

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES – ITBA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

# **TÍTULO DEL TRABAJO (TBD)**

**AUTORES:** Bualó, Santiago (Leg. N° 57557)

Martorell, Ariel Antonio (Leg. N° 56209)

Mestanza, Joaquín Matías (Leg. N° 58288)

Regueira, Marcelo Daniel (Leg. N° 58300)

**DOCENTES TITULARES:** Pingitore, Ricardo Alejandro

Orchessi, Walter

Ugarte, Alejandro

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

**BUENOS AIRES**

**SEGUNDO CUATRIMESTRE, 2020**

## Agradecimientos

TBD

# Índice

## Contenidos

Agradecimientos.....	3
Índice .....	4
Contenidos .....	4
Lista de Figuras.....	6
Lista de Tablas .....	6
Acrónimos y Definiciones .....	7
Resumen .....	8
1.    Introducción.....	9
1.1.    Antecedentes. ....	9
1.2.    Contexto del proyecto.....	9
2.    Objetivos.....	10
2.1.    Finalidad del Proyecto.....	10
2.2.    Planteamiento del Problema a Resolver .....	10
2.3.    Alcance .....	10
3.    Definición de Producto .....	11
3.1.    Requerimientos de Cliente.....	11
3.1.1.    Relevamiento de Datos .....	11
3.1.2.    Requerimientos finales para trazabilidad.....	11
3.2.    Diagrama Funcional de Interfaces.....	12
3.3.    Especificaciones de Diseño. ....	13
3.3.1.    Especificaciones Funcionales.....	13
3.3.2.    Especificaciones de Interfaz .....	14
3.3.3.    Especificaciones de Performance .....	16
3.3.4.    Especificaciones de Implementación .....	17
3.3.5.    Especificaciones de Servicio (RAMS) .....	17
4.    Plan de Validación.....	19
4.1.    Diseño de Bancos de Pruebas .....	19
4.2.    Especificaciones de Tests .....	20
4.3.    Diseño y Especificaciones de Simulaciones .....	22
4.4.    Matriz de Trazabilidad de Validación .....	22
4.5.    Plan de Verificación y Validación .....	22
5.    Análisis de Factibilidad.....	23
5.1.    Factibilidad tecnológica.....	23
5.1.1.    Esquema Modular .....	23
5.1.2.    Implementación de módulo <<X>> .....	23

5.1.2.1.	Alternativas de diseño.....	23
5.1.2.2.	Elección de una solución .....	23
5.1.3.	DFMEA.....	24
5.2.	Factibilidad de tiempos.....	25
5.2.1.	Planificación (PERT y simulación de Montecarlo) .....	25
5.2.2.	Programación (Gantt).....	25
5.3.	Factibilidad económica. (Mercado, costos, VAN, TIR, Punto de Equilibrio) .....	25
5.4.	Factibilidad legal y responsabilidad civil (regulaciones y licencias) .....	25
6.	Ingeniería de detalle .....	26
6.1.	Hardware.....	26
6.1.1.	Diagrama de bloques (hardware).....	26
6.1.2.	Descripción detallada de cada bloque.....	26
6.1.3.	Detalles de selección y cálculo de los elementos circuitales de cada bloque .....	26
6.1.4.	Plan de pruebas de cada modulo .....	26
6.2.	Software .....	26
6.2.1.	Diagrama de estados y flujogramas .....	26
6.2.2.	Análisis de complejidad .....	26
6.2.3.	Descripción de subrutinas .....	26
6.2.4.	Listados comentados del código .....	26
6.2.5.	Plan de prueba de módulos y de depuración de Software .....	26
7.	Construcción del prototipo .....	27
7.1.	Definición de los módulos .....	27
7.2.	Diseño de los circuitos impresos.....	27
7.3.	Diseño mecánico .....	27
7.4.	Detalles de construcción y precauciones especiales de montaje .....	27
7.5.	Bill of Materials (BOM).....	27
8.	Validación del prototipo .....	28
8.1.	Estudios de confiabilidad de hardware y de software .....	28
8.2.	Resultados.....	28
8.3.	Evaluación .....	28
8.3.1.	Evaluación de resultados técnicos.....	28
8.3.2.	Evaluación de la planificación.....	28
8.3.1.	Evaluación de la factibilidad financiera .....	28
9.	Referencias .....	29
9.1.	LIBROS. (Autor. Título. Editorial. Fecha).....	29
9.2.	REVISTAS. (Autor. Título. Nombre de la revista. Fecha-Volumen. Páginas).....	29
9.3.	Notas de aplicación (incluir copia de las importantes) .....	29
10.	Anexos Técnicos .....	30

10.1.	Esquemáticos .....	30
10.2.	Planos de PCB.....	30
10.3.	Listado de Partes y Componentes ( <i>BOM</i> ) .....	30
10.4.	Códigos de Software .....	30
10.5.	Hojas de Datos de Componentes .....	30
10.6.	Hojas de Aplicación, etc. ....	30
10.7.	Otra Documentación Técnica .....	30

### Lista de Figuras

Figura 3-1: Diagrama Funcional de Interfaces .....	12
Figura 10-1: Especificaciones de comunicación del calibre .....	30

### Lista de Tablas

Tabla 3-1: Requerimientos .....	11
Tabla 3-2: Leyenda de uso en especificaciones .....	13
Tabla 3-3: Especificaciones Funcionales .....	13
Tabla 3-4: Especificaciones de Interfaz S-IN .....	14
Tabla 3-5: Especificaciones de Interfaz S-OUT.....	14
Tabla 3-8: Especificaciones de Performance .....	16
Tabla 3-9: Especificaciones de Operación .....	17
Tabla 3-11: Especificaciones de Compatibilidad Electromagnética.....	17
Tabla 3-13: Especificaciones de costos .....	17
Tabla 3-14: Especificaciones de Confiabilidad .....	18
Tabla 3-15: Especificaciones de Disponibilidad .....	18
Tabla 3-16: Especificaciones de Mantenibilidad.....	18
Tabla 3-17: Especificaciones de Seguridad .....	18
Tabla 4-1: Tests de Performance .....	21
Tabla 4-2: Matriz de Trazabilidad para Validación .....	22

## Acrónimos y Definiciones

Acrónimo	Descripción
AC	Corriente Alterna ( <i>Alternate Current</i> )
DC	Corriente Continua ( <i>Direct Current</i> )
EMC	Compatibilidad Electromagnética ( <i>ElectroMagnetic Compatibility</i> )
HW	<i>Hardware</i>
SW	<i>Software</i>
TBD	<i>To Be Determined</i>
TBC	<i>To Be Confirmed</i>
VAC	Volts de corriente alterna (AC)
VDC	Volts de corriente continua (DC)
POE	Alimentación a través de Ethernet ( <i>Power Over Ethernet</i> ) (ver definiciones)

Término	Definición
<b>Industria 4.0</b>	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 ( <i>Internet Of Things</i> ). Además, realiza simulaciones de planta para evaluar la toma de decisiones óptimas y descentralizadas.
<b>Power Over Ethernet</b>	Es un estándar de la IEEE que permite fusionar señales de potencia con señales de internet de datos. Se verá con mas detalle a lo largo del trabajo.

## Resumen

TBD



# 1. Introducción

## 1.1. Antecedentes.

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

## 1.2. Contexto del proyecto

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).
- - Cepo cambiario. La brecha cambiaria abarata algunos autos (ensamblados aca)
  - Baja en las exportaciones de automóviles
  - Caída en la producción de la industria automotriz, reducción en jornada laboral
- Cierre de fábricas autopartistas

## 2. Objetivos

### 2.1. Finalidad del Proyecto

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.

### 2.2. Planteamiento del Problema a Resolver

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.

### 2.3. Alcance

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.

## 3. Definición de Producto

### 3.1. Requerimientos de Cliente

#### 3.1.1. Relevamiento de Datos

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).

#### 3.1.2. 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	El producto deberá comunicarse con los calibres siguiendo el protocolo serie especificado por el fabricante (Mitutoyo)	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	El producto deberá cumplir con la norma <b>TBD</b> de compatibilidad electromagnética, dado que se ubicará en un ambiente industrial.	Tácito
REQ-10	El producto deberá cumplir con la norma IEC 60529, respecto al nivel de protección que debe tener el gabinete donde estará contenido, dado que se ubicará en un ambiente industrial. Se indicará con el grado de protección IP.	Tácito
REQ-11	El producto deberá contar con una salida USB Tipo A, con el fin de permitir al operario conectar la Tablet para recargar su batería. La conexión será únicamente para alimentación, y no para datos.	Cliente

Tabla 3-1: Requerimientos

### 3.2. Diagrama Funcional de Interfaces

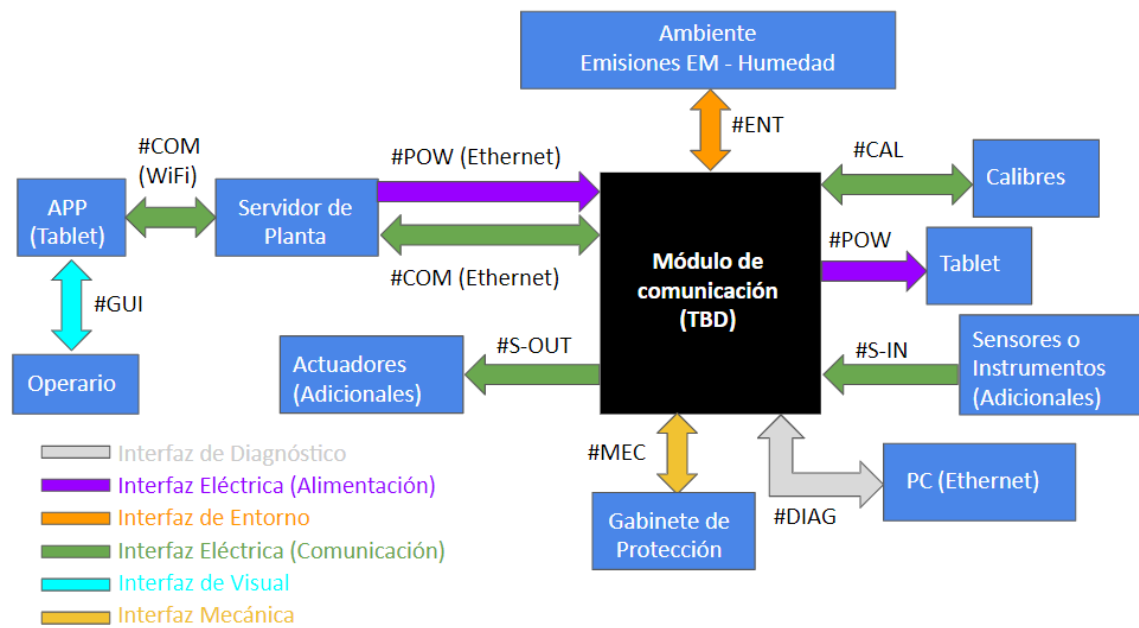


Figura 3-1: Diagrama Funcional de Interfaces

### 3.3. Especificaciones de Diseño.

#### 3.3.1. Especificaciones Funcionales

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	<p>Alimentación desde POE según estándar 802.3af:</p> <p>Consumo de potencia no mayor a 15W - 400mA (limitado por los cables, según el estándar básico)</p> <p>El producto debe utilizar cables 8PC8-RJ45 de 8 pines Modo B, categoría 3. (100BASE-TX) con un largo no mayor a 100 metros.</p> <p>El producto debe enviar por el cableado la alimentación y los datos por pines separados, utilizando los pares de repuesto.</p> <p>El rango de tensión que recibe el equipo debe estar entre 37V y 57V.</p> <p>La impedancia de entrada del equipo debe ser de entre 19K<math>\Omega</math> y 26.5 k<math>\Omega</math>.</p> <p>El dispositivo debe respetar la secuencia de arranque de POE contemplada en la norma 802.3 af.</p>	REQ-02	P, F I, D, T
FUN-POW-02	<p>El producto deberá contar con un conector USB Tipo A (5V – TBD mA), que permita al operario conectar su Tablet para recargar la batería si así lo requiere. Esta conexión será únicamente para alimentación, y no para datos.</p>	REQ-11	P, F D, T

Tabla 3-3: Especificaciones Funcionales

### 3.3.2. Especificaciones de Interfaz

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
INT-S-IN-01	<p>El producto deberá disponer de TBD entradas analógicas adicionales que trabajen con el estándar 4-20mA.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor seguridad (menor a 30 mA)</li> <li>Mayor inmunidad al ruido eléctrico e interferencias electromagnéticas</li> <li>Facilidad en detección de fallas</li> </ul>	REQ-08	<p>P, F</p> <p>I, D, T</p>

Tabla 3-4: Especificaciones de Interfaz S-IN

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
INT-S-OUT-01	<p>El producto deberá disponer de TBD salidas digitales de tipo 24VDC SINK.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Máximo 1A de corriente para cada salida</li> <li>Rango de tensión de alimentación entre 20.4 V a 26.4 V</li> </ul>	REQ-08	<p>P, F</p> <p>I, D, T</p>

Tabla 3-5: Especificaciones de Interfaz S-OUT

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación																		
INT-CAL-01	<p>El producto deberá comunicarse con los calibres siguiendo el protocolo serie especificado por el fabricante (Mitutoyo)</p> <p>La frecuencia de reloj para la sincronización posee un valor típico de 4.096KHz.</p> <p>Se adjuntan más detalles en la <i>sección 10.5, Figura 10-1</i>.</p>	REQ-03	P, F D, T																		
INT-CAL-02	<p>El producto deberá disponer de al menos 4 (cuatro) conjuntos de puertos de conexión, según indica la documentación del fabricante de los calibres:</p> <table><tr><th>Pin Nro.</th><th>Señal</th><th>I/O</th></tr><tr><td>1</td><td>GND</td><td>-</td></tr><tr><td>2</td><td>DATA</td><td>O</td></tr><tr><td>3</td><td>CK</td><td>O</td></tr><tr><td>4</td><td>N.C.</td><td>-</td></tr><tr><td>5</td><td>/REQ</td><td>I</td></tr></table> <p>De manera tal de poder conectar al menos 4 (cuatro) calibres.</p>	Pin Nro.	Señal	I/O	1	GND	-	2	DATA	O	3	CK	O	4	N.C.	-	5	/REQ	I	REQ-04	
Pin Nro.	Señal	I/O																			
1	GND	-																			
2	DATA	O																			
3	CK	O																			
4	N.C.	-																			
5	/REQ	I																			

Tabla 3-6: Especificaciones de Interfaz CAL

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
INT-COM-01	El producto deberá comunicarse con el servidor a través de una conexión a red local por Ethernet, mediante protocolo TCP-IP.	REQ-01, REQ-02, REQ-05, REQ-06	P, F D, T
INT-COM-02	La impedancia máxima proporcionada por los cables debe ser de 20 $\Omega$ .	REQ-02	P, F D, T
INT-COM-03	Debe poder recibir del servidor instrucciones para enviar mediciones de las entradas analógicas y configurar las salidas digitales a través del cable de Ethernet.	REQ-02	P, F D, T
INT-COM-04	Si un calibre está apagado y se solicita una medición de dicho calibre, deberá contemplar un TimeOut de 5 segundos y comunicar al servidor que el calibre está apagado.	REQ-06	P, F D, T
INT-COM-05	Si no hay una pieza presente, se transmitirá de todas maneras valor de medición nulo.	REQ-05	P, F D, T

*Tabla 3-7: Especificaciones de Interfaz COM*

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación						
INT-MEC-01	El equipo deberá tener un grado de protección <b>IP53</b> , que corresponde a:	REQ-10	P, F I, T						
	Nivel de protección contra elementos sólidos:								
	<table><tr><th>Nivel</th><th>Tamaño objeto entrante</th><th>Efectividad</th></tr><tr><td>5</td><td>Protección contra polvo</td><td>La entrada de polvo no puede evitarse, pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el correcto funcionamiento del equipo</td></tr></table>			Nivel	Tamaño objeto entrante	Efectividad	5	Protección contra polvo	La entrada de polvo no puede evitarse, pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el correcto funcionamiento del equipo
	Nivel			Tamaño objeto entrante	Efectividad				
	5			Protección contra polvo	La entrada de polvo no puede evitarse, pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el correcto funcionamiento del equipo				
	Nivel de protección contra elementos líquidos:								
<table><tr><th>Nivel</th><th>Protección frente a</th><th>Método de prueba</th><th>Resultados</th></tr><tr><td>3</td><td>Agua nebulizada (spray)</td><td>Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual</td><td>No debe entrar el agua nebulizada hasta en un ángulo de 60° a derecha e izquierda de la vertical, a un promedio de 11 litros por minuto, y a una presión de 80-100 kN/m<sup>2</sup> durante un tiempo no menor a 5 minutos</td></tr></table>	Nivel	Protección frente a	Método de prueba	Resultados	3	Agua nebulizada (spray)	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar el agua nebulizada hasta en un ángulo de 60° a derecha e izquierda de la vertical, a un promedio de 11 litros por minuto, y a una presión de 80-100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo no menor a 5 minutos	
Nivel	Protección frente a	Método de prueba	Resultados						
3	Agua nebulizada (spray)	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar el agua nebulizada hasta en un ángulo de 60° a derecha e izquierda de la vertical, a un promedio de 11 litros por minuto, y a una presión de 80-100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo no menor a 5 minutos						
De acuerdo con la norma IEC 60529.									

Tabla 3-8: Especificaciones de Interfaz MEC

### 3.3.3. Especificaciones de Performance

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
PER-POW-01	El equipo no deberá agregar nunca más de <b>TBD</b> nV/Hz de ruido eléctrico sobre la señal de entrada.	<b>TBD</b>	F S, T

Tabla 3-6: Especificaciones de Performance



### 3.3.4. Especificaciones de Implementación

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
IMP-OPE-01	El dispositivo deberá poder operar normalmente cuando la temperatura ambiente sea:  $0^{\circ}\text{C} < T_{\text{AMB}} < 40^{\circ}\text{C}$ (TBC)	(Entorno Industrial)	F D, T

Tabla 3-7: Especificaciones de Operación

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
IMP-EMC-01	El dispositivo deberá poder operar normalmente con inmunidad al ruido electromagnético de acuerdo a la norma IRAM 2491:  CEM = EMI + SEM. (Emisiones electromagnéticas y Susceptibilidad Electromagnética)  Norma IRAM 2491-1-1: Definición de la terminología básica relacionada a CEM.  Norma IRAM 2491-4-1 y 2491-4-2: Técnicas de medición y ensayo para garantizar los valores deseados de EMI y de descargas eléctricas.  Norma IRAM 2491-4-14: Norma para garantizar inmunidad electromagnética al equipo SEM.	REQ-09	F T

Tabla 3-8: Especificaciones de Compatibilidad Electromagnética

D	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
IMP-COS-01	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.	REQ-07	F D

Tabla 3-9: Especificaciones de costos

### 3.3.5. Especificaciones de Servicio (RAMS)

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
RAM-CON-01	TBD	TBC	TBD

*Tabla 3-10: Especificaciones de Confiabilidad*

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
RAM-DIS-01	TBD	TBC	TBD

*Tabla 3-11: Especificaciones de Disponibilidad*

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
RAM-MAN-01	TBD	TBC	P, F T

*Tabla 3-12: Especificaciones de Mantenibilidad*

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
RAM-SEG-01	La máxima temperatura que podrá tener la carcasa será de TBD	TBC	P, F D, S, T

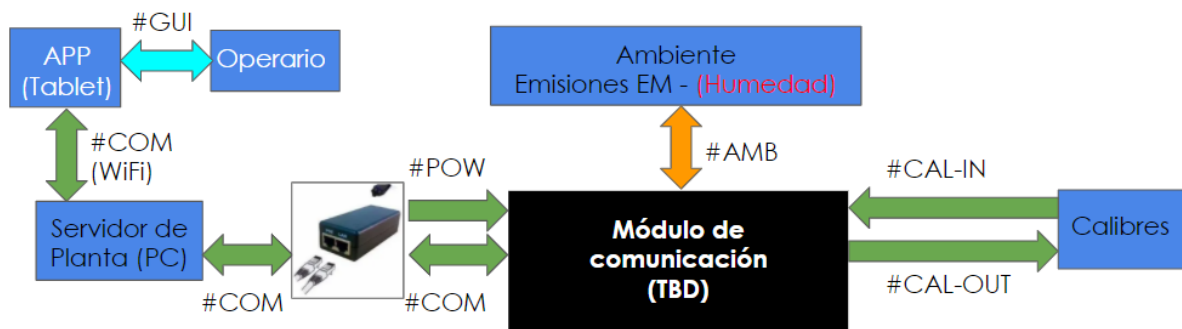
*Tabla 3-13: Especificaciones de Seguridad*

## 4. Plan de Validación

### 4.1. Diseño de Bancos de Pruebas

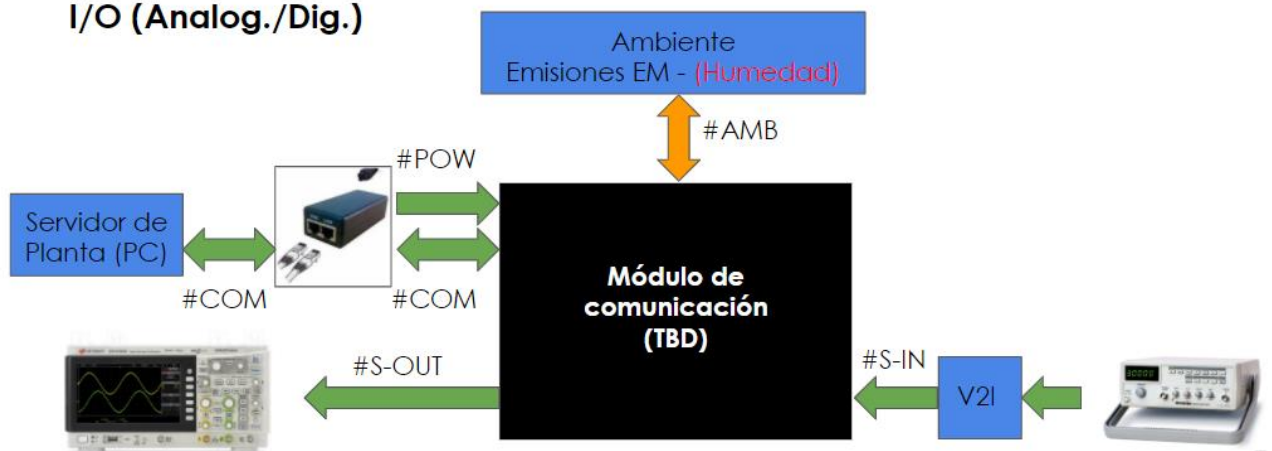
En el diseño de banco de pruebas se tuvo en cuenta dos grandes partes del proyecto. En primer lugar, la de sistema de comunicación con el servidor y el calibre y en segundo, la comunicación con el servidor y las entradas analógicas y salidas digitales. Por último, se contempló un banco de pruebas para ensayos de compatibilidad electromagnética en el producto final.

#### ❖ Banco de pruebas de comunicación con calibres



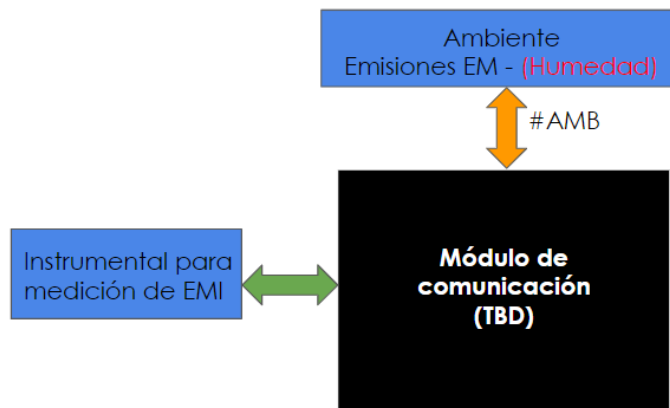
Banco de Pruebas 1

#### ❖ Banco de pruebas de I/O (Analog./Dig.)



Banco de Pruebas 2

## ❖ Banco de pruebas de EMI



Banco de Pruebas 3

### 4.2. Especificaciones de Tests

ID Aplicabilidad	Procedimiento	Criterio
<b>Procedimiento General:</b> para todas estas pruebas, se deberá conectar el DUT al banco de pruebas #1. 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 5ms, dado que la trama es de 13 datos y la señal de CLK es de 4096Hz. 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 5VDC (TBC). El trigger deberá estar puesto en automático y el nivel del trigger en 2.5VDC (TBC). 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. Escala de 1V/div. Salvo que el test así lo indique, no deberá haber ningún tipo de filtro salvo aquellos ya mencionados.		
T-PERF01 Proto, Final	1. Verificar que la PC, la alimentación, el calibre y el DUT estén encendidos y correctamente conectados. 2. Verificar que cuando se pide a través del servidor (en este caso, emulado por la PC) al DUT que el calibre transmita una medición, la misma llegue al DUT. En este caso si después de la solicitud, no hay respuesta luego de transcurridos 5 segundos es porque el calibre está apagado. 3. Frente a medidas patrón (TBD) verificar que lo que se mide con el calibre y aparece en la pantalla de este es igual a lo que recibe el DUT, y que aparecerá en la aplicación de la Tablet.	Correspondencia entre valores: de señal de datos de calibre y lo que se recibe en el módulo
T-PERF02 Proto, Final	1. Se procede a utilizar banco de pruebas #2 2. Se asume que la alimentación y la comunicación con el módulo a través de POE, ya se encuentra validado en el test T-PERF01, así como la correcta conexión de la PC. 3. Por medio del servidor proveer una configuración a la parte de entradas analógicas. 4. Luego se realiza la inyección a la entrada analógica por medio de un generador de señales y con la disposición de un convertor de tensión a corriente de forma tal de tener como entrada: en un caso el mínimo nivel de corriente (4mA), y en otro caso el nivel máximo (20mA).	En mínimo: (4+/-0.2) mA  En máximo: (20+/-0.5) mA

	5. Para verificar que se lee correctamente en cada entrada hay que ver que se corresponda lo que está en la entrada y lo que se envió al servidor con un cierto criterio de tolerancia sugerido por CPI S.A.	
T-PERF03 Proto, Final	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se procede a utilizar banco de pruebas #2</li> <li>2. Se asume que la alimentación y la comunicación con el módulo a través de POE, ya se encuentra validado en el test T-PERF01, así como la correcta conexión de la PC y demás.</li> <li>3. Efectuar medición con osciloscopio en cada una de las salidas digitales con la siguiente configuración establecida por el servidor: una de las salidas activa y el resto apagadas, y ver que se corresponda el estado de la salida con lo que se mide en el osciloscopio.</li> <li>4. Repetir el paso anterior, pero con todas las salidas activas.</li> </ol>	Tensión con salida activa: (0 – TBD) V  Tensión con salida apagada: (20.4 - 26.4) V
T-PERF04 Final	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Procedimiento a definir para medición de EMI (TBD)</li> </ol>	TBC

Tabla 4-1: Tests de Performance

4.3. Diseño y Especificaciones de Simulaciones

TBD

4.4. Matriz de Trazabilidad de Validación

Origen	REQ ID <i>Descripción corta</i>	ESP ID	TEST ID o Sección
TBD	TBD	TBC	TBC

Tabla 4-2: Matriz de Trazabilidad para Validación

4.5. Plan de Verificación y Validación

TBD

## 5. Análisis de Factibilidad

### 5.1. Factibilidad tecnológica

#### 5.1.1. Esquema Modular

#### 5.1.2. Implementación de módulo <<X>>

##### 5.1.2.1. Alternativas de diseño

##### 5.1.2.2. Elección de una solución

### 5.1.3. DFMEA



## 5.2. Factibilidad de tiempos.

5.2.1. Planificación (PERT y simulación de Montecarlo)

5.2.2. Programación (Gantt)

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

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

## 6. Ingeniería de detalle

### 6.1. Hardware

- 6.1.1. Diagrama de bloques (hardware).
- 6.1.2. Descripción detallada de cada bloque
- 6.1.3. Detalles de selección y cálculo de los elementos circuitales de cada bloque
- 6.1.4. Plan de pruebas de cada modulo

### 6.2. Software

- 6.2.1. Diagrama de estados y flujogramas
- 6.2.2. Análisis de complejidad
- 6.2.3. Descripción de subrutinas
- 6.2.4. Listados comentados del código
- 6.2.5. Plan de prueba de módulos y de depuración de Software

## 7. Construcción del prototipo

7.1. Definición de los módulos

7.2. Diseño de los circuitos impresos

7.3. Diseño mecánico

7.4. Detalles de construcción y precauciones especiales de montaje

7.5. Bill of Materials (BOM)

## 8. Validación del prototipo

8.1. Estudios de confiabilidad de hardware y de software

8.2. Resultados

8.3. Evaluación

8.3.1. Evaluación de resultados técnicos

8.3.2. Evaluación de la planificación

8.3.1. Evaluación de la factibilidad financiera

8.4. Consideraciones finales hacia el producto final

## 9. Referencias

### 9.1. LIBROS

### 9.2. REVISTAS

### 9.3. Notas de aplicación

### 9.4. Fuentes Online

Compatibilidad Electromagnética - IRAM [Online]. Available: <https://cie.gov.ar/web/images/Compatibilidad-Electromagnetica.pdf>

Normas IP ANSI [Online]. Available: <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/que-son-las-normas-ip>

Lazos de corriente 4-20mA [Online]. Available: [https://www.herramientasingenieria.com/onlinecalc/spa/4\\_20mA.html](https://www.herramientasingenieria.com/onlinecalc/spa/4_20mA.html)

CPI: ¿Por qué 4-20mA? [Online]. Available: <https://cpi.com.ar/notas/por-que-4-20-ma/>

Design in high power POE IEEE [Online]. Available: <https://www.digikey.com/es/articles/design-in-high-power-poe-ieee-8023bt-solutions>

IEEE Standard for Ethernet [Online]. Available: [https://es.qwe.wiki/wiki/Power\\_over\\_ethernet#Power\\_levels\\_available](https://es.qwe.wiki/wiki/Power_over_ethernet#Power_levels_available)

Módulo de salida drenador de 24 VCC de estado sólido Compact (Especificaciones de Salida) [Online]. Available:

[https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in056\\_-es-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in056_-es-p.pdf)

## 10. Anexos Técnicos

- 10.1. Esquemáticos
- 10.2. Planos de PCB
- 10.3. Listado de Partes y Componentes (BOM)
- 10.4. Códigos de Software
- 10.5. Hojas de Datos de Componentes

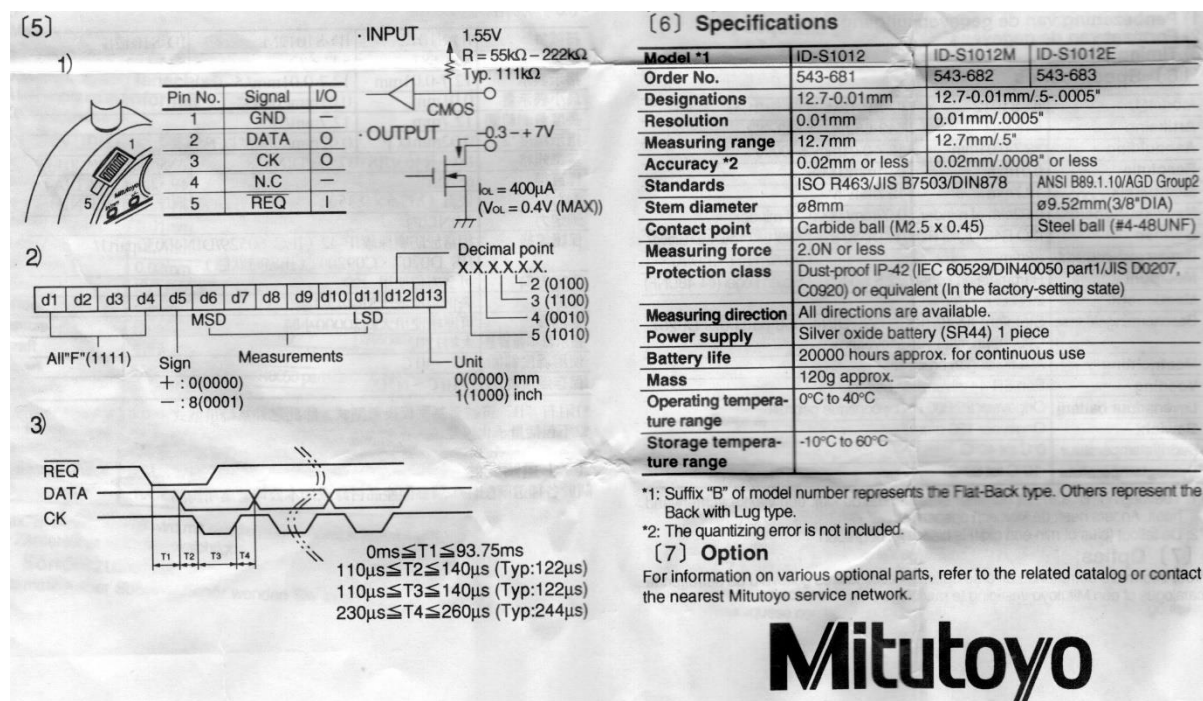


Figura 10-1: Especificaciones de comunicación del calibre

- 10.6. Hojas de Aplicación, etc.
- 10.7. Otra Documentación Técnica