

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS
EMBEBIDOS



MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

**Control automático del proceso de
fermentación de vino usando la CIAA**

Autor:
Luis Enrique Chico Capistrano

Director:
Ing. Juan Manuel Cruz

Jurados:
Dr. Ing. Pablo Gomez (FIUBA)
Esp. Lic. Agustín Bassi (FIUBA)
Esp. Ing. Patricio Bos (FIUBA)

*Este trabajo fue realizado en las Ciudad Autónoma de Buenos Aires, entre enero
de 2016 y agosto de 2017.*

Resumen

En el presente trabajo se implementó un control automático de temperatura y sistema de alertas para la bodega Chico Zossi. Al mantener la temperatura estable, se mejora la calidad del vino, lo que afecta directamente al precio por litro.

La implementación se hizo sobre la CIAA NXP, mediante un sistema operativo de tiempo real y se hizo uso de la herramienta de control de versiones. Para garantizar la calidad del producto fueron empleadas técnicas de gestión de proyectos y ensayos que permitieron validar y verificar el correcto funcionamiento.

Agradecimientos

Agradecimientos personales. [OPCIONAL]

No olvidarse de agradecer al tutor.

Índice general

Resumen	III
1. Introducción General	1
1.1. Aprendiendo L ^A T _E X	1
1.1.1. Una introducción (no tan corta) a L ^A T _E X	1
1.1.2. Guía matemática rápida para L ^A T _E X	1
1.2. Utilizando esta plantilla	2
1.2.1. Acerca de esta plantilla	2
1.3. Qué incluye esta plantilla	2
1.3.1. Carpetas	2
1.3.2. Archivos	3
1.4. Entorno de trabajo	4
1.4.1. Configurando TexMaker	5
1.5. Personalizando la plantilla en el archivo memoria.tex	6
1.6. El código del archivo memoria.tex explicado	6
2. Introducción Específica	9
2.1. Estilo y convenciones	9
2.1.1. Uso de mayúscula inicial para los títulos de secciones	9
2.1.2. Este es el título de una subsección	9
2.1.3. Figuras	10
2.1.4. Tablas	11
2.1.5. Ecuaciones	12
3. Diseño e Implementación	13
3.1. Diseño e Implementación	13
3.2. Hardware	13
3.3. Software	16
4. Ensayos y Resultados	19
4.1. Banco de pruebas	19
4.2. Configuraciones para la PC	20
4.3. Verificación del sistema web embebido	21
4.4. Pruebas funcionales del hardware	22
5. Conclusiones	27
5.1. Conclusiones generales	27
5.2. Próximos pasos	27

Índice de figuras

1.1. Entorno de trabajo del texMaker.	5
2.1. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo.	10
2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador ¹ .	10
2.3. El lector no sabe por qué de pronto aparece esta figura.	11
3.1. Modem SIM800L.	13
3.2. Conexión del módulo sim800l e índice de esquemáticos.	14
3.3. Fuente de alimentación DC/DC.	14
3.4. Regulador de corriente, de tensión y del sensor de temperatura.	15
3.5. Entradas a leds y salidas de los pulsadores.	15
3.6. Capa superior de la placa simulador de sensores.	16
3.7. Capa inferior de la placa simulador de sensores.	17
3.8. Placa simulador de sensores 3D.	17
3.9. Placa de simulación de temperatura y estado de la batería con el modulo SIM800l integrado.	18
3.10. Placa de simulación de temperatura y estado de la batería con el modulo SIM800l integrado.	18
4.1. Placa de simulación de temperatura y estado de la batería con el modulo SIM800l integrado.	19
4.2. Placa de simulación de temperatura y estado de la batería con el modulo SIM800l integrado.	19
4.3. Configuración de una red estática para la interfaz Ethernet.	20
4.4. Pantalla principal de la web de monitoreo.	20
4.5. Opciones del al presionar sobre el menú desplegable.	21
4.6. Activar/Desactivar actuadores.	22
4.7. Configurar nivel de descarga para accionar la alerta por batería baja.	22
4.8. Configuración de los celulares de quienes van a recibir las alarmas por SMS.	22
4.9. Configuración del rango de temperatura y activación del estado de control automático y alarma.	23
4.10. Activación por control automático debido a temperatura elevada. .	23
4.11. Captura del SMS recibido debido temperatura máxima.	23
4.12. Temperatura en nivel mínimo, se desactiva la bomba y la electro-válvula.	24
4.13. Captura del SMS recibido debido temperatura mínima.	24
4.14. Temperatura en nivel mínimo, se desactiva la bomba y la electro-válvula.	25
4.15. Captura del SMS recibido debido temperatura mínima.	25
4.16. Activación manual de actuador 1 y 2, electroválvula y bomba inac-tivo.	25

Índice de Tablas

2.1. caption corto	11
------------------------------	----

Dedicado a... [OPCIONAL]

Capítulo 1

Introducción General

1.1. Aprendiendo L^AT_EX

L^AT_EX no es WYSIWYG (What You See is What You Get), a diferencia de los procesadores de texto como Microsoft Word o Pages de Apple o incluso LibreOffice en el mundo open-source. En lugar de ello, un documento escrito para L^AT_EX es en realidad un archivo de texto simple, llano que *no contiene formato*. Nosotros le decimos a L^AT_EX cómo deseamos que se aplique el formato en el documento final escribiendo comandos simples entre el texto, por ejemplo, si quiero usar *texto en cursiva para dar énfasis*, escribo `\emph{texto}` y pongo el texto en cursiva que quiero entre medio de las llaves. Esto significa que L^AT_EX es un lenguaje del tipo «mark-up», muy parecido a HTML.

1.1.1. Una introducción (no tan corta) a L^AT_EX

Si usted es nuevo a L^AT_EX, hay un muy buen libro electrónico - disponible gratuitamente en Internet como un archivo PDF - llamado, «A (not so short) Introduction to L^AT_EX». El título del libro es generalmente acortado a simplemente *lshort*. Puede descargar la versión más reciente en inglés (ya que se actualiza de vez en cuando) desde aquí: <http://www.ctan.org/tex-archive/info/lshort/english/lshort.pdf>

Está disponible en varios idiomas además del inglés. Se puede encontrar la versión en español en la lista en esta página: <http://www.ctan.org/tex-archive/info/lshort/>

1.1.2. Guía matemática rápida para L^AT_EX

Si usted está escribiendo un documento con mucho contenido matemático, entonces es posible que desee leer el documento de la AMS (American Mathematical Society) llamado, «A Short Math Guide for L^AT_EX». Se puede encontrar en línea en el siguiente link: <http://www.ams.org/tex/amslatex.html> en la sección «Additional Documentation» hacia la parte inferior de la página.

1.2. Utilizando esta plantilla

Si usted está familiarizado con L^AT_EX, entonces puede explorar la estructura de directorios de esta plantilla y proceder a personalizarla agregando su información en el bloque *INFORMACIÓN DE LA PORTADA* en el archivo **memoria.tex**.

Se puede continuar luego modificando el resto de los archivos siguiendo los lineamientos que se describen en la sección 1.5 en la página 6.

Asegúrese de leer el capítulo 2 acerca de las convenciones utilizadas para las Memoria de los Trabajos Finales de la Carrera de Especialización en Sistemas Embedidos de FIUBA.

Si es nuevo en L^AT_EX se recomienda que continue leyendo el documento ya que contiene información básica para aprovechar el potencial de esta herramienta.

1.2.1. Acerca de esta plantilla

Esta plantilla L^AT_EX está basada originalmente en torno a un archivo de estilo L^AT_EX creado por Steve R. Gunn de la University of Southampton (UK), department of Electronics and Computer Science. Se puede encontrar su trabajo original en el siguiente sitio de internet: <http://www.ecs.soton.ac.uk/~srg/softwaretools/document/templates/>

El archivo de Gunn, **ecsthesis.cls** fue posteriormente modificado por Sunil Patel quien creó una plantilla esqueleto con la estructura de carpetas. El template resultante se puede encontrar en el sitio web de Sunil Patel: <http://www.sunilpatel.co.uk/thesis-template>

El template de Patel se publicó a través de <http://www.LaTeXTemplates.com> desde donde fue modificado muchas veces en base a solicitudes de usuarios. La versión 2.0 y subsiguientes representan cambios significativos respecto a la versión de la plantilla modificada por Patel, que es de hecho, difficilmente reconocible. El trabajo en la version 2.0 fue realizado por Vel Gayevskiy y Johannes Böttcher.

Uno de los primeros graduados de la Carrera de Especialización en Sistemas Embedidos de la UBA, el Ing. [Patricio Bos](#) modificó los contenidos de la versión 2.3 para crear una plantilla altamente adaptada a la Carrera de Especialización de la UBA.

1.3. Qué incluye esta plantilla

1.3.1. Carpetas

Esta plantilla se distribuye como una único archivo .zip que se puede descomprimir en varios archivos y carpetas. Los nombres de las carpetas son (o pretender ser) auto-explicativos.

Appendices – Esta es la carpeta donde se deben poner los apéndices. Cada apéndice debe ir en su propio archivo .tex. Se incluye un ejemplo y una plantilla en la carpeta.

Chapters – Esta es la carpeta donde se deben poner los capítulos de la memoria. Cada capítulo debe ir en su propio archivo **.tex** por separado. Se ofrece por defecto, la siguiente estructura de capítulos y se recomienda su utilización dentro de lo posible:

- Capítulo 1: Introducción general
- Capítulo 2: Introducción específica
- Capítulo 3: Diseño e implementación
- Capítulo 4: Ensayos y resultados
- Capítulo 5: Conclusiones

Esta estructura de capítulos es la que se recomienda para las memorias de la especialización.

Figures – Esta carpeta contiene todas las figuras de la memoria. Estas son las versiones finales de las imágenes que van a ser incluidas en la memoria. Pueden ser imágenes en formato *raster*¹ como **.png**, **.jpg** o en formato vectoriales² como **.pdf**, **.ps**. Se debe notar que utilizar imágenes vectoriales disminuye notablemente el peso del documento final y acelera el tiempo de compilación por lo que es recomendable su utilización siempre que sea posible.

1.3.2. Archivos

También están incluidos varios archivos, la mayoría de ellos son de texto plano y se puede ver su contenido en un editor de texto. Después de la compilación inicial, se verá que más archivos auxiliares son creados por LaTeX o BibTeX, pero son de uso interno y que no es necesario eliminarlos o hacer nada con ellos. Toda la información necesaria para complilar el documento se encuentra en los archivos **.tex** y en las imágenes de la carpeta Figures.

referencias.bib - este es un archivo importante que contiene toda la información bibliográfica y de referencias que se utilizará para las citas en la memoria en conjunto con BibTeX. Usted puede escribir las entradas bibliográficas en forma manual, aunque existen también programas de gestión de referencias que facilitan la creación y gestión de las referencias y permiten exportarlas en formato BibTeX. También hay disponibles sitios web como books.google.com que permiten obtener toda la información necesaria para una cita en formato BibTeX.

MastersDoctoralThesis.cls – este es un archivo importante. Es el archivos con la clase que le informa a \LaTeX cómo debe dar formato a la memoria. El usuario de la plantilla no debería necesitar modificar nada de este archivo.

memoria.pdf – esta es su memoria con una tipografía bellamente compuesta (en formato de archivo PDF) creado por \LaTeX . Se distribuye con la plantilla y después de compilar por primera vez sin hacer ningún cambio se debería obtener una versión idéntica a este documento.

¹https://en.wikipedia.org/wiki/Raster_graphics

²https://en.wikipedia.org/wiki/Vector_graphics

memoria.tex – este es un archivo importante. Este es el archivo que tiene que compilar L^AT_EX para producir la memoria como un archivo PDF. Contiene un marco de trabajo y estructuras que le indican a L^AT_EX cómo diagramar la memoria. Está altamente comentado para que se pueda entender qué es lo que realiza cada línea de código y por qué está incluida en ese lugar. En este archivo se debe completar la información personalizada de las primeras sección según se indica en la sección 1.5.

Archivos que *no* forman parte de la distribución de la plantilla pero que son generados por L^AT_EX como archivos auxiliares necesarios para la producción de la memoria.pdf son:

memoria.aux – este es un archivo auxiliar generado por L^AT_EX, si se borra L^AT_EX simplemente lo regenera cuando se compila el archivo principal **memoria.tex**.

memoria.bbl – este es un archivo auxiliar generado por BibTeX, si se borra BibTeX simplemente lo regenera cuando se compila el archivo principal **memoria.tex**. Mientras que el archivo **.bib** contiene todas las referencias que hay, este archivo **.bbl** contiene sólo las referencias que han sido citadas y se utiliza para la construcción de la bibliografía.

memoria.blg – este es un archivo auxiliar generado por BibTeX, si se borra BibTeX simplemente lo regenera cuando se compila el archivo principal **memoria.tex**.

memoria.lof – este es un archivo auxiliar generado por L^AT_EX, si se borra L^AT_EX simplemente lo regenera cuando se compila el archivo principal **memoria.tex**. Le indica a L^AT_EX cómo construir la sección *Lista de Figuras*.

memoria.log – este es un archivo auxiliar generado por L^AT_EX, si se borra L^AT_EX simplemente lo regenera cuando se compila el archivo principal **memoria.tex**. Contiene mensajes de L^AT_EX. Si se reciben errores o advertencias durante la compilación, se guardan en este archivo **.log**.

memoria.lot – este es un archivo auxiliar generado por L^AT_EX, si se borra L^AT_EX simplemente lo regenera cuando se compila el archivo principal **memoria.tex**. Le indica a L^AT_EX cómo construir la sección *Lista de Tablas*.

memoria.out – este es un archivo auxiliar generado por L^AT_EX, si se borra L^AT_EX simplemente lo regenera cuando se compila el archivo principal **memoria.tex**.

De esta larga lista de archivos, sólo aquellos con la extensión **.bib**, **.cls** y **.tex** son importantes. Los otros archivos auxiliares pueden ser ignorados o borrados ya que L^AT_EX y BibTeX los regenerarán durante la compilación.

1.4. Entorno de trabajo

Ante de comenzar a editar la plantilla debemos tener un editor L^AT_EX instalado en nuestra computadora. En forma análoga a lo que sucede en lenguaje C, que se puede crear y editar código con casi cualquier editor, existen ciertos entornos de trabajo que nos pueden simplificar mucho la tarea. En este sentido, se recomienda, sobre todo para los principiantes en L^AT_EX la utilización de TexMaker, un programa gratuito y multi-plataforma que está disponible tanto para windows como para sistemas GNU/linux.

La versión más reciente de TexMaker es la 4.5 y se puede descargar del siguiente link: <http://www.xm1math.net/texmaker/download.html>. Se puede consultar el manual de usuario en el siguiente link: <http://www.xm1math.net/texmaker/doc.html>.

1.4.1. Configurando TexMaker

La instalación de TexMaker se encarga de instalar todos los paquetes necesarios de L^AT_EX. Una vez instalado el programa y abierto el archivo memoria.tex se debería ver una pantalla similar a la figura 1.1.

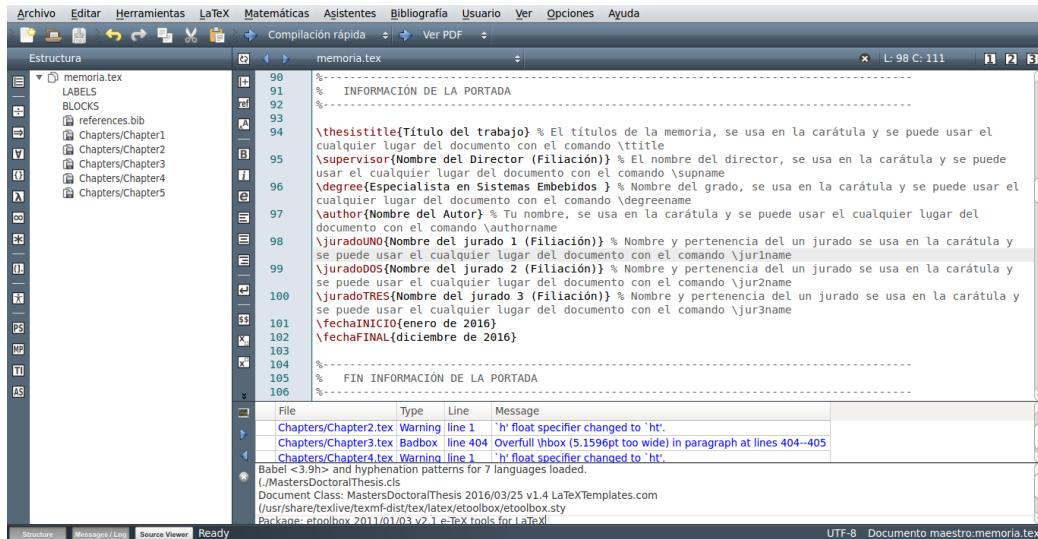


FIGURA 1.1: Entorno de trabajo del texMaker.

Notar que existe una vista llamada Estructura a la izquierda de la interface que nos permite abrir desde dentro del programa los archivos individuales de los capítulos. A la derecha se encuentra una vista con el archivo propiamente dicho para su edición. Hacia la parte inferior se encuentra una vista del log con información de los resultados de la compilación. En esta última vista pueden aparecer advertencias o *warning* que normalmente pueden ser ignorados y también los errores que se indican en color rojo.

Recordar que el archivo que se debe compilar con PDFLaTeX es **memoria.tex**, si trataramos de compilar alguno de los capítulos directamente nos saldría un error. Para salvar la molestia de tener que cambiar de archivo para compilar, se puede definir el archivo **memoria.tex** como “documento maestro” yendo al menú opciones ->“definir documento actual como documento maestro”, lo que nos permite compilar cualquier archivo, sea memoria.tex, el capítulo donde estemos trabajando o incluso un apéndice si lo hubiera y texmaker se encargará automáticamente de compilar memoria.tex.

En el menú herramientas se encuentran las opciones de compilación. Para producir un archivo PDF a partir de un archivo .tex se debe ejecutar PDFLaTeX (el shortcut es F6). Para incorporar nueva bibliografía se debe utilizar la opción BibTeX del mismo menú herramientas (el shortcut es F11).

Notar que para actualizar las tablas de contenidos se debe ejecutar PDFLaTeX dos veces. Esto se debe a que es necesario actualizar algunos archivos auxiliares antes de obtener el resultado final. En forma similar, para actualizar las referencias se debe ejecutar primero PDFLaTeX, después BibTeX y finalmente PDFLaTeX dos veces por idénticos motivos.

1.5. Personalizando la plantilla en el archivo `memoria.tex`

Para personalizar la plantilla se debe incorporar la información propia en los distintos archivos `.tex`.

Primero abrir `memoria.tex` con TexMaker (o el editor de su preferencia). Se debe ubicar dentro del archivo el bloque de código titulado *INFORMACIÓN DE LA PORTADA* donde se deben incorporar los primeros datos personales con los que se construirá automáticamente la portada.

1.6. El código del archivo `memoria.tex` explicado

El archivo `memoria.tex` contiene la estructura de la memoria y se encuentra densamente comentado para explicar qué páginas, secciones y elementos de formato el código *LATeX* está creando en cada línea. Cada elemento de mayor jerarquía del documento está dividido en bloques con nombres en mayúsculas para que resulte evidente qué es lo que hace esa porción de código en particular. Inicialmente puede parecer que hay mucho código *LATeX*, pero es principalmente código para dar formato a la memoria y al estar ya definido, no requiere intervención del usuario de la plantilla.

Se debe comenzar por chequear que la información en la portada es correcta.

Luego viene el resumen que contiene una versión abreviada de su trabajo. Se debería poder utilizar como un documento independiente para describir el contenido de su trabajo.

A continuación se encuentra la sección opcional de agradecimientos.

El índice de contenidos, las listas de figura de tablas se generan en forma automática y no requieren intervención ni edición manual por parte del usuario de la plantilla.

La siguiente página es opcional y puede contener una dedicatorio de una línea, en caso de que usted quiere dedicarle el trabajo a alguien.

Finalmente, se encuentra el bloque donde se incluyen los capítulos y los apéndices. Por defecto se incluyen los 5 capítulos propuestos que se encuentran en la carpeta `/Chapters`. Cada capítulo se debe escribir en un archivo `.tex` separado y se debe poner en la carpeta `Chapters` con el nombre `Chapter1`, `Chapter2`, etc... El código para incluir capítulos desde archivos externos se muestra a continuación.

```
\include{Chapters/Chapter1}
\include{Chapters/Chapter2}
\include{Chapters/Chapter3}
\include{Chapters/Chapter4}
```

```
\include{Chapters/Chapter5}
```

Los apéndices también deben ir en archivos .tex separados y se deben ubicar dentro de la carpeta *Appendices*. Los apéndices vienen comentados con el carácter % por defecto y para incluirlos se debe eliminar dicho carácter.

Luego del preámbulo, los capítulos y los apéndices, finalmente viene la bibliografía. El estilo bibliográfico (llamado *authoryear*) es utilizado por L^AT_EX para generar las referencias y es un estilo con todas las características necesarias para su composición. No se debe subestimar lo agradecido que estarán sus lectores al encontrar que las referencias se encuentran a un clic de distancia. Por supuesto, esto depende de que usted haya puesto la url correspondiente en el archivo BibTex en primer lugar.

Capítulo 2

Introducción Específica

La idea de esta sección es presentar el tema de modo que cualquier persona que no conoce el tema pueda entender de qué se trata y por qué es importante realizar este trabajo y cuál es su impacto.

2.1. Estilo y convenciones

2.1.1. Uso de mayúscula inicial para los títulos 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”.

Entre párrafos sucesivos dejar un espacio, como el que se observa entre este párrafo y el anterior. Pero las oraciones de un mismo párrafo van en forma consecutiva, como se observa acá. Luego, 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 sugiere utilizar *texto en cursiva* donde se considere apropiado.

Se sugiere que la escritura sea impersonal. Por ejemplo, no utilizar “el diseño del firmware lo hice de acuerdo con tal principio”, sino “el firmware fue diseñado utilizando tal principio”. En lo posible hablar en tiempo pasado, ya que la memoria describe un trabajo que ya fue realizado.

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 [IEEE:citation]. Por ejemplo, “el presente trabajo se basa en la plataforma EDU-CIAA-NXP, la cual se describe en detalle en [CIAA]”.

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 la siguiente: “Se eligió utilizar un cuadrado azul para el logo, el cual se ilustra 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 procesador¹.

¹<https://goo.gl/images/i7C70w>

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: El lector no sabe 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.

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.

```
\begin{table} [h]
\centering
\caption[caption corto]{caption largo más descriptivo}
\begin{tabular}{l c c}
\toprule
\textbf{Especie} & \textbf{Tamaño} & \textbf{Valor aprox.} \\
\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 aprox.
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, Fig. 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 estas se deben numerar de la siguiente forma:

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

Es importante tener presente que en el caso de las ecuaciones estas pueden ser referidas por su número, como por ejemplo “tal como describe la ecuación 2.1”, pero 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 las ecuaciones se debe utilizar un tamaño de letra equivalente al utilizado para el texto del trabajo, en tipografía cursiva y preferentemente del tipo Times New Roman o similar. El espaciado antes y después de cada ecuación es de aproximadamente el doble que entre párrafos consecutivos del cuerpo principal del texto. Por suerte la plantilla se encarga de esto por nosotros.

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} + \sigma^2 [d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2] \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. Diseño e Implementación

En este capítulo se mostrará cómo se desarrolló un hardware básico para poder simular el entorno de funcionamiento y cómo se implementó el firmware.

3.2. Hardware

Se implementó el diseño de un circuito, que permite simular el entorno de funcionamiento de la bodega. Para ello se utilizó lo aprendido a lo largo del curso de *diseño de PCBs en KICAD*. El sistema cuenta con:

- 1 Salida con regulación de corriente, para simular sensores de 4mA a 20mA.
- 1 Salida con tensión variable, utilizando el regulador LM317.
- 1 Salida del sensor de temperatura LM35.
- 2 Salidas con tensión variable, utilizando potenciómetros.
- 4 Entradas digitales conectadas a leds.
- 4 Salidas conectadas a pulsadores.
- 1 Sócalo para la conexión del modulo SIM800L.
- 1 salida de 5V a 3A y otra de 3.3V a 1A.

El módulo sim800l que se muestra en la siguiente Figura 3.1, es un módem GPRS que cuenta con las siguientes especificaciones:



FIGURA 3.1: Modem SIM800L.

- Alimentación: 3.4V a 4.4V (4.0V recomendado)
- CuatriBanda 850/900/1800/1900MHz
- GPRS Multi Slot class 8/10
- Control mediante comandos AT (GSM 07.07 ,07.05 y comandos AT SIM-COM).

En la figura 3.2 se puede apreciar el esquemático implementado para la conexión del módem GSM. Éste requiere adaptar los niveles de tensión para interactuar con la CIA-NXP, para el cual utilizamos un max3232.

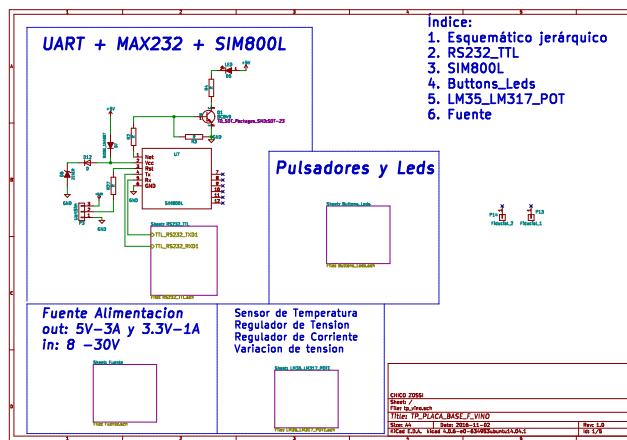


FIGURA 3.2: Conexión del módulo sim800l e índice de esquemáticos.

Para la alimentación del circuito se utilizó el regulador LM2576. El mismo se tomó de la nota de aplicación el diagrama típico.¹ Para regular a 3.3V se utilizó el integrado LM11733 circuito extraído de la nota de aplicación.²

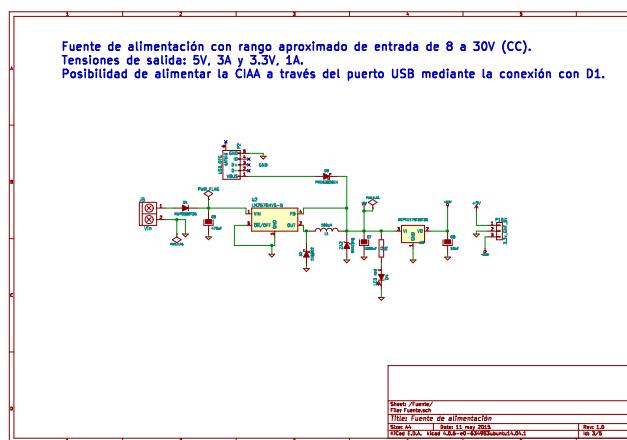


FIGURA 3.3: Fuente de alimentación DC/DC.

¹Nota de aplicación Texas Instruments: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2576.pdf>

² Texas Instruments: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1117.pdf> - Capítulo 8 Figura 16

Para lograr la simulación de distintos tipos de sensores, se utilizaron circuitos como se muestra en la figura 3.4 que permiten generar corrientes 4mA a 20mA, variaciones de la tensión, y hasta un sensor de temperatura. Para los circuitos se utilizaron las notas de aplicación de Texas Instruments³

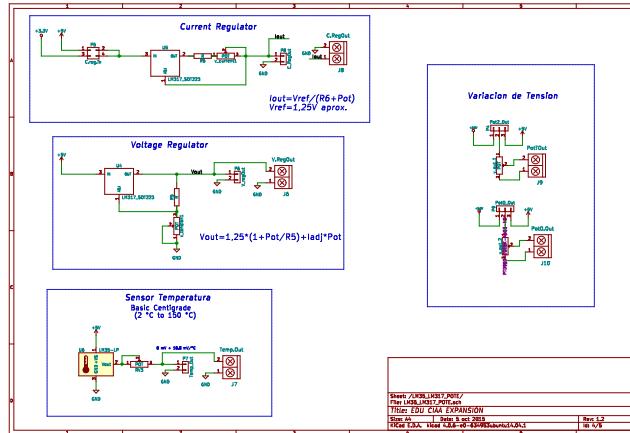


FIGURA 3.4: Regulador de corriente, de tensión y del sensor de temperatura.

Para concluir, se utilizaron unos circuitos básicos que permiten interactuar en forma simple con el sistema y realizar pruebas de funcionamiento. Los mismos fueron extraídos del esquemático utilizado en el proyecto de la EDU-CIA⁴

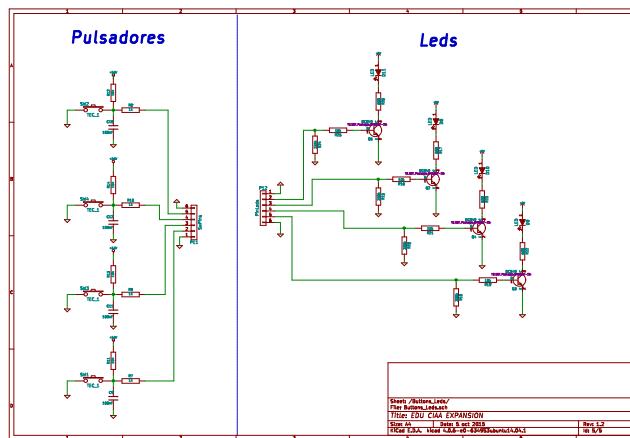


FIGURA 3.5: Entradas a leds y salidas de los pulsadores.

Una vez realizados los esquemáticos, se pasó a la elaboración del PCB. Se realizaron los ruteo necesarios. Y como se puede observar en la siguientes figuras 3.6 - 3.7

³Reguladores de Tensión y Corriente <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf> - capítulo 8 páginas 12 y 13 y sensor temperatura: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf> - 8.2.1 Basic Centigrade Temperature Sensor

⁴http://www.proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/lib/exe/fetch.php?media=desarrollo:edu-ciaa:edu-ciaa-nxp:edu-ciaa-nxp_color.pdf

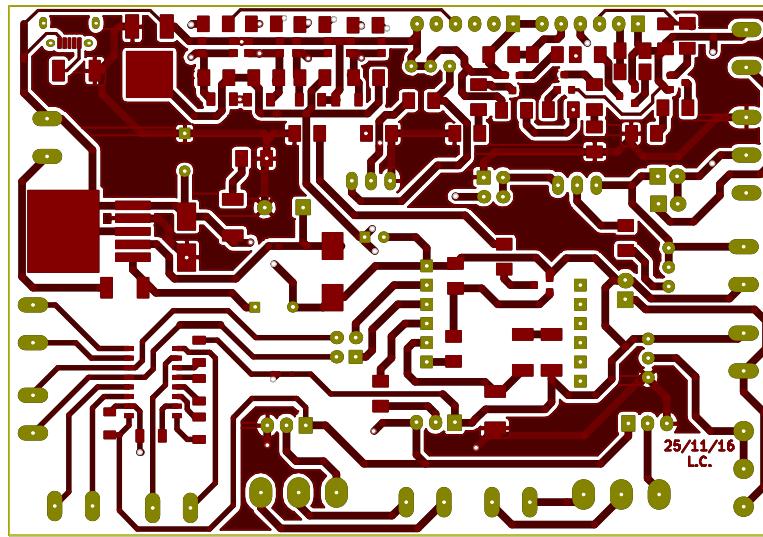


FIGURA 3.6: Capa superior de la placa simulador de sensores.

Realizando una vista previa de como quedaría el esquema y aprovechando el potencial de la herramienta de kicad, se realizó una vista 3D de como quedaría, la que se puede apreciar en la figura 3.8.

No obstante, por cuestiones de tiempo no se llegó a implementar. Simplemente quedó en una primera etapa para una posterior implementación. Se terminó desarrollando una placa experimental que permitió realizar las primeras pruebas. Podemos verla en la siguiente figura 4.1

3.3. Software

Se dividieron las tareas por recursos, una controla el modem, ver Figura 3.10.

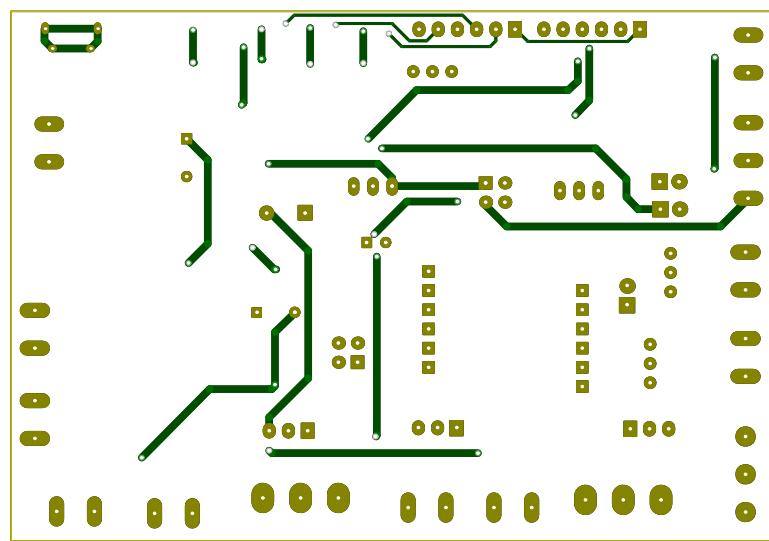


FIGURA 3.7: Capa inferior de la placa simulador de sensores.

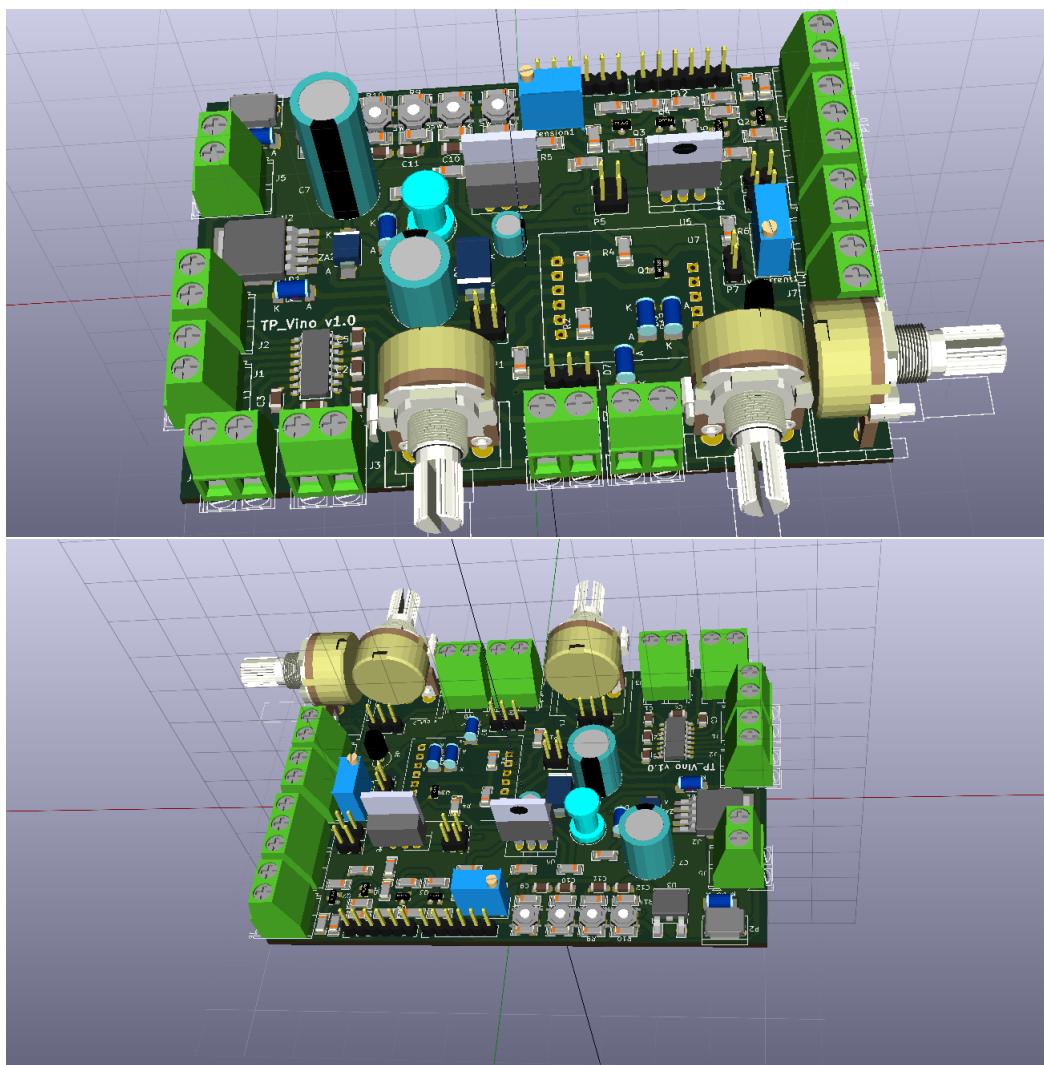


FIGURA 3.8: Placa simulador de sensores 3D.



FIGURA 3.9: Placa de simulación de temperatura y estado de la batería con el modulo SIM800l integrado.

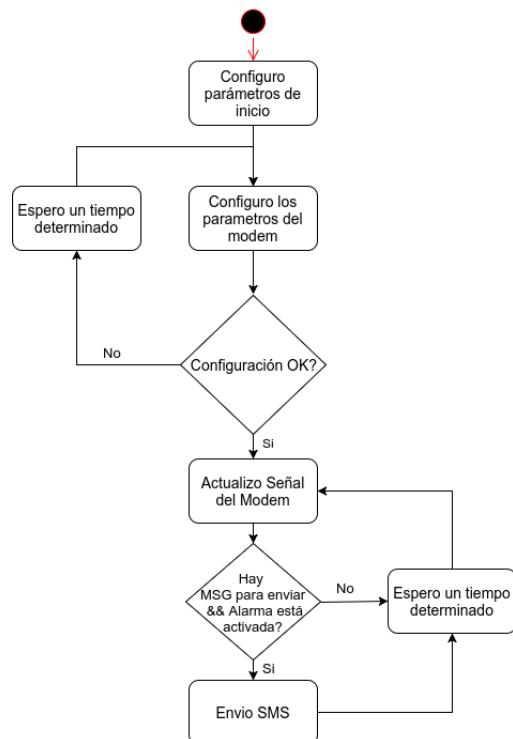


FIGURA 3.10: Placa de simulación de temperatura y estado de la batería con el modulo SIM800l integrado.

Capítulo 4

Ensayos y Resultados

En este capítulo se expone cuales fueron las pruebas realizadas para determinar que el sistema funciona en forma correcta.

4.1. Banco de pruebas

Para poder simular el comportamiento de un sensor de temperatura y la descarga de una batería. Se implemento una placa básica la cual ya fue vista en el capítulo 3.2, que para facilidad del lector volvemos a mostrarla en la siguiente figura 4.1, la cual consta de dos potenciómetros, que permiten simular la variación de estos dispositivos. Sobre la misma se conecto un conversor RS232 a TTL, para lograr la integración del módem GPRS SIM800L.



FIGURA 4.1: Placa de simulación de temperatura y estado de la batería con el modulo SIM800l integrado.

Todo esto se integra la Plataforma de la CIAA-NXP, véase figura 4.2 para verificar el correcto funcionamiento del firmware desarrollado.

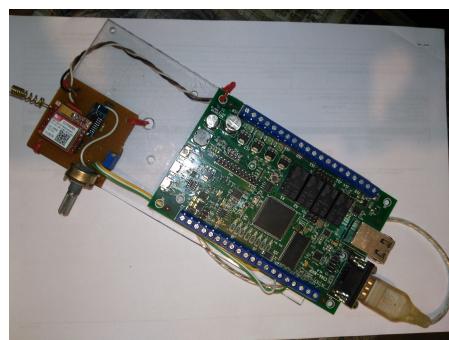


FIGURA 4.2: Placa de simulación de temperatura y estado de la batería con el modulo SIM800l integrado.

4.2. Configuraciones para la PC

Para la realización de los ensayos, comenzamos configurando la PC en forma adecuada. Para ello en la siguiente figura 4.3 vamos a ver como configurar en Linux la interfaz de red. Es importante destacar que dichos comandos son ejecutados con el permiso se súper usuario, *root*.

```
root@joseph:/home/lchico/Documents/Tesis_Especializacion/Memoria/Informe/Chapters# ifconfig
lo      Link encap:Local Loopback
        inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
        inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
              UP LOOPBACK RUNNING MTU:65536 Metric:1
              RX packets:26202 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
              TX packets:26202 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
              collisions:0 txqueuelen:1
              RX bytes:1987773 (1.9 MB)  TX bytes:1987773 (1.9 MB)

root@joseph:/home/lchico/Documents/Tesis_Especializacion/Memoria/Informe/Chapters# ifconfig eth0 192.168.1.2/24
root@joseph:/home/lchico/Documents/Tesis_Especializacion/Memoria/Informe/Chapters# route
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask        Flags Metric Ref  Use Iface
192.168.1.0     *               255.255.255.0 U     0      0      0 eth0
root@joseph:/home/lchico/Documents/Tesis_Especializacion/Memoria/Informe/Chapters# ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet HWaddr a4:ba:db:da:b5:30
        inet addr:192.168.1.2  Bcast:192.168.1.255  Mask:255.255.255.0
        inet6 addr: fe80::a4ba:dbff:fedab5:30/64 Scope:Link
              UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
              RX packets:3969 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
              TX packets:6035 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
              collisions:0 txqueuelen:1000
              RX bytes:1460102 (1.4 MB)  TX bytes:765043 (765.0 KB)

lo      Link encap:Local Loopback
        inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
        inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
              UP LOOPBACK RUNNING MTU:65536 Metric:1
              RX packets:26262 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
              TX packets:26262 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
              collisions:0 txqueuelen:1
              RX bytes:1992384 (1.9 MB)  TX bytes:1992384 (1.9 MB)

root@joseph:/home/lchico/Documents/Tesis_Especializacion/Memoria/Informe/Chapters# 
```

FIGURA 4.3: Configuración de una red estática para la interfaz Ethernet.

Una vez que tenemos la configuración de red adecuada vamos a proceder a dirigirnos a un navegador web. Y como vemos en la siguiente imagen 4.4 ingresamos el numero de ip correspondiente al dispositivo de control, la cual es: 192.168.1.11

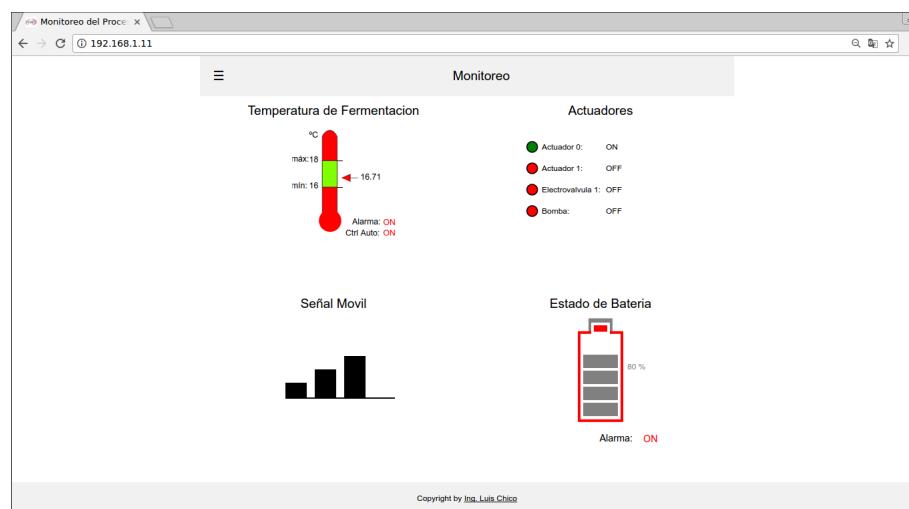


FIGURA 4.4: Pantalla principal de la web de monitoreo.

En esta pantalla vamos a tener toda la información correspondiente al sistema. Arriba a la izquierda podemos ver el estado de la temperatura, con sus rangos máximos y mínimos seteados. Y debajo de dicho termómetro podemos ver si esta activada: la alarma y el control automático.

Luego arriba y a la derecha podemos ver los estados de los actuadores, la electroválvula y la bomba. Estos le permiten al cliente controlar en forma remota dos actuadores y el sistema correspondiente a la bomba de refrigeración con la electroválvula asociada. El sensor de temperatura permitirá informarle al sistema de control automático cuando debe actuar acorde a los rangos establecidos, esto solo en el caso de estar activado dicho control automático.

Abajo a la izquierda tenemos en nivel de señal correspondiente al módem GSM, mediante el cual podremos saber si la cobertura de señal de la red de telefonía móvil esta en condiciones de operar y permitirnos el servicio de alertas mediante mensajes SMS.

Finalmente abajo a la derecha tenemos el estado de la batería, el cual va a permitir al sistema continuar en funcionamiento en caso de un corte de energía. El principal uso de este será mantener la posibilidad de enviar un mensaje SMS notificando el corte de energía.

4.3. Verificación del sistema web embebido

De lo explicado en la sección anterior, se procederá a navegar por el menú, véase figura 4.5 las diferentes configuraciones para constatar de que todo el sistema esta funcionando en forma correcta. Al presionar donde dice menú, obtendremos las opciones que vemos en la figura anterior. Donde:

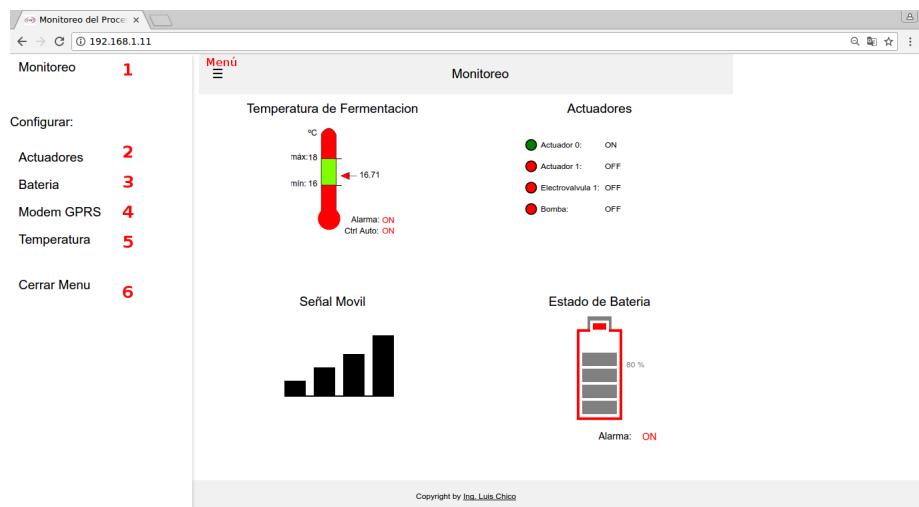


FIGURA 4.5: Opciones del al presionar sobre el menú desplegable.

- 1. Monitoreo:** Nos dirige a la pantalla principal, donde podemos ver el estado del sistema. figura 4.4.
- 2. Actuadores:** Podemos setear en forma manual el estado de los mismos. figura 4.6.
- 3. Batería:** Aquí podrá setear la alarma debido al nivel de descarga de batería que configuremos. Esta enviara un SMS indicando el estado. figura 4.7.
- 4. Módem GPRS:** En este menú podremos configurar 2 personas a quienes serán enviadas las alertas debido al accionar de alguna alarma.4.8.

5. Temperatura: Aquí se configura el rango de temperatura, la alarma correspondiente y si deseamos activar el control automático de la misma. De estar activado, actuará en forma automática sobre la bomba y la electroválvula para mantener la temperatura dentro de dicho rango. figura 4.9.

6. Cerrar Menú: Esta opción cerrar el menú, permitiendo quedarse en la sección que estaba antes de presionar en menú.



FIGURA 4.6: Activar/Desactivar actuadores.

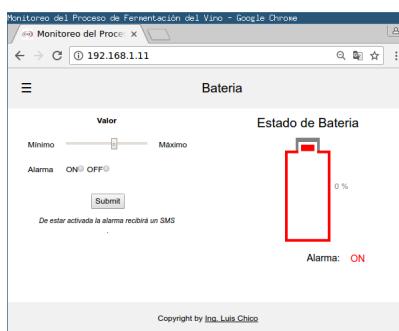


FIGURA 4.7: Configurar nivel de descarga para accionar la alerta por batería baja.

FIGURA 4.8: Configuración de los celulares de quienes van a recibir las alarmas por SMS.

4.4. Pruebas funcionales del hardware

Una vez recorrido todas las opciones que permite la interfaz web y verificar que el comportamiento haya sido el esperado. Se procede interactuar con el sistema, por medio de alteraciones generadas a través de los potenciómetros que representaran la temperatura y el estado de la batería.

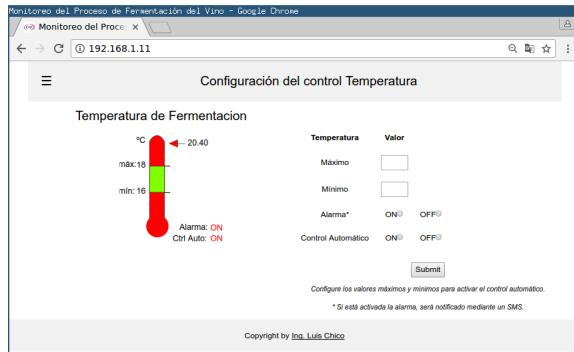


FIGURA 4.9: Configuración del rango de temperatura y activación del estado de control automático y alarma.

Estando activado el control automático y al simular un incremento de temperatura, se comprobó que al exceder la temperatura máxima inicio en forma automática la bomba que permite la circulación del refrigerante y la activación de la electroválvula que interviene sobre el tanque que estamos monitorizando. En la web no muestra figura 4.10. y dado su respectiva alerta mediante un SMS como vemos en la figura 4.11

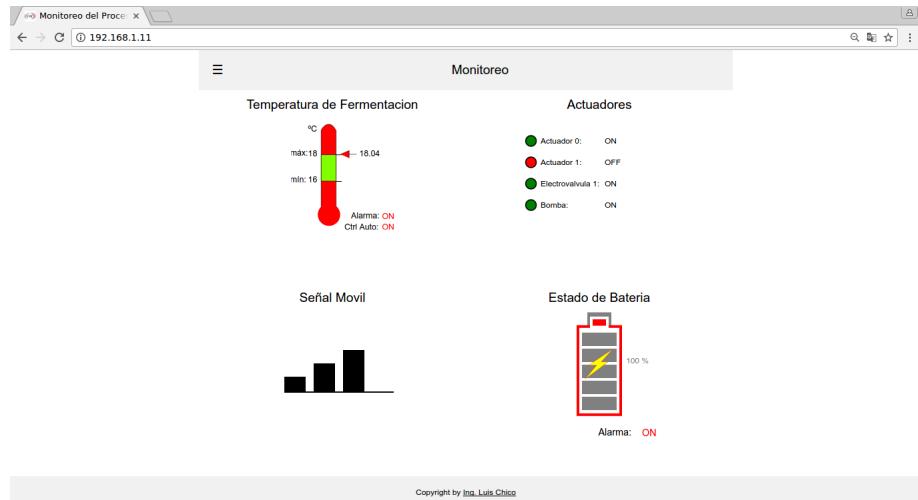


FIGURA 4.10: Activación por control automático debido a temperatura elevada.

./Figures/sms_max_temp.png

FIGURA 4.11: Captura del SMS recibido debido temperatura máxima.

Se verificó que éste se mantiene activado hasta llegar a la temperatura mínima, en este instante procede a desconectar la bomba y a cerrar la electroválvula. En la web se verá como en la figura 4.12. y dado su respectiva alerta mediante un SMS como vemos en la figura 4.13

En el caso de la batería se analiza las variaciones en la carga. Si esta disminuye más de un valor que es determinado, se enviará SMS como el que observamos en figura 4.15. Y en la web se mostrara como en la figura 4.14.

 ./Figures/auto_control_inactive.png

FIGURA 4.12: Temperatura en nivel mínimo, se desactiva la bomba y la electroválvula.

 ./Figures/sms_temp_min.png

FIGURA 4.13: Captura del SMS recibido debido temperatura mínima.

Para verificar los actuadores nos dirigimos a la web en la sección de configuración de actuadores y seteamos para cada uno de ellos los diferentes estados, encendiendo y apagando. Luego se probó en bloques de varios actuadores. En la siguiente figura 4.16 se ve un ejemplo de los casos probados.

De esta forma podemos concluir que el funcionamiento del sistema es el correcto.

./Figures/bat_low_level.png

FIGURA 4.14: Bateria baja.

./Figures/SMS_bat.png

FIGURA 4.15: Captura del SMS recibido debido a bateria baja.



FIGURA 4.16: Activación manual de actuador 1 y 2, electroválvula y bomba inactivo.

Capítulo 5

Conclusiones

5.1. Conclusiones generales

Al finalizar esta primera etapa del prototipo, podemos concluir que se logró:

- Mediante una página web accedemos al estado del sistema.
- Permite navegación mediante pc, celulares, tablets compatibles con navegadores como Chrome y Firefox.
- Haciendo uso de un sensor de temperatura y salidas para actuadores. Permite un control manual y automático del sistema.
- Alertar mediante SMS cuando: la temperatura excede el rango permitido, y/o para un determinado nivel de batería.
- Implementar mediante el stack TCP/IPlwIP con el RTOS freeRTOS.
- Uso del lenguaje C, HTML, CSS y JavaScript.
- Hacer uso de un sistema de control de versiones, GitHub.

Es decir, ya podemos controlar la temperatura de un tanque y recibir alertas en los principales estados críticos del proceso. Tenemos incorporado una interfaz de monitoreo que a su vez nos permite actuar en forma remota.

5.2. Próximos pasos

En esta primera etapa se dió una primera interacción con todo lo que involucra controlar el proceso de fermentación. Ahora estamos en condiciones de perfeccionar este producto extendiendo sus funciones. Para ello podríamos optimizar los siguientes puntos:

- Ampliar la capacidad de control a 4 tanques.
- Mejorar la interfaz web para dichos cambios, y realizar un entorno más amigable.
- Ampliar las funcionalidades de los SMS, no sólo para reportes de alertas sino también para consultas y posibles controles.