

---

# **Documento de Especificaciones y Requisitos de Producto [DEP] para el desarrollo de productos mecatrónicos**

**Proyecto: Nivara Controls**  
Revisión 1.0

---

[30 de mayo 2025]



**Modelo de ingeniería  
NIVARA**

0.3  
Pág. 2



## Instrucciones para el uso de este formato

*Este formato es una plantilla tipo para documentos de requisitos de producto para su desarrollo.*

*Está basado y es conforme con el estándar IEEE Std 830-1998 y ha sido modificada para su uso en un ambiente de desarrollo mecatrónico simplificado.*

*El uso de este documento permite capturar la información relevante para desarrollar un producto o algunas de sus partes, sean electrónicas, mecánicas, de software y funcionales.*

*Las secciones que no se consideren aplicables al sistema descrito podrán de forma justificada indicarse como no aplicables (NA).*

*Notas:*

*Los textos en color azul son indicaciones que deben eliminarse y, en su caso, sustituirse por los contenidos descritos en cada apartado.*

*Los textos entre corchetes del tipo “[Inserte aquí el texto]” permiten la inclusión directa de texto con el color y estilo adecuado a la sección, al pulsar sobre ellos con el puntero del ratón.*

*Los títulos y subtítulos de cada apartado están definidos como estilos de MS Word, de forma que su numeración consecutiva se genera automáticamente según se trate de estilos “Titulo1, Titulo2 y Titulo3”.*

*La sangría de los textos dentro de cada apartado se genera automáticamente al pulsar Intro al final de la línea de título. (Estilos Normal indentado1, Normal indentado 2 y Normal indentado 3).*

*El índice del documento es una tabla de contenido que MS Word actualiza tomando como criterio los títulos del documento.*

*Una vez terminada su redacción debe indicarse a Word que actualice todo su contenido para reflejar el contenido definitivo.*

## Ficha del documento

Fecha	Revisión	Autor	Verificado dep. calidad.
30/5/2025		Alejandro Humberto Brazoban Estudiante de Energía Renovable del Instituto Tecnológico de las Américas	Alejandro Humberto Brazoban

Documento validado por las partes en fecha: [\[Fecha\]](#)

Por el cliente	Por la empresa suministradora
Carlos Antonio Pichardo Viuque	ITLA
Fdo. D./ Dña <a href="#">[Nombre]</a>	Fdo. D./Dña <a href="#">[Nombre]</a>



## Contenido

FICHA DEL DOCUMENTO	4
CONTENIDO	5
1 INTRODUCCIÓN	7
1.1 Propósito	7
1.2 Alcance	7
1.3 Personal involucrado	7
1.4 Definiciones, acrónimos y abreviaturas	8
1.5 Referencias	10
1.6 Resumen	10
2 DESCRIPCIÓN GENERAL	11
2.1 Perspectiva del producto	11
2.2 Funcionalidad del producto	12
2.3 Características de los usuarios	13
2.4 Restricciones	14
2.5 Suposiciones y dependencias	15
2.6 Evolución previsible del sistema	17
3 REQUISITOS ESPECÍFICOS	17
3.1 Requisitos comunes de los interfaces	17
3.1.1 Interfaces de usuario	¡Error! Marcador no definido.
3.1.2 Interfaces de hardware	¡Error! Marcador no definido.
3.1.3 Interfaces de software	¡Error! Marcador no definido.
3.1.4 Interfaces de comunicación	¡Error! Marcador no definido.
3.2 Requisitos funcionales	18
3.2.1 Requisito funcional 1	18
3.2.2 Requisito funcional 2	18
3.2.3 Requisito funcional 3	19
3.2.4 Requisito funcional n	19
3.3 Requisitos no funcionales	20
3.3.1 Requisitos de rendimiento	20
3.3.2 Seguridad	20
3.3.3 Fiabilidad	20



---

3.3.4	Disponibilidad	20
3.3.5	Mantenibilidad	21
3.3.6	Portabilidad	21
<b>3.4</b>	<b>Otros requisitos</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>APÉNDICES</b>	<b>21</b>



## 1 Introducción

El documento titulado "NIVARA Controls. Especificación de Requisitos de Producto" tiene como finalidad definir de forma precisa y ordenada los requisitos funcionales y no funcionales del sistema NIVARA Controls. Su desarrollo es clave para asegurar que todos los participantes en el proyecto —incluyendo usuarios, desarrolladores, personal de calidad y gestores del producto— compartan una comprensión común del sistema y puedan usarlo como referencia durante todo su ciclo de vida.

Esta especificación actúa como un acuerdo técnico entre las partes interesadas, ayudando a asegurar que los requisitos puedan ser rastreados, verificados y validados correctamente. Su propósito es reducir posibles interpretaciones erróneas, detectar dependencias y restricciones, y ofrecer una base técnica clara para la toma de decisiones.

El documento está dividido en secciones que abarcan tanto el panorama general como el detalle de cada requisito, incluyendo la funcionalidad esperada, características técnicas y condiciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema. También incorpora aspectos como supuestos, limitaciones, normativas aplicables y definiciones clave, con el objetivo de garantizar la uniformidad y comprensión del contenido por todos los involucrados.

En resumen, esta especificación es esencial para asegurar que el sistema NIVARA Controls cumpla con los objetivos del proyecto en términos de calidad, eficacia y adecuación a los requerimientos establecidos.

### 1.1 Propósito

Este documento tiene como objetivo describir en detalle los requisitos tanto funcionales como no funcionales del sistema NIVARA Controls. Se trata de una solución diseñada para gestionar, supervisar y controlar dispositivos y procesos en entornos industriales automatizados. El sistema integra componentes de hardware especializados, software de control y plataformas HMI (interfaz hombre-máquina), con el fin de asegurar un funcionamiento eficiente, la trazabilidad de la información y la seguridad en la operación de sistemas clave.

### 1.2 Alcance

Este documento trata sobre el diseño, la creación y la verificación de un sistema electrónico que se construirá utilizando una tarjeta de circuito impreso (PCB) de tipo comercial, destinada a ser utilizada en entornos industriales. El sistema contará con diversas entradas y salidas digitales y analógicas —como señales NPN, PNP, voltajes entre 0 y 32 V, 0 a 10 V, y señales de corriente de 4 a 20 mA—, además de comunicación mediante RS-485 y control de relés. Todas estas funciones estarán protegidas e independientes entre sí mediante optoacopladores y filtros apropiados. El proyecto incluye tanto el hardware como su conexión básica con un software de supervisión, pero no abarca el desarrollo de interfaces HMI personalizadas para los clientes.

---

¿Quieres que lo convierta en un resumen más técnico, u



### 1.3 Personal involucrado

Nombre	Alejandro Humberto Brazoban
Rol	Gerente de operaciones
Categoría profesional	Técnico Superior en Energía Renovable
Responsabilidades	Encargado de la supervisión y gestión de las operaciones
Información de contacto	brazoban1821@gmail.com
Aprobación	3

Nombre	Juana Massiel Cordero Arno
Rol	Implementación y dirección de funcionamiento.
Categoría profesional	Técnico en Energía Renovable
Responsabilidades	Dirección del proyecto y implementación final del mismos.
Información de contacto	809-423-5638
Aprobación	5

Nombre	Gabriel Medina Reyes
Rol	Diseño y programación electrónico
Categoría profesional	Técnico en Energía Renovable
Responsabilidades	Encargado del diseño de los modelos electrónicos y programación.
Información de contacto	809-878-5759
Aprobación	7

Nombre	Rubén Elías Zabala De Los Santos
Rol	Ensamble e investigación.
Categoría profesional	Técnico en Energía Renovable
Responsabilidades	Ensamble del proyecto e investigación del mismo.
Información de contacto	829-553-4407
Aprobación	9

### 1.4 Definiciones, acrónimos y abreviaturas

<b>Término / Acrónimo</b>	<b>Definición</b>
<b>NIVARA Controls</b>	Nombre del producto descrito en este documento, orientado a control industrial mediante una PCB con múltiples interfaces.





<b>PCB (Printed Circuit Board)</b>	Tarjeta de circuito impreso utilizada para interconectar electrónicamente componentes mediante pistas conductoras.
<b>I/O (Input/Output)</b>	Entradas y salidas de un sistema electrónico.
<b>NPN / PNP</b>	Tipos de configuración de transistores utilizados en señales digitales. NPN (conmutación negativa) y PNP (conmutación positiva).
<b>RS-485</b>	Estándar de comunicación serial diferencial utilizado en entornos industriales, adecuado para largas distancias y ambientes ruidosos.
<b>0–10 V / 4–20 mA</b>	Rango de señales analógicas estándar utilizadas en sensores y actuadores industriales.
<b>Digital</b>	Señal binaria que solo puede tener dos valores: alto (1) o bajo (0), usada para representar estados discretos (encendido/apagado).
<b>Analógica</b>	Señal continua que puede tomar un rango de valores, generalmente utilizada para representar magnitudes físicas como temperatura o presión.
<b>Optoacoplador</b>	Dispositivo que transmite señales eléctricas mediante luz para lograr aislamiento galvánico entre dos partes de un sistema.
<b>Relé</b>	Dispositivo electromecánico o de estado sólido que permite controlar el paso de corriente eléctrica en circuitos de potencia mediante una señal de control.
<b>Filtrado</b>	Técnica electrónica utilizada para eliminar ruido eléctrico de una señal, generalmente mediante componentes pasivos (resistencias, condensadores, inductores).
<b>Aislamiento galvánico</b>	Separación eléctrica entre distintas partes de un sistema para evitar interferencias, proteger contra sobrevoltajes o prevenir la circulación de corrientes no deseadas.
<b>Comunicación industrial</b>	Intercambio de datos entre dispositivos dentro de un entorno de automatización, mediante el protocolo como RS-485 con Modbus.



<b>Firmware</b>	Software embebido que se ejecuta directamente en un microcontrolador o microprocesador dentro de un sistema electrónico.
<b>Sistema embebido</b>	Computadora diseñada para realizar tareas específicas dentro de un sistema más grande, con recursos limitados.
<b>Proyecto</b>	Conjunto organizado de actividades técnicas, logísticas y administrativas orientadas a desarrollar un producto dentro de un tiempo, costo y calidad definidos.
<b>Especificación de requisitos</b>	Documento técnico que define con precisión lo que debe hacer un sistema, bajo qué condiciones y con qué limitaciones.
<b>Requisito funcional</b>	Descripción de una función o comportamiento específico que el sistema debe realizar.



<b>Requisito no funcional</b>	Característica del sistema que no se refiere a una función específica, como el rendimiento, fiabilidad o seguridad.
<b>Trazabilidad</b>	Capacidad de rastrear el origen y la evolución de cada requisito a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
<b>EMC (Electromagnetic Compatibility)</b>	Compatibilidad electromagnética; capacidad de un dispositivo para operar sin interferencias en su entorno.
<b>IEC / IEEE</b>	Organismos internacionales que definen estándares técnicos (International Electrotechnical Commission / Institute of Electrical and Electronics Engineers).

## 1.5 Referencias

Referencia	Titulo	Ruta	Fecha	Autor
Espressif	ESP-IDF	<a href="https://idf.espressif.com/">https://idf.espressif.com/</a>	18/1/2023	Espressif
FreeCAD	Your own 3D parametric modeler	<a href="https://www.freecad.org/">https://www.freecad.org/</a>	1/6/2024	LGPL License
JLC PCB	JLCPCB.COM	<a href="https://jlcpcb.com/">https://jlcpcb.com/</a>	1/6/2025	jlcpcb.com
Kicad	Kicad.org	<a href="https://easyeda.com/">https://easyeda.com/</a>	1/6/2024	Electronic Design Automation
VisualStudio	Microsoft	<a href="https://code.visualstudio.com/">https://code.visualstudio.com/</a>	1/6/2025	Microsoft
Solid Edge	Solid Edge Siemens	<a href="https://solidedge.siemens.com/en/">https://solidedge.siemens.com/en/</a>	1/6/2025	Siemens

## 1.6 Resumen .

Este documento está dividido en secciones que cubren todos los elementos necesarios para entender el alcance y desarrollo del proyecto. A continuación, se ofrece una visión general del contenido y la lógica que guía su estructura:

El documento presenta una descripción detallada del sistema **NIVARA Controls**, incluyendo sus interfaces, funcionalidades previstas, restricciones, supuestos del proceso de desarrollo y requisitos técnicos. Su propósito es servir como referencia para el diseño, implementación y validación del producto final, asegurando que se mantenga coherencia entre los objetivos del proyecto y lo que el cliente espera del sistema.

La estructura del documento sigue un orden lógico que va de lo más general a lo más específico. Comienza con una visión global del sistema, continúa con la definición detallada de requisitos, y termina con secciones técnicas más profundas. Este enfoque



facilita que distintos tipos de lectores —ya sean técnicos, gestores o encargados de validación— puedan entender y utilizar el documento según sus necesidades.

## 2 Descripción general

### 2.1 Perspectiva del producto

#### 2.1.1 Contexto general

El sistema **NIVARA Controls** es una plataforma de hardware embebido desarrollada para funcionar como un módulo de adquisición de datos, control y comunicación en entornos industriales automatizados. Su diseño se basa en una tarjeta de circuito impreso (PCB) compacta y resistente, pensada para facilitar la conexión entre sensores, actuadores y sistemas de monitoreo.

Este sistema actúa como un componente intermedio dentro de una arquitectura de control industrial, sirviendo de enlace entre los dispositivos de campo (nivel 0) y otros niveles superiores. Puede instalarse dentro de tableros eléctricos, gabinetes de automatización o paneles modulares, adaptándose con facilidad a distintas configuraciones industriales.

#### 2.1.2 Relación con otros sistemas

NIVARA Controls puede operar:

- Como nodo independiente, ejecutando funciones locales (lectura de sensores, control de actuadores, activación de relés).
- Como módulo esclavo dentro de una red RS-485, reportando datos o ejecutando órdenes desde un sistema maestro (PLC o SCADA).
- Integrado en un ecosistema de automatización, facilitando la recolección de datos analógicos/digitales y el control en tiempo real.

#### 2.1.3 Componentes clave del producto

El sistema está compuesto por las siguientes capas funcionales:

##### 1. Capa de entrada/salida digital

- Entradas digitales compatibles con sensores de tipo NPN y PNP.
- Salidas digitales tipo colector abierto o mediante drivers de potencia.
- Tensión de operación hasta 32 V, con protección contra inversión y sobrecarga.

##### 2. Capa de entrada/salida analógica

- Entradas analógicas: 0–10 V y 4–20 mA, con selección por jumper o software.
- Salidas analógicas: generadas mediante DAC controlado por microcontrolador.
- Protección ESD y filtrado para alta precisión.

##### 3. Capa de comunicación

- Puerto RS-485 aislado galvánicamente para comunicaciones industriales robustas.
- Capacidad de direccionamiento para múltiples nodos.
- Protocolo configurable (Modbus RTU u otro según el firmware).

##### 4. Capa de control

- Microcontrolador embebido para gestión de señales, temporización, control de lógicas internas y comunicación externa.
- Firmware actualizable.

##### 5. Capa de relés



- Salidas de relé con capacidad de conmutar cargas AC/DC, entre de 0 A a 5 A.
- Aisladas mediante optoacopladores.

#### **6. Aislamiento y protección**

- Aislamiento por optoacopladores entre entradas/salidas, comunicación y lógica interna.
- Protección contra cortocircuitos, transitorios y sobrevoltaje.
- Filtrado EMI y protección de señal en líneas sensibles.

#### **2.1.4 Ventajas competitivas**

- Modularidad: puede adaptarse a múltiples tipos de señales sin necesidad de rediseño.
- Aislamiento completo: asegura protección del sistema y confiabilidad en entornos ruidosos.
- Compatibilidad industrial: opera con niveles estándar de señal y comunicación.
- Facilidad de integración: diseñada para facilitar el montaje en gabinetes DIN o estructuras modulares.

#### **2.1.5 Interfaces del sistema**

- Conectores de terminal tipo tornillo o push-in para facilitar el cableado en campo.
- Indicadores LED para visualización rápida del estado.
- Puerto de programación/configuración, ajustes de firmware o calibraciones.

### **2.2 Funcionalidad del producto**

El sistema **NIVARA Controls** está diseñado como un módulo de interfaz y control industrial versátil, capaz de ejecutar funciones de **adquisición de datos, procesamiento local, control de salidas y comunicación**. A continuación, se detallan sus funcionalidades principales agrupadas por tipo:

#### **2.2.1 Funcionalidad de entradas digitales**

- **Lectura de señales discretas** desde sensores o dispositivos de campo con salidas NPN o PNP.
- Detección de estados lógicos (alto/bajo) hasta 32 VDC.
- Integración de **filtros anti-rebote por hardware y software** para entradas mecánicas (pulsadores, interruptores).

#### **2.2.2 Funcionalidad de salidas digitales**

- Activación de dispositivos como válvulas, contactores o lámparas mediante salidas digitales con capacidad de corriente adecuada.
- Soporte para modos de operación: ☐ **Encendido/apagado directo** ☐ **Pulsos temporizados** ☐ **Retención de estado**
- Protección contra sobrecorrientes y cortocircuitos.

#### **2.2.3 Funcionalidad de entradas analógicas**

- Adquisición de señales de sensores que entregan señales estándar de:
  - ☐ **0–10 VDC** (típico en sensores de posición, presión, nivel) ☐ **4–20 mA** (típico en sensores industriales con alimentación loop-powered)
- Conversión analógico-digital (ADC) de alta resolución.
- Calibración por software o firmware para linealización de señales y corrección de offset.

### 2.2.4 Funcionalidad de salidas analógicas

- Generación de señales de control para actuadores proporcionales o convertidores de frecuencia:
  - **0–10 VDC** (por DAC)
  - **4–20 mA** (por convertidor V/I)
  -

### 2.2.5 Comunicación industrial (RS-485)

- Implementación de **interfaz RS-485** para comunicación en red industrial multipunto.
- Compatible con protocolos como **Modbus RTU**, lo que permite:
  - Lectura de entradas y salidas en tiempo real.
  - Configuración remota de parámetros operativos.
  - Reporte de fallos o eventos internos.
- **Dirección de nodo configurable**, permitiendo múltiples unidades en el mismo bus.

### 2.2.6 Control local y lógica embebida

- **Procesamiento de señales internas** mediante microcontrolador.
- Lógica de control configurable (por firmware o parámetros preestablecidos).
- **Ejemplo de lógicas posibles:**
  - Activar relé si entrada digital activa y señal analógica > X.
  - Enviar trama Modbus al detectar evento.
  - Temporización o retardo de salidas.
- Posibilidad de funcionamiento autónomo sin necesidad de PLC externo en aplicaciones simples.

### 2.2.7 Activación de relés

- Salidas de relé controladas digitalmente desde la lógica interna.
- Capacidad de conmutación de cargas de potencia media (AC o DC).
- Aisladas para evitar interferencias o daños en la lógica del sistema.

### 2.2.8 Funcionalidad de diagnóstico

- **Indicadores LED** (entrada/salida, error, comunicación) para facilitar el diagnóstico en campo.
- Monitoreo de variables internas: temperatura, alimentación, fallos de comunicación.
- Posible integración futura de watchdog interno y alertas automáticas.

### 2.2.9 Protección e integridad del sistema

- Aislamiento galvánico entre etapas sensibles (alimentación, señales, comunicación).
- **Filtrado de señales** para garantizar precisión en entornos industriales con ruido eléctrico.

## 2.3 Características de los usuarios

Tipo de usuario	<b>Ingeniero de automatización</b>
Formación	Ingeniería electrónica, mecatrónica o control industrial
Habilidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño de arquitecturas de control</li> <li>- Programación de PLC</li> <li>- Lectura de planos eléctricos y datasheet</li> </ul>



Actividades	<ul style="list-style-type: none"><li>- Integrar el PCB en sistemas existentes</li><li>- Configurar señales de entrada/salida</li><li>- Supervisar instalación</li></ul>
-------------	--

Tipo de usuario	<b>Técnico electricista</b>
Formación	Técnico en electricidad, electrónica o instrumentación industrial
Habilidades	<ul style="list-style-type: none"><li>-Cableado de tableros</li><li>-Uso de herramientas de medición</li><li>- Lectura básica de esquemas</li></ul>
Actividades	<ul style="list-style-type: none"><li>- Conectar físicamente el sistema</li><li>- Realizar pruebas de continuidad y funcionalidad</li></ul>

Tipo de usuario	<b>Integrador de sistemas</b>
Formación	Ingeniería o técnico en integración de hardware y software industrial
Habilidades	<ul style="list-style-type: none"><li>- Conocimiento de comunicación industrial</li><li>- Configuración de redes RS-485</li><li>- Compatibilización de sistemas</li></ul>
Actividades	<ul style="list-style-type: none"><li>- Configurar la red de comunicación</li><li>- Vincular el dispositivo con PLC, SCADA u otros nodos</li></ul>

Tipo de usuario	<b>Personal de mantenimiento</b>
Formación	Técnico en mantenimiento eléctrico/electrónico o similar
Habilidades	<ul style="list-style-type: none"><li>- Diagnóstico de fallos</li><li>- Reemplazo de componentes</li><li>- Uso de herramientas de prueba</li></ul>
Actividades	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar el estado del sistema</li><li>- Sustituir módulos dañados</li><li>- Realizar mantenimiento preventivo</li></ul>

## 2.4 Restricciones

Las siguientes restricciones deben ser consideradas durante el diseño, fabricación, instalación y operación del sistema **NIVARA Controls**. Estas limitaciones responden tanto a requerimientos técnicos como a normativas industriales, condiciones de operación y decisiones de diseño.



### 2.4.1 Restricciones técnicas

- **Rango de alimentación limitado:** El dispositivo debe operar con una fuente de alimentación estable entre **12 VDC y 24 VDC**.
- **Número fijo de canales:** La cantidad de entradas y salidas (digitales y analógicas) estará definida en el hardware sin posibilidad de ampliación directa sin rediseño físico.
- **Compatibilidad de señal fija:** Las entradas analógicas y digitales están diseñadas para rangos estándar (0–10 V, 4–20 mA, 0–32 V). Señales fuera de estos márgenes requieren acondicionamiento externo.

### 2.4.2 Restricciones físicas

- **Dimensiones del PCB:** Limitadas por requisitos de montaje en riel DIN o gabinetes industriales estándar (e.g., 10×15 cm aprox.).
- **Ubicación de conectores y LEDs:** Determinada por normativas de ergonomía industrial para facilitar instalación y diagnóstico.

### 2.4.3 Restricciones de aislamiento

- Cada etapa funcional (entradas, salidas, comunicación, control) debe contar con **aislamiento galvánico**, lo cual impone limitaciones de diseño en cuanto a disposición de planos de tierra, pistas y componentes optoacoplados.

### 2.4.4 Restricciones normativas

- El sistema debe cumplir con estándares aplicables a sistemas de control industrial, tales como:
  - **IEC 61131** (controladores programables) ○ **IEC 61010** (seguridad eléctrica)
  - **EMC** (compatibilidad electromagnética según EN 61000)
- Cumplimiento con normas **RoHS** y/o **REACH** para la fabricación sin sustancias restringidas.

### 2.4.5 Restricciones de comunicación

- El protocolo de comunicación principal es **Modbus RTU sobre RS-485**. No se contemplan en esta versión protocolos adicionales como Ethernet/IP, CANopen o Profinet.
- El sistema funciona como **esclavo** en la red, por lo que depende de un maestro para iniciar las transacciones.

### 2.4.6 Restricciones operativas

- El sistema está diseñado para funcionar en ambientes industriales **no extremos**, con los siguientes límites:
  - Temperatura: **–10 °C a 60 °C**
  - Humedad relativa: **20 %–80 % sin condensación**
  - Sin exposición directa a polvo conductivo, agua o ambientes explosivos sin protección adicional.





### 2.4.7 Restricciones de mantenimiento

- No se contempla acceso interno por parte del usuario. El mantenimiento está limitado a:
  - Revisión de conexiones.
  - Sustitución del módulo completo en caso de fallo.
  - Actualización de firmware por puerto de servicio.

## 2.5 Suposiciones y dependencias

Durante el diseño, desarrollo, implementación y operación del sistema **NIVARA Controls**, se consideran las siguientes **suposiciones** (condiciones asumidas como ciertas sin garantía formal) y **dependencias** (factores externos de los que depende el correcto funcionamiento del sistema):

### 2.5.1 Suposiciones técnicas

- Se asume que los dispositivos conectados a las **entradas digitales** (sensores NPN o PNP) **cumplen con los estándares industriales de señalización** y respetan los niveles de voltaje compatibles con el sistema (0–32 VDC).
- Se asume que los **sensores analógicos** conectados entregan señales dentro del rango especificado (0–10 V o 4–20 mA) y no requieren alimentación desde el módulo.
- Se presupone que el entorno operativo no excederá las condiciones climáticas normales para gabinetes industriales (temperatura, humedad, interferencias).
- Se asume que los dispositivos de campo están **correctamente aterrizados** y el sistema se encuentra instalado con la debida protección contra sobretensiones (e.g., varistores, protección en tablero).

### 2.5.2 Suposiciones de uso

- El sistema será instalado, configurado y operado por **personal calificado**, con conocimientos técnicos en electricidad, automatización o electrónica.
- Se asume que la red RS-485 estará correctamente terminada (resistencias de 120  $\Omega$ ) y cableada conforme a buenas prácticas de instalación.
- Se presupone que la configuración de dirección de nodo, velocidad de comunicación y demás parámetros se realizará correctamente antes de la puesta en marcha.
- Se asume que las **actualizaciones de firmware** serán aplicadas únicamente por personal autorizado y que no se manipulará el código fuente sin los debidos controles.

### 2.5.3 Dependencias de hardware

- El sistema depende de una **fuentes de alimentación regulada y estable**, con capacidad suficiente para alimentar todos los módulos conectados (normalmente 12–24 VDC).
- Requiere el uso de **elementos de protección externa**, como fusibles, interruptores o supresores de transientes, para operar con seguridad en ambientes industriales.
- Depende del uso de **conectores adecuados y cables industriales blindados** para mantener la inmunidad al ruido.

### 2.5.4 Dependencias de software y comunicación

- La comunicación depende de que el **maestro RS-485 (PLC o SCADA)** esté correctamente configurado con el protocolo y parámetros esperados (e.g., velocidad, paridad, timeout).
- El sistema requiere software de terceros (como SCADA, PLC o HMI) que permita interpretar las tramas Modbus para monitoreo o control.

- La lógica interna del módulo depende de configuraciones establecidas en el firmware. Cualquier modificación requiere reprogramación del microcontrolador.

### 2.5.5 Dependencias normativas y de certificación

- El producto debe ser validado según las normas de seguridad eléctrica, compatibilidad electromagnética y directivas ambientales aplicables para su comercialización e instalación.
- Cualquier cambio en normativas podría requerir rediseño parcial del hardware o documentación complementaria.

## 2.6 Evolución previsible del sistema

El sistema **NIVARA Controls** ha sido diseñado con una arquitectura modular y escalable que permite su evolución futura. Se espera que el producto siga las siguientes líneas de desarrollo:

- **Ampliación de interfaces de comunicación:** Incorporación de protocolos como **Ethernet/IP, Modbus TCP, CANopen o MQTT**.
- **Actualización del firmware:** Inclusión de lógica programable por el usuario (tipo bloques lógicos o scripting).
- **Integración de interfaz HMI local:** Pantalla táctil o interfaz web para configuración y monitoreo directo.
- **Mejora en capacidades de autodiagnóstico:** Detección automática de fallos, alertas y registro de eventos.
- **Versión para entornos extremos:** Diseño con protección IP65 para aplicaciones exteriores o condiciones severas.

Estas evoluciones dependerán de la demanda del mercado, la retroalimentación de usuarios y los avances tecnológicos en hardware y normativas.

## 3 Requisitos específicos

### 3.1 Requisitos comunes de las interfaces

Las interfaces del sistema **NIVARA Controls**, tanto físicas como lógicas, deben cumplir con una serie de requisitos generales para asegurar la **fiabilidad, seguridad, compatibilidad e integración sencilla** en entornos industriales. A continuación se detallan los aspectos clave que deben respetarse en todas las interfaces, independientemente de su tipo.

- **Aislamiento galvánico**  
Todas las interfaces del sistema deben contar con aislamiento galvánico entre las señales de campo y la lógica interna. Este aislamiento se debe implementar mediante **optoacopladores, transformadores o circuitos de aislamiento dedicados**, con un nivel mínimo de aislamiento de **1500 V**, para proteger al sistema de transientes eléctricos, lazos de tierra o interferencias entre módulos.
- **Compatibilidad con estándares industriales**  
Las señales manejadas por el sistema deben ajustarse a los estándares de automatización industrial. Esto incluye:
  - Entradas digitales compatibles con niveles de 12–24–32 VDC (para sensores NPN y PNP).
  - Entradas y salidas analógicas normalizadas a 0–10 V o 4–20 mA.
  - Comunicación bajo el protocolo **Modbus RTU** sobre una red **RS-485**.

Estas especificaciones aseguran la interoperabilidad con sensores, actuadores, PLCs y SCADAs ampliamente utilizados en la industria.

- **Protección eléctrica**  
Todas las entradas y salidas deben incorporar medidas de protección contra:
  - Sobretensiones y picos de voltaje.
  - Inversión de polaridad en conexiones.
  - Corrientes excesivas o cortocircuitos.
 Estas protecciones pueden incluir **diodos de protección, resistencias limitadoras, varistores y fusibles rearmables** según el tipo de interfaz.
- **Filtrado y desacoplo**  
Es obligatorio el uso de **filtros pasivos** (RC o LC) y **condensadores de desacoplo** en las líneas de señal y alimentación, especialmente en las entradas analógicas y digitales, para minimizar los efectos de ruido electromagnético (EMI) y garantizar la estabilidad del sistema en ambientes industriales ruidosos.
- **Facilidad de conexión**  
Las interfaces deben utilizar **conectores industriales** adecuados, como borneras de tornillo o conectores tipo euroblock, que permitan un cableado firme, accesible y mantenible. Se debe priorizar el diseño de conexiones simples, con fácil identificación visual y física.
- **Identificación e interfaz visual**  
Cada interfaz debe estar **correctamente etiquetada** mediante serigrafía en el PCB o marcadores físicos. Además, deben incorporarse **indicadores LED** para señalar el estado de entradas, salidas y comunicación, lo que facilita el diagnóstico en campo sin necesidad de herramientas adicionales.
- **Interoperabilidad y flexibilidad**  
El sistema debe estar diseñado para funcionar sin problemas con equipos de diferentes marcas y plataformas. No debe requerir software o hardware propietario para su configuración o integración en una red de control industrial estándar.
- **Documentación clara y detallada**  
Toda interfaz debe estar acompañada de documentación técnica completa, que incluya:
  - Diagramas de conexión.
  - Especificaciones eléctricas exactas.
  - Ejemplos de aplicación.
  - Recomendaciones de instalación.
 Esta información es fundamental para garantizar una integración correcta y evitar errores durante la instalación y operación.

## 3.2 Requisitos funcionales

### 3.2.1 Requisito funcional 1

Número de requisito	RF 01
Nombre de requisito	Lectura de entradas digitales NPN y PNP
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Requisito del sistema
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/Opcional

**Descripción:** El sistema deberá ser capaz de detectar y registrar señales digitales provenientes de sensores industriales con salidas tipo NPN (colector abierto) y PNP (emisor abierto), dentro del rango de tensión de 0–32 VDC. La lógica de lectura debe poder configurarse para adaptarse al tipo de señal esperado por canal.

### 3.2.2 Requisito funcional 2

Número de requisito	RF 02
Nombre de requisito	Activación de salidas digitales NPN y PNP
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Requisito del sistema
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eseñcial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

**Descripción:** El sistema deberá incluir salidas digitales configurables para activar actuadores mediante señal NPN (puesta a tierra) o PNP (positivo), según necesidad del entorno. Las salidas deben soportar carga de mínimo 200 mA por canal, protegidas contra sobrecorriente y sobrettemperatura..

### 3.2.3 Requisito funcional 3

Número de requisito	RF 03
Nombre de requisito	Lectura de entradas analógicas 0–10 V y 4–20 mA
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Requisito del sistema
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eseñcial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

**Descripción:** El sistema debe tener la capacidad de leer señales analógicas de tipo voltaje (0–10 V) y corriente (4–20 mA) provenientes de sensores industriales. Cada canal analógico debe poder configurarse individualmente según el tipo de señal y contar con conversión ADC de mínimo 12 bits de resolución.

### 3.2.4 Requisito funcional 4

Número de requisito	RF 04
Nombre de requisito	Generación de salidas analógicas 0–10 V
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Requisito del sistema
Prioridad del requisito	<input type="checkbox"/> Alta/Eseñcial <input checked="" type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

**Descripción:** El sistema podrá generar señales analógicas de voltaje de 0–10 V para controlar variadores de frecuencia, actuadores proporcionales u otros dispositivos. Estas salidas deberán tener una resolución mínima de 10 bits y permitir calibración por software.

### 3.2.1 Requisito funcional 5

Número de requisito	RF 05
Nombre de requisito	Comunicación vía RS-485 con protocolo Modbus RTU
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Requisito del sistema
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eseñcial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

**Descripción:** El sistema deberá poder comunicarse a través de la interfaz RS-485 utilizando el protocolo estándar Modbus RTU, funcionando como esclavo, con soporte para configuración de dirección de nodo, baud rate, paridad y control de errores.

### 3.2.1 Requisito funcional 6

Número de requisito	RF 06
Nombre de requisito	Activación de relé aislado
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Requisito del sistema
Prioridad del requisito	<input type="checkbox"/> Alta/Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

**Descripción:** El sistema deberá contar con al menos una salida de relé con contactos secos, aislados galvánicamente, capaces de manejar 250 VAC o 30 VDC a 5 A, para aplicaciones de control directo de dispositivos eléctricos de mayor carga.

### 3.2.1 Requisito funcional 7

Número de requisito	RF 07
Nombre de requisito	Aislamiento entre etapas de señal
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Requisito del sistema
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

**Descripción:** Todas las etapas del sistema (digitales, analógicas y de comunicación) deben estar aisladas entre sí mediante optoacopladores u otros medios de aislamiento galvánico, para evitar interferencias cruzadas, ruidos o daños por fallos en campo.

## 3.3 Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales definen las condiciones bajo las cuales el sistema **NIVARA Controls** debe operar para garantizar un desempeño confiable, seguro y mantenible.

### 3.3.1 Requisitos de rendimiento

- El sistema debe ser capaz de escanear todas sus entradas y actualizar salidas al menos cada 50 ms.
- Las conversiones analógicas deben tener una latencia máxima de 100 ms.

### 3.3.2 Seguridad

- El sistema debe incorporar protección contra cortocircuitos, sobretensión y polaridad inversa.
- Se debe evitar cualquier posible condición que ponga en riesgo la integridad del operador o del equipo conectado.

### 3.3.3 Fiabilidad

- MTBF (tiempo medio entre fallos) mínimo estimado: 30,000 horas.
- Los componentes seleccionados deben tener certificaciones industriales o equivalentes (ej. UL, CE).

### 3.3.4 Disponibilidad

- El sistema debe funcionar de forma continua, 24/7, sin necesidad de reinicios periódicos.
- En caso de corte de energía, debe iniciar automáticamente en el último estado operativo conocido.

### 3.3.5 Mantenibilidad

- La tarjeta debe permitir reemplazo rápido sin necesidad de herramientas especializadas.
- Las conexiones y puntos de prueba deben estar claramente identificados.

### 3.3.6 Portabilidad

- El sistema debe poder instalarse en distintos gabinetes o entornos con mínimas adaptaciones.
- Debe ser compatible con sistemas de automatización de terceros (PLCs, SCADAs, etc.).

## 3.4 Otros requisitos

### 3.4.1 Requisitos legales

- El diseño y fabricación del sistema debe cumplir con normativas internacionales aplicables, tales como:
  - **Directiva EMC 2014/30/EU** (Compatibilidad electromagnética) ○  
**Directiva de Baja Tensión 2014/35/EU**
  - **RoHS 3 (2015/863/EU)**: Restricción de sustancias peligrosas
- Debe cumplir con las normas **IEC 61010-1** (seguridad eléctrica en equipos de medición y control industrial).
- La documentación técnica deberá incluir advertencias de seguridad, símbolos normalizados y manual de uso conforme a lo exigido por normativas CE.

### 3.4.2 Requisitos culturales

- La documentación (manuales, etiquetas, software) deberá estar disponible como mínimo en **español e inglés** para facilitar su adopción en mercados de habla hispana e internacional.



- El uso de símbolos, colores e iconografía en la interfaz debe seguir convenciones internacionales aceptadas en entornos industriales (por ejemplo: rojo = falla, verde = activo).

### **3.4.3 Otros requisitos**

- El diseño del PCB debe ser compatible con procesos de manufactura industrial: pick and place, soldadura por ola, pruebas ICT.
- El encapsulado del sistema debe considerar dimensiones estándar para montaje en **carril DIN** o en gabinetes eléctricos.
- El sistema debe estar preparado para ser actualizado mediante firmware local (vía puerto de comunicación) sin requerir hardware adicional.
- Toda la trazabilidad del hardware debe estar documentada (revisión de PCB, número de serie, versión de firmware).

## **4 Apéndices**

**Esquemas de conexión del sistema:** Diagramas que ilustran cómo el dispensador de medicamentos se conecta con el ESP32, la aplicación móvil y otros dispositivos (smartwatch, sensores, etc.)