

Sistema de información visual para pasajeros

Autor

Ing. Carlos Germán Carreño Romano

Director del trabajo

Dr. Ing. Pablo Martín Gomez (FIUBA)

Jurado propuesto para el trabajo

- **Dr. Ing. Ariel Lutenberg (FIUBA, CONICET)**
- **Esp. Ing. Nombre Apellido (filiación)**
- **Esp. Ing. Nombre Apellido (filiación)**

Este plan de trabajo ha sido realizado en el marco de la asignatura Gestión de Proyectos entre Marzo y Abril de 2020

Tabla de contenido

Registros de cambios	3
Acta de Constitución del Proyecto	3
Descripción técnica-conceptual del Proyecto a realizar	5
Identificación y análisis de los interesados	9
1. Propósito del proyecto	9
2. Alcance del proyecto	10
3. Supuestos del proyecto	10
4. Requerimientos	11
5. Entregables principales del proyecto	11
6. Desglose del trabajo en tareas	12
7. Diagrama de Activity On Node	13
8. Diagrama de Gantt	14
9. Matriz de uso de recursos de materiales	17
10. Presupuesto detallado del proyecto	17
11. Matriz de asignación de responsabilidades	18
12. Gestión de riesgos	19
Riesgos asociados a la visualización en el display LED	19
Riesgos asociados a la integración con la red TCN	20
Riesgos de carácter general	20
13. Gestión de la calidad	23
14. Comunicación del proyecto	26
15. Gestión de Compras	26
16. Seguimiento y control	27
17. Procesos de cierre	28

Registros de cambios

Revisión	Detalle de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	26/3/2020
1.1	Correcciones y contenidos hasta Planificación de tareas	31/3/2020
1.2	Correcciones y contenidos hasta punto 11	01/04/2020
1.3	Correcciones y contenidos de Gestión de Riesgos	06/04/2020
1.4	Correcciones y contenidos de Gestión de Calidad	08/04/2020
1.5	Correcciones y contenidos hasta el final del documento	09/04/2020

Acta de Constitución del Proyecto

Buenos Aires, 30 de marzo de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Carlos Germán Carreño Romano que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Sistema de información visual para pasajeros”, y consistirá esencialmente en el prototipo de un sistema de visualización de información. El sistema consta de un display LED matricial, una placa controladora que se conectará a un bus MVB de un tren, el firmware y la documentación asociada. Tendrá un presupuesto preliminar estimado de \$64,440.00 en materiales y 640 horas de trabajo, con fecha de inicio miércoles 23 de Marzo de 2020 y fecha de presentación pública estimada en Diciembre de 2020.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg

Director de la CESE-FIUBA

Sergio Dieleke

Trenes Argentinos Operaciones

Nombre y Apellido

Director del Trabajo Final

Nombre y Apellido (1)

Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (2)

Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (3)

Jurado del Trabajo Final

Descripción técnica-conceptual del Proyecto a realizar

Este trabajo se enmarca en un Proyecto de Desarrollo Estratégico (PDE), 'PDE_15_2020' de UBACyT [1] titulado como SISTEMA DE MONITOREO Y GESTIÓN DE LA RED TCN EN FORMACIONES FERROVIARIAS. Las partes que se involucran y forman parte del equipo de trabajo en este proyecto son GICSAFe (Grupo de Investigación en Calidad y Seguridad de las Aplicaciones Ferroviarias) y la empresa SOFSE (Operadora Ferroviaria Sociedad del Estado) también conocida como Trenes Argentinos Operaciones. El proyecto está orientado a cubrir necesidades tecnológicas concretas del sistema ferroviario argentino. Este tipo de proyectos son instrumentos de promoción científico-tecnológica que revalorizan e incrementan el aporte de la Universidad al desarrollo socioproductivo.

El objetivo principal de este trabajo es diseñar e implementar un sistema de información visual para pasajeros a bordo del tren. El sistema de información visual para pasajeros existente tiene una parte manual y una automática. Cuando el conductor del tren toma cabina para brindar servicio, programa en una pantalla cuáles van a ser las estaciones cabecera. Los nombres de estas estaciones cabecera se visualizan en las marquesinas del frente y contrafrente del tren, como puede verse en la figura 1. Ésta es la parte manual.



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

En el interior de los coches también hay marquesinas led. En estas marquesinas se presentan mensajes a los pasajeros como el nombre de la próxima estación, o la estación arribada ("próxima estación Belgrano", "estás en estación Belgrano", por ejemplo). Ésta información se presenta automáticamente en base a variables de sistema que monitorean el detenimiento del tren, su velocidad y la apertura o cierre de puertas. Esta y otra información de monitoreo y

control viaja por una red de comunicación interna del tren que se denomina TCN (Train Communication Network) de acuerdo al estándar que la define [IEC-61375]. Este estándar define para la red TCN dos buses jerárquicos donde se conectan los subsistemas electrónicos: el WTB (Wire Train Bus) [3] y el MVB (Multi-Vehicle Bus) [4]. El primero es el bus de mayor jerarquía que se conecta entre vagones y que se usa para monitorear cambios topográficos del tren. El segundo se conectan los sensores y actuadores de cada coche como son los frenos, los controles de puertas, los monitores de velocidad, el sistema de información, etcétera.

El sistema propuesto pretende leer del bus MVB los mensajes de información al pasajero que viajan por la red TCN existente y presentarlos en un display LED. El sistema se compone principalmente de cuatro partes:

- un display LED
- una placa de control y comunicación
- cables de interconexión
- firmware asociado

El diagrama del prototipo se presenta en la figura 2. El display LED matricial representa la marquesina del tren. La placa de control se debe poder conectar al bus MVB de la red TCN como entrada y al display LED como salida.

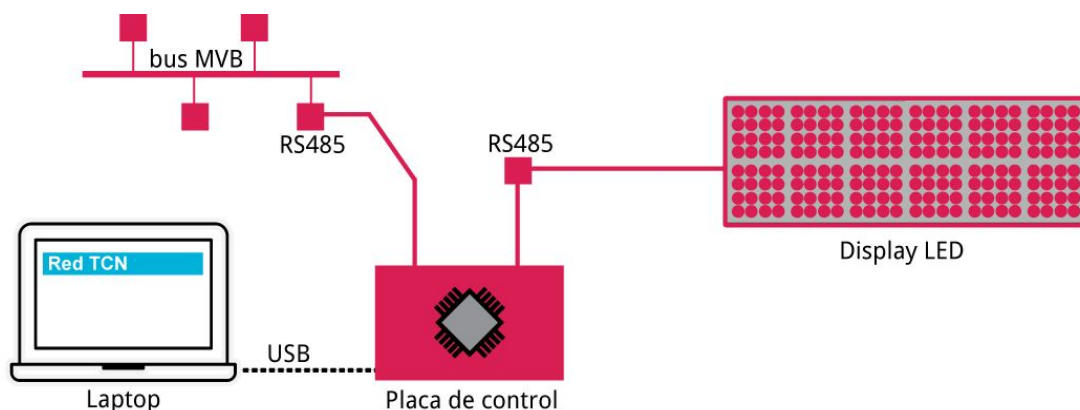


Fig. 2: Diagrama del Sistema de Información al Pasajero.

La placa de control estará basada en alguna de las plataformas desarrolladas por el CONICET-GICSAFe. La conexión entre el display y la placa así como de la placa con la red TCN deberá ser compatible con el estándar RS-485, definido como capa física en la red TCN. El firmware a desarrollar se cargará a la placa de control usando el puerto USB de una laptop. Este firmware será el responsable de leer los mensajes del sistema de información al pasajero y presentarlos en el display.

En la red TCN, el bus MVB se conecta al WTB a través de nodos master-slave. El sistema de información al pasajero se conecta a uno de los terminales del bus MVB como se indica en la figura 3.

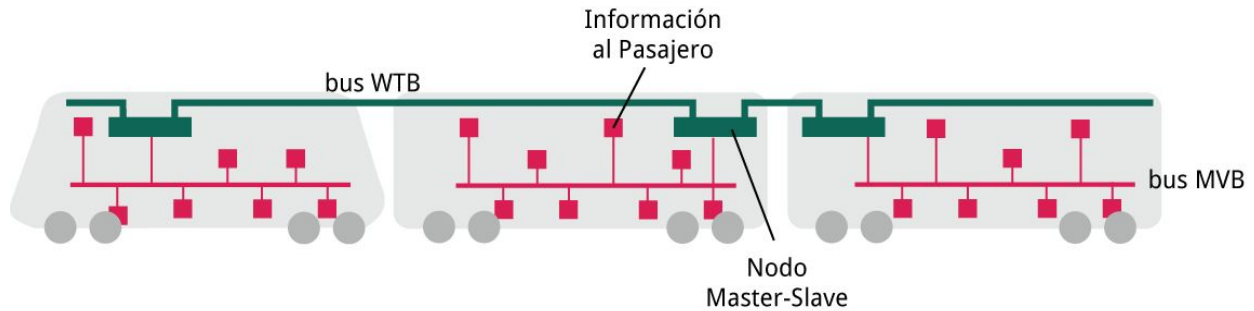


Fig. 3: Diagrama de los buses MVB y WTB de la red TCN de un tren.

Las necesidades que debe satisfacer este proyecto son:

- compatibilidad tecnológica: debe cumplir con los estándares asociados a la red TCN
- practicidad: debe ser de uso simple para el personal de Trenes Argentinos Operaciones

Este proyecto permitirá implementar las funciones de visualización del sistema de información al pasajero sin depender del equipamiento existente. El sistema existente es un equipamiento integrado y propietario, y este proyecto busca desacoplar algunas de las funciones, las que corresponden a la visualización de información, y presentarlas en un display LED genérico. Por otro lado, permitirá reponer los carteles que en la actualidad quedan fuera de servicio por fallas o pérdida del material original y no pueden ser reparados. De esta manera, el valor principal que aporta este proyecto es contribuir con la sustitución de repuestos faltantes por medio de desarrollo y reducir la dependencia tecnológica de la empresa con los fabricantes. Este proyecto tiene impacto directo en las formaciones ferroviarias existentes que brindan servicio al pasajero todos los días.

Objetivos propuestos

En el trabajo se propone explorar los datos del sistema de información al pasajero que viajan por la red TCN. Mediante la implementación de firmware sobre una placa de control se pretende interpretar estos datos de sistema y presentarlos en un display LED. Algunos aspectos a resolver incluyen:

- obtener datos del bus MVB asociados al sistema de información al pasajero
- controlar un display LED para presentar la información recibida del bus MVB

Para resolver estos aspectos se considera el desarrollo de firmware sobre un microcontrolador con arquitectura de 32 bits. Usando la metodología del SWEBOOK [6] se pretende garantizar calidad de software. Con este enfoque se pretende generar documentación sistemática, simple y de fácil lectura. La integración con la red TCN involucra el estudio de protocolos que usa la comunicación del bus MVB, que se vinculan con la materia de Protocolos de Comunicación del segundo bimestre. También existe la opción de usar sistemas operativos de tiempo real en la placa controladora para obtener los mensajes a visualizar. Estos puntos se vinculan con las materias del segundo y tercer bimestre de Sistemas Operativos de Tiempo Real. Las pruebas del sistema se diseñarán en conjunto con las piezas de código funcional y de test en cada etapa.

Referencias

- [1] PDE 2020: Sistema de monitoreo y gestión de la red TCN en formaciones ferroviarias, https://drive.google.com/open?id=1gABv_NGxrLL5w94XaqDNv7iu7PSz6bxR
- [2] IEC 61375-1: Electronic railway equipment – Train communication network (TCN)
- [3] IEC 61375-2-1:2012 Electronic railway equipment - Train communication network (TCN) - Part 2-1: Wire Train Bus (WTB)
- [4] Electronic railway equipment - Train communication network (TCN) - Part 3-1 : Multifunction Vehicle Bus (MVB) - Matériel électronique ferroviaire
- [5] MVB System User's Guide, Comments and Principles of MVB Engineering, duagon
- [6] SEBoK Editorial Board. 2019. *The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)*, v. 2.1, R.J. Cloutier (Editor in Chief). Hoboken, NJ: The Trustees of the Stevens Institute of Technology.
- [7] Project Management Institute. (2004). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Newtown Square, Pa: Project Management Institute.

Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Departamento	Puesto
Cliente	Sergio Dieleke	SOFSE	Subgerencia de Material Rodante Línea Mitre
Responsable	Carlos Germán Carreño Romano	-	Alumno CESE
Colaboradores	Gustavo Paredes, Diego Essaya	-	Alumnos CESE
Orientador y Director	Pablo Gomez	GICSAFe (CONICET)	Co-director CESE, Director PDE
Opositores	-	-	-
Usuario Final	-	SOFSE	-

El Director es el Dr. Ing. Pablo Gómez, titular del subsidio otorgado en el marco del PDE_15_2020 en cuestión. El equipo de colaboradores también desarrolla su trabajo de la Carrera de Especialización en el mismo marco. El trabajo de Gustavo Paredes se titula “Desarrollo de un sistema de monitoreo de redes TCN “ y el de Diego Essaya se titula “Nodo receptor / emisor para una red TCN“. Los trabajos que se desarrollan tienen puntos en común pero no generan dependencias, salvando de esta forma las dificultades que puedan surgir en cada uno.

1. 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.

2. Alcance del proyecto

En el presente proyecto se espera desarrollar un sistema que incluye:

1. una placa de control y comunicación
2. un display LED matricial
3. la interconexión entre el display y la placa de control
4. la capacidad de conexión con la red TCN
5. documentación específica del sistema

El presente proyecto no incluye:

1. la certificación del prototipo ante organismos regulatorios nacionales y/o internacionales

3. 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. Se cuenta con la disponibilidad horaria para realizar el proyecto en el plazo previsto.
5. Trenes Argentinos dará acceso a una formación ferroviaria con red TCN para realizar pruebas de campo
6. El PIDS existente se conecta al bus MVB en un extremo y al display LED en otro
7. El Sistema de Información al Pasajero se va a montar sobre la red TCN
8. El Sistema de Información al Pasajero no se va a montar sobre redes TCN de tiempo real basadas en Ethernet (ETB/ECN).

4. Requerimientos

Requerimientos funcionales:

- El sistema debe controlar arreglos de matrices LED de 8x8 (64 LED individuales)
- El sistema debe presentar en el display caracteres del estándar ASCII
- El sistema debe presentar en el display información dinámicamente
- El sistema debe poder almacenar una cantidad de información para visualización
- El sistema debe permitir elegir entre distintos mensajes de visualización
- El sistema debe permitir cargar los mensajes a visualizar a través de una computadora
- La interconexión con el display debe seguir el estándar RS-485

Requerimientos de integración con la red TCN

- El sistema debe poder leer las variables de proceso correspondientes al sistema de información visual alojadas dentro de un puerto de datos de proceso del bus MVB
- El sistema debe poder almacenar un puerto de datos de proceso
- El sistema debe poder reaccionar a un mensaje que es enviado para visualizar
- El sistema debe poder responder un mensaje de direccionamiento si es requerido
- La interconexión con el bus MVB debe seguir el estándar RS-485
- El sistema debe poder manejar interfaces con 1.5 Mbps de ancho de banda
- El sistema debe poder administrar un espacio de direcciones de 12 bits
- El sistema debe interpretar tramas de 2, 4, 8, 16 y 32 bytes de largo
- El sistema debe manejar tramas en ciclos típicos de 16 ms

Requerimientos de documentación:

- Se debe generar un documento de casos de prueba
- Se debe generar una guía de usuario
- Se debe generar una presentación del sistema
- Se debe generar un informe final de proyecto

5. Entregables principales del proyecto

1. Documentación de arquitectura y diseño de alto nivel (HLD)
2. Código fuente de firmware y documentación de bajo nivel (LLD)
3. Placa de control
4. Display LED
5. Cables de interconexión
6. Guía de usuario

6. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación (24 hs)
 - 1.1. Definición de alcances (8 hs)
 - 1.2. definición de entregables (8 hs)
2. Investigación (60 hs):
 - 2.1. Estado del Arte (10 hs)
 - 2.2. Estudio de Factibilidad (10 hs)
 - 2.3. Análisis (10 hs)
 - 2.4. Diseño (10 hs)
 - 2.5. Detalle de alto nivel (HLD) (10 hs)
 - 2.6. Adquisición de componentes (10 hs)
3. Desarrollo(240 hs):
 - 3.1. Display LED (25 hs)
 - 3.2. lectura de información del sistema existente (30 hs)
 - 3.3. modelado (15 hs)
 - 3.4. Detalle de bajo nivel LLD (20 hs)
 - 3.5. interfaz RS485 (15 hs)
 - 3.6. bus MVB (25 hs)
 - 3.7. Placa de control (15 hs)
 - 3.8. Desarrollo de firmware (40 hs)
 - 3.9. diseño PCB (15 hs)
 - 3.10. Protocolos de Comunicación (20 hs)
 - 3.11. Scheduler (20 hs)
4. Integración y Testing (170 hs):
 - 4.1. pruebas de funcionamiento display LED (20 hs)
 - 4.2. pruebas de funcionamiento placa de control (20 hs)
 - 4.3. pruebas de chequeo del protocolo de comunicación (30 hs)
 - 4.4. Ensamble (40 hs)
 - 4.5. Montaje del sistema completo (20 hs)
 - 4.6. Pruebas end to end (20 hs)
 - 4.7. verificaciones (20 hs)
5. Documentación y cierre (150 hs):
 - 5.1. documentación de requerimientos (10 hs)
 - 5.2. documentación de casos de uso (10 hs)
 - 5.3. documentación de pruebas de aceptación (10 hs)
 - 5.4. documentación de errores encontrados (10 hs)
 - 5.5. documentación de pruebas ad-hoc (10 hs)
 - 5.6. documentación del firmware (25 hs)
 - 5.7. redacción de memoria del proyecto (60 hs)
 - 5.8. presentaciones (15 hs)

Cantidad total de horas: 640 hs

En la figura 4 se presenta un diagrama con las tareas principales del proyecto siguiendo la referencia del WBS del PMBOK[7]

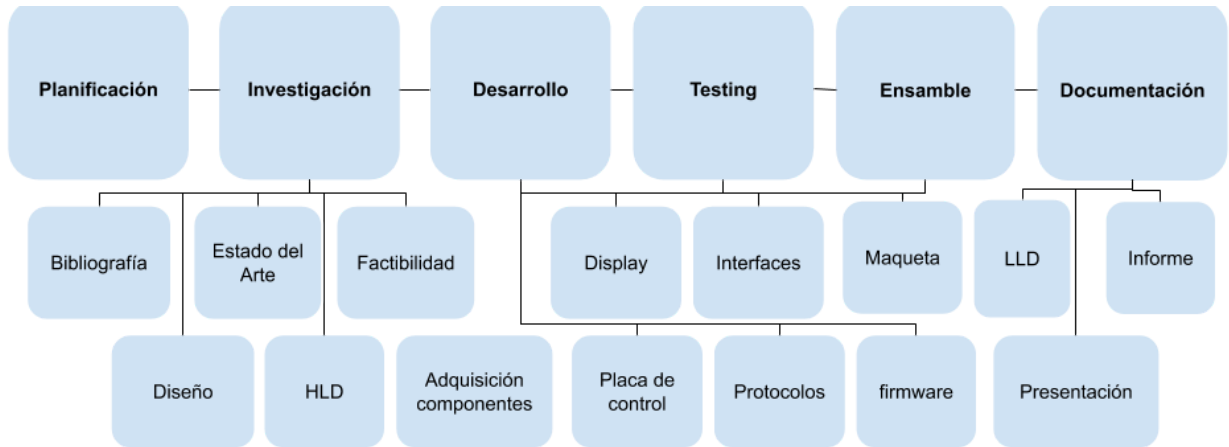


Fig. 4: Diagrama de tareas del proyecto

7. Diagrama de Activity On Node

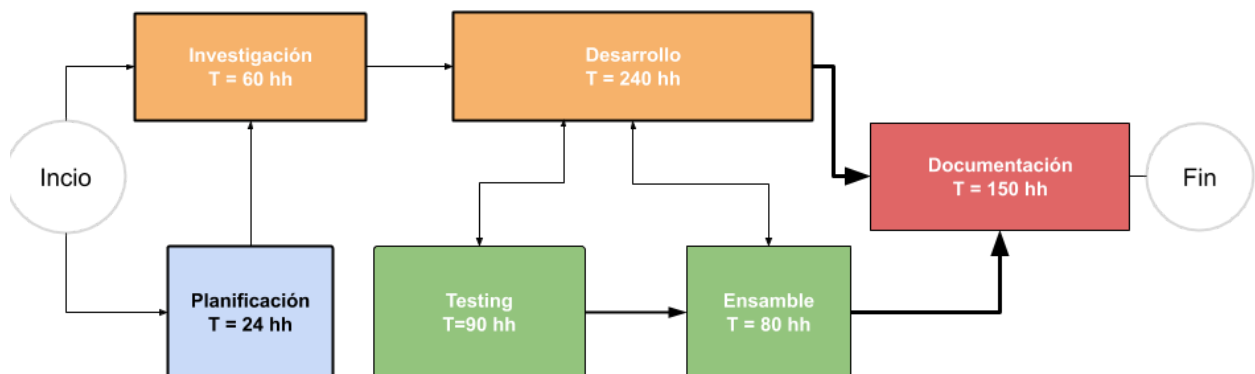


Fig. 5: Diagrama de activity on node con los tiempos en horas para el proyecto propuesto

8. Diagrama de Gantt

Se presenta el desglose de tareas con su fecha de inicio, fin y tarea de precedencia.

WBS	Tarea	Inicio	Fin	Precedencia
1	Planificación	16/3/2020	16/4/2020	-
1.1	Definición de alcances	16/3/2020	16/4/2020	-
1.2	Definición de entregables	16/3/2020	16/4/2020	-
1.3	Contrato con el cliente	25/3/2020	16/4/2020	-
2	Investigación	16/3/2020	24/6/2020	-
2.1	Estado del arte	16/3/2020	30/3/2020	-
2.2	Estudio de factibilidad	30/3/2020	16/4/2020	-
2.3	Análisis	06/04/2020	25/4/2020	-
2.4	Diseño	19/4/2020	13/6/2020	-
2.5	Detalle de alto nivel (HLD)	24/5/2020	20/6/2020	-
2.6	Adquisición de componentes	07/06/2020	20/6/2020	-
3	Desarrollo	10/5/2020	10/11/2020	1
3.1	Display LED	26/4/2020	6/6/2020	-
3.2	Lectura de información del sistema existente	3/5/2020	13/6/2020	-
3.3	Modelado	24/5/2020	4/7/2020	-
3.4	Detalle de bajo nivel (LLD)	5/7/2020	22/8/2020	-
3.5	Interfaz RS485	01/06/2020	18/7/2020	-
3.6	Bus MVB	14/6/2020	8/8/2020	-
3.7	Placa de control	26/7/2020	12/9/2020	-
3.8	Desarrollo de firmware	21/6/2020	20/9/2020	-
3.9	Diseño de PCB	23/8/2020	20/9/2020	-
3.1	Protocolos de comunicación	21/6/2020	23/8/2020	-
3.11	Scheduler	16/8/2020	12/9/2020	-
4	Integración y testing	27/9/2020	17/10/2020	2.5, 3.4, 3.8, 3.10, 3.11
4.1	Pruebas de funcionamiento display LED	23/8/2020	27/9/2020	3.1, 3.5
4.2	Pruebas de funcionamiento placa de control	27/9/2020	01/11/2020	3.7, 3.9

4.3	Pruebas de chequeo del protocolo	27/9/2020	01/11/2020	3.10, 3.11
4.4	Ensamble	18/10/2020	15/11/2020	4
4.5	Montaje completo del sistema	4/10/2020	5/11/2020	3.1, 3.6, 3.7, 3.11
4.6	Pruebas end to end	15/11/2020	06/12/2020	4, 4.4
4.7	Verificaciones	05/11/2020	20/11/2020	4.5
5	Documentación y cierre	01/11/2020	27/12/2020	-
5.1	Documentación de requerimientos	08/04/2020	26/4/2020	1.1
5.2	Documentación de casos de uso	16/4/2020	26/4/2020	1.2
5.3	Documentación de pruebas de aceptación	16/4/2020	26/4/2020	1.2, 1.3
5.4	Documentación de errores encontrados	01/11/2020	27/11/2020	-
5.5	Documentación de pruebas ad-hoc	08/11/2020	27/11/2020	-
5.6	Documentación de firmware	27/9/2020	29/11/2020	3.8
5.7	Redacción de memoria del proyecto	01/11/2020	13/12/2020	1.1, 1.2, 1.3, 2, 2.1, 2.2, 2.5, 3.4
5.8	Presentaciones	13/12/2020	27/12/2020	

En la figura 6 se presenta el Diagrama de Gantt que contiene la información presentada.

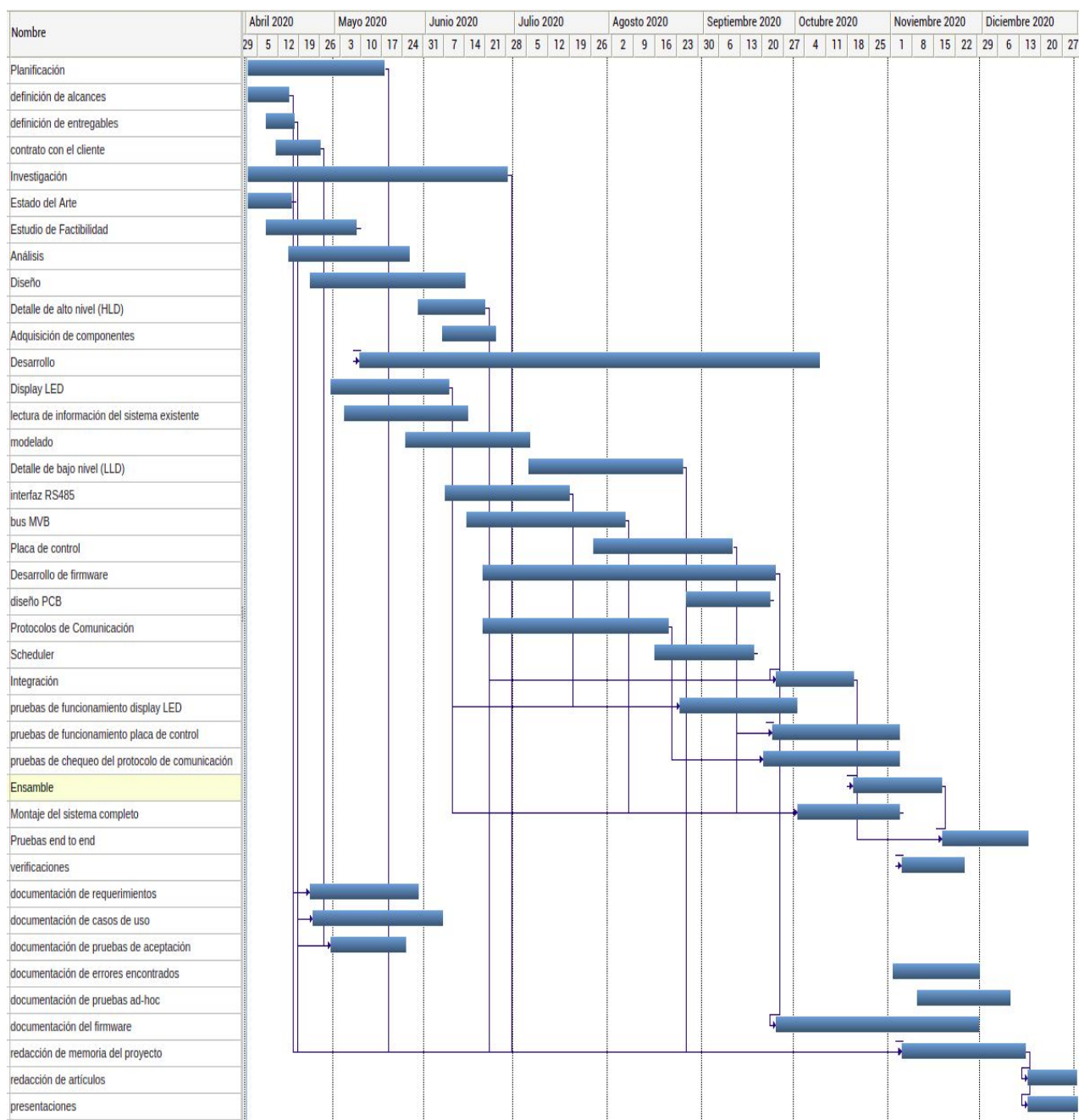


Fig. 6: Diagrama de Gantt para las actividades del proyecto.

9. Matriz de uso de recursos de materiales

Código WBS	Nombre de la tarea	Recursos requeridos (horas)				
		hh	Display	Placa	Drivers	Cables y conectores
1	Planificación	24				
2	Investigación	60	20		20	20
3	Desarrollo	250	20	20	20	
4	Pruebas	90	20	20	20	20
5	Ensamble	80		20	20	20
6	Documentación	150				

10. Presupuesto detallado del proyecto

Categoría	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Sub-total
Costos Directos	Horas	640	\$ 500.00	\$ 320,000.0
	EDU-CIAA	1	\$ 4,000	\$ 8,000.00
	Matrices LED	8	\$ 1,125.00	\$9,000.00
	cables	2	\$ 3,500.00	\$ 7,000.00
	conectores DB-9	8	\$280.00	\$2,240.00
	convertor R-485-RS232	4	\$800.00	\$3,200.00
	Cables RS232-USB	2	\$2,500.00	\$5,000.00
	PCB	2	\$7,500.00	15,000.00
Costos Indirectos	Gastos imprevistos	30% aprox. de los costos directos		\$15,000.00
Total =				384,440.00

11. Matriz de asignación de responsabilidades

Código WBS	Título de la tarea	Listar todos los nombres y apellidos y el rol definidos en el proyecto				
		Carlos Germán Carreño Romano Responsable	Sergio Dieleke Impulsor y Cliente	SOFSE Usuario final	Diego Essaya, Gustavo Paredes Colaboradores	Pablo Gomez Orientador/ Director
1	Planificación	P	C	C	I	A
2	Investigación	P	C	C	C	A
3	Desarrollo	P	-	-	C	A
4	Pruebas	P	I	I	C	A
5	Ensamble	P	-	I	-	A
6	Documentación	P	-	I	-	A

Referencias: P = Responsabilidad Primaria
S = Responsabilidad Secundaria
A = Aprobación
I = Informado
C = Consultado

12. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos y estimación de sus consecuencias:

Referencias:

R = Riesgo

S = Severidad

O = Probabilidad de Ocurencia

Riesgos asociados a la visualización en el display LED

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

S (3): Los mensajes en el display pueden perder la claridad en algunas palabras.

O (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.

S (5): La marquesina LED puede quedar averiada y su reemplazo frecuente puede reducir la calidad del sistema.

O (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.

S (2): Si sucede en tiempo de producción, se necesitará un reinicio del sistema y puede demorar hasta el final del recorrido o del día.

O (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.

S (9): El sistema puede quedar fuera de funcionamiento.

O (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.

S (8): Puede dejar al sistema fuera de su funcionamiento adecuado.

O (7): Es muy probable porque los botones sufren desgaste.

Riesgo 6: Las interconexiones generan reflexiones eléctricas.

S (9): Puede averiar eléctricamente las conexiones y en el peor caso deteriorar las interfaces.

O (2): Para que ocurra debe haber desadaptación de impedancias. Si se respeta el estándar RS485 no debería ocurrir.

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

S (3): Puede afectar la visibilidad de la información, pero el sistema continuar funcionando.

O (2): Puede ocurrir si hay algún driver de corriente con fallas.

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

S (8): Deja el sistema parcialmente fuera de funcionamiento.

O (5): La ocurrencia depende de la calidad del driver de corriente.

Riesgos asociados a la integración con la red TCN

Riesgo 9: Al momento de hacer ensayos no se tiene identificado cuáles son los mensajes que pertenecen al sistema de información visual en las tramas.

S (9): Puede dejar el sistema fuera de integración.

O (8): Es muy probable de ocurrir porque no se tiene experiencia previa.

Riesgo 10: El sistema recibe las variables de proceso pero no reacciona inmediatamente la visualización.

S (4): Si el tiempo es más largo de lo esperado y se alcanza la visualización, la severidad es baja.

O (6): Puede ocurrir en momentos de mucha transferencia de datos.

Riesgo 11: El sistema no logra entregar su direccionamiento cuando es requerido por la red TCN.

S (6): La red no asigna direccionamiento pero continuar enviando los mensajes sin visualización.

O (8): Puede ocurrir con mucha probabilidad hasta tanto haya experiencia suficiente ensamblando sistemas a la red TCN.

Riesgo 12: Los recursos del microcontrolador no son suficientes para satisfacer los requerimientos de ancho de banda y espacio de direcciones.

S (8): El sistema no va a funcionar como debe en una cantidad considerable de veces.

O (5): Depende de la carga de datos que viaje por el sistema en tiempo de producción.

Riesgo 13: El tiempo que tarda el sistema en reaccionar es mayor a 16 ms

S (5): La visualización se puede ver parcialmente afectada.

O (5): Si los recursos son adecuados, es poco probable de ocurrir. Si están al límite, puede suceder en algunos momentos.

Riesgos de carácter general

Riesgo 14: Las partes involucradas en el proyecto entran en conflicto y se pierden acuerdos para realizar mediciones sobre el material productivo.

S (9): La integración con la red TCN se ve afectada.

O (3): Las partes se mantienen comunicadas con frecuencia y velan por consensos, la ocurrencia es moderadamente baja.

Riesgo 15: Por razones de fuerza mayor, por ejemplo pandemia, se extiende una cuarentena por un tiempo mayor al alcance de este proyecto.

S (9): La integración con la red TCN se ve afectada.

O (7): Al momento de escribir este documento la situación es excepcional pero está dada.

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

R	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
R1	3	5	15			
R2	5	2	10			
R3	2	5	10			
R4	9	2	18			
R5	8	7	56	2	2	4
R6	9	2	19			
R7	3	2	6			
R8	8	5	40	2	1	2
R9	9	8	72	4	4	16
R10	4	6	24	1	1	1
R11	6	8	48	4	8	32
R12	8	5	40	2	2	4
R13	5	5	25	2	2	4
R14	9	3	27	4	2	8
R15	9	7	54	4	3	12

Criterio adoptado:

- Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 25
- 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 PRN máximo establecido:

- R5: 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.
- R8: 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.

S*(2): la severidad se reduce al mínimo porque se garantiza factibilidad eléctrica.

O*(1): la ocurrencia baja porque se garantizan aspectos de calidad eléctrica.

- R9: Al momento de hacer ensayos no se tiene identificado cuáles son los mensajes que pertenecen al sistema de información visual en las tramas.

Mitigación: Es detectable pero puede requerir de soporte oficial, expertos y mediciones. La mitigación que está al alcance es medir, avanzar en el análisis de tramas y generar simulaciones de tramas.

S*(4): la severidad disminuye porque se puede avanzar con el proyecto.

O*(4): la ocurrencia disminuye porque colabora al equipo de trabajo.

- R10: El sistema recibe las variables de proceso pero no reacciona inmediatamente para su visualización.

Mitigación: Se puede incluir un buffer como expensor de recursos del microcontrolador. Implica costos de materiales y de software adicional.

S*(1): la severidad se reduce porque se asegura la reacción del sistema

O*(1): la ocurrencia se reduce porque se garantizan los recursos.

- R11: El sistema no logra entregar un mensaje de direccionamiento cuando es requerido por la red TCN.

Mitigación: Es detectable pero puede requerir de soporte oficial, expertos y mediciones. La mitigación que está al alcance es medir, avanzar en el análisis de tramas y generar simulaciones de tramas.

S*(4): Con las pruebas basadas en simulación se puede continuar el desarrollo.

O*(8): La ocurrencia no cambia.

- R12: Los recursos del microcontrolador no son suficientes para satisfacer los requerimientos de ancho de banda y espacio de direcciones.

Mitigación: Se puede detectar en tiempo de diseño siendo minucioso con las especificaciones de recursos. Se puede ser cambiar la plataforma de desarrollo basada en un microcontrolador de mayores recursos. Implica costos de materiales.

S*(2): Con la mitigación se minimiza el riesgo y se garantiza la factibilidad del diseño.

O*(2): La ocurrencia baja porque se factibiliza en tiempo de diseño.

- R13: 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.

- R14: Las partes involucradas en el proyecto entran en conflicto y se pierden acuerdos para realizar mediciones sobre el material productivo.

Mitigación: acordar de forma temprana los alcances del proyecto tanto con el cliente como con el cuerpo evaluador del trabajo y velar por los consensos en el equipo de trabajo siempre que sea posible de manera activa.

S*(4): La severidad se reduce porque se asegura el desarrollo del proyecto.

O*(2): se reduce la ocurrencia con una gestión activa de la comunicación.

- **R15:** Por razones de fuerza mayor, por ejemplo pandemia, se extiende una cuarentena por un tiempo mayor al alcance de este proyecto y no se consiguen mediciones.
Mitigación: se elaborará un banco de tramas de simulación para poder continuar el desarrollo y se validará con el equipo de trabajo su contenido.
S*(4): Se reduce la severidad porque permite continuar el avance del proyecto.
O*(3): La ocurrencia no cambia porque depende de factores externos que están dados.

13. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

Requerimientos funcionales:

El sistema debe controlar arreglos de matrices LED de 8x8 (64 LED individuales)

- **Verificación:** se conecta un display LED comercial y se ejecuta una rutina de prueba.
- **Validación:** se muestra el resultado de la ejecución al cliente sobre maqueta con un display LED comercial.

El sistema debe presentar en el display caracteres del estándar ASCII

- **Verificación:** se ejecuta una rutina que presenta todos los caracteres del estándar.
- **Validación:** se muestra el resultado de la ejecución al cliente sobre maqueta con un display LED comercial.

El sistema debe presentar en el display información dinámicamente

- **Verificación:** se ejecuta una rutina que presenta información de forma dinámica.
- **Validación:** se muestra el resultado de la ejecución al cliente sobre maqueta con un display LED comercial.

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.

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.

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.

La interconexión con el display debe seguir el estándar RS-485

- **Verificación:** se analiza la interconexión existente y se utiliza una equivalente para el sistema.
- **Validación:** el cliente puede verificar que los puertos existentes se puedan conectar al sistema.

Requerimientos de integración con la red TCN

El sistema debe poder leer las variables de proceso correspondientes al sistema de información visual alojadas dentro de un puerto de datos de proceso del bus MVB.

- **Verificación:** se van a generar tramas estándar según la documentación del MVB y se probará sobre el sistema y se consultará a expertos.
- **Validación:** pruebas de funcionamiento sobre el sistema conectado a la red del tren.

El sistema debe poder almacenar un puerto de datos de proceso.

- **Verificación:** se diseñarán tramas de prueba siguiendo la documentación del bus MVB para ejecutar sobre el sistema y se consultará a expertos.
- **Validación:** pruebas de funcionamiento sobre el sistema conectado a la red del tren.

El sistema debe poder reaccionar a un mensaje que es enviado para visualizar.

- **Verificación:** con un pulsador se activa el envío de un mensaje al sistema para visualizar.
- **Validación:** pruebas de funcionamiento sobre el sistema conectado a la red del tren.

El sistema debe poder responder un mensaje de direccionamiento si es requerido.

- **Verificación:** se presentará en el display como prueba la dirección asignada al dispositivo.
- **Validación:** pruebas de funcionamiento sobre el sistema conectado a la red del tren.

La interconexión con el bus MVB debe seguir el estándar RS-485.

- **Verificación:** las interfaces eléctricas están en la documentación de la norma.
- **Validación:** el cliente puede verificar que los puertos existentes se puedan conectar al sistema.

El sistema debe poder manejar interfaces con 1.5 Mbps de ancho de banda.

- **Verificación:** se van a ejecutar pruebas con esta tasa de datos que contenga información a visualizar.
- **Validación:** pruebas de funcionamiento sobre el sistema conectado a la red del tren.

El sistema debe poder administrar un espacio de direcciones de 12 bits.

- **Verificación:** se van a ejecutar pruebas donde el sistema pueda almacenar una dirección de 12 bits.
- **Validación:** pruebas de funcionamiento sobre el sistema conectado a la red del tren.

El sistema debe interpretar tramas de 2, 4, 8, 16 y 32 bytes de largo.

- **Verificación:** con un banco de tramas estándar con el mismo contenido útil se ejecutarán pruebas para visualizar en el display.
- **Validación:** pruebas de funcionamiento sobre el sistema conectado a la red del tren.

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:

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.

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.

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.

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.

14. Comunicación del proyecto

El plan de comunicación del proyecto es el siguiente:

PLAN DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO					
¿Qué comunicar?	Audiencia	Propósito	Frecuencia	Método de comunicac.	Responsable
Planificación, Inicialización	Cliente, director	Alinear alcances, entregables y el inicio de actividades	Inicio del proyecto	email, mensajes instantáneos, informe	Carlos Germán Carreño Romano
Grado de avance	Colaboradores, director, cliente	Comunicar evolución del proyecto	Bimensual	email, informe	Carlos Germán Carreño Romano
Detalles técnicos	Equipo de trabajo, colaboradores, orientador	Disponibilizar consultas técnicas y sus respuestas	Quincenal	mensajes instantáneos, email, reuniones	Carlos Germán Carreño Romano
Informe final	Director, jurados, cliente	Presentación del proyecto	Cierre del proyecto	email, documento, presentación	Carlos Germán Carreño Romano

15. Gestión de Compras

1. Criterios de selección

Se cuenta con la mayoría de los recursos materiales necesarios para el desarrollo del proyecto que se detallaron en la sección 10 de este documento. Los materiales faltantes para el desarrollo del proyecto serán cubiertos por el responsable del proyecto siguiendo los criterios que se detallan:

- para la compra de matrices LED, los criterios a tener en cuenta son: menor costo y menor dependencia con drivers propietarios;
- para compra de cables, se buscará consensos con el cliente para trabajar con los mismos proveedores;
- para la compra de conectores, el criterio de compra es un compromiso entre: calidad mecánica y eléctrica de los conectores y su relación con el precio;
- para el resto de materiales, se comprarán directamente al distribuidor más conveniente en relación al costo y tiempo de entrega.

16. Seguimiento y control

Se detalla a continuación las tareas detalladas en la sección 6 que se consideran hitos del proyecto.

SEGUIMIENTO DE AVANCE						
WBS	Descripción del indicador de avance	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Responsable de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunicac.
1	Planificación					
	Grado de avance del documento de planificación	%	Al finalizar la tarea	Carlos Germán Carreño Romano	Pablo Gomez, Ariel Lutenberg	email, videollamada, reuniones semanales
2	Investigación					
2.2	Cantidad de consultas técnicas a los referentes	#	Quincenal	Carlos Germán Carreño Romano	Equipo de trabajo	email, reuniones semanales
2.5	Alcance de documentación de análisis y diseño HLD	%	Al finalizar la tarea	Carlos Germán Carreño Romano	Equipo de trabajo	email, reuniones semanales
3	Desarrollo					
3.1	Grado de avance sobre requerimientos de control de display LED	%	Quincenal	Carlos Germán Carreño Romano	Equipo de trabajo	email, reuniones semanales
3.2	Generación del banco de tramas del bus MVB existente	%	Al finalizar la tarea	Carlos Germán Carreño Romano	Equipo de trabajo	email, reuniones semanales
3.4	Alcance de documentación de diseño LLD	%	Al finalizar la tarea	Carlos Germán Carreño Romano	Equipo de trabajo	email, reuniones semanales
3.8	Alcance de documentos de los módulos que componen el firmware	%	Mensual	Carlos Germán Carreño Romano	Equipo de trabajo	email, reuniones semanales

4	Integración y Testing					
4.3	Porcentaje de avance de la documentación de pruebas unitarias	%	Al finalizar la etapa	Carlos Germán Carreño Romano	Equipo de trabajo	email, reuniones semanales
4.5	Porcentaje de avance del ensamble final del sistema	%	Al finalizar la etapa	Carlos Germán Carreño Romano	Equipo de trabajo	email, reuniones semanales
4.6	Porcentaje de avance en las verificaciones	%	Al finalizar la etapa	Carlos Germán Carreño Romano	Equipo de trabajo	email, reuniones semanales
5	Documentación y cierre					
5.7	Avance de la redacción de la memoria del proyecto	%	Al finalizar la etapa	Carlos Germán Carreño Romano	Pablo Gomez, Ariel Lutenberg	email, reuniones semanales
5.8	Avance de la redacción del documento de guía de usuario	%	Al finalizar la etapa	Carlos Germán Carreño Romano	Equipo de trabajo, cliente	email, reuniones semanales

17. 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.