

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



MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

**Sistema de Control para Galvanoplastia  
de PCBs**

**Autor:**  
**Francisco Suárez**

Director:  
Ing. Juan Manuel Cruz

Jurados:  
Esp. Ing. Jorge Fonseca (pertenencia)  
Esp. Ing. Diego Brengi (pertenencia)  
Esp. Ing. Ramiro Alonso (pertenencia)

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



## *Resumen*

El presente desarrollo consiste en un prototipo de sistema para el monitoreo de parámetros y control de temperatura en bateas de una línea de galvanizado de PCBs. El mismo fue propuesto para el fabricante de circuitos Daichi SA pensado para asistir a los técnicos en planta y como herramienta para ayudar a optimizar los procesos y calidad del producto. El desarrollo se realizó sobre la plataforma eduCIAA con un poncho con las interfaces necesarias y programado para funcionar sobre freeRTOS.

El proyecto hace hincapié tanto en la calidad del software como en la metodología de trabajo enseñada en la especialización. Para tal fin esta memoria documenta criterios adoptados, problemáticas encontradas y los resultados obtenidos en la ejecución del proyecto. Finalmente en las conclusiones se buscó dar luz sobre buenas prácticas y formas de afrontar una problemática de necesidad tecnológica con ingeniería de software de calidad.



## *Agradecimientos*

Agradecimientos personales. [OPCIONAL]

No olvidarse de agradecer al tutor.

No vale poner anti-agradecimientos (este trabajo fue posible a pesar de...)



# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>III</b>
<b>1. Introducción General</b>	<b>1</b>
1.1. Proceso de Galvanización en PCBs . . . . .	1
1.2. Motivación y objetivo . . . . .	2
1.3. Objetivo . . . . .	3
1.3.1. Alcance . . . . .	3
1.4. Utilizando esta plantilla . . . . .	4
1.4.1. Acerca de esta plantilla . . . . .	5
<b>2. Introducción Específica</b>	<b>7</b>
2.1. Problemática . . . . .	7
2.1.1. Entorno del sistema . . . . .	7
2.1.2. Casos de Uso . . . . .	7
2.2. Requerimientos . . . . .	8
2.3. Planificación . . . . .	9
2.3.1. Tablas . . . . .	9
2.3.2. Ecuaciones . . . . .	10
<b>3. Diseño e Implementación</b>	<b>13</b>
3.1. Análisis del Hardware . . . . .	13
3.1.1. Sensores y actuadores . . . . .	13
Esquemáticos del prototipo final . . . . .	13
Renders del prototipo . . . . .	13
3.2. Análisis del software . . . . .	13
3.2.1. Firmware, Diseño . . . . .	15
3.2.2. Arquitectura del firmware . . . . .	15
3.2.3. Capas de abstracción . . . . .	15
3.2.4. Arquitectura del Software . . . . .	15
<b>4. Ensayos y Resultados</b>	<b>17</b>
4.1. Pruebas funcionales del hardware . . . . .	17
<b>5. Conclusiones</b>	<b>19</b>
5.1. Conclusiones generales . . . . .	19
5.2. Próximos pasos . . . . .	19
<b>A. Casos de Uso</b>	<b>21</b>
<b>B. Esquemáticos</b>	<b>25</b>



# Índice de figuras

1.1.	Via con galvanización correcto en un PCB . . . . .	1
1.2.	Perfil de una via correctamente galvanizada . . . . .	1
1.3.	Perfil un conjunto de sustratos con vías mal galvanizadas . . . . .	2
1.4.	Diagrama simplificado de una linea de galvanizado . . . . .	2
1.5.	Línea de galvanizada actual operada manualmente . . . . .	3
2.1.	Diagrama UML de casos de uso Modo 1 y 2. . . . .	8
2.2.	Diagrama UML caso de uso de puesta en alta. . . . .	9
2.3.	Diagrama de tareas del proyecto completo. <sup>1</sup> . . . . .	10
2.4.	Diagrama de Gantt del proyecto completo. <sup>2</sup> . . . . .	11
3.1.	Circuito simplificado de amplificación y compensación de termocuplas. <sup>3</sup> . . . . .	14
3.2.	Render vista de arriba placa de interfaz. <sup>4</sup> . . . . .	14
3.3.	Render vista de abajo de placa de interfaz. <sup>5</sup> . . . . .	14
B.1.	Esquemático jerárquico del poncho EduCiaa. . . . .	25
B.2.	Esquemático entradas de termocupla y termistor. . . . .	26
B.3.	Esquemático de salidas digitales con relays. . . . .	26
B.4.	Esquemático de conectores de expansión con la eduCIAA. . . . .	27



# Índice de Tablas

2.1. caption corto . . . . .	12
A.1. Descripción caso de uso puesta en alta . . . . .	22
A.2. Descripción caso de uso en Modo 1 . . . . .	23
A.3. Descripcion caso de uso en Modo 2 . . . . .	24



*Dedicado a... [OPCIONAL]*



# Capítulo 1

## Introducción General

### 1.1. Proceso de Galvanización en PCBs

En el proceso de galvanización de pistas y vías de un PCBs el control de los parámetros físicos en cada una de las etapas es fundamental para garantizar la uniformidad del cobre. Este proceso consiste en la inmersión de los placas en distintos baños químicos que se observan en la Figura 1.1, y en la Figura 1.2 el resultado de un correcto proceso donde el espesor del cobre conductor es uniforme en toda la cavidad.

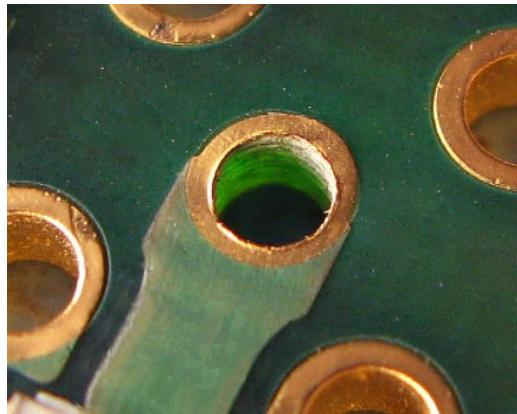


FIGURA 1.1: Vía con galvanización correcto en un PCB

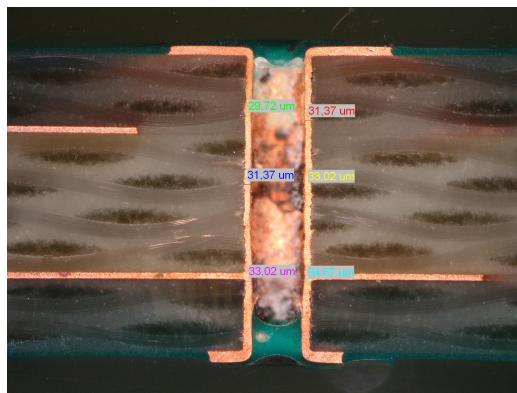


FIGURA 1.2: Perfil de una vía correctamente galvanizada

Cuando este proceso no ocurre correctamente se originan distintas fallas, donde las más comunes son: vías sin galvanizar, vías obstruidas por exceso de cobre y

capa no uniforme de metal cobre en la vía con riesgo de no conductividad. En la Figura ?? se observan las distintos grosores de cobre en vias mal galvanizadas en función de su ubicación en el sustrato del PCB.

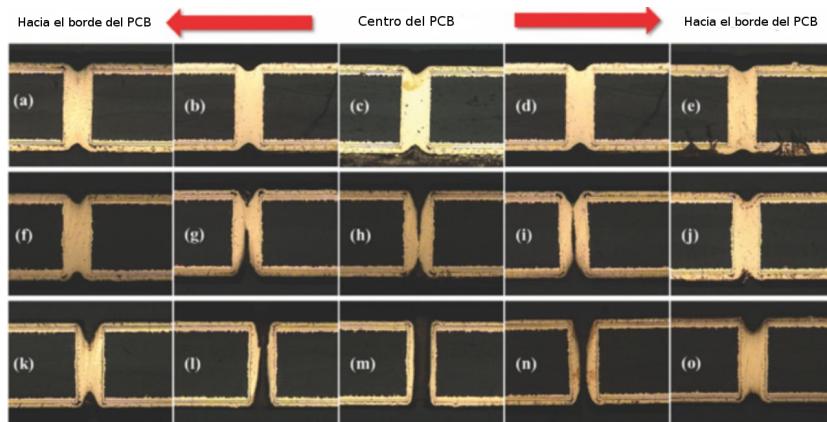


FIGURA 1.3: Perfil un conjunto de sustratos con vías mal galvanizadas

El proceso requiere una sucesión de baños por distintas soluciones químicas y enjuagues en agua, previas y después del proceso de electrolisis con cobre sobre el sustrato. En la Figura 1.4 se resumen los pasos de forma simplificada, en el proceso de PCB se utilizan mas de 10 etapas.

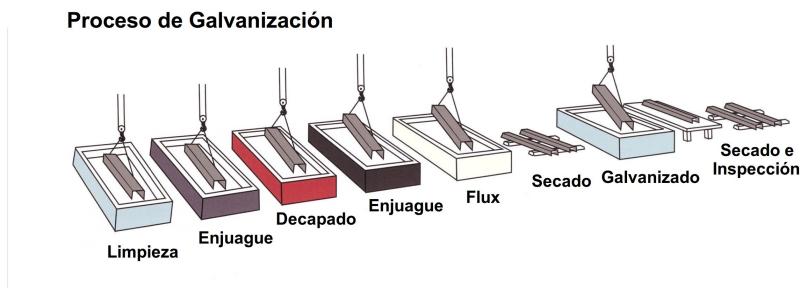


FIGURA 1.4: Diagrama simplificado de una linea de galvanizado

$\text{\LaTeX}$  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  $\text{\LaTeX}$  es en realidad un archivo de texto simple, llano que *no contiene formato*. Nosotros le decimos a  $\text{\LaTeX}$  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  $\text{\LaTeX}$  es un lenguaje del tipo «mark-up», muy parecido a HTML.

## 1.2. Motivación y objetivo

A partir de la búsqueda de incrementar los niveles de calidad en producto final surgió la necesidad de agregar control y monitoreo a determinadas bateas criticas en el proceso de modo de asistir a los operarios de planta en tiempo real sobre

alguna anomalía en los parámetros antes de continuar con el proceso. En la Figura 1.5 se puede ver como es la linea de proceso actual.



FIGURA 1.5: Linea de galvanizada actual operada manualmente

Como segundo objetivo como el proceso actual es totalmente hecho a mano y se esta trabajando en modernizarla y cambiarla de lugar se busca que el mismo sistema pueda integrar a una linea de traslación de los PCBs automatizada, lo cual se logró con el conteo de tiempo de posicionamiento por etapa.

Finalmente a modo de control general y auditoría se necesitaba que el sistema registre los valores de las parámetros de medición en archivos .

Si usted es nuevo a L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, hay un muy buen libro electrónico - disponible gratuitamente en Internet como un archivo PDF - llamado, «A (not so short) Introduction to L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X». 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/>

### 1.3. Objetivo

El presente sistema embebido se focalizó en la confiabilidad, robustez y adaptabilidad con las interfaces eléctricas necesarias para que funcione en un ambiente industrial con los actuadores y sensores determinados por el cliente. Para tal fin se propuso que el mismo funcione sobre la plataforma eduCIAA en conjunto con una placa de interfaz hecha a medida, como un prototipo de prueba previo al desarrollo de un hardware propio.

#### 1.3.1. Alcance

El proyecto incluyó los siguientes puntos:

- Estudio preliminar de las arquitecturas adecuadas para la implementación del sistema principal y subsistemas.
- Diseño de alto nivel (arquitectura) del sistema.
- Diseño del sistema en lenguaje C para plataforma CIAA.
- Plan de pruebas unitarias y ensayos (testbenches) para cada subsistema.
- Plan de pruebas de integración y ensayos (testbenches) para agrupaciones de subsistemas.
- Plan de pruebas del sistema y ensayos (testbenches) para el sistema completo.
- Documentación del sistema y subsistemas que incluye:
  1. Descripción de entradas y salidas (frecuencias, tamaño y tipos de datos, señales de control, etc.)
  2. Descripción de parámetros del sistema.
  3. Requerimientos funcionales implementados trazables a los requerimientos del proyecto (matriz de trazabilidad).
  4. Hipótesis de diseño, justificación de la elección del diseño, estudios previos y marco teórico.
  5. Diagrama de arquitectura.
  6. Reporte de ensayos realizados.
  7. Referencias bibliográficas.
- Análisis y construcción del banco de pruebas.

El proyecto no incluyó:

- Estudio de los sensores y actuadores, se basará dicha información en los datos dados por el cliente.
- Análisis de mejor solución para implementación de sistema de reporte remoto de variables y registros históricos.
- Test del sistema en lugar de producción. La planta se encontraba en reestructuración y modernización.

## 1.4. Utilizando esta plantilla

Si usted está familiarizado con L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, 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 linamientos que se describen en la sección ?? en la página ??.

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

Si es nuevo en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X se recomienda que continúe leyendo el documento ya que contiene información básica para aprovechar el potencial de esta herramienta.

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<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X». 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.

#### 1.4.1. Acerca de esta plantilla

Esta plantilla L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X está basada originalmente en torno a un archivo de estilo L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 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, difícilmente 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 Embobios 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.



## Capítulo 2

# Introducción Específica

A fin de comprender las decisiones que se adoptaron al momento de definir la arquitectura del software, es necesario comprender el entorno del problema, los casos de uso y requerimientos del sistema.

### 2.1. Problemática

#### 2.1.1. Entorno del sistema

En la linea de galvanizado original los técnicos operaban en un ambiente altamente corrosivo por los vapores emanados de las soluciones, y con en el soporte de instrumental de medición muy básico para utilizar en algunos de las etapas en la linea. En las diferentes bateas de la linea de galvanizado se necesitaban controlar distintos combinación de los siguientes parámetros:

- Temperatura.
- Nivel de líquidos.
- Conductividad o concentración de iones.
- Corriente entregada (electrolisis).
- Inyección de aire.

Debido a que la linea cuenta con varias bateas distintas colocadas en forma consecutiva se planteo la necesidad de en primer lugar de que el sistema debía ser capaz de manejar, en función de parámetros específicos a cada etapa, el conjunto de estos parámetros como un solo núcleo de procesamiento con los sensores y actuadores colocados en una sola cuba de prueba. A su vez era necesario contar con la capacidad de manejar diversas señales de interruptores y actuadores de interacción con el operario. En función del éxito de este banco la expansión a futuro con módulos de entrada y salida a lo largo de la planta, se implementaría en otra etapa.

#### 2.1.2. Casos de Uso

Como primera instancia fue necesario conocer los casos de uso a los cuales vincularan al usuario y al sistema en función de la operación a ejecutar. Para ello se definieron tres casos globales:

1. Puesta en alta del dispositivo.
2. Operación en modo de funcionamiento 1.
3. Operación en modo de funcionamiento 2.

En la Figuras 2.2 y 2.1 se notan las interacciones entre los distintos submódulos del sistema en función de los casos de usos determinados por los operadores.

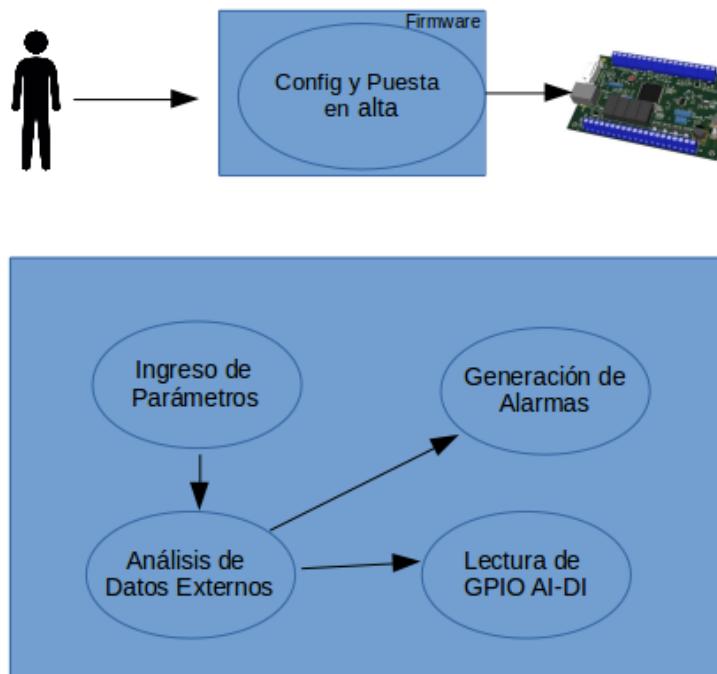


FIGURA 2.1: Diagrama UML de casos de uso Modo 1 y 2.

## 2.2. Requerimientos

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]”.

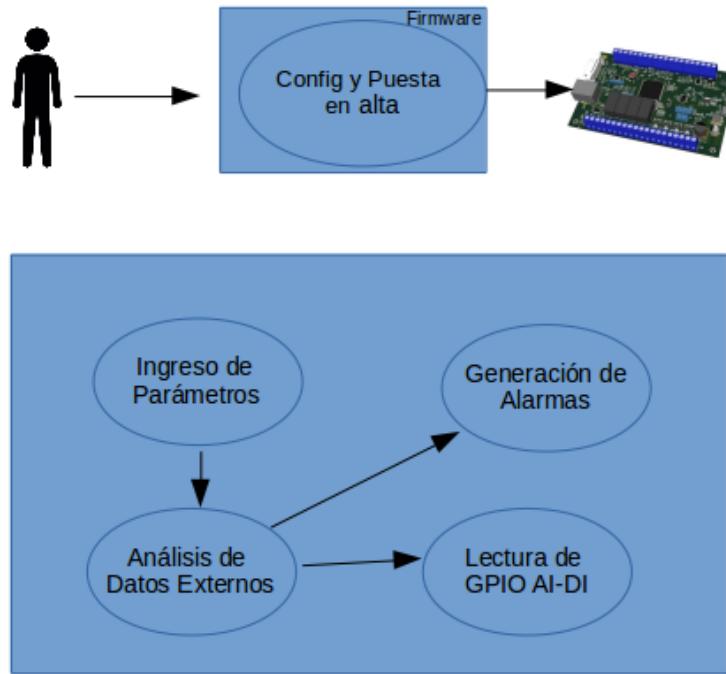


FIGURA 2.2: Diagrama UML caso de uso de puesta en alta.

## 2.3. Planificación

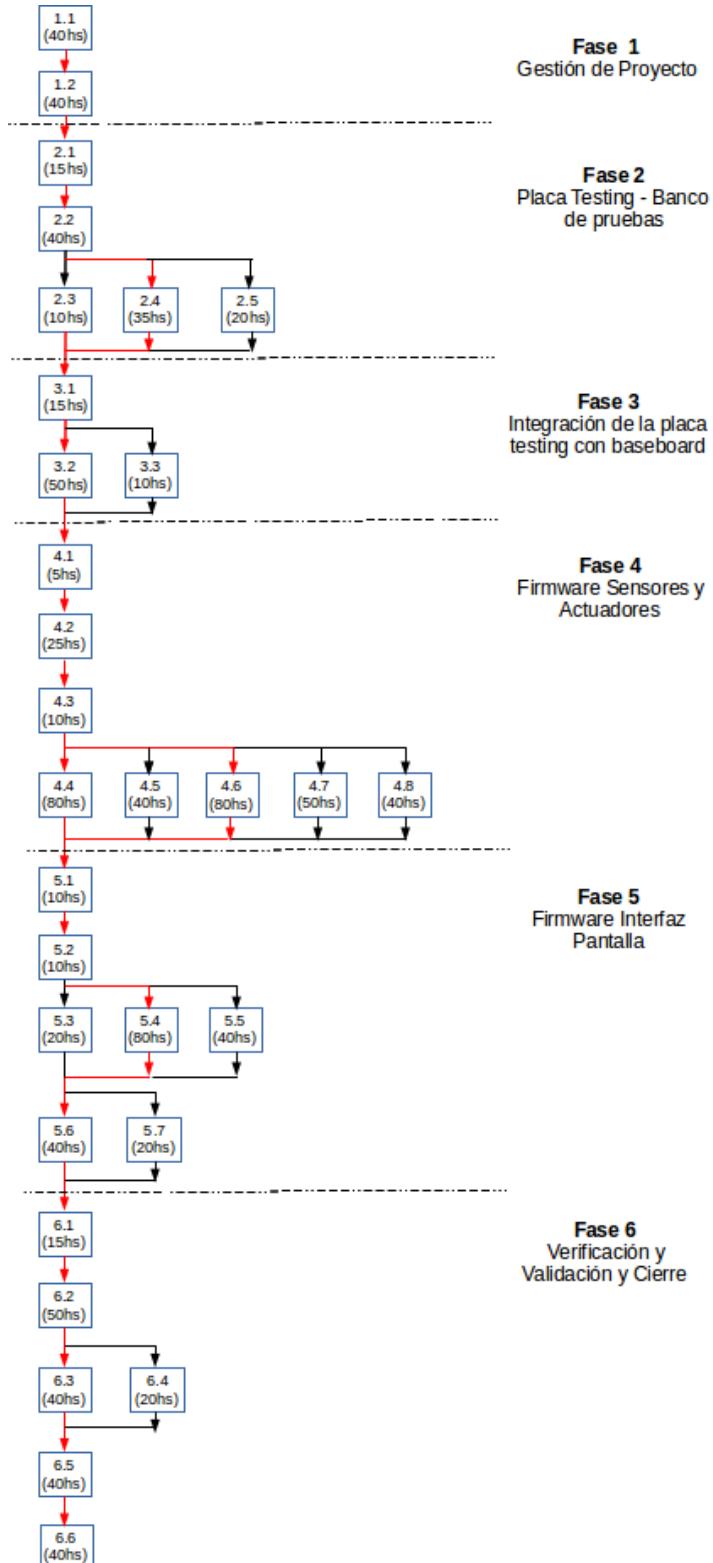
Con propósito de cumplir con las metas de tiempo planteadas, se realizó una planificación de tareas según los hitos más importantes y la interrelación según la dependencia de ejecución. En la Figura 2.3 se resumen el diagrama de tareas del proyecto. Además del diagrama se desarrolló una planificación temporal la cual se observa en el diagrama de Gantt (Colocar referencia) que se nota en la Figura 2.4.

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 ??.

### 2.3.1. Tablas

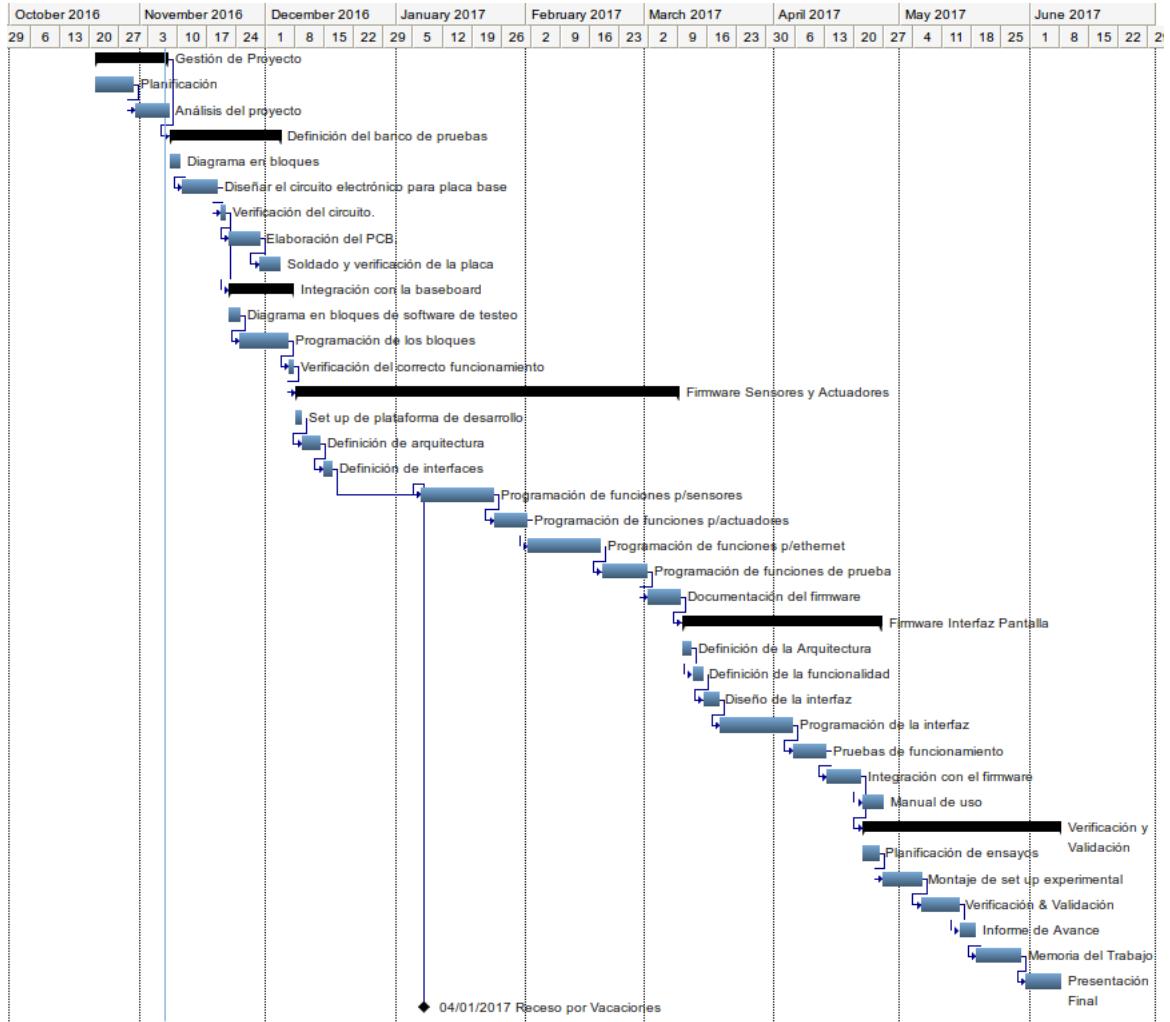
Para las tablas utilizar el mismo formato que para las figuras, sólo que el epígrafe se debe colocar arriba de la tabla, como se ilustra en la tabla 2.1. Observar que sólo algunas filas van con líneas visibles y notar el uso de las negritas para los encabezados. La referencia se logra utilizando el comando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

<sup>2</sup><https://goo.gl/images/i7C70w>

FIGURA 2.3: Diagrama de tareas del proyecto completo.<sup>1</sup>.

### 2.3.2. Ecuaciones

Al insertar ecuaciones en la memoria estas se deben numerar de la siguiente forma:

FIGURA 2.4: Diagrama de Gantt del proyecto completo.<sup>2</sup>.

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

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 espacioado 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.

Y para la ecuación 2.2:

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

```
\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 Hardware

El prototipo se implemento sobre una eduCIAA en conjunto con un hardware de adaptación de las interfaces. Para ello se utilizaron los proyectos de código abierto kicad<sup>1</sup> para los ponchos de la eduCIAA<sup>2</sup> para adaptar las entradas y salidas del conectores de expansión con los sensores y actuadores utilizados.

#### 3.1.1. Sensores y actuadores

##### Esquemáticos del prototipo final

Para la adaptación de las interfaces con termocuplas y termistores se necesitaron para el primer caso de un circuito integrado compensador de juntura debido a la alinealidad en la respuesta de ese tipo de sensores. Para ello se eligió el (MAX31855KASA+) como una solución simplificadora. También existen soluciones de amplificadores multietapas con compensaciones que resultaban mas económicos, tal como el que se puede observar en la Figura 3.1 que se adapto para la termocupla usada en el prototipo.

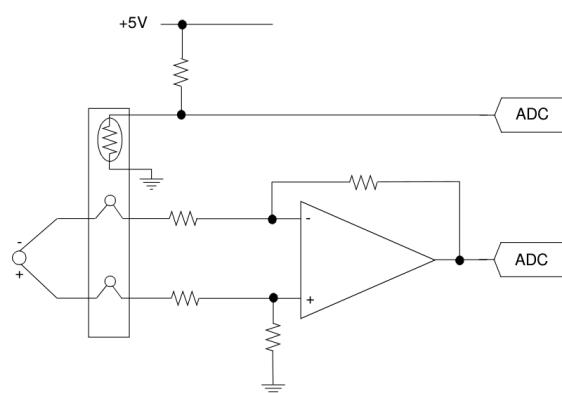


FIGURA 3.1: Circuito simplificado de amplificación y compensación de termocuplas.<sup>3</sup>.

<sup>1</sup><http://kicad-pcb.org/download/>

<sup>2</sup><https://github.com/brengi/Ponchos>

<sup>3</sup><http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00844a.pdf>

## Renders del prototipo

A continuación se muestran los renders de la placa de adaptación. En la Figuras 3.2 y 3.3 se ven las vistas del pcb prototipo propuesto a desarrollar para el sistema piloto.

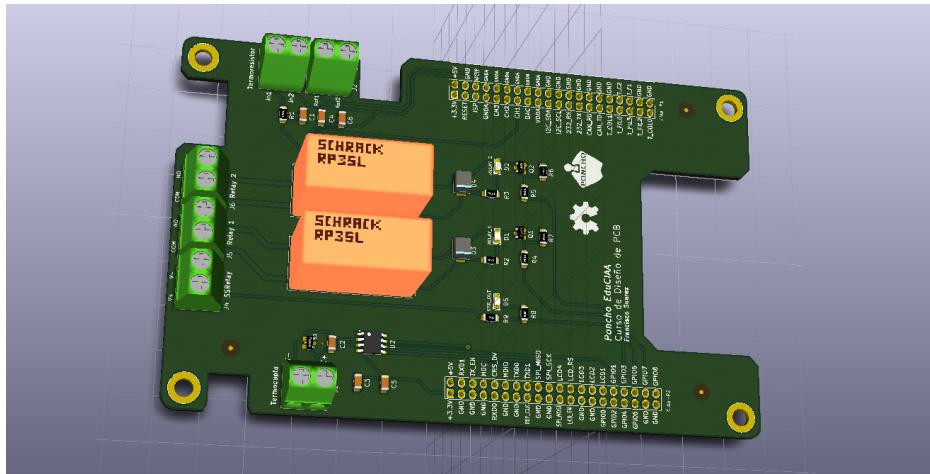


FIGURA 3.2: Render vista de arriba placa de interfaz.

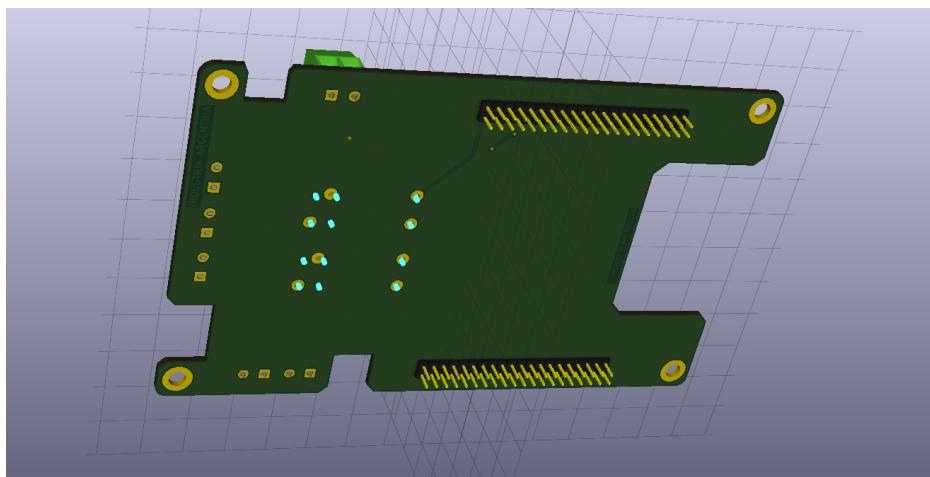


FIGURA 3.3: Render vista de abajo de placa de interfaz.

### **3.2. 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     initGlobalVariables();
12     period = 500 ms;
13
14     while(1) {
15         ticks = xTaskGetTickCount();
16         updateSensors();
17         updateAlarms();
18         controlActuators();
19         vTaskDelayUntil(&ticks, period);
20     }
21 }
22 }
```

ALGORITMO 3.1: Pseudocódigo del lazo principal de control.

### 3.2.1. Firmware, Diseño

### 3.2.2. Arquitectura del firmware

### 3.2.3. Capas de abstracción

### 3.2.4. Arquitectura del Software

Patrón de Arquitectura Capas:

1. Abstracción HAL.
2. Sistema operativo.
3. Aplicación.

Estas estructura permitió trabajar con mayor abstracción del hardware según la cual el problema se divide en partes y los esfuerzos se concentra en la capa de Aplicación que es la integra la lógica del sistema mientras que las demás administran los recursos del microprocesador. A continuación se ofrece una descripción mayor de cada una:

1. Se utiliza para lograr una abstracción del hardware. Se piensa a futuro poder migrar el software de plataforma según lo requiera la tecnificación del momento. En este caso se utiliza la librería LPC OPEN.

2. Se utiliza un sistema operativo de tiempo real a fin de hacer un mejor uso del procesador y los recursos disponibles para cada una de las tareas que la aplicación demande. En este caso se utiliza el FREE RTOS.
3. La aplicación se basa en el patrón Control Ambiental en donde el sistema incluye sensores que proporcionan información sobre el entorno y los actuadores que pueden cambiarlo. Este patrón se aplicara utilizando en distintos módulos o tareas funcionales sobre el sistema operativo.

Aplicación La capa esta compuesta por los siguientes módulos: a- Interfaz de usuario (ingreso de parámetros, uart, lcd, alarmas) b- Control de temperatura c- Monitoreo de nivel d- Monitoreo de conductividad e- Monitoreo de energía f- Control de tiempos

## 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.

### 5.2. Próximos pasos

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



## Apéndice A

### Casos de Uso

Referencias:

Ref 1- Disparadores: Evento comienza el caso de uso. Ref 2 - Flujo básico: Pasos del escenario, desde que es disparado hasta que alcanza su objetivo. Ref 3 - Flujo alternativo: Pasos alternativos al flujo básico. Ref 4- Pre-Condiciones: Condiciones que deben estar presentes para que se pueda iniciar el caso de uso. Ref 5- Pos-Condiciones: Condiciones que deben estar presentes para que se pueda finalizar el caso de uso. Ref 6- Modo 1: Medición de conductividad, nivel y control de temperatura. Ref 7- Modo 2: Medición de corriente, tensión, nivel y control de temperatura.

Título	Descripción
1. Nombre	Puesta en alta del dispositivo.
1.1. Descripción	Secuencia de instalación de dispositivo en las cubas de control.
1.2. Actor principal	Técnico instalador.
1.3. Disparadores	Alimentación de la unidad.
2. Flujo de eventos	
2.1. Flujo básico	<p>2.1.1. El sistema inicia el ciclo de encendido y se prepara para evaluar los rangos de las entradas de una por vez. 2.1.4 Censa que los de los termostatos sean los correctos. (a definir)</p> <p>2.1.2. Para cada uno emite una señal a definir en caso de ser correcto y otra en caso de ser incorrecto.</p> <p>2.1.3. Censa que los valores de corriente sobre los lazos de control de conductividad sean los correctos, según el máximo y el mínimo admisible.(a definir)</p> <p>2.1.4. Censa que los valores de los termostatos sean los correctos. (a definir)</p> <p>2.1.5. Censa los valores de las entrada de nivel, que deben estar dentro de los establecidos según RINB242?</p>
2.2. Flujo alternativo	2.1.6. Si alguno de los sensores no esta dentro de los valores se bloquea el proceso hasta que se seleccione ignorar o se normalice el parámetro.
3. Requerimientos especiales	Botón de encendido liberado. Selector de modo de funcionamiento en posición.
4. Pre Condiciones	Interfaces de sensores conectados.
5. Pos Condiciones	El dispositivo queda en modo espera a la señal de inicio de ciclo, midiendo según los requerimientos RFTEM112,121,131,153? y mostrándolos por uart los valores de cada uno.

TABLA A.1: Descripción caso de uso puesta en alta

Título	Descripción
1. Nombre	Puesta en funcionamiento en Modo 1
1.1 Breve descripción	Secuencia de control de un ciclo completo dentro de la cuba controlada
1.2 Actor principal	Operario (Op)
1.3 Disparadores	Pulsación de botón inicio
2. Flujo de eventos	
2.1. Flujo básico	<p>2.1.1. El sistema detecta la presencia de las placas con el detector colocado en la cuba.</p> <p>2.1.2. El sistema inicia el conteo del tiempo preestablecido para esa etapa utilizando un indicador luminoso para indicar al Op.</p> <p>2.1.3. El sistema continua controlando los parámetros de temperatura y nivel durante todo el ciclo y transmitiendo los valores por uart.</p> <p>2.1.4. Completado el ciclo el sistema emite una señal al Op para que se disponga a retirar las placas de la cuba.</p>
2.2. Flujo alternativo	<p>2.2.1. El sistema no detecta la placa con los sensores de presencia y no inicia el conteo de tiempo.</p> <p>2.2.2. Si se colocan las placas o se anula la entrada del sensor el proceso vuelve a 2.1.2 del flujo básico.</p>
2.3. Flujo alternativo	<p>2.3.1. El Op retira las placas de la cuba antes de completado el tiempo reglamentario. El sistema emite una señal de alarma para que se restablezca la placa durante 15 segundos.</p> <p>2.3.2. Si se restablece la placa antes de cumplirse los 15 segundos se retorna al paso normal en el que se encontraba. Sino vuelve el contador de tiempo a cero y deja un indicador de alarma encendido hasta que se lo anule manualmente y vuelve al punto 2.1.5 del flujo básico.</p>
2.4. Flujo alternativo	<p>2.4.1. El sistema detecta que la temperatura o el nivel fuera de valor nominal por mas de 5 minutos emite una alarma y continua el proceso normal hasta 2.1.5.</p> <p>2.4.2. Finalizado el tiempo no permite iniciar un nuevo ciclo hasta que las parámetros de control vuelvan a sus valores nominales.</p>
3. Requerimientos especiales	El sistema debe estar configurado en el Modo 1.
4. Pre condiciones	Sistema energizado e inicializado.
5. Pos condiciones	Queda en modo espera controlando los parámetros según los requerimientos RFTEM112,121,131,153?

TABLA A.2: Descripción caso de uso en Modo 1

Título	Descripción
1. Nombre	Puesta en funcionamiento en Modo 2.
1.1 Breve descripción	Secuencia de control de un ciclo completo dentro de la cuba controlada.
1.2 Actor principal	Operario (Op)
1.3 Disparadores	Pulsación de botón inicio.
2. Flujo de eventos	
2.1 Flujo básico	<p>2.1.1. El sistema detecta la presencia de las placas con el detector colocado en la cuba.</p> <p>2.1.2. El sistema detecta la umbral y comienza a integrar el valor hasta llegar al total necesario.</p> <p>2.1.4. Completado el ciclo el sistema emite una señal al Op para que se disponga a retirar las placas de la cuba.</p> <p>2.1.2. El sistema detecta la corriente umbral y comienza a integrar el valor hasta llegar al total necesario.</p> <p>2.1.3. El sistema inicia un indicador luminoso para indicar al Op que la etapa está en proceso.</p>
2.2. Flujo alternativo	2.2.1. El valor de temperatura se va de rango por más de 10 minutos, el sistema emite una alarma sin interrumpir el proceso.
2.3. Flujo alternativo	<p>2.3.1. Si se retiran las placas de la cuba antes de que el proceso finalice, o el valor de corriente cae debajo de un valor mínimo aceptable por más de 1 minuto se considera una situación anormal y se emite una alarma.</p> <p>2.3.2. Si no se restablece el parámetro por más de 30 segundos los contadores se vuelven a cero y se deja una alarma encendida, sino retorna al proceso al momento en que fue interrumpido.</p>
3. Requerimiento especial	El sistema debe estar configurado en el Modo 2.
4. Pre condiciones	Sistema energizado e inicializado.
5. Pos condiciones	Queda en modo espera controlando los parámetros según los requerimientos RFTEM112,121,131,153?

TABLA A.3: Descripción caso de uso en Modo 2

# Apéndice B

## Esquemáticos

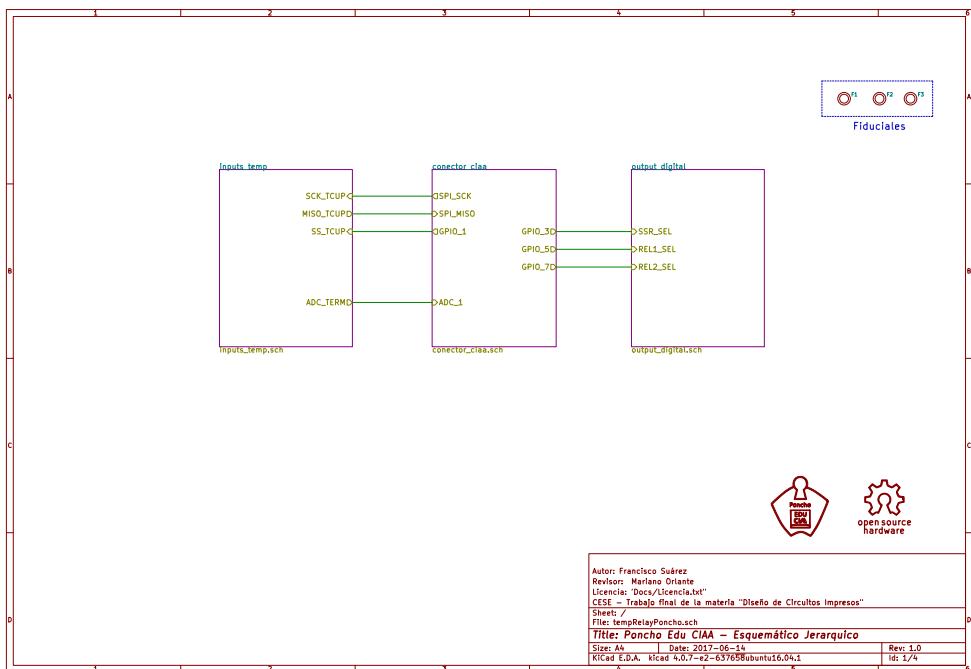


FIGURA B.1: Esquemático jerárquico del poncho EduCiaa.

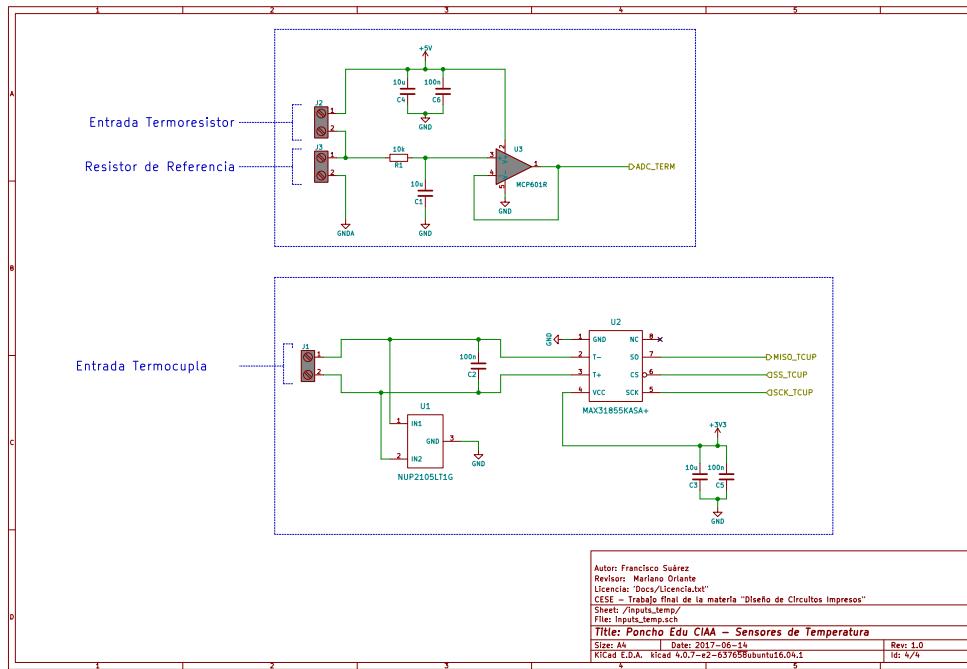


FIGURA B.2: Esquemático entradas de termocupla y termistor.

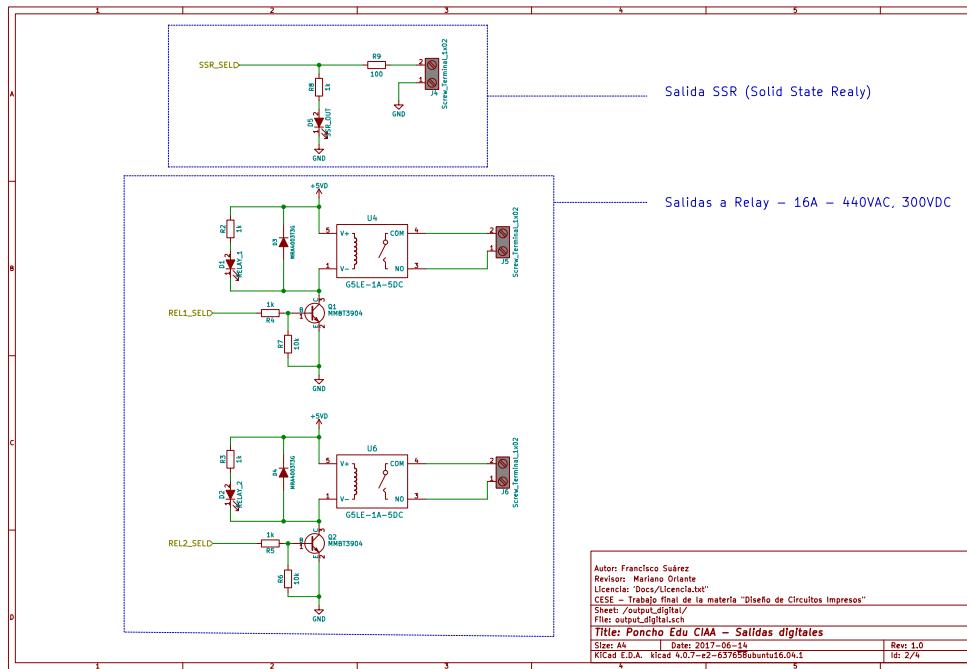


FIGURA B.3: Esquemático de salidas digitales con relays.

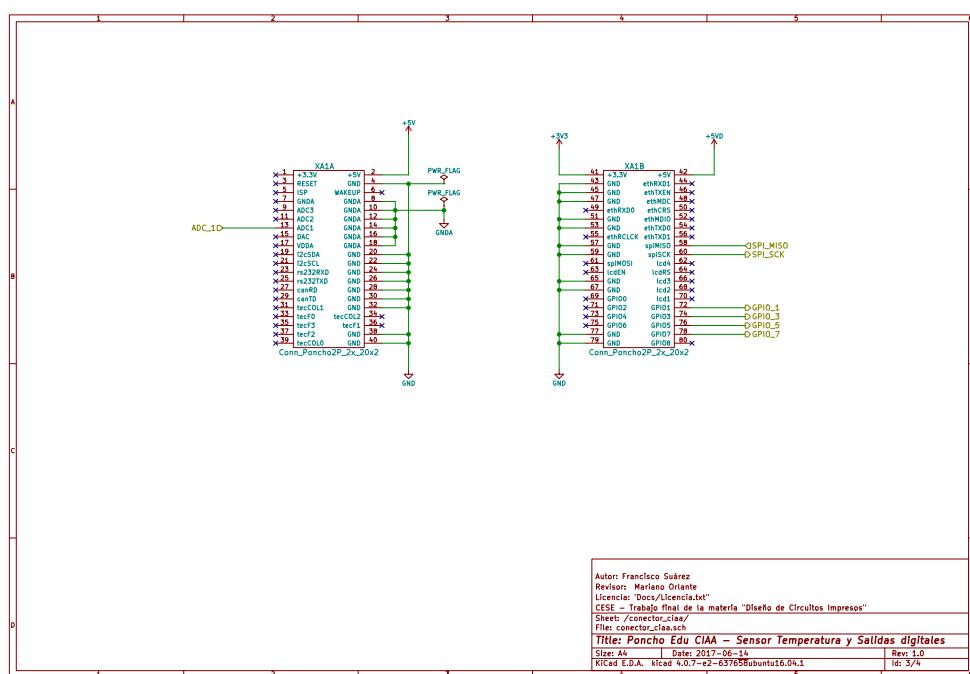


FIGURA B.4: Esquemático de conectores de expansión con la edu-CIAA.