



# Sistema de información visual para pasajeros: diseño y fabricación de controladores

Autor:

Ing. Carlos German Carreño Romano

Director:

Dr. Ing. Pablo Gomez (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos entre el 30 de abril de 2021 y el 18 de junio de 2021.*

## Índice

<b>1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .</b>	<b>5</b>
1.1 Objetivo . . . . .	5
1.2 Descripción detallada . . . . .	5
<b>2. Identificación y análisis de los interesados . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>3. Propósito del proyecto . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>4. Alcance del proyecto . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>5. Supuestos del proyecto. . . . .</b>	<b>8</b>
<b>6. Requerimientos . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>). . . . .</b>	<b>9</b>
7.1 UC-1 . . . . .	9
7.2 UC-2 . . . . .	9
7.3 UC-3 . . . . .	9
7.4 UC-4 . . . . .	9
<b>8. Entregables principales del proyecto . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>10. Diagrama de Activity On Node. . . . .</b>	<b>12</b>
<b>11. Diagrama de Gantt . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>13. Gestión de riesgos . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>14. Gestión de la calidad . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>15. Procesos de cierre . . . . .</b>	<b>17</b>

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	30 de abril de 2021

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 30 de abril de 2021

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ing. Carlos German Carreño Romano que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Sistema de información visual para pasajeros: diseño y fabricación de controladores”, consistirá esencialmente en el diseño y fabricación de un prototipo para el control de información visual para pasajeros, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$XXX de materiales, con fecha de inicio 30 de abril de 2021 y fecha de presentación pública 15 de mayo de 2022.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Trenes Argentinos Operaciones, Operadora Ferroviaria S.E. (SOF)  
Empresa del cliente

Dr. Ing. Pablo Gomez  
Director del Trabajo Final

## 1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

### 1.1. Objetivo

El objetivo de este trabajo es desarrollar y fabricar controladores para el sistema de información visual de pasajeros (PIDS) de Trenes Argentinos (SOFSE). Este sistema se presenta al pasajero a través de carteles LED de salón que dan mensajes como la próxima estación, junto con los carteles de frente y contrafrente del tren que indican el ramal destino, como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Coche cabecera con la marquesina frontal que indica el destino Tigre.

El potencial de este trabajo es fabricar placas de control que permitan al personal de trenes realizar reparaciones y sustituir importaciones, obteniendo como resultado un mejor servicio de cara al usuario y mayor independencia tecnológica.

El desafío principal del proyecto es la compatibilidad con la red de comunicación del tren (TCN) existente. Las placas de control deben poder generar información en carteles LED y a la vez interconectarse a la red TCN. La posibilidad de fabricar el equipamiento en la industria local es también un desafío central de este proyecto.

### 1.2. Descripción detallada

El sistema PIDS tiene la capacidad de presentar diversos mensajes de información al pasajero, como por ejemplo el nombre de la próxima estación, la temperatura actual, el tiempo estimado de arribo a destino, entre otros. Los mensajes se visualizan en carteles LED de 120 cm x 30 cm aproximadamente, usando matrices de punto LED de un solo color. La placa de control es compatible con manejadores de carteles LED comerciales, y también es compatible con la red eléctrica de 110 VDC del tren. El PIDS además cuenta con varios módulos adicionales, como son el sistema de sonido y el sistema de video entre otros. Cada módulo se compone de piezas de hardware específicas, distribuidas e interconectadas a lo largo del tren. En la figura 2 se presenta un diagrama de bloques del sistema PIDS. Se resalta en color los módulos de control incluidos en el alcance de este proyecto.

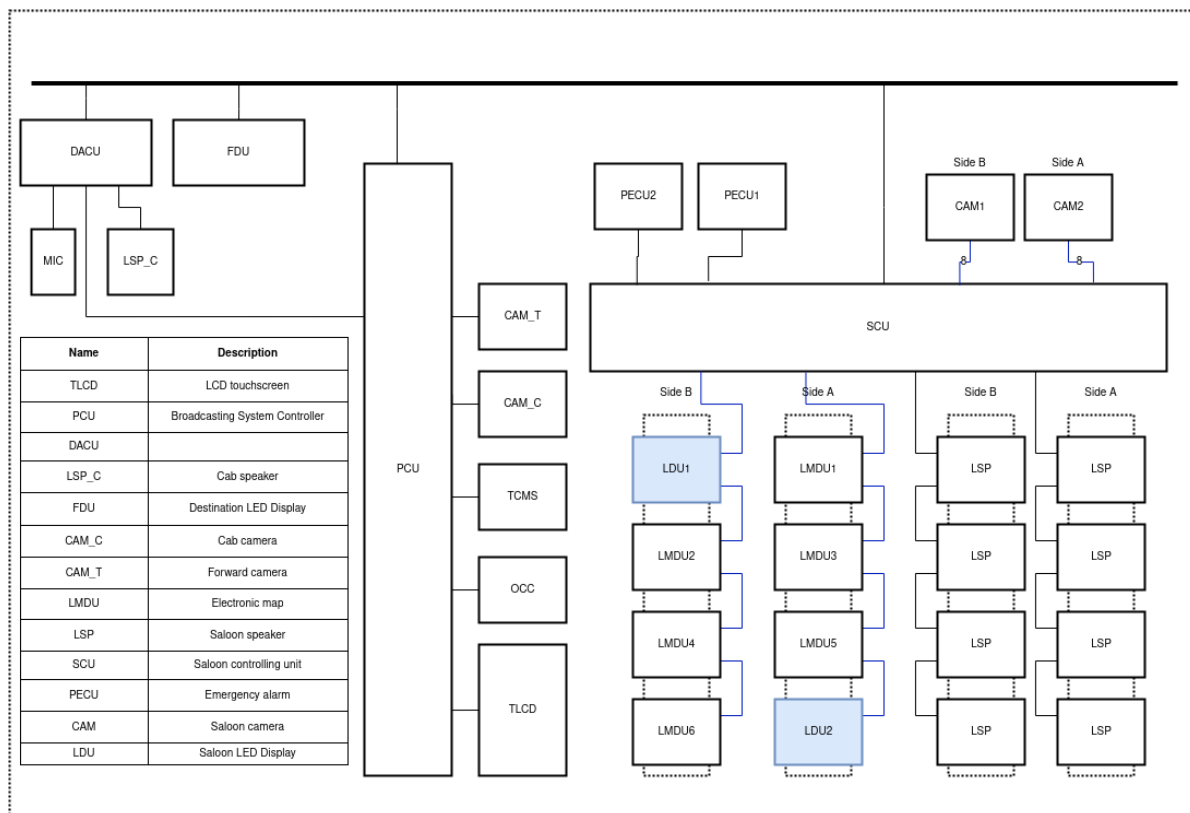


Figura 2

Este sistema también ofrece al personal técnico de SOFSE la capacidad de reemplazar placas existentes con alguna falla, configurar el nombre de distintos ramales usando el mismo hardware, y sirve de maqueta para capacitaciones.

Se propone en este trabajo diseñar y fabricar el controlador siguiendo las normas 50155 y 50126. La norma EN 50155 es la norma internacional que rige todos los equipos electrónicos de control, regulación, protección y suministro que se instalan en los vehículos ferroviarios. La norma EN 50126 define el ciclo de vida como: “estructura para la planificación, la gestión, el control y la supervisión de todos los aspectos de un sistema, incluido la fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad (RAMS), para entregar el producto adecuado al precio correcto dentro del plazo acordado.”

Este trabajo es continuación del trabajo final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos titulado Sistema de información visual para pasajeros, que se enmarca en un Proyecto de Desarrollo Estratégico (PDE), 'PDE.15.2020' de UBACyT titulado como “Sistema de monitoreo y gestión de la red TCN en formaciones ferroviarias”

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante			
Cliente	Ing. Sergio Dieleke	Trenes Argentinos Operaciones, Operadora Ferroviaria S.E. (SOFSE)	Jefe de área
Responsable	Ing. Carlos German Carreño Romano	FIUBA	Alumno
Orientador	Dr. Ing. Pablo Gomez	FIUBA	Director Trabajo final
Opositores	-	-	-
Usuario final	-	SOFSE y pasajeros	-

### 3. Propósito del proyecto

Este proyecto pretende dotar a las formaciones ferroviarias de un sistema de información visual al pasajero compatible con el equipamiento existente. Se espera desarrollar prototipos que puedan conectarse a la red TCN de las formaciones existentes, sirviendo como repuestos en caso de falla o pérdida del equipamiento existente. El desarrollo tecnológico permite la generación de conocimiento y de forma complementaria ayuda a evitar dependencia con fabricantes extranjeros de soluciones comerciales.

### 4. Alcance del proyecto

Los hitos principales de este proyecto consisten en:

- Manejar circuitos de carteles LED comerciales (TRL1)
- Investigar los protocolos de comunicación entre la red TCN y el PIDS (TRL2)
- Establecer circuitos compatibles con la red TCN y el PIDS existente (TRL3)
- Fabricar un prototipo de control compatible (TRL4)
- Realizar pruebas de campo en formaciones de SOFSE (TRL5)

Este proyecto no incluye en su alcance la fabricación en serie de los controladores diseñados.

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

1. No habrá dependencias directas con otros proyectos enmarcados en el mismo PDE.
2. No habrá dificultad ni excesivas demoras en la compra de los componentes electrónicos o de software necesarios.
3. Se contará con recursos y materiales necesarios para validar los test realizados.
4. Trenes Argentinos dará acceso a una formación ferroviaria con red TCN para realizar pruebas de campo.
5. El Sistema de Información al Pasajero se va a montar sobre el sistema PIDS existente de las formaciones ferroviarias en operación.
6. El Sistema de Información al Pasajero no se va a montar sobre redes TCN de tiempo real basadas en Ethernet (ETB/ECN).

## 6. Requerimientos

Requerimientos funcionales:

1. El sistema debe controlar arreglos de matrices LED de 8x8 (64 LED individuales).
2. El sistema debe presentar en el display información dinámicamente.
3. El sistema debe poder almacenar una cantidad de información para visualización.
4. El sistema debe permitir elegir entre distintos mensajes de visualización.
5. El sistema debe permitir cargar los mensajes a visualizar a través de una computadora.
6. El sistema debe poder reaccionar a un mensaje que es enviado para visualizar.

Requerimientos de integración con la red TCN:

1. Las placas de control deben ser compatibles con el sistema PIDS existente.
2. Las placas de control deben poder alimentarse con 110 VDC.
3. El bus de datos de entrada debe ser una interfaz RS-485.
4. El sistema debe interpretar las tramas del PIDS que corresponden a los módulos LDU.
5. El sistema debe manejar tramas en ciclos típicos de 16-20 ms.

Requerimientos de documentación:

1. Se debe generar un documento de casos de prueba.
2. Se debe generar una guía de usuario.
3. Se debe generar una presentación del sistema.
4. Se debe generar un informe final de proyecto.



## 7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

### 7.1. UC-1

Como usuario quiero visualizar el nombre de la estación arribada.

**Descripción:** El sistema genera un mensaje que contiene información para el pasajero y se lo presenta en una marquesina LED.

**Disparadores:** El evento se inicia cuando el tren arriba a una estación.

### 7.2. UC-2

Como usuario quiero elegir las cabeceras destino del recorrido del tren. **Descripción:** Se selecciona entre distintos trayectos de recorrido que se identifican por el nombre de las estaciones cabecera.

**Disparadores:** El evento se inicia cuando el conductor acciona manualmente el sistema.

### 7.3. UC-3

Como usuario quiero enviar información de asistencia a los pasajeros.

**Descripción:** Durante el recorrido se informa al pasajero distintos anuncios de interés general.

**Disparadores:** El evento se inicia periódicamente mientras el tren está en estado de circulación.

### 7.4. UC-4

Como componente del sistema quiero recibir tramas del bus de datos de la red TCN.

**Descripción:** Se reciben tramas del bus de datos de la red TCN y se almacenan en una cola para uso interno del software.

**Disparadores:** Se recibe una trama proveniente del bus SCU (RS485).

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Manual de uso
- Diagrama de circuitos esquemáticos
- Código fuente del firmware
- Placas de control (prototipos)
- Diagrama de instalación
- Informe final

## 9. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación (24 hs)
  - 1.1. definición de alcances (8 hs)
  - 1.2. definición de casos de uso y entregables (8 hs)
  - 1.3. contrato con el cliente (8 hs)
2. Investigación (110 hs)
  - 2.1. Estudio de factibilidad (10 hs)
  - 2.2. Detalle de alto nivel de la solución propuesta (20 hs)
  - 2.3. Análisis de protocolos de comunicación (40 hs)
  - 2.4. Análisis de compatibilidad eléctrica (40hs)
3. Fabricación (210 hs)
  - 3.1. Circuitos esquemáticos (80 hs)
  - 3.2. Adquisición de componentes (10 hs)
  - 3.3. Diseño de PCB (120 hs)
4. Desarrollo de firmware (140 hs)
  - 4.1. Interfaces RS-485 (40 hs)
  - 4.2. Interfaces de usuario (40 hs)
  - 4.3. Interfaces con carteles comerciales (40 hs)
  - 4.4. Documentación máquinas de estado (10 hs)
  - 4.5. Documentación sistema operativo de tiempo real (10 hs)
5. Pruebas (90 hs)
  - 5.1. Pruebas de alimentación eléctrica (20 hs)
  - 5.2. Pruebas de datos en interfaces RS-485 (20 hs)
  - 5.3. Pruebas de datos en interfaz con cartel LED (20 hs)

5.4. Pruebas de estrés sobre el firmware (30 hs)

6. Integración (80 hs)

6.1. Procedimiento para chequeo de cableado (10 hs)

6.2. Pruebas sobre testpoints en placa de control (10 hs)

6.3. Ensamble del sistema (40 hs)

6.4. Pruebas end to end (20 hs)

Cantidad total de horas: 654 hs

## 10. Diagrama de Activity On Node

### Estructura de tareas y diagrama de caminos críticos

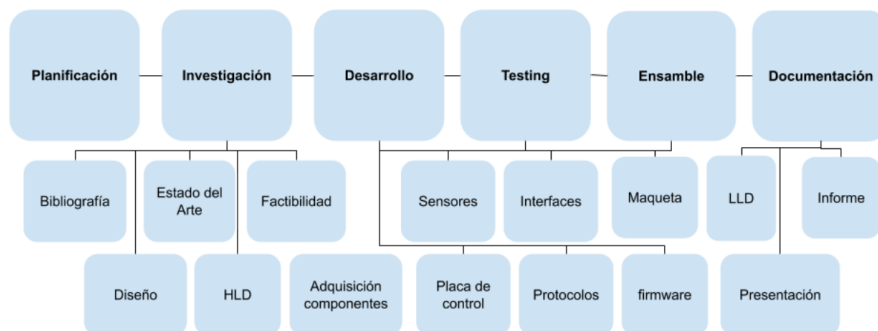


Figura 3. Diagrama en *Activity on Node*

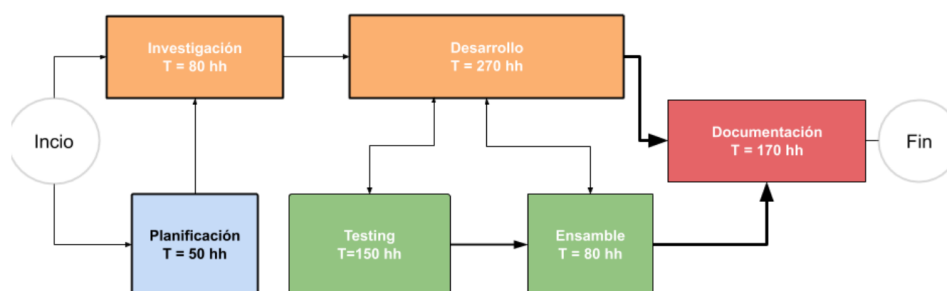


Figura 4. Diagrama en *Activity on Node*

## 11. Diagrama de Gantt

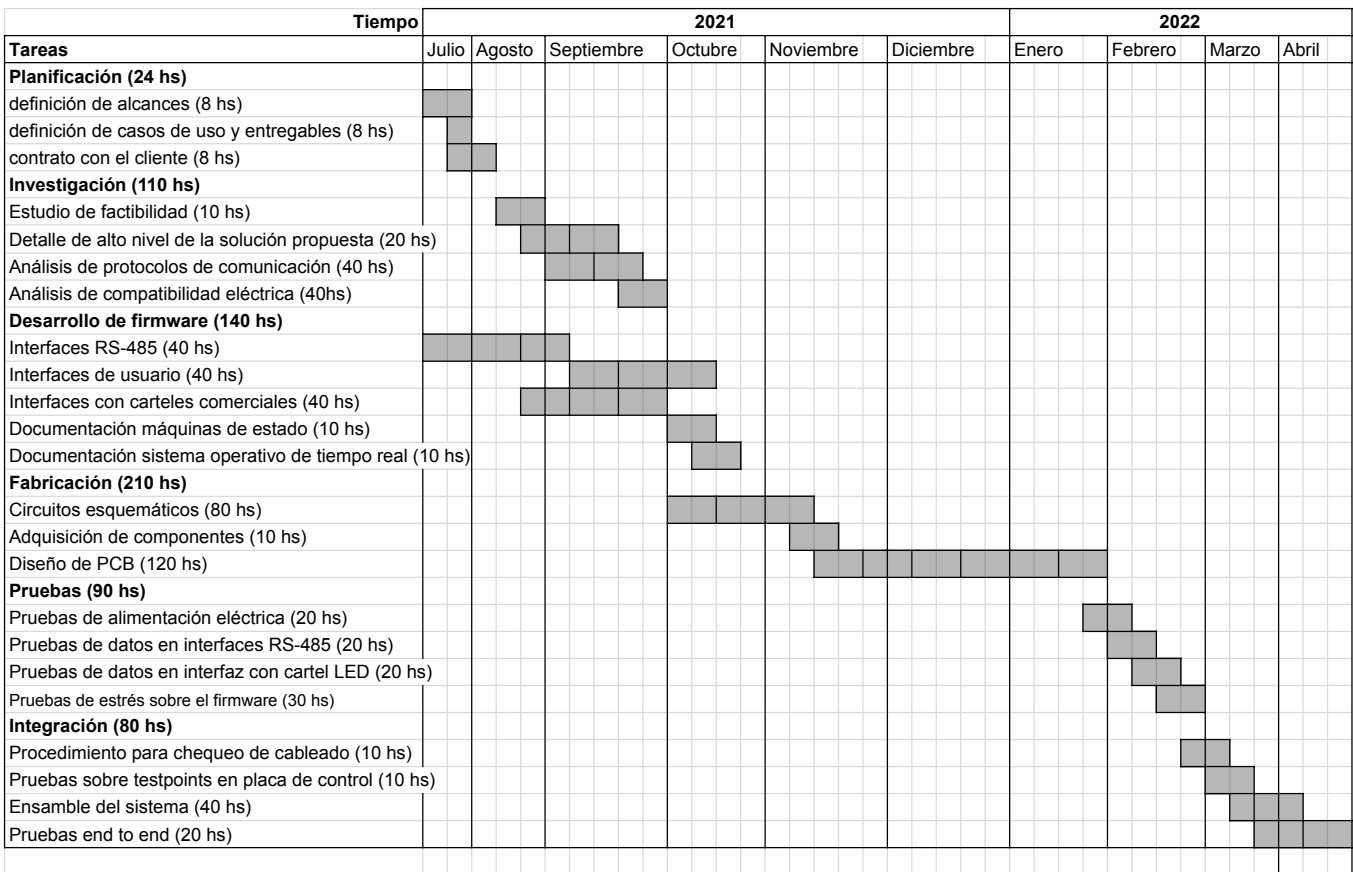


Figura 5. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

## 12. Presupuesto detallado del proyecto

En la siguiente tabla se detallan los costos asociados a los materiales para la fabricación del prototipo. No se considera en este apartado las horas de desarrollo.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Placa de desarrollo	2	AR\$ 10.400,00	AR\$ 20.800,00
Prototipado PCB	10		U\$S 600,00
Componentes electrónicos			AR\$ 40.000,00
SUBTOTAL*		AR\$ 177,800.00	
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Envíos internacionales			U\$S 180,00
SUBTOTAL*		AR\$ 35.100,00	
TOTAL*		AR\$ 212.900,00	

\* : Estimación con cotización dolar estadounidense en U\$S 1,00 = AR\$ 195,00.

## 13. Gestión de riesgos

**Riesgo 1:** Puede haber caracteres no estándar en los mensajes.

- Severidad(3): Los mensajes en el display pueden perder la claridad en algunas palabras.
- Ocurrencia(5): Si los diccionarios no machean puede ocurrir en un número finito de casos.

**Riesgo 2:** La tasa de refresco de las marquesinas LED puede acortar su vida útil.

- Severidad (5): La marquesina LED puede quedar averiada y su reemplazo frecuente puede reducir la calidad del sistema.
- Ocurrencia (2): La probabilidad de ocurrencia es baja ya que las marquesinas led tienen un mercado amplio y maduro.

**Riesgo 3:** La placa de control puede perder sincronismos y la pantalla led se cuelga.

- Severidad (2): Si sucede en tiempo de producción, se necesitará un reinicio del sistema y puede demorar hasta el final del recorrido o del día.
- Ocurrencia (5): Depende de la implementación del scheduler y de los ciclos de clock del sistema.

**Riesgo 4:** Una actualización de la información que debe administrar el sistema puede causar desbordes de memoria.

- Severidad (9): El sistema puede quedar fuera de funcionamiento.
- Ocurrencia (2): La ocurrencia es muy baja: los recorridos no cambian frecuentemente, pueden cambiar los mensajes por situaciones de emergencia.

**Riesgo 5:** El control para seleccionar mensajes puede dejar de responder.

- Severidad (8): Puede dejar al sistema fuera de su funcionamiento adecuado.
- Ocurrencia (7): Es muy probable porque los botones sufren desgaste.

**Riesgo 6:** Las interconexiones generan reflexiones eléctricas.

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

**Riesgo 7:** La corriente entregada al display LED no es suficiente para visualizar de forma clara.

- Severidad (9): Puede averiar eléctricamente las conexiones y en el peor caso deteriorar las interfaces.
- Ocurrencia (2): Para que ocurra debe haber desadaptación de impedancias. Si se respeta el estándar RS485 no debería ocurrir.

**Riesgo 8:** La corriente entregada al display LED es demasiada y quema los LED.

- Severidad (8): Deja el sistema parcialmente fuera de funcionamiento.
- Ocurrencia (5): La ocurrencia depende de la calidad del driver de corriente.

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como  $RPN = S \times O$ )

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Riesgo 1	3	5	15			
Riesgo 2	5	2	10			
Riesgo 3	2	5	10			
Riesgo 4	9	2	18			
Riesgo 5	8	7	56	2	2	4
Riesgo 6	9	2	19			
Riesgo 7	3	2	6			
Riesgo 8	8	5	40	2	1	2

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 25.

Nota: los valores marcados con (\*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:



**Riesgo 5:** El tiempo que tarda el sistema en reaccionar es mayor a 16 ms.

**Mitigación:** Se puede detectar con pruebas de estrés al sistema. Se puede mitigar duplicando los recursos de procesos de cómputo.  $S^*(2)$ : Se reduce la severidad porque el sistema puede responder en el tiempo requerido  $O^*(2)$ : La ocurrencia baja porque se duplican la velocidad del sistema.

**Riesgo 8:** La corriente entregada al display LED es demasiada y quema los LED.

**Mitigación:** Se puede detectar midiendo la corriente en pruebas de funcionamiento del display y del sistema. Se puede mitigar reduciendo la corriente que se entrega al display.

## 14. Gestión de la calidad

Requerimientos funcionales:

- Req #1: El sistema debe controlar arreglos de matrices LED de 8x8 (64 LED individuales)
  - se conecta un display LED comercial y se ejecuta una rutina de prueba.
  - se muestra el resultado de la ejecución al cliente sobre maqueta con un display LED comercial.
- Req #2: El sistema debe presentar en el display información dinámicamente.
  - se ejecuta una rutina que presenta información de forma dinámica.
  - se muestra el resultado de la ejecución al cliente sobre maqueta con un display LED comercial.
- Req #3: El sistema debe poder almacenar una cantidad de información para visualización
  - Verificación: se documentan los tamaños límites para almacenar mensajes, se carga uno de prueba a través de la computadora y se ejecuta.
  - Validación: se pide al cliente un mensaje de prueba y se ejecuta en el sistema.
- Req #4: El sistema debe permitir elegir entre distintos mensajes de visualización
  - Verificación : el sistema en funcionamiento tiene una entrada manual con pulsadores que permiten cambiar entre mensajes.
  - Validación : el cliente puede accionar los botones y ver el resultado esperado en el display LED.
- Req #5: El sistema debe permitir cargar los mensajes a visualizar a través de una computadora
  - Verificación : en documentación específica, se proporciona una interfaz al archivo para escribir o modificar un mensaje y cargarlo en el microcontrolador.
  - Validación : el cliente puede conectar su computadora y seguir el procedimiento proporcionado. Se valida con un video tutorial.

Requerimientos de integración con la red TCN:

- Req #1: Las placas de control deben ser compatibles con el sistema PIDS existente.
  - Verificación: se realizan pruebas de compatibilidad con las placas de control existentes.

- Validación: se instala un prototipo adaptado al control existente y se muestra respuesta al cliente.
- Req #2: Las placas de control deben poder alimentarse con 110 VDC.
  - Verificación: se verifican las tensiones de alimentación y funcionamiento según diagrama esquemático.
  - Validación: se prueba sobre una formación o maqueta la conexión eléctrica.
- Req #3: El bus de datos de entrada debe ser una interfaz RS-485.
  - Verificación: se verifica que las conexiones eléctricas sigan el estándar.
  - Validación: se verifica con tramas de datos la respuesta lógica del sistema.
- Req #4: El sistema debe interpretar las tramas del PIDS que corresponden a los módulos LDU.
  - Verificación: se verifica con los carteles LED el correcto funcionamiento del sistema.
  - Validación: se verifica con mensajes de próxima estación la correcta visualización.
- Req #5: El sistema debe manejar tramas en ciclos típicos de 16 ms
  - Verificación: se verifica con una rutina que envíe tramas en períodos de 16 ms.
  - Validación: pruebas de funcionamiento sobre el sistema conectado a la red del tren.

Requerimientos de documentación:

- Req #1: Se debe generar un documento de casos de prueba.
  - Verificación: en cada etapa del proyecto se debe controlar la redacción de los documentos técnicos de pruebas.
  - Validación: lectura y revisión de los documentos de prueba por parte de los colaboradores y el director.
- Req #2: Se debe generar una guía de usuario.
  - Verificación: se debe controlar la redacción del documento orientado al usuario.
  - Validación: lectura y revisión del documento por parte del cliente o los usuarios finales.
- Req #3: Se debe generar una presentación del sistema.
  - Verificación: Al finalizar el proyecto se debe generar la documentación para la presentación a la audiencia.
  - Validación: acordar con los jurados y el director una fecha de presentación pública.
- Req #4: Se debe generar un informe final de proyecto.
  - Verificación: durante el taller de escritura se debe controlar el correcto avance y redacción del documento final.
  - Validación: lectura y revisión del documento por parte del director y evaluadores.

## 15. Procesos de cierre

Al finalizar el proyecto se presentarán los resultados alcanzados de forma oral ante el director y los jurados. Se comunicará al equipo de trabajo de los resultados alcanzados y de perspectivas alcanzadas a través de reuniones.

Se analizará el grado de cumplimiento de la planificación original, los documentos que se generan durante el avance del proyecto y la redacción de la memoria. Responsable: Carlos Germán Carreño Romano.

Se identificará mediante documentación cuáles son pruebas relevantes para el testeo del sistema y si hubo pruebas ad-hoc suficientes o relevantes. Responsable: Carlos Germán Carreño Romano.

El acto de cierre estará a cargo del Dr. Ing. Ariel Lutenberg, en su calidad de Director de la Carrera de Especialización.