negritas** en ningún párrafo, ni tampoco texto subrayado. En cambio sí se debe utilizar *texto en itálicas* para palabras en un idioma extranjero, al menos la primera vez que aparecen en el texto. En el caso de palabras que estamos inventando se deben utilizar “comillas”, así como también para citas textuales. Por ejemplo, un *digital filter* es una especie de “selector” que permite separar ciertos componentes armónicos en particular.

La escritura debe ser impersonal. Por ejemplo, no utilizar “el diseño del firmware lo hice de acuerdo con tal principio”, sino “el firmware fue diseñado utilizando tal principio”.

El trabajo es algo que al momento de escribir la memoria se supone que ya está concluido, entonces todo lo que se refiera a hacer el trabajo se narra en tiempo pasado, porque es algo que ya ocurrió. Por ejemplo, "se diseñó el firmware empleando la técnica de test driven development".

En cambio, la memoria es algo que está vivo cada vez que el lector la lee. Por eso transcurre siempre en tiempo presente, como por ejemplo:

"En el presente capítulo se da una visión global sobre las distintas pruebas realizadas y los resultados obtenidos. Se explica el modo en que fueron llevados a cabo los test unitarios y las pruebas del sistema".

Se recomienda no utilizar una sección de glosario sino colocar la descripción de las abreviaturas como parte del mismo cuerpo del texto. Por ejemplo, RTOS (*Real Time Operating System*, Sistema Operativo de Tiempo Real) o en caso de considerarlo apropiado mediante notas a pie de página.

Si se desea indicar alguna página web utilizar el siguiente formato de referencias bibliográficas, dónde las referencias se detallan en la sección de bibliografía de la memoria, utilizando el formato establecido por IEEE en [11]. Por ejemplo, "el presente trabajo se basa en la plataforma EDU-CIAA-NXP [12], la cual...".

### 2.1.3. Figuras

Al insertar figuras en la memoria se deben considerar determinadas pautas. Para empezar, usar siempre tipografía claramente legible. Luego, tener claro que **es incorrecto** escribir por ejemplo esto: "El diseño elegido es un cuadrado, como se ve en la siguiente figura:"



La forma correcta de utilizar una figura es con referencias cruzadas, por ejemplo: "Se eligió utilizar un cuadrado azul para el logo, como puede observarse en la figura 2.1".



FIGURA 2.1. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo.

El texto de las figuras debe estar siempre en español, excepto que se decida reproducir una figura original tomada de alguna referencia. En ese caso la referencia de la cual se tomó la figura debe ser indicada en el epígrafe de la figura e incluida como una nota al pie, como se ilustra en la figura 2.2.

FIGURA 2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador<sup>1</sup>.

La figura y el epígrafe deben conformar una unidad cuyo significado principal pueda ser comprendido por el lector sin necesidad de leer el cuerpo central de la memoria. Para eso es necesario que el epígrafe sea todo lo detallado que corresponda y si en la figura se utilizan abreviaturas entonces aclarar su significado en el epígrafe o en la misma figura.



FIGURA 2.3. ¿Por qué de pronto aparece esta figura?

Nunca colocar una figura en el documento antes de hacer la primera referencia a ella, como se ilustra con la figura 2.3, porque sino el lector no comprenderá por qué de pronto aparece la figura en el documento, lo que distraerá su atención.

Otra posibilidad es utilizar el entorno *subfigure* para incluir más de una figura, como se puede ver en la figura 2.4. Notar que se pueden referenciar también las figuras internas individualmente de esta manera: 2.4a, 2.4b y 2.4c.



(A) Un caption.



(B) Otro.



(C) Y otro más.

FIGURA 2.4. Tres gráficos simples

El código para generar las imágenes se encuentra disponible para su reutilización en el archivo **Chapter2.tex**.

#### 2.1.4. Tablas

Para las tablas utilizar el mismo formato que para las figuras, sólo que el epígrafe se debe colocar arriba de la tabla, como se ilustra en la tabla 2.1. Observar que sólo algunas filas van con líneas visibles y notar el uso de las negritas para los encabezados. La referencia se logra utilizando el comando `\ref{<label>}` donde label debe estar definida dentro del entorno de la tabla.

<sup>1</sup>Imagen tomada de <https://goo.gl/images/i7C70w>

```

\begin{table}[h]
\centering
\caption[caption corto]{caption largo más descriptivo}
\begin{tabular}{l c c}
\toprule
\textbf{Especie} & \textbf{Tamaño} & \textbf{Valor}\\
\midrule
Amphiprion Ocellaris & 10 cm & \$ 6.000 \\
Hepatus Blue Tang & 15 cm & \$ 7.000 \\
Zebrasoma Xanthurus & 12 cm & \$ 6.800 \\
\bottomrule
\hline
\end{tabular}
\label{tab:peces}
\end{table}

```

TABLA 2.1. caption largo más descriptivo

Especie	Tamaño	Valor
Amphiprion Ocellaris	10 cm	\$ 6.000
Hepatus Blue Tang	15 cm	\$ 7.000
Zebrasoma Xanthurus	12 cm	\$ 6.800

En cada capítulo se debe reiniciar el número de conteo de las figuras y las tablas, por ejemplo, figura 2.1 o tabla 2.1, pero no se debe reiniciar el conteo en cada sección. Por suerte la plantilla se encarga de esto por nosotros.

### 2.1.5. Ecuaciones

Al insertar ecuaciones en la memoria dentro de un entorno *equation*, éstas se numeran en forma automática y se pueden referir al igual que como se hace con las figuras y tablas, por ejemplo ver la ecuación 2.1.

$$ds^2 = c^2 dt^2 \left( \frac{d\sigma^2}{1 - k\sigma^2} + \sigma^2 [d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2] \right) \quad (2.1)$$

Es importante tener presente que si bien las ecuaciones pueden ser referidas por su número, también es correcto utilizar los dos puntos, como por ejemplo “la expresión matemática que describe este comportamiento es la siguiente:”

$$\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + V(\mathbf{r})\Psi = -i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} \quad (2.2)$$

Para generar la ecuación 2.1 se utilizó el siguiente código:

```

\begin{equation}
\label{eq:metric}
ds^2 = c^2 dt^2 \left( \frac{d\sigma^2}{1-k\sigma^2} + \right.
\sigma^2 \left[ d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2 \right] \left. \right)
\end{equation}

```



Y para la ecuación 2.2:

```
\begin{equation}
\label{eq:schrodinger}
\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi + V(\mathbf{r})\Psi =
-i\hbar \frac{\partial\Psi}{\partial t}
\end{equation}
```



## Capítulo 3

# Diseño e implementación

### 3.1. Análisis del software

La idea de esta sección es resaltar los problemas encontrados, los criterios utilizados y la justificación de las decisiones que se hayan tomado.

Se puede agregar código o pseudocódigo dentro de un entorno `lstlisting` con el siguiente código:

```
\begin{lstlisting}[caption= "un epígrafe descriptivo"]
las líneas de código irían aquí...
\end{lstlisting}
```

A modo de ejemplo:

```
1 #define MAX_SENSOR_NUMBER 3
2 #define MAX_ALARM_NUMBER 6
3 #define MAX_ACTUATOR_NUMBER 6
4
5 uint32_t sensorValue[MAX_SENSOR_NUMBER];
6 FunctionalState alarmControl[MAX_ALARM_NUMBER]; //ENABLE or DISABLE
7 state_t alarmState[MAX_ALARM_NUMBER]; //ON or OFF
8 state_t actuatorState[MAX_ACTUATOR_NUMBER]; //ON or OFF
9
10 void vControl() {
11
12     initGlobalVariables();
13
14     period = 500 ms;
15
16     while(1) {
17
18         ticks = xTaskGetTickCount();
19
20         updateSensors();
21
22         updateAlarms();
23
24         controlActuators();
25
26         vTaskDelayUntil(&ticks, period);
27     }
28 }
```

CÓDIGO 3.1. Pseudocódigo del lazo principal de control.



## Capítulo 4

# Ensayos y resultados

### 4.1. Pruebas funcionales del hardware

La idea de esta sección es explicar cómo se hicieron los ensayos, qué resultados se obtuvieron y analizarlos.



## Capítulo 5

# Conclusiones

### 5.1. Conclusiones generales

La idea de esta sección es resaltar cuáles son los principales aportes del trabajo realizado y cómo se podría continuar. Debe ser especialmente breve y concisa. Es buena idea usar un listado para enumerar los logros obtenidos.

Algunas preguntas que pueden servir para completar este capítulo:

- ¿Cuál es el grado de cumplimiento de los requerimientos?
- ¿Cuán fielmente se pudo seguir la planificación original (cronograma incluido)?
- ¿Se manifestó algunos de los riesgos identificados en la planificación? ¿Fue efectivo el plan de mitigación? ¿Se debió aplicar alguna otra acción no contemplada previamente?
- Si se debieron hacer modificaciones a lo planificado ¿Cuáles fueron las causas y los efectos?
- ¿Qué técnicas resultaron útiles para el desarrollo del proyecto y cuáles no tanto?

### 5.2. Próximos pasos

Acá se indica cómo se podría continuar el trabajo más adelante.





# Bibliografía

- [1] Peñaranda-Florez Devi Geesel  
Torrado-Navarro Yoryely Pereira-Rodríguez Javier Boada-Morales Lorena.  
«Dialisis y hemodialisis. Una revisión actual según la evidencia». En:  
*Journal* (2017). URL: [https://www.nefrologiaargentina.org.ar/numeros/2017/volumen15\\_2/articulo2.pdf](https://www.nefrologiaargentina.org.ar/numeros/2017/volumen15_2/articulo2.pdf) (visitado 11-03-2024).
- [2] Mónica Valeria Cortés Badilla Marianella Álvarez Vega Laura María Quirós Mora. «Inteligencia artificial y aprendizaje automático en medicina». En: *Journal* (2020). URL: <https://www.revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/557/923> (visitado 11-03-2024).
- [3] Victoria Eugenia García Montemayor. «Mortalidad en pacientes en diálisis: Importancia y desarrollo de nuevos métodos fiables de predicción». En: *Journal* (2021). URL: <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/22708/2022000002402.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (visitado 11-03-2024).
- [4] Beatriz Ricardo Paez Sergio Orlando Escalona González Zoraida Caridad González Milán. «Predicción de mortalidad en pacientes con enfermedad renal crónica mediante el uso de la inteligencia artificial». En: *Journal* (2022). URL: <https://convencionsalud.sld.cu/index.php/convencionsalud22/2022/paper/viewFile/44/167> (visitado 11-03-2024).
- [5] Br. Shirley Aracelly Herrera Arce. «Índice neutrófilo/linfocito como predictor de mortalidad en pacientes que inician hemodiálisis». En: *Journal* (2022). URL: [https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/9293/REP\\_SHIRLEY.HERRERA\\_INDICE.NEUTROFILO.pdf?sequence=1](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/9293/REP_SHIRLEY.HERRERA_INDICE.NEUTROFILO.pdf?sequence=1) (visitado 11-03-2024).
- [6] Mengqin Zhang Xing Chen Jun Zhang Jiyi Huang  
Lu Zhang Lijing Yao Hengyuan Zhang. «Application of artificial intelligence in renal disease». En: *Journal* (2022). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2588914121000083> (visitado 11-03-2024).
- [7] Charat Thongprayoon Pattharawin Pattharanitima  
Wisit Cheungpasitporn Pajaree Krisanapan Supawit Tangpanithandee.  
«Revolutionizing Chronic Kidney Disease Management with Machine Learning and Artificial Intelligence». En: *Journal* (2023). URL: <https://www.mdpi.com/2077-0383/12/8/3018> (visitado 11-03-2024).
- [8] Yingxue Li Tingyu Chen Xiang Li Zhihong Liu Guotong Xie Tiange Chen.  
«Artificial Intelligence in Nephrology: How Can Artificial Intelligence Augment Nephrologists' Intelligence?» En: *Journal* (2020). URL: <https://karger.com/kdd/article/6/1/1/186225> (visitado 11-03-2024).
- [9] Yanxiang Gao Enmin Xie Xuecheng Zhao Ziyu Guo Yike Li Nan  
Shen-Jingyi Ren Jingang Zheng Zixiang Ye Shuoyan An. «The prediction of in-hospital mortality in chronic kidney disease patients with coronary artery disease using machine learning models». En: *Journal* (2023). URL:

- <https://link.springer.com/article/10.1186/s40001-023-00995-x> (visitado 11-03-2024).
- [10] Florian Jungmann Christina Glasner Philipp Stenzel Stephanie Strobl Aurélie Fernandez Daniel-Christoph Wagner Axel Haferkamp Peter Mildenerger Wilfried Roth Sebastian Foersch Stefan Schulz Ann-Christin Woerl. «Multimodal Deep Learning for Prognosis Prediction in Renal Cancer». En: *Journal* (2021). URL: <https://www.frontiersin.org/journals/oncology/articles/10.3389/fonc.2021.788740/full> (visitado 11-03-2024).
- [11] IEEE. *IEEE Citation Reference*. 1.<sup>a</sup> ed. IEEE Publications, 2016. URL: <http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf> (visitado 26-09-2016).
- [12] Proyecto CIAA. *Computadora Industrial Abierta Argentina*. Visitado el 2016-06-25. 2014. URL: <http://proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/doku.php?id=start>.