

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES – ITBA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

**TÍTULO DEL TRABAJO**

**Subtítulo del trabajo (cuando corresponda)**

**AUTORES: Bualó, Santiago (Leg. Nº 57557)**

**Martorell, Ariel Antonio (Leg. Nº 56209)**

**Mestanza, Joaquín Matías (Leg. Nº 58288)**

**Regueira, Marcelo Daniel (Leg. Nº 58300)**

**DOCENTES TITULARES: Apellido/s, Nombre/s**

**Apellido/s, Nombre/s**

**Apellido/s, Nombre/**

**TRABAJO FINAL PRESENTADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**BUENOS AIRES**

**SEGUNDO CUATRIMESTRE, 2020**



Proyecto final de Ingeniería Electrónica

Sistema de conversión eléctrica de 24VDC a 12VDC para uso automotriz

**Autores:** Smith, John (456789)

Pérez, Juan (654321)

**Tutores:** Nemirovsky, Nicolás

Orchessi, Walter

Pingitore, Ricardo

Ugarte, Alejandro

**Fecha:** 29/09/2020

Versión 2.0

# Historial de Revisiones del Template

***Sólo para uso interno***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Fecha de revisión** | **Autor** | **Descripción** |
| 20/06/2020 | Nemirovsky | * Agregada tabla de revisiones * Agregado texto explicativo en factibilidad tecnológica explicando nomenclatura en diagramas modulares (módulo, dispositivo, etc; nomenclar los módulos para no llamarlo “módulo”) * Agregado texto explicativo sobre la necesidad de un análisis de confiabilidad general * Agregado requerir análisis de resultado de la planificación prevista (tiempos reales vs previstos y por qué) * Agregado texto explicativo o subsección en resultados que requiera BOM resumido y comparación con proyecciones de costos * Agregado en factibilidad legal: texto explicativo con instrucción de buscar normas referentes a la industria * Agregado: texto explicativo que incluya la diferenciación desde el inicio entre producto final y prototipo y en qué puntos del informe se trata cada uno * Agregado: reemplazar / separar bibliografía de referencias con texto explicativo de qué es cada uno (incluyendo la necesidad de citar) * Agregado texto explicativo sobre uso de nomencladores en interfaces de circuitos y la necesidad de un diagrama circuital de bloques cuando hay muchas figuras * Agregado comentario sobre trazabilidad para documentación o simulación con referencias internas * Agregad: carátula de biblioteca como alternativa * Agregado: gantt de ejemplo con la granularidad adecuada y explicación acorde. * Agregado: texto en plan de validación para separar validaciones de producto y de módulos (verificaciones). Separación de plan de validación en validación (H1) y verificación (H2) * Removida: numeración de ítems previa a la introducción * Removidas: especificaciones usualmente no aplicables a los diseños típicos en la cátedra (RAMS) * Removidos: requerimientos de infraestructura –queda sólo dispositivo- * Reordenado en factibilidad: elección de cada módulo luego del planteo de opciones y no al final * Corregido: uso de texto en formato justificado * Agregado: texto explicativo para factibilidad económica |

# Agradecimientos

OPCIONAL

Aquí deberá figurar cualquier agradecimiento que el/los autores consideren adecuado. Esto puede ser a colegas, amistades, familiares, parejas, docentes y personal del ITBA, profesionales externos, instituciones, sponsors o cualquier allegado que ustedes consideren que han colaborado de una manera u otra a alcanzar el éxito de su trabajo. Si bien los agradecimientos son opcionales, considerando las dimensiones del trabajo, es usual que estén presentes.

A nuestras familias, que nos enseñaron el valor del esfuerzo y la educación, y nos apoyaron en todo nuestro crecimiento.

A nuestros amigos, compañeros de vida.

Al Departamento de Electrónica, que fue nuestro segundo hogar durante todos los años de nuestra formación.

A Jorge, Gabriel y Nelson, por estar siempre con una sonrisa.

# Índice

## Contenidos

[Agradecimientos 5](#_Toc43575688)

[Índice 6](#_Toc43575689)

[Contenidos 6](#_Toc43575690)

[Lista de Figuras 8](#_Toc43575691)

[Lista de Tablas 8](#_Toc43575692)

[Acrónimos y Definiciones 10](#_Toc43575693)

[Resumen 12](#_Toc43575694)

[1. Introducción 13](#_Toc43575695)

[1.1. Antecedentes. 13](#_Toc43575696)

[1.2. Contexto del proyecto 13](#_Toc43575697)

[2. Objetivos 14](#_Toc43575698)

[2.1. Finalidad del Proyecto 14](#_Toc43575699)

[2.2. Planteamiento del Problema a Resolver 14](#_Toc43575700)

[2.3. Alcance 14](#_Toc43575701)

[3. Definición de Producto 15](#_Toc43575702)

[3.1. Requerimientos de Cliente 15](#_Toc43575703)

[3.1.1. Relevamiento de Datos 15](#_Toc43575704)

[3.1.2. Casa de Calidad 15](#_Toc43575705)

[3.1.3. Requerimientos finales para trazabilidad 15](#_Toc43575706)

[3.2. Diagrama Funcional de Interfaces 15](#_Toc43575707)

[3.3. Especificaciones de Diseño. 15](#_Toc43575708)

[3.3.1. Especificaciones Funcionales 15](#_Toc43575709)

[3.3.2. Especificaciones de Interfaz 16](#_Toc43575710)

[3.3.3. Especificaciones de Performance 17](#_Toc43575711)

[3.3.4. Especificaciones de Implementación 18](#_Toc43575712)

[3.3.5. Especificaciones de Servicio (*RAMS*) 20](#_Toc43575713)

[4. Plan de Validación 22](#_Toc43575714)

[4.1. Diseño de Bancos de Pruebas 22](#_Toc43575715)

[4.2. Especificaciones de Tests 22](#_Toc43575716)

[4.3. Diseño y Especificaciones de Simulaciones 22](#_Toc43575717)

[4.4. Matriz de Trazabilidad de Validación 22](#_Toc43575718)

[4.5. Plan de Verificación y Validación 23](#_Toc43575719)

[5. Análisis de Factibilidad 24](#_Toc43575720)

[5.1. Factibilidad tecnológica 24](#_Toc43575721)

[5.1.1. Esquema Modular 24](#_Toc43575722)

[5.1.2. Implementación de módulo <<X>> 24](#_Toc43575723)

[5.1.2.1. Alternativas de diseño 24](#_Toc43575724)

[5.1.2.2. Elección de una solución 24](#_Toc43575725)

[5.1.3. DFMEA 25](#_Toc43575726)

[5.2. Factibilidad de tiempos. 26](#_Toc43575727)

[5.2.1. Planificación (PERT y simulación de Montecarlo) 26](#_Toc43575728)

[5.2.2. Programación (Gantt) 26](#_Toc43575729)

[5.3. Factibilidad económica. (Mercado, costos, ciclo de vida, VAN, TIR) 26](#_Toc43575730)

[5.4. Factibilidad legal y responsabilidad civil (regulaciones y licencias) 26](#_Toc43575731)

[6. Ingeniería de detalle 27](#_Toc43575732)

[6.1. Hardware 27](#_Toc43575733)

[6.1.1. Diagrama de bloques (hardware). 27](#_Toc43575734)

[6.1.2. Descripción detallada de cada bloque 27](#_Toc43575735)

[6.1.3. Detalles de selección y cálculo de los elementos circuitales de cada bloque 27](#_Toc43575736)

[6.1.4. Plan de pruebas de cada modulo 27](#_Toc43575737)

[6.2. Software 27](#_Toc43575738)

[6.2.1. Diagrama de estados y flujogramas 27](#_Toc43575739)

[6.2.2. Análisis de complejidad 27](#_Toc43575740)

[6.2.3. Descripción de subrutinas 27](#_Toc43575741)

[6.2.4. Listados comentados del código 27](#_Toc43575742)

[6.2.5. Plan de prueba de módulos y de depuración de Software 27](#_Toc43575743)

[7. Construcción del prototipo 28](#_Toc43575744)

[7.1. Definición de los módulos 28](#_Toc43575745)

[7.2. Diseño de los circuitos impresos 28](#_Toc43575746)

[7.3. Diseño mecánico 28](#_Toc43575747)

[7.4. Detalles de construcción y precauciones especiales de montaje 28](#_Toc43575748)

[7.5. Bill of Materials (BOM) 28](#_Toc43575749)

[8. Validación del prototipo 29](#_Toc43575750)

[8.1. Estudios de confiabilidad de hardware y de software 29](#_Toc43575751)

[8.2. Resultados 29](#_Toc43575752)

[8.3. Evaluación 29](#_Toc43575753)

[8.3.1. Evaluación de resultados técnicos 29](#_Toc43575754)

[8.3.2. Evaluación de la planificación 29](#_Toc43575755)

[8.3.1. Evaluación de la factibilidad financiera 29](#_Toc43575756)

[9. Conclusiones 30](#_Toc43575757)

[10. Referencias (H1…4) 31](#_Toc43575758)

[10.1. LIBROS. (Autor. Título. Editorial. Fecha) 31](#_Toc43575759)

[10.2. REVISTAS. (Autor. Título. Nombre de la revista. Fecha-Volumen. Páginas) 31](#_Toc43575760)

[10.3. Notas de aplicación (incluir copia de las importantes) 31](#_Toc43575761)

[11. Anexos Técnicos 32](#_Toc43575762)

[11.1. Esquemáticos 32](#_Toc43575763)

[11.2. Planos de PCB 32](#_Toc43575764)

[11.3. Listado de Partes y Componentes (*BOM*) 32](#_Toc43575765)

[11.4. Códigos de Software 32](#_Toc43575766)

[11.5. Hojas de Datos de Componentes 32](#_Toc43575767)

[11.6. Hojas de Aplicación, etc. 32](#_Toc43575768)

[11.7. Otra Documentación Técnica 32](#_Toc43575769)

[12.6.1. Libros 34](#_Toc43575770)

[12.6.2. Manuales 35](#_Toc43575771)

[12.6.3. Reportes 35](#_Toc43575772)

[12.6.4. Artículos de Conferencias 36](#_Toc43575773)

[12.6.5. Fuentes online 36](#_Toc43575774)

[12.6.6. Patentes, Estándares, Tesis, No publicados 37](#_Toc43575775)

[12.6.7. Periódicos 38](#_Toc43575776)

[12.6.8. Referencias 38](#_Toc43575777)

[13.37. Consistencia y ortografía económica 55](#_Toc43575778)

El índice debe contener 1 a 3 páginas, 30 a 90 entradas con número de página. No más de tres niveles de encabezados. El esquema de informe aquí presente es una sugerencia ***fuerte***. Es decir que, si los autores desean no respetarlo, esto puede ser aceptable siempre y cuando la información requerida esté, con un orden e hilo conductor igual o mejor que el aquí propuesto. En caso de respetar la sugerencia de la cátedra, considerar que: los números de sección pueden no ser respetados, pero sí debe serlo el orden de los ítems indicado. Dada la diversidad de los trabajos que están enmarcados en estas indicaciones, es normal que se deban agregar secciones o modificar ligeramente los contenidos de las aquí presentadas, aun intentando respetar esta plantilla.

## Lista de Figuras

[Figura 3.1: Diagrama Funcional de Interfaces 15](#_Toc43575779)

[Figura 4.1: Diagrama de dependencias de Validación 23](#_Toc43575780)

[Figura 5.1: Diagrama Modular 24](#_Toc43575781)

[Figura 5.2: DFMEA de diseño modular 25](#_Toc43575782)

## Lista de Tablas

[Tabla 3.1: Requerimientos 15](#_Toc43575783)

[Tabla 3.2: Leyenda de uso en especificaciones 16](#_Toc43575784)

[Tabla 3.3: Especificaciones Funcionales 16](#_Toc43575785)

[Tabla 3.4: Especificaciones de Interfaz VIN 16](#_Toc43575786)

[Tabla 3.5: Especificaciones de Interfaz VOU 17](#_Toc43575787)

[Tabla 3.6: Especificaciones de Interfaz MEC 17](#_Toc43575788)

[Tabla 3.7: Especificaciones de Performance 17](#_Toc43575789)

[Tabla 3.8: Especificaciones de Operación 18](#_Toc43575790)

[Tabla 3.9: Especificaciones de Almacenamiento y Transporte. 19](#_Toc43575791)

[Tabla 3.10: Especificaciones de Compatibilidad Electromagnética 19](#_Toc43575792)

[Tabla 3.11: Especificaciones Dimensionales y de Peso 19](#_Toc43575793)

[Tabla 3.12: Especificaciones de costos 20](#_Toc43575794)

[Tabla 3.13: Especificaciones de Confiabilidad 20](#_Toc43575795)

[Tabla 3.14: Especificaciones de Disponibilidad 20](#_Toc43575796)

[Tabla 3.15: Especificaciones de Mantenibilidad 21](#_Toc43575797)

[Tabla 3.16: Especificaciones de Seguridad 21](#_Toc43575798)

[Tabla 4.1: Tests de Performance 22](#_Toc43575799)

[Tabla 4.2: Matriz de Trazabilidad para Validación 23](#_Toc43575800)

# Acrónimos y Definiciones (H1…4)

Aquí se deberán listar todas aquellas abreviaturas utilizadas a lo largo del informe. Ninguna abreviatura puede “darse por conocida”: todas aquellas que se deseen utilizar, deberán estar aquí listadas. A continuación de la abreviatura, deberá figurar el significado en el idioma castellano, y si esta abreviatura proviene de otro idioma, deberá figurar también entre paréntesis y en itálica la expresión en idioma original de la que proviene la abreviatura. No es necesario definir todas las abreviaturas.

Deberá haber también un listado de expresiones que requieran una definición. Las definiciones se deberán aplicar a cualquier término que no sea natural en el léxico de una audiencia con conocimientos técnicos no específicos. Ante la duda, es preferible que un término esté definido cuando no es necesario, que, existiendo dicha necesidad, la definición no esté. Todas las definiciones que sean extraídas de bibliografía externa deberán ser adecuadamente referenciadas.

|  |  |
| --- | --- |
| Acrónimo | Descripción |
| AC | Corriente Alterna (*Alternate Current*) |
| DC | Corriente Continua (*Direct Current*) |
| EMC | Compatibilidad Electromagnética (*ElectroMagnetic Compatibility*) |
| HW | *Hardware* |
| PCB | Circuito Impreso (*Printed Circuit Board*) |
| SW | *Software* |
| TBD | *To Be Determined* |
| µC | Microcontrolador (ver definiciones) |
| µP | Microprocesador (ver definiciones) |
| VAC | Volts de corriente alterna (AC) |
| VDC | Volts de corriente continua (DC) |
| POE | Alimentación a través de Ethernet (*Power Over Ethernet*) (ver definiciones) |

|  |  |
| --- | --- |
| Término | Definición |
| Microcontrolador | Un microcontrolador difiere de un microprocesador, debido a que es más fácil convertirla en una computadora en funcionamiento, con un mínimo de [circuitos integrados externos de apoyo](https://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_integrado_auxiliar). La idea es que el circuito integrado se coloque en el dispositivo, enganchado a la fuente de energía y de información que necesite. Un microprocesador tradicional no permitiría hacer esto, ya que espera que todas estas tareas sean manejadas por otros chips. Hay que agregarle los módulos de entrada y salida (puertos) y la memoria para almacenamiento de información. |
| Microprocesador | Es el circuito integrado central más complejo de un sistema informático; a modo de ilustración, se le suele llamar por analogía el «cerebro» de una computadora.  Se encarga de ejecutar los programas, desde el sistema operativo hasta las aplicaciones de usuario; sólo ejecuta instrucciones programadas el lenguaje de bajo nivel, realizando operaciones aritméticas y lógicas simples, tales como sumar, restar, multiplicar, dividir, las lógicas binarias y accesos a memoria.  Puede contener una o más unidades centrales de procesamiento (CPU) constituidas, esencialmente, por registros, una unidad de control, una unidad aritmético lógica (*ALU*) y una unidad de punto flotante (llamada antiguamente «coprocesador matemático»). |
| Industria 4.0 | Comúnmente se la refiere como la cuarta revolución industrial. Describe la creciente tendencia hacia la automatización y el intercambio de datos en tecnología y procesos dentro de la industria manufacturera, que incluye conceptos actuales como IoT (*Internet Of Things*). Además, realiza simulaciones de planta para evaluar la toma de decisiones óptimas y descentralizadas. |
| Power Over Ethernet | TBD |

# Resumen (H1…4)

El resumen deberá contener una descripción corta de todo lo contenido en el informe, sin entrar en detalles. Esto implica que aquí debería figurar la necesidad, el producto que se desarrolla y los resultados obtenidos en términos económicos, tecnológicos y académicos.

# Introducción (H1)

## Antecedentes.

Aquí se debe explicar ***brevemente*** cómo surgen las problemáticas que se solucionan con este proyecto, cuál es la historia que precede a la necesidad o que la genera y (dado el caso) qué soluciones se elaboraron en el pasado para lidiar con la problemática. Los antecedentes deben referirse al tiempo pasado (cómo se llega a la problemática o necesidad del presente y las herramientas para resolver la necesidad que hay hoy)

En la fábrica “*Establecimiento Metalúrgico Campiutti S.R.L.*” se realiza la producción de piezas mecanizadas para automóviles. Para validar las dimensiones de dichas piezas, éstas son posicionadas para ser medidas utilizando calibres digitales.

Se dispone de un operario que registra manualmente la medición indicada por el calibre en una aplicación contenida en una Tablet, donde además éste controla que dicha medición esté dentro de las tolerancias admitidas (especificadas en la misma aplicación). Luego, a través de ella envía la medición registrada al servidor de la planta.

Los inconvenientes planteados por el cliente (dueño de la planta, Leandro Campiutti), son los siguientes:

* Demora demasiado tiempo en el largo plazo realizar el registro de las mediciones en forma manual
* Pueden ocurrir errores de tipeo del operario al realizar el registro, enviando la información con errores

## Contexto del proyecto

Aquí se debe explicar cuáles son las condiciones sociales, políticas, y económicas que afectan a la problemática o a la posibilidad de plantear o desarrollar una solución. También se deben plantear la actual competencia en términos generales o aquellas soluciones que existen hoy para el problema descrito. Asimismo, deberá describirse el contexto del proyecto: sponsors, proyectos realizados en paralelo vinculados al de este informe, dependencias de otros desarrollos, financiamiento, etc. Nótese que este contexto se refiere al *proyecto*, no al *producto*.

Actualmente, se tienen ciertas situaciones particulares que condicionan el desarrollo del proyecto, a saber:

* Pandemia de alcance mundial: Se dificulta efectuar reuniones físicas en el corto y mediano plazo. También, debido a ésta, se han impuesto restricciones en lo referente a la importación de componentes del exterior por parte del Gobierno Nacional (esto luego se traducirá en un requerimiento especificado por el propio cliente).
* Volatilidad del mercado interno: esto está potenciado por el ítem anterior.(TO DO)

# Objetivos (H1)

## Finalidad del Proyecto

En esta sección se debe describir cómo el desarrollo, una vez finalizado, va a contribuir en la sociedad. Esta no es una descripción del desarrollo, ni de sus aspectos o funcionalidades finales, sino del ***efecto*** que va a tener en la sociedad. En otras palabras, aquí se debe decir a quién ayuda realizar este proyecto; para qué va a servir el desarrollo. Es decir, no es la finalidad del producto, sino del proyecto. Desde este punto de vista, es una descripción generalmente no técnica.

La finalidad del proyecto consiste en ofrecer la posibilidad de proveer a la empresa “*Establecimiento Metalúrgico Campiutti S.R.L.*” de un producto que facilite el proceso de medición de las piezas producidas, así como el registro y la validación de las mediciones tomadas.

A su vez, ofrecer la posibilidad de conectar otros sensores y actuadores adicionales en el futuro, brindando escalabilidad.

## Planteamiento del Problema a Resolver

En esta sección se deben listar los objetivos concretos, específicos del desarrollo. El contenido de esta sección debe ser principalmente técnico, mostrando los aspectos claves que se deben resolver para llegar a una solución. Nótese que, si bien los objetivos deben ser planteados en forma concreta, estos no tienen el nivel de detalle que tienen las especificaciones. Estos objetivos deberán cumplir el criterio “SMART” (*Specific, Measureable, Achievable, Relevant, Time-bound*). Es decir, deberán ser específicos, deberá ser posible medirlos, deberá ser factible su realización, así como también relevante y definido en el tiempo.

Este trabajo busca lograr comunicar al operario digitalmente el valor de las mediciones tomadas por los calibres utilizados en forma satisfactoria, evitando que deba registrarlas manualmente (consiguiendo así reducir los tiempos de adquisición de ellas) y ocupándose únicamente de la validación de sus dimensiones.

Para ello, el primero de los focos importantes será poder asegurar la validez de la información recibida. Es decir, que aquellos datos que sean transmitidos por el calibre sean los mismos que reciba el operario en la aplicación de su Tablet de trabajo. Esto contempla esencialmente lograr una correcta comunicación con el calibre (que utiliza un protocolo serie) y con la red local, que está integrada a la tecnología POE (el segundo de los focos importantes de este trabajo, a desarrollar posteriormente).

El tercer foco importante consiste en poder ofrecer, por un lado, una correcta interfaz para entradas analógicas adicionales con el estándar 4-20mA, para poder conectar en un futuro próximo sensores que se comuniquen con dicho estándar. Y, por otro lado, una correcta interfaz para salidas digitales de 24VDC, para poder conectar en un futuro próximo actuadores que se alimenten con dicho estándar.

## Alcance

En esta sección se deberá detallar qué es lo que el proyecto va a abarcar, qué será el producto final con el que se contará, pero, más importantemente, qué cosas NO se harán. Es de enorme relevancia establecer los límites del proyecto en forma concisa, delimitando exactamente lo que se propone realizar, y lo que se propone NO realizar. Ejemplo: puede desarrollarse un producto que utilice baterías y ofrezca cierto grado de autonomía, pero no desarrollarse para venta comercial un cargador. Puede trabajarse en un equipo médico que utilice electrodos u otros apéndices, y no desarrollar los mismos. Puede desarrollarse un sistema de medición de ciertos parámetros para equipos pre-existentes, sin que esto implique el desarrollo o modificación de dichos equipos.

El proyecto contempla el desarrollo de un producto para comunicar al operario a cargo las mediciones realizadas por calibres digitales a través de una red local con POE. Además, contará con entradas analógicas (del estándar 4-20mA) y salidas digitales de 24VDC adicionales, contemplando un uso futuro por parte del cliente. El trabajo no contempla la validación de los valores medidos por los calibres. Se asume que éstos estarán correctamente calibrados.

Las instrucciones para solicitar la lectura de las entradas analógicas adicionales, así como para configurar las salidas digitales, se realizarán también a través de la conexión de red. El producto no tomará decisiones sobre éstas dos tareas por su cuenta.

# Definición de Producto (H1)

Aquí se deberán plantear los requerimientos del producto según indicado por el/los clientes y luego traducirlo a especificaciones de diseño. Según el tipo de cliente, los requerimientos pueden tener dos formatos:

1. Producto pedido: cliente principal único
2. Producto “masivo”: gran número de clientes desconocidos

Para el primer caso, los requerimientos son muy similares a las especificaciones de diseño: específicos, medibles, concisos, conseguibles, necesarios, y libres de implementación. Esto por ejemplo es siempre es cierto para los requerimientos impuestos por el estado en forma de regulaciones y normas. Es posible que haya requerimientos que no vayan al nivel de detalle que es necesario en las especificaciones, pero aún así son cercanos al estilo de las especificaciones de diseño. Cuando el desarrollo que los autores deben realizar sigue estas características, no es necesario realizar una casa de calidad (aunque es recomendable. Si no la realizan, deberán indicarlo y estipular los motivos).

Es importante remarcar que también deberán incluirse aquellos aspectos del diseño que, si bien muchas veces no tienen un requerimiento formal, explícito, siempre lo tienen en términos tácitos –sobre todo para productos masivos-. Estos pueden ser aspectos como el tamaño del producto, el consumo, las condiciones ambientales de operación, etc. Estos requerimientos también deberán escribirse, sólo que tendrán un origen tácito. Notar que esto sólo es válido cuando no se puede hablar directamente con el cliente, o no se pudo obtener la información por medio de encuestas/entrevistas, etc. Siempre es preferible que los requerimientos estén sustentados en el/los clientes mismo/s

En cualquier caso, los requerimientos al terminar el análisis deberán ser escritos en forma clara y concisa. Cada requerimiento deberá tener un código de identificación único, y deberá quedar denotado su origen.

Algunas especificaciones pueden estar basados directamente en una factibilidad. Un ejemplo puede ser la venta de un producto en otro país para ampliar un mercado –lo cual sólo se puede determinar a partir de un estudio de mercado-, o la necesidad de que el **costo** de materiales sea inferior a algún número determinado, para conseguir un margen específico –El **precio** de venta sí se obtiene del cliente, aunque también puede estar afectado por la factibilidad económica (con un menor precio de venta se accede a mayor porcentaje de mercado)

## Requerimientos de Cliente

### Relevamiento de Datos

OPCIONAL (ver texto sección raíz)

En esta sección se deberá explicar el mecanismo mediante el cuál se consiguieron datos de los clientes.

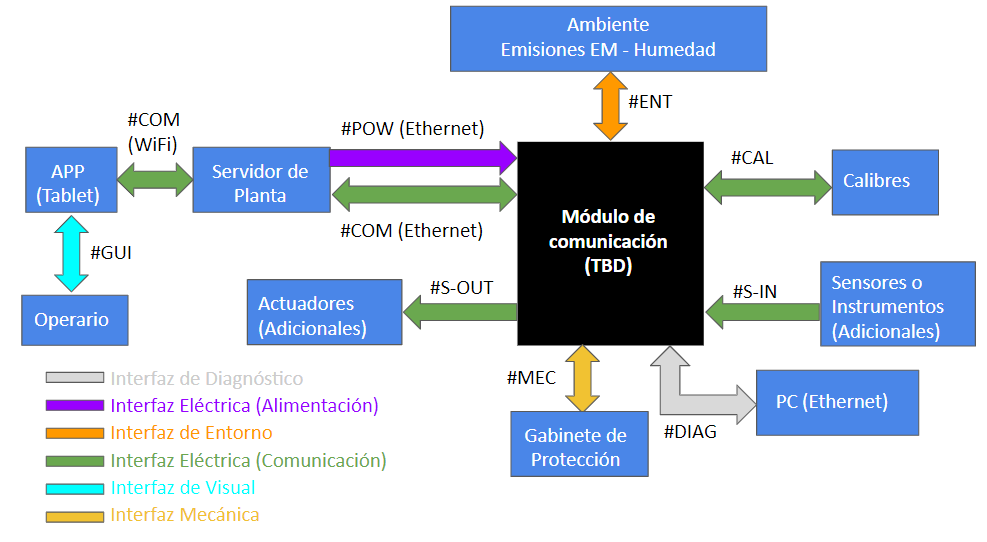
El relevamiento de datos para la obtención de los requerimientos se realizó mediante conversaciones directas con el dueño de la fábrica. Éste indicó tanto detalles de funcionamiento a tener en cuenta, como del instrumental a utilizar (los calibres digitales).

### Requerimientos finales para trazabilidad

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** |
| REQ-01 | El operario deberá recibir el valor de la medición hecha por el calibre en la aplicación para Tablet preexistente. Puede darse que se quiera obtener la medición de más de un calibre. | Cliente |
| REQ-02 | El producto deberá comunicarse y alimentarse mediante POE. | Cliente |
| REQ-03 | Acá iría detalle del protocolo que manejan los calibres incluido lo de open drain | Cliente |
| REQ-04 | Deberán poder conectarse al producto al menos 2 (dos) calibres. Idealmente, de ser posible, debe permitir conectar hasta 4 (cuatro). | Cliente |
| REQ-05 | Si no hay una pieza presente, el producto deberá igualmente transmitir el valor de medición que le sea comunicado por el calibre. | Cliente  Tácito |
| REQ-06 | Si el calibre se encuentra apagado, y se solicita un valor de medición de éste, el producto deberá comunicar que el calibre al que se solicitó un valor de medición se encuentra apagado. | Cliente |
| REQ-07 | Los componentes que se vayan a utilizar para el desarrollo del producto deben conseguirse dentro de la República Argentina, para evitar los actuales inconvenientes de importación. | Cliente  Factibilidad Económica |
| REQ-08 | El producto deberá disponer de puertos de entrada analógicos con el estándar 4-20mA y puertos de salidas digitales de 24VDC, para contemplar una escalabilidad a futuro. | Cliente |
| REQ-09 | Tácito de EM | Tácito |
| REQ-10 | Tácito de MEC | Tácito |

Tabla 3.1: Requerimientos

## Diagrama Funcional de Interfaces



En esta sección deberá presentarse un diagrama del producto que muestre claramente todas las interfaces que el producto tiene. Este **diagrama *NO* debe mostrar distinciones de HW o SW** o de módulos internos: sólo deberá presentarse como una “caja negra”, mostrando todas las interfaces que posee (en términos multidisciplinares) *hacia el exterior*. En este punto del diseño no se sabe cuáles módulos habrá, menos aún qué interfaces internas puede haber. Se recomienda marcar cada interfaz con un identificador único. Sobre cada interfaz deberá haber especificaciones (siguiente sección) que contribuyan a la definición de la caja negra. Notar que si se realiza un producto que se presume que deberá tener una batería interna, esta es parte de la caja negra, y la interfaz de carga es la interfaz a mostrar. Si el producto viene con su cargador, esta interfaz será a la red eléctrica.

Figura 3.1: Diagrama Funcional de Interfaces

## Especificaciones de Diseño.

En esta sección, deberán escribirse ***todos*** los requerimientos o especificaciones de diseño. Las especificaciones deberán ser **concisas** (es decir, inequívocas, no ambiguas), **precisas**, **medibles**, **atomizadas** (una por cada aspecto necesario, sin agrupar), **necesarias** (deberá haber al menos un cliente insatisfecho si no se cumple), **libres de implementación** (la implementación es para el diseño, y no antes), **consistentes y** **no redundantes**. Preste por favor especial cuidado al cumplimiento de estos términos.

Cada especificación deberá tener un identificador único, un origen (es decir, un requerimiento que lo origina), un modo de validación especificado, y un ámbito de validez. Hay ejemplos en las siguientes sub-secciones.

No **puede** haber especificaciones sin origen. Cuando las especificaciones no tienen una relación directa e inmediata con los requerimientos, **se deberá dejar por escrito la justificación** de dicha especificación

### Especificaciones Funcionales

Las especificaciones funcionales son las más genéricas, y se refieren, sin entrar en detalles de performance, a las funciones que debe cumplir el producto. Es la forma técnica de explicar en pocas palabras lo que el producto **hace**. En este sentido, funcionan más bien como una primera orientación para luego entrar en los detalles pertinentes, usualmente presentes en las especificaciones de interfaz y de performance.

|  |  |
| --- | --- |
| **Leyenda para Especificaciones** | |
| **Aplicabilidad** | **Validación** |
| **P**: Prototipo | **I:** Inspección Visual |
| **D**: Documentación de Diseño |
| **F**: Producto Final | **S**: Simulación |
| **T**: Test |

Tabla 3.2: Leyenda de uso en especificaciones

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| FUN-POW-01 | El producto deberá tomar una señal de tensión continua proveniente de una batería de 24 Volts en su entrada, y convertirla en una señal de 12 Volts de tensión continua en su salida. | REQ-04 REQ-08 | P, F  I, D, T |
| FUN-POW-02 | El producto deberá poder abastecer de energía cualquier dispositivo que se le conecte, siempre y cuando cumpla con las especificaciones indicadas en las siguientes subsecciones. | REQ-02 | P, F  I, D, T |
| FUN-POW-03 | El producto deberá poder operar cuando está sujeto a un vehículo terrestre en desplazamiento. | REQ-02 | P, F  I, D, T |

Tabla 3.3: Especificaciones Funcionales

### Especificaciones de Interfaz

En esta sección deben mostrarse las especificaciones aplicables a todas las interfaces formales. Es decir, interfaces con los clientes, ya sean eléctricas, mecánicas, visuales o de otro tipo. Todas las interfaces mostradas en el diagrama de la sección 3.2 deberán tener especificaciones. Se sugiere agrupar las especificaciones utilizando los mnemónicos usados en dicho diagrama. Como ejemplos, para interfaces de potencia (alimentación), recordar que se deberán explicitar aquí especificaciones como rangos de entrada, picos de consumo, picos de corriente, corrientes de inrush, conectores utilizados, etc. Para interfaces de comunicación, frecuencia, tipo, tasas de falla, estándar, etc. Para interfaces de usuario, deberán especificarse todas las acciones que el usuario deba ser capaz de hacer en dicha interfaz.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| INT-VIN-01 | El equipo debe poder operar con una tensión de entrada entre 22 VDC y 30 VDC. | REQ-04 REQ-08 | P, F T |
| INT-VIN-02 | El equipo debe poder tolerar ruido de hasta 5Vpp (pico a pico) en la banda de 50 Hz – 50 kHz en su entrada (sumado a los rangos descriptos en INT-VIN-01) | REQ-24 | P, F D, T |
| INT-VIN-03 | El equipo deberá poder tolerar ruido de hasta 10Vpp (pico a pico) en la banda de 50 Hz – 50 kHz en su entrada cuando esta se encuentra desconectada de la fuente batería). Es decir, con un piso de tensión continua de 0VDC. | REQ-24 | P, F D, T |

Tabla 3.4: Especificaciones de Interfaz VIN

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| INT-VOU-01 | El equipo debe entregar en el conector de salida una tensión continua de entre 12 y 14.5 Volts. | REQ-04 | P, F  D, T |
| INT-VOU-03 | La impedancia de salida para la interfaz de salida deberá ser no mayor a 0.5 Ω. | REQ-15 | P, F T |
| INT-VOU-08 | La tensión de salida deberá entregarse en un conector LEMO tipo K (*PKA.1K.303.CYKC35E*) de dos pines para baja tensión, con el siguiente pinout:   1. 12VDC 2. 0VDC (masa/ground) | REQ-24 | F D |
| INT-VOU-10 | La salida permitirá un pico de corriente máximo de 5 Amperes durante no más de 10 µs, y un ciclo de trabajo no mayor a  TBD | REQ-17 | TBD |

Tabla 3.5: Especificaciones de Interfaz VOU

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| INT-MEC-01 | El equipo deberá poder sujetarse con cuatro tornillos tipo M12 distanciados entre sí no más de 15 cm y no menos de 3 cm. | REQ-15 | P, F,  T |
| INT-MEC-02 | El equipo deberá tolerar vibraciones mecánicas del siguiente modo: | REQ-07 | F D, T |

Tabla 3.6: Especificaciones de Interfaz MEC

### Especificaciones de Performance

En esta sección deben mostrarse las especificaciones vinculadas a la performance, o calidad con la cual el producto cumple sus ***funciones***. Se sugiere agrupar las especificaciones utilizando las funciones descritas en la sección 3.3.1, particularmente cuando haya varias funciones fundamentalmente distintas (no el caso del ejemplo que es de gran simplicidad). No siempre la división será 100% clara entre especificaciones de performance o de interfaz. En estos casos, quedará a criterio de los autores, siempre y cuando todos los aspectos relevantes estén cubiertos.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| PER-POW-01 | El equipo deberá realizar la conversión de energía indicada por FUN-POW-01 con una eficiencia no menor al 80% | REQ-15 | P, F T |
| PER-POW-02 | El equipo deberá poder proveer no menos de 60W de potencia continua. | REQ-07 | P, F T |
| PER-POW-03 | El equipo no deberá agregar nunca más de 2?nV/Hz de ruido eléctrico sobre la señal de entrada. | TBD | F S, T |

Tabla 3.7: Especificaciones de Performance

Nótese que el segundo requerimiento establece la máxima potencia mínima de salida, de lo que automáticamente se puede derivar la mínima corriente máxima de salida. No se deberá expresar ésta en esta sección (especificaciones) dado que sería redundante. Sin embargo, a la hora de realizar el diseño, es importante ver que la mínima corriente máxima variará según la tensión de salida, siendo la menor corriente máxima aquella que se deba proveer cuando la tensión es mínima (la cuál será un resultado del diseño pero que por especificaciones se sabe que tendrá que ser igual o superior a 12VDC.

### Especificaciones de Implementación

Las especificaciones de implementación son todas aquellas que limitan los potenciales diseños en función del entorno de utilización del producto. Esto incluye todas las características ambientales tanto para la operación como el almacenamiento y el transporte, materiales que no están permitidos (por ejemplo, por contaminación o por regulaciones –asbestos, plomo, etc.-), limitaciones para las dimensiones o el peso, etc, así como también requerimientos de costos

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| IMP-OPE-01 | El dispositivo deberá poder operar normalmente cuando la temperatura ambiente sea  -10°C < TAMB < 70°C  Si bien la temperatura más baja observada en el territorio argentino/chileno es de -40°C, se acepta que son circunstancias excepcionales y que a partir de -10°C las baterías comunes comienzan a presentar problemas para arrancar un vehículo. Si bien la temperatura máxima observada es de casi 50°C, la concentración de calor en ambientes cerrados puede hacer que sea superior a este valor en hasta 20°C | TBC | F D, T |
| IMP-OPE-02 | El dispositivo deberá poder operar normalmente cuando la humedad sea:  0% < RH < 100%  Valores normales de humedad relativa ambiente. Si bien puede ser superior al 100%, esto no es común y sólo puede suceder en aire extremadamente limpio, donde la condensación no se adhiere a partículas de polvo. | TBC | F D, T |
| IMP-OPE-03 | El dispositivo deberá poder operar normalmente cuando la presión atmosférica sea:  60 kPa < PATM < 110 kPa  Esto equivale a 4000m de altura para el mínimo de presión, y un máximo ligeramente superior al máximo observado a la altura del mar. | TBC | F D, T |

Tabla 3.8: Especificaciones de Operación

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| IMP-AYT-01 | El dispositivo no deberá sufrir daños cuando, estando desenergizado, la temperatura ambiente sea  -30°C < TAMB < 80°C | TBC | F D, T |
| IMP- AYT -02 | El dispositivo no deberá sufrir daños cuando, estando desenergizado, la humedad sea  0% < RH < 100% | TBC | F D, T |
| IMP- AYT -03 | El dispositivo no deberá sufrir daños cuando, estando desenergizado, la presión atmosférica sea  60 kPa < PATM < 110 kPa | TBC | F D, T |

Tabla 3.9: Especificaciones de Almacenamiento y Transporte.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| IMP-EMC-01 | El dispositivo deberá poder operar normalmente con inmunidad al ruido electromagnético de acuerdo a la norma TBD | TBC | F T |
| IMP-EMC-02 | El dispositivo deberá poder operar normalmente con inmunidad al ruido electromagnético de acuerdo a la norma TBD | TBC | F T |

Tabla 3.10: Especificaciones de Compatibilidad Electromagnética

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| IMP-DIM-01 | El dispositivo no deberá exceder las siguientes dimensiones:  Largo < 20 cm  Ancho < 10 cm  Alto < 10 cm | TBC | F D, T |
| IMP-DIM-02 | El dispositivo no deberá pesar más de 10 Kg | TBC | F D, T |

Tabla 3.11: Especificaciones Dimensionales y de Peso

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| IMP-COS-01 | El costo de las partes que conforman el producto no deberá ser superior a U$S20 | REQ-45 (Fact Ec) | F D |
| IMP-COS-02 | El costo de las partes que conforman el prototipo no deberá ser superior a U$S50 | REQ-45 (Fact Ec) | P D |
| IMP-COS-03 | El precio de venta del producto deberá ser inferior a U$S100 (Capital Expenditure -CAPEX) | REQ-45 (Fact Ec) | F D |
| IMP-COS-04 | El costo de operación del producto (Operating Expense -OPEX) anual deberá ser inferior a U$S20 | REQ-45 (Fact Ec) | F D |
| IMP-COS-05 | El costo total de propiedad (Total Cost of Ownership - TCO) del equipo deberá ser inferior a U$S 100. | REQ-45 (Fact Ec) | F D |

Tabla 3.12: Especificaciones de costos

### Especificaciones de Servicio (*RAMS*)

Esta sección deberá contener todas las especificaciones vinculadas a las “*RAMS*”: Reliability, (Confiabilidad) Availability (Disponibilidad, también incluye ciclo de vida), Maintainability (Mantenibilidad; también vinculadas a capacidades diagnósticas) y Safety.

Confiabilidad: esta temática se desarrolla en clase con mayor profundidad.

Disponibilidad: es aplicable normalmente a equipos utilizados para actividades comerciales cuya indisponibilidad implica una pérdida económica.

Mantenibilidad: se debe considerar la considerar la relevancia de que un usuario identifique causas comunes de falla (se evalúa en más profundidad en la FMEA); esto implica que la interfaz de usuario a menudo debe tener herramientas de *feedback* simples, como por ejemplo un LED que indique que el producto está alimentado o encendido, o que indique si una comunicación se estableció adecuadamente. Esto también es relevante para considerar que, ante una falla de un módulo, no es necesario reemplazar el producto entero. Esto a su vez es particularmente relevante a la hora de disminuir el costo de reemplazar productos defectuosos durante el período de garantía del mismo.

Seguridad: esta temática se desarrolla en clase con mayor profundidad. Considerar que todo producto puede tener riesgos hacia el usuario (una alimentación eléctrica ya implica riesgo de fuego aún para bajas tensiones). Los que sean relevantes deben estar considerados en esta sección

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| RAM-CON-01 | El producto deberá tener un MTBF no menor a 10 años. | TBC | F D, T |
| RAM-CON-02 | El producto deberá tener una vida útil no menor a 5 años. | TBC | F D |

Tabla 3.13: Especificaciones de Confiabilidad

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| RAM-DIS-01 | El equipo deberá tener una disponibilidad no menor al 99.9% a lo largo del total de la vida útil. Nótese que esto implica también el tiempo total que el equipo puede estar en estado de falla/reparación. Con una vida útil de 5 años, un 99.9% de disponibilidad implica que el equipo no puede no estar disponible más de 43.8 horas. Esto tiene impactos relevantes en las facilidades de diagnóstico y reparación necesarias. | TBC | F T |

Tabla 3.14: Especificaciones de Disponibilidad

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| RAM-MAN-01 | Se deberán monitorear los parámetros de entrada que puedan comprometer el funcionamiento del equipo. Deberá ser posible observar cuando estos parámetros están fuera de especificación. | REQ-46 (Fact Ec) | P, F T |
| RAM-MAN-02 | El equipo deberá monitorear la corriente de salida, e indicar cuando la carga es superior a lo especificado. | REQ-46 (DFMEA) | P, F T |
| RAM-MAN-03 | Todo módulo interno que sea definido como “repuesto” deberá tener sus propios métodos diagnósticos para verificar su funcionalidad. | REQ-46 (Fact Ec) | F D |
| RAM-MAN-04 | Deberá haber una indicación visual clara cuando el equipo está energizado. | REQ-46 (DFMEA) | P, F I |
| RAM-MAN-05 | En caso de utilizar SW o FW, deberá ser posible para técnicos calificados realizar actualizaciones del mismo. | REQ-46 (Fact Ec) | F D |
| RAM-MAN-06 | En caso de utilizar SW o FW, no deberá ser posible para el usuario acceder al mismo. | REQ-46 (DFMEA) | F T |
| RAM-MAN-07 | El equipo deberá contener la siguiente documentación:   * Manual de Usuario * Esquemáticos de circuitos * Esquemáticos de placas * Manual de Mantenimiento y Servicio | REQ-46 (DFMEA) | P, F I, D |

Tabla 3.15: Especificaciones de Mantenibilidad

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ID** | **Descripción** | **Origen** | **Aplicabilidad Validación** |
| RAM-SEG-01 | La máxima temperatura que podrá tener la carcasa será de 70°C, o 10°C por encima de la temperatura ambiente, la que sea mayor. | REQ-32 | P, F D, S, T |
| RAM-SEG-02 | La puesta a tierra de cada parte del equipo deberá ser tal que no puedan aparecer Corrientes de superficie en partes metálicas que lleven a descargas en un cuerpo humano de más de 25 mA. | REQ-32 | P, F D, T |
| RAM-SEG-03 | Si en algún lugar (accesible o no) hay tensiones peligrosas, deberá haber un cartel que lo advierta. | REQ-32 | P, F I |
| RAM-SEG-04 | No deberá ser posible para una persona realizarse ningún tipo de corte por contacto con el equipo. | REQ-32 | P, F T |

Tabla 3.16: Especificaciones de Seguridad

# Plan de Validación (H1)

Esta sección se elabora con el conocimiento parcial de los requerimientos y especificaciones. Cada especificación a ser validada por test deberá tener uno descrito en esta sección. No puede haber pruebas de módulo en este plan ya que todavía no se ha realizado una división modular y sólo se conoce el producto como “caja negra”. Asimismo, todos los tests planificados en esta sección deben poder realizarse sin abrir el producto final, y sólo utilizando las interfaces descriptas en la sección 3.2. Todos los tests aquí planteados son aplicables al producto final. De ser necesarias modificaciones para el prototipo, deberá indicarse aquí.

## Diseño de Bancos de Pruebas

En esta sección se deberá explicar en qué consiste el o los bancos de pruebas a utilizar en las pruebas de validación. Para todas las mediciones, se deberá especificar cuál es la precisión, exactitud, error y resolución de cada una. Tenga en cuenta que el banco de pruebas es un “proyecto dentro del proyecto”: si bien no es necesaria estrictamente ninguna de las formalidades del proyecto completo, sí es necesario tener en cuenta los requerimientos principales (que usualmente son aquellos mencionados más arriba).

En esta sección se deberá también mostrar un diagrama en bloques del banco de pruebas, mostrando claramente cuáles son las conexiones al DUT (Device Under Test), y cómo son estas realizadas (por ejemplo, si se utilizan cables cortos para comunicaciones de alta velocidad, si se utiliza pasta térmica o no para ubicar un sensor de temperatura, dónde se ubica la tierra del osciloscopio para realizar una medición de tensión de alta precisión, etc).

## Especificaciones de Tests

Aquí deberá haber una descripción exhaustiva de cada prueba que se deba realizar, indicando sobre qué dispositivo se deberá realizar, qué precondiciones hay, cuál es el procedimiento exacto, y cuál es el criterio de pase. Algunos ejemplos a continuación.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ID Aplicabilidad** | **Procedimiento** | **Criterio** |
| **Precondiciones**: Deberán haber sido completadas con éxito las pruebas T-INT01, T-INT02, T-POW01 y T-POW05.  **Procedimiento General**: para todas estas pruebas, se deberá conectar el DUT al banco de pruebas #2. Verifique que ambas puntas del osciloscopio estén correctamente conectadas, y que cada una de ellas tenga la referencia conectado al pin de tierra inmediatamente al lado del que se intenta medir. El osciloscopio deberá estar ajustado para mostrar en pantalla un período no mayor a 10µs. Deberá tener también acoplado AC para evitar ver señales de tensión continua. La amplitud que se pueda ver en pantalla deberá ser no mayor a 2VDC. El trigger deberá estar puesto en automático, y el display deberá estar puesto en estado normal (es decir, sin persistencia). Las puntas deberán estar en impedancia de entrada x10, con el ajuste acorde en el osciloscopio. Salvo que el test así lo indique, no deberá haber ningún tipo de filtro salvo aquellos ya mencionados. Los tests comienzan con todos los artefactos ya conectados y encendidos por no menos de 10 minutos. | | |
| T-PERF01  Proto, Final | 1. Verificar que la carga, la alimentación y el DUT estén encendidos y correctamente conectados. 2. Utilizar las funciones de medición del osciloscopio para que se registren los valores de tensión máximo y mínimo en la salida VOU del DUT. 3. Registrar los valores de tensión obtenidos luego de 10 segundos. 4. Desconectar la carga desde el conector y limpiar las mediciones previas. 5. Registrar los valores de tensión obtenidos luego de 10 segundos. | Con carga: 0V ± 0.05V  Sin carga: 0V ± 0.05V |
| T-PERF02  Final | 1. Repetir el test T-PERF01, esta vez colocando el dispositivo en una cámara térmica que lleve la temperatura a 90°C 2. Repetir el test T-PERF01, esta vez colocando el dispositivo en una cámara térmica que lleve la temperatura a 0°C | Con carga: 0V ± 0.10V  Sin carga: 0V ± 0.10V |

Tabla 4.1: Tests de Performance

## Diseño y Especificaciones de Simulaciones

Para aquellos requerimientos a los que se haya elegido validar con simulaciones, en esta sección se deberán describir. La información contenida deberá incluir: alcance del modelo que será utilizado para simular, entradas y salidas del sistema simulado, parámetros del sistema simulado (no confundir con entradas), parámetros de la simulación (extensión en tiempo o espacio, granularidad, etc), salidas de referencia o criterio de aprobación.

Note que esto es para simulaciones cuyo objetivo sea validar, **NO** diseñar. Esta sección es sólo de planificación del trabajo; la descripción de resultados se realiza más adelante.

## Matriz de Trazabilidad de Validación

La matriz de trazabilidad debe generar una correspondencia entre fuentes, requerimientos, especificaciones y validaciones. La correspondencia no necesita ser unívoca; puede haber un test para varios requerimientos o especificaciones, o muchos tests para un solo requerimiento. Es importante que todas las especificaciones que estaban marcadas a ser validadas con un test figuren en esta tabla con el o los tests asociados.

En el caso que la validación se haga por simulación o documentación, se deberá detallar la sección del informe donde se encuentra la información necesaria para la validación.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Origen** | **REQ ID *Descripción corta*** | **ESP ID** | **TEST ID o  Sección** |
| Encuesta | REQ-01  *Portabilidad* | FUN-POW-01 | T-INT02 |
| INT-VOU-01 | T-PERF04 |
| PER-POW-03 | T-PERF07 T-PERF08 |
| Ley xxx | REQ-02  *Normas* | IMP-EMC-01, IMP-EMC-02 | T-EMC-01 T-EMC-02 |
| IMP-SEG-01  …  IMP-SEG-05 | T-SEG-01 |
| Tácito | REQ-03  *Condiciones ambientales* | IMP-AYT-01 IMP-AYT-02 IMP-AYT-03 | T-AYT-01 T-AYT-02 T-AYT-03 |
| Encuesta | REQ-07 *Costo de producto* | IMP-COS-01 | *No requiere* |

Tabla 4.2: Matriz de Trazabilidad para Validación

## Plan de Verificación y Validación (H1-H2)

En esta sección se deberán mostrar todas las dependencias entre pruebas en un esquema temporal, mostrando además cuándo se pasan de pruebas de prototipo a producto final. Pueden utilizarse esquemas tipo PERT si así lo desean.

Es importante remarcar la diferencia entre la verificación y la validación. Al comenzar a completar esta sección no se posee un diseño interno del producto, razón por la cual sólo se lo puede ver a caja negra. Los tests que le corresponden a una caja negra son tests de validación, correspondientes al hito 1. Estos tests pueden ser pensados sólo sabiendo las especificaciones, pero sin conocer el diseño. Nótese que esta parte del plan expuesto ya concibe que los tests de ***verificación***, es decir, tests que evalúan el funcionamiento del sistema mirando variables internas, se habrán realizado previo a comenzar los tests de ***validación***.

Sólo cuando se cuenta con un diseño modular cerrado, se pueden considerar tests de ***verificación*** de módulos. Esto corresponde al hito 2. Tests internos de módulos se consideran parte de la ingeniería de detalle y se deberán tratar en la sección correspondiente.

Notar que por definición para la mayoría de los tests de producto final se debe previamente realizar tests en el prototipo.



Figura 4.1: Diagrama de dependencias de Validación

# Análisis de Factibilidad (H2)

## Factibilidad tecnológica

Desde este punto en adelante, se deberá siempre tener **muy claro** si algo planteado refiere al producto final o al prototipo. El modo adecuado de proceder es el siguiente:

Todas las secciones que siguen, de aquí hasta la sección 7 refieren al ***producto final***. Significa que la solución planteada deberá idearse buscando que se cumplan todos los requerimientos de un producto final, y planteando la validación subsiguiente, incluyendo aquellas por norma (como compatibilidad electromagnética).

La sección 7 es para explicar qué alternativas se deben buscar al diseño planteado para que los costos / tiempos / complejidad sean manejables para los tiempos del proyecto.

Notar que la planificación se refiere estrictamente al flujo del proyecto hasta la presentación de la validación del prototipo, razón por la cual serán preponderantes las actividades referidas al mismo.

### Esquema Modular

Este diagrama deberá mostrar los principales módulos ***funcionales*** del dispositivo. El hecho de que sean funcionales se refiere a que no está determinado si es HW o SW, mucho menos qué tipo de HW o SW es. Lo que este esquema muestra es la división en módulos que realizan funciones distintas, independientemente de la implementación. Deberán verse claramente las interfaces mostradas en la sección 3.2 como interfaces externas del sistema, así como también las conexiones entre módulos. Como no es un diagrama que muestre implementación, las conexiones entre módulos sólo pueden mostrar los datos intercambiados, y no los formatos detallados (es decir, no puede decir datos específicos como tensiones, corrientes, protocolos, salvo que formen parte de las definiciones funcionales provenientes de especificaciones. Sí puede contener cosas como “mediciones de entorno”, o “comandos de control”, por ejemplo. Notar que esto es válido sólo para interfaces internas; las externas ya deberían estar completamente definidas).

En el caso que deban considerarse alternativas de diseño a nivel arquitectura del producto, esto deberá hacerse en esta sección (brevemente).

Los módulos deberán tener un nombre único (preferentemente vinculado a la función, aunque esto no es obligatorio) que se deberá usar de aquí en adelante cada vez que se referencie dicho módulo. Se deberá evitar siempre referirse a un módulo como “módulo”, “dispositivo”, “sistema”, “bloque”, etc excepto durante la definición de su “bautismo”. Es conveniente en algunos casos utilizar acrónimos o abreviaturas para evitar nomencladores genéricos o largos en el resto del informe. Ejemplo: el *centro de control* podría nombrarse “CENCO” para referenciarlo así de aquí en adelante.

Conversor   
24 VDC / 12 VDC

#AMB

Intercambio térmico, EMC, etc.

#VIN

24VDC

#DIA

Interfaz de Diagnóstico

#MEC

Interfaz de Sujeción

#VOU

12VDC

Protección de Temperatura

Medición de Salida

Centro de Diagnóstico

Centro de Control

Medición de Entrada

Conversión

Configuración

Control

Info VOU

Info VIN

Configuración

Diagnóstico

Interfaz datos

24VDC

24VDC

12VDC

Alimentación  
Interna

Filtrado Diferencial

24VDC

Figura 5.1: Diagrama Modular

### Implementación de módulo <<X>>

Esta sección y las dos subsecciones deberán repetirse para cada módulo relevante del sistema.

### Alternativas de diseño

En esta sección se presenta, para un módulo dado, las alternativas que hay para su implementación. Los módulos deberán nombrarse del mismo modo que en la Figura 5.1: Diagrama ModularFigura 5.1. No se deben presentar alternativas que sean inviables (es decir, que se deban descartar por no cumplir los requerimientos mínimos) sino opciones que sean realmente utilizables en el diseño. Dichos requerimientos mínimos deberán ser listados antes de describir las opciones (ejemplo: un sensor puede requerir tener un mínimo de precisión o repetibilidad, un rango específico, tener una salida digital, tener un precio menor a X, etc. Una fuente puede requerir un rango de tensiones de entrada, una o más tensiones de salida, una eficiencia mínima, una corriente de salida mínima, etc). No se requiere presentar alternativas para todos los módulos, sólo para los críticos.

### Elección de una solución

Se deberá plantear una elección de implementación para el módulo indicado. Dicha elección sólo puede estar basada en los criterios mencionados en la sección anterior. Se sugiere utilizar una matriz de decisión (pero no es obligatorio)

### DFMEA

Notas sobre la elaboración de una DFMEA:

1. Los modos de falla deben ser concretos y la causa que las genera debe ser fácilmente identificable.   
   Ejemplo incorrecto: “falla la fuente de alimentación”. Esta causa engloba múltiples causas que no pueden distinguirse. Puede ser una falla de un componente particular, de un cable, un mal diseño de la fuente, una corriente de inrush demasiado alta, etc.   
   Ejemplo correcto: “Mal contacto entre cable de alimentación y fuente interna”. En este caso se puede ver que la falla es inequívoca.
2. Un modo de falla puede tener múltiples causas, pero no puede haber, para una causa dada, múltiples puntos de origen previos. Es decir, el “por qué” aplicado a una causa no puede tener múltiples respuestas.  
   Ejemplo incorrecto: “Baja tensión en la salida de la fuente interna”. ¿Por qué? Hay múltiples posibilidades  
   Ejemplo correcto: “Baja tensión en la salida de la fuente interna debido a una baja de tensión en la línea”. En este caso sabemos claramente el punto de origen de la falla.
3. El modo de falla tiene que ser distinto de la causa. Es decir, no puede ser la misma información re-escrita.  
   Ejemplo incorrecto:



Figura 5.2: DFMEA de diseño modular

## Factibilidad de tiempos.

Aspectos a tener en consideración al realizar diagramas de tiempos:

De 365 días del año, sólo aproximadamente 245 son laborables. A esto hay que sumarle vacaciones. Según la persona, esto puede ser de 5 a 30 días hábiles por año. Esto implica una relación entre tiempo de trabajo y tiempo calendario de 0.55 a 0.65. Esto a su vez implica que algo que llevaría por ejemplo 500 HH o unos 60 días hábiles, puede llevar, en tiempo calendario, 100 días calendario, o más de 3 meses de trabajo.

Estas consideraciones están a menudo incorporadas en los programas de planificación, pero no por ello estos programas pueden incorporar consideraciones como las potenciales vacaciones existentes entre Navidad y Año Nuevo, o las vacaciones personales de cada recurso humano.

Por lo general, realizar multitasking puede resultar costoso en términos de eficiencia. Si bien puede ayudar en algunos casos con motivación, el costo en eficiencia puede ser de hasta el 40%, según la diversidad de las tareas, la persona y la cantidad de veces que se cambie de una tarea a otra por día. *Siempre* hay un overhead cuando se realizar multitasking.

Que las tareas no estén correlacionadas y puedan realizarse en paralelo no implica que haya suficientes recursos humanos para poder realizar el trabajo. En otras palabras, si hay un equipo de dos personas, o bien no pueden realizar más de dos tareas en paralelo, o bien no pueden dedicar el 100% de su tiempo para cada tarea, con el consecuente overhead.

Las tareas no se deben tratar como los títulos de las secciones del informe. Una planificación adecuada debe tener suficiente granularidad, mostrando pasos del desarrollo ***como mínimo*** a nivel módulo.

Cuando se requiere pedir componentes a un proveedor externo, se deben considerar siempre los *lead times*. Por lo general, los tiempos de los proveedores externos pueden mostrarse de dos modos: o bien con una tarea que está fuera del control del proyecto y que equivale al *lead time* estimado, o bien se utilizan XPI and XPO (Cross Project Input y Cross Project Output), que son milestones que indican el pedido del material, y su recepción. Estos milestones se utiliza para vincular dos o más planes que están relacionados entre sí: por ejemplo, el XPO del proyecto que es el pedido de componentes, es el XPI del proveedor, que deberá comenzar a trabajar en su proceso cuando recibe ***todas las especificaciones y el pago del pedido realizado.***

Es importante realizar este análisis con la mayor seriedad posible: se le recuerda al alumno que está bien puede ser la única vez que pueda hacer un análisis de esta índole sin que los errores en la estimación tengan consecuencias a nivel profesional.

### Planificación (PERT y simulación de Montecarlo)

### Programación (Gantt)

## Factibilidad económica. (Mercado, costos, VAN, TIR, Punto de Equilibrio)

Factores a considerar:

* Dimensionamiento del mercado (si todos los que tienen el problema que se está resolviendo compraran la solución propuesta, ¿cuánto se vendería?) y elección de una porción target del mercado (para mercados nuevos la porción puede ser mayor, para mercados saturados –con mucha oferta de productos similares- la competencia limita la porción que tiene sentido aspirar a conseguir)
* Determinación de costos de inversión
* Determinación de costos fijos (oficinas, servicios, personal administrativo, marketing –puede ser costo fijo, inversión o ambas-, otros sueldos. En el caso de los sueldos recordar que no sólo hay una diferencia entre el bruto y el neto sino que hay una diferencia entre lo que la empresa paga y el bruto. La relación final entre costo empresa y valor neto en mano para un empleado se puede aproximar a menudo con el valor 1.7)
* Determinación de costos variables (Bill of Materials, costo de empaquetado y transporte si corresponde. Para grandes volúmenes de producción, el tiempo de testeo o verificación de calidad del producto se considera un costo variable. Caso contrario se aproxima con el sueldo de un ingeniero de test que resulta un costo fijo).
* Flujo de caja, mostrando desde el período 0 (inversión) la evolución financiera del proyecto. Recordar incluir impuestos (IIBB, IGG, IVA, importación cuando corresponda)
* Indicadores de valuación de proyecto: pueden ser la VAN, la TIR o el PE, pero depende mayormente del tipo de proyecto. En cualquier caso, se deberá realizar un análisis financiero del proyecto, si no con estos indicadores, con otros que resulten convenientes.

## Factibilidad legal y responsabilidad civil (regulaciones y licencias)

Esta sección tiene tres partes:

* Responsabilidad civil: ¿qué forma legal se debería utilizar para poder vender el producto o servicio planteado en la factibilidad económica? ¿Una SRL, una SAS, una SA, etc? El objetivo es establecer el formato que conviene (implica plasmar las consecuencias de la elección en la factibilidad económica)
* Regulaciones: refiere a la búsqueda de todas las normativas que pudieren ser aplicables o cuando menos relevantes para consulta. Hay tres formas sencillas de encarar la búsqueda:
  + Página de IRAM (tiene un buscador relativamente sencillo de usar).
  + Buscar un referente del área o la industria que conozca del tema
  + Buscar un producto de la competencia, o que está relacionado/esté en la misma industria y buscar qué certificaciones tiene.
* Licencias: ¿es necesario pagar alguna licencia para operar el negocio, o para usar algún tipo de instrumental o certificar algo? No siempre son necesarias, pero debe ser considerado.

# Ingeniería de detalle (H3)

Detalles de forma a tener en cuenta:

Para cada gráfico de bloques, circuito o esquema modular planteado, deberá ser siempre posible encontrar claves contextuales para ubicarlo en un gráfico de mayor abstracción, como el diagrama modular o el de interfaces. Para eso hay ciertas prácticas que ayudan mucho

1. Nomenclatura de interfaces. Si se hace “zoom in” en un circuito, es importante que tanto en la imagen detallada como en la de mayor nivel se usen los nombres de las interfaces, permitiendo al lector encontrar cuál es la parte del sistema que se está agrandando. Cuidado: esto no implica escribir una variable relevante de señal ya que en algunos casos esto puede ser ambiguo y puede estar presente en muchos lados (ejemplo: 24V). En su lugar conviene utilizar nomencladores únicos (por ejemplo: “24Vin\_acqsys”)
2. Nomenclatura de módulo: aquellos módulos que aparezcan duplicados en ambos gráficos deberán tener su nombre escrito en ambos dos, idealmente en la misma ubicación del gráfico (ejemplo, parte superior central del bloque)

## Hardware

### Diagrama de bloques (hardware).

### Descripción detallada de cada bloque

### Detalles de selección y cálculo de los elementos circuitales de cada bloque

### Plan de pruebas de cada modulo

## Software

### Diagrama de estados y flujogramas

### Análisis de complejidad

### Descripción de subrutinas

### Listados comentados del código

### Plan de prueba de módulos y de depuración de Software

# Construcción del prototipo (H4)

## Definición de los módulos

## Diseño de los circuitos impresos

## Diseño mecánico

## Detalles de construcción y precauciones especiales de montaje

## Bill of Materials (BOM)

# Validación del prototipo (H4+)

## Estudios de confiabilidad de hardware y de software

El análisis de confiabilidad tiene como objetivo algo más que obtener números: un análisis de confiabilidad debe, incluir conclusiones sobre los datos obtenidos que evalúen la confiabilidad total del sistema. Deberá ser posible explicar cuáles son los puntos críticos del sistema, si se logra cumplir con los requerimientos planteados, o qué implicancias tienen los hallazgos en el marco de la factibilidad económica. Deberá recordarse que una confiabilidad alta implica mayor tiempo de vida del producto y menos impacto de garantías, repuestos, etc, mientras que una menor confiabilidad no sólo incrementa estos costos, sino que puede ser un punto de mejora a considerar aunque fuere en futuros diseños.

## Resultados

En esta sección se debe mostrar el resultado de las pruebas de validación y otras pruebas que puedan ser relevantes. Deberá ser claro para el lector lo que el resultado implica (es decir, si pasa el criterio de aceptación o no y por qué).

## Evaluación

### Evaluación de resultados técnicos

En esta sección se analizan los resultados: se compara lo obtenido contra lo esperado (no el criterio de aceptación sino el objetivo de diseño) y se analizan todos los resultados donde se pueda encontrar errores o posibilidades de mejora futura.

### Evaluación de la planificación

Se deberán plasmar los tiempos reales de las tareas planteadas en las subsecciones anteriores, y compararlo contra las proyecciones. Se espera un análisis del motivo de las diferencias: vacaciones no consideradas, tareas que resultaron más largas o cortas que lo esperado por revestir mayor complejidad, problemas desincronización en el equipo, demoras para alistar la validación, demoras de proveedores, etc: ¿qué no salió según lo previsto?

### Evaluación de la factibilidad financiera

Aquí se deberá considerar el resultado de los distintos análisis que influyen en la salud financiera del proyecto (confiabilidad, BOM, performance, etc) para hacer una reevaluación del análisis planteado durante las factibilidades. Es importante buscar las diferencias contra aquello planificado y hacer un análisis del origen de dichas diferencias

Consideraciones finales hacia el producto final

Los análisis de las secciones anteriores (sobre todo los aspectos ténicos) deberían marcar algunos aspectos que deberían tenerse en cuenta a la hora de implementar el producto final.

# Referencias (H1…4)

Esta sección no es de bibliografía sino de referencias. La diferencia radica en que la bibliografía es literatura de consulta general y puede no ser necesaria para rastrear un razonamiento o una fuente de información utilizada en el diseño, sino que sirve para ver metodologías utilizadas en la literatura para resolver algún problema, o si alguien deseara interiorizarse en alguna temática general tratada en el informe. Las referencias por otro lado son fuentes puntuales de información que ha sido utilizada en el informe. Por este motivo, toda referencia deberá estar **siempre citada en el texto**. Si fuese conveniente, podrían existir ambas secciones.

## LIBROS. (Autor. Título. Editorial. Fecha)

## REVISTAS. (Autor. Título. Nombre de la revista. Fecha-Volumen. Páginas)

## Notas de aplicación (incluir copia de las importantes)

# Anexos Técnicos(H1…4)

En esta sección del informe deben de presentarse todos los documentos que sean importantes para el seguimiento y entendimiento del proyecto.

## Esquemáticos

## Planos de PCB

## Listado de Partes y Componentes (*BOM*)

## Códigos de Software

## Hojas de Datos de Componentes

## Hojas de Aplicación, etc.

## Otra Documentación Técnica