
Especificación de requisitos de software

Proyecto: [Nombre del proyecto]

Revisión [99.99]

[Mes de año]

Instrucciones de el formato

Este documento sirve como plantilla base para la elaboración de especificaciones de requisitos de software, conforme al estándar IEEE Std 830-1998.

Las secciones que no apliquen al sistema descrito podrán marcarse como No Aplicables (N/A), siempre que se justifique dicha exclusión.

Indicaciones de uso:

Los textos resaltados en azul son orientaciones o instrucciones que deben eliminarse y reemplazarse por el contenido correspondiente a cada apartado.

Los fragmentos entre corchetes, del tipo “[Inserte aquí el texto]”, están diseñados para facilitar la redacción directa del documento, manteniendo el formato y estilo establecidos.

Los títulos y subtítulos de cada sección utilizan los estilos predefinidos de Microsoft Word (“Título 1”, “Título 2”, “Título 3”), lo que permite la numeración automática de los apartados.

La sangría del texto se aplica automáticamente al presionar Enter después de un título, según los estilos “Normal indentado 1”, “Normal indentado 2” o “Normal indentado 3”.

El índice general se genera mediante una tabla de contenido automática, que Word actualiza según los títulos presentes en el documento.

Al finalizar la redacción, se debe actualizar el índice para reflejar el contenido final del documento.

De la plantilla de formato del documento © & Coloriuris <http://www.qualitatis.org>

Ficha del documento

Fecha	Revisión	Autor	Verificado dep. calidad.
19/9/2025	1	Joel Eliu Guerrero	Carlos Pichardo - Director de Proyecto

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

Por el cliente	Por la empresa suministradora
Carlos Pichardo (director del proyecto)	Equipo de Estudiantes (Proyecto PLC4uni).

Contenido

FICHA DEL DOCUMENTO	5
CONTENIDO	6
INTRODUCCIÓN	8
Propósito	8
Alcance	8
Personal involucrado	9
Definiciones, acrónimos y abreviaturas	10
Referencias	12
Resumen	13
DESCRIPCIÓN GENERAL	13
Perspectiva del producto	13
Funcionalidad del producto	13
Características de los usuarios	14
Restricciones	15
Suposiciones y dependencias	15
Evolución previsible del sistema	17
REQUISITOS ESPECÍFICOS	18
Requisitos comunes de los interfaces	18
Interfaces de usuario	18
Interfaces de hardware	20
Interfaces de software	20
Interfaces de comunicación	21
Requisitos funcionales	22
Requisito funcional 1	22
Requisito funcional 2	23
Requisito funcional 3	24

Requisito funcional n	Error! Bookmark not defined.
Requisitos no funcionales	25
Requisitos de rendimiento	25
Seguridad	25
Fiabilidad	Error! Bookmark not defined.
Disponibilidad	26
Mantenibilidad	27
Portabilidad	29
Otros requisitos	29
APÉNDICES	30

1 Introducción

El presente documento corresponde a la Especificación de Requisitos de Software (SRS) del proyecto PLC4Units, un Controlador Lógico Programable (PLC) desarrollado con fines académicos. Su propósito es ofrecer una herramienta didáctica, económica y funcional, que facilite la enseñanza y práctica de conceptos de automatización y control industrial en entornos educativos, reduciendo los costos asociados a los equipos comerciales.

Este documento presenta, de forma estructurada, los objetivos, alcance, definiciones, referencias y requisitos que conforman el sistema, estableciendo una base técnica y metodológica para su diseño, desarrollo, validación y mantenimiento.

Asimismo, el SRS tiene como finalidad servir de guía de referencia para el equipo de desarrollo, docentes, instituciones y demás partes interesadas, asegurando una comprensión común de las características funcionales, restricciones y dependencias del sistema.

Objetivo:

El objetivo de este proyecto es el diseño y desarrollo del PLC4Units, un Controlador Lógico Programable (PLC) con fines educativos. Este sistema busca reducir la brecha en la formación práctica dentro del ámbito de la automatización, ofreciendo una alternativa accesible y funcional que permita a estudiantes e instituciones educativas realizar ejercicios y proyectos de control industrial sin depender de equipos comerciales de alto costo.

El PLC4Units pretende satisfacer las necesidades básicas de aprendizaje técnico en programación, control y automatización, constituyéndose como una herramienta didáctica integral para la enseñanza de sistemas automatizados.

Propósito

El propósito del PLC4Units es ofrecer una herramienta educativa integral orientada a la enseñanza de los principios de la automatización y el control industrial. El sistema busca replicar las funciones esenciales de un PLC comercial, permitiendo el manejo de entradas y salidas digitales y analógicas, la programación mediante lenguajes estándar y la simulación

de procesos básicos, todo dentro de un entorno didáctico, accesible y de bajo costo.

El alcance del proyecto abarca el desarrollo de un producto que facilite el aprendizaje práctico y el fortalecimiento de competencias técnicas en estudiantes y docentes del área de ingeniería, electrónica y mecatrónica.

La audiencia principal de este sistema incluye:

Estudiantes de carreras técnicas y universitarias relacionadas con la automatización y control.

Docentes que deseen implementar prácticas experimentales en el aula.

Instituciones educativas interesadas en disponer de un equipo asequible para la enseñanza de sistemas PLC.

Entusiastas o aficionados a la electrónica y automatización que deseen ampliar sus conocimientos prácticos.

Alcance

- **Propósito del Documento**

El presente documento tiene como propósito **definir de forma clara, precisa y estructurada los requisitos del sistema** necesarios para el desarrollo del **PLC4Units, un Controlador Lógico Programable (PLC)** con fines educativos. Sirve como **guía de referencia** para las etapas de **diseño, implementación, validación y mantenimiento** del producto, estableciendo tanto las **características funcionales y no funcionales** del sistema como sus **restricciones y dependencias**.

La **audiencia principal** de este documento incluye:

- **Estudiantes y docentes** de las áreas de electrónica, automatización y mecatrónica.
- **Instituciones educativas** que requieran equipos didácticos y asequibles para prácticas con PLC.
- **Desarrolladores, diseñadores y colaboradores** involucrados en el proyecto.

Personal involucrado

Nombre	1- Joel Eliu Guerrero 2- Ing. Carlos Antonio Pichardo Viuque.
Rol	1- Creador y desarrollador del proyecto, 2- CEO (Chief Executive Officer) (Director de Proyecto)
Categoría profesional	1- Ingeniero en Automatización: Experto en diseño, programación e implementación de sistemas de control.

	2- Ejecutivo de Negocios y Estrategia: Responsable de la dirección y toma de decisiones clave del proyecto.
Responsabilidades	<p>1- Diseño y Desarrollo Técnico: Responsable de la arquitectura de hardware y software del sistema PLC4Units, abarcando las tareas de programación, integración, pruebas de funcionalidad y documentación técnica. Este rol garantiza que el producto cumpla con los requisitos definidos y mantenga la calidad técnica esperada.</p> <p>2. Gestión y Coordinación del Proyecto: Encargado de la planificación estratégica, la asignación y gestión de recursos, el análisis de viabilidad financiera y la supervisión general del desarrollo del proyecto. Su función principal es asegurar el cumplimiento de los objetivos establecidos, los plazos y la correcta ejecución de las fases del proyecto.</p>
Información de contacto	thaimdaniel@gmail.com
Aprobación	

Definiciones, acrónimos y abreviaturas

HMI (Interfaz Hombre-Máquina):

Dispositivo o software que permite la interacción directa entre el usuario y el sistema automatizado.

SCADA (Sistema de Control y Adquisición de Datos):

Sistema que permite la supervisión, control y registro de información en procesos industriales.

PLC (Controlador Lógico Programable):

Dispositivo electrónico diseñado para automatizar y controlar procesos industriales mediante programación lógica.

PLC4Units:

Nombre del proyecto educativo que busca desarrollar un PLC didáctico para fines de enseñanza.

ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework):

Framework oficial para la programación de microcontroladores ESP32, utilizado en aplicaciones de automatización e IoT.

I/O (Input/Output – Entradas/Salidas):

Terminales a través de los cuales un sistema recibe señales de sensores o envía señales a actuadores.

GPIO (General Purpose Input/Output):

Pines programables de propósito general en un microcontrolador, configurables como entradas o salidas.

LED (Diodo Emisor de Luz):

Componente electrónico que emite luz y se utiliza como indicador visual en sistemas electrónicos.

Ladder Diagram (LD) / Diagrama de Escalera:

Lenguaje de programación gráfico basado en esquemas eléctricos, comúnmente usado para programar PLC.

Function Block Diagram (FBD):

Lenguaje gráfico que utiliza bloques funcionales interconectados para representar la lógica de control.

Structured Text (ST):

Lenguaje de programación textual de alto nivel, similar a Pascal, usado para rutinas complejas en PLC.

IEC 61131-3:

Estándar internacional que define los lenguajes de programación aplicables a los PLC.

USB CDC (Communications Device Class):

Protocolo estándar que permite la comunicación serial a través de USB.

OTA (Over The Air / Actualización Inalámbrica):

Capacidad de realizar actualizaciones de firmware de forma remota y sin cables.

Wi-Fi (Wireless Fidelity):

Tecnología de red inalámbrica que permite la conectividad entre dispositivos.

Modbus RTU:

Protocolo de comunicación industrial en serie, usado para intercambiar datos entre controladores y equipos.

API (Interfaz de Programación de Aplicaciones):

Conjunto de funciones que permiten interactuar programáticamente con el sistema.

IDE (Entorno de Desarrollo Integrado):

Software que facilita la creación, edición y depuración de programas en un entorno unificado.

DC (Corriente Continua):

Tipo de corriente eléctrica que fluye en una sola dirección.

VDC (Voltios de Corriente Continua):

Unidad que representa el nivel de voltaje en corriente continua.

mA (miliamperios):

Unidad de medida de corriente eléctrica, equivalente a una milésima parte de un amperio.

Referencias

Referencia	Título	Ruta	Fecha	Autor
1	Omron Sysmac PLCs	https://automation.omron.com	2025	Omron
2	Mitsubishi MELSEC PLCs	https://www.mitsubishielectric.com/fa	2025	Mitsubishi Electric
3	Schneider Electric Modicon PLCs	https://www.se.com	2025	Schneider Electric

Resumen

- 2 El presente documento constituye la Especificación de Requisitos de Software (SRS) para el proyecto PLC4Units, un Controlador Lógico Programable educativo. Su objetivo es establecer de manera estructurada los fundamentos necesarios para el diseño, desarrollo, validación y mantenimiento del sistema.
- 3 El documento se organiza en cuatro secciones principales:
- 4 Introducción (Sección 1): Define el propósito, alcance y objetivos del proyecto, identifica a los stakeholders y describe el contexto general de desarrollo.
- 5 Descripción General (Sección 2): Presenta una visión del producto, su funcionalidad básica, las características de los usuarios, las restricciones del sistema y la evolución prevista.
- 6 Requisitos Específicos (Sección 3): Constituye el núcleo del documento, detallando las interfaces del sistema (usuario, hardware, software y comunicación), los requisitos funcionales esenciales y los requisitos no funcionales críticos, tales como rendimiento, seguridad, fiabilidad y mantenibilidad.
- 7 Apéndices (Sección 4): Incluye información complementaria relevante para el proyecto.
- 8 La estructura de este documento sigue el estándar IEEE 830-1998, asegurando que todos los aspectos técnicos y funcionales del PLC4Units estén claramente especificados, proporcionando una guía completa para el desarrollo del sistema.

9 Descripción general

Perspectiva del producto

El PLC4Units es un producto independiente, desarrollado con fines educativos, que no forma parte de un sistema mayor preexistente. No obstante, su diseño contempla la integración flexible con otros dispositivos y módulos complementarios, tales como sensores, actuadores y software de simulación, empleados en prácticas académicas.

El controlador proporciona las funcionalidades fundamentales de un PLC comercial, adaptadas específicamente para entornos de aprendizaje. Su arquitectura modular permite

la conexión de entradas y salidas digitales y analógicas, así como la comunicación con computadoras u otros equipos para la programación y monitoreo del sistema.

En un laboratorio educativo, el PLC4Units puede funcionar como núcleo central de prácticas de automatización y control, al que se pueden agregar periféricos, maquetas o simulaciones de procesos, reproduciendo escenarios industriales reales y facilitando la adquisición de competencias prácticas por parte de los estudiantes.

Funcionalidad del producto

El **PLC4Units** ofrecerá las **funciones esenciales** de un **Controlador Lógico Programable educativo**, permitiendo a **estudiantes y docentes** realizar prácticas reales de **automatización y control**. De manera resumida, el sistema deberá ser capaz de:

Gestión de Entradas y Salidas

- Lectura de **entradas digitales y analógicas**.
- Activación de **salidas digitales** y generación de **salidas analógicas**.

Programación en Lenguajes Estándar de PLC

- Compatibilidad con **lenguajes definidos por la norma IEC 61131-3**, como **Ladder Diagram (LD)**, **Function Block Diagram (FBD)** y **Structured Text (ST)**.
- **Carga y ejecución de programas** creados por el usuario.

Simulación y Monitoreo

- Ejecución de programas con **simulación de procesos básicos** sin necesidad de hardware adicional.
- Visualización en **tiempo real** del estado de entradas, salidas y variables internas del sistema.

Comunicación y Conectividad

- Interfaz para **conexión con PC u otros dispositivos**, permitiendo programación, monitoreo y actualización del PLC.
- Posibilidad de **integración con sensores, actuadores y maquetas educativas** mediante módulos complementarios.

Entorno Amigable y Seguro

- Interfaz **intuitiva y fácil de usar**, diseñada para reducir la curva de aprendizaje.

Estas funcionalidades permitirán a los usuarios **desarrollar, probar y ejecutar programas de automatización**, facilitando la comprensión práctica de los **conceptos fundamentales de un PLC comercial**, todo dentro de un **entorno educativo seguro y de bajo costo**.

Características de los usuarios

Tipo de usuario	Estudiantes en tecnologías, docentes o Instructores.
Formación	Conocimientos básicos o intermedios en electricidad, electrónica y programación. Familiaridad con conceptos de control y automatización industrial, o interés en adquirirlos.
Habilidades	Capacidad para interpretar diagramas eléctricos y lógicos. Competencia en la programación y simulación de procesos automatizados. Interés por aprender o enseñar conceptos prácticos de control y automatización.
Actividades	Desarrollo y prueba de programas en PLC. Simulación de procesos industriales básicos. Montaje y manejo de sistemas de control didácticos, incluyendo la conexión de sensores, actuadores y módulos complementarios.

Estas características aseguran que el diseño del PLC4Units se adapte a las necesidades de los usuarios y facilite la adquisición práctica de competencias en automatización y control

Restricciones

El desarrollo del PLC4Units debe considerar las siguientes **restricciones y limitaciones**, con el fin de garantizar que el producto cumpla su **objetivo educativo** y mantenga un **costo accesible**:

- **Costos limitados:** El diseño debe asegurar un **presupuesto asequible** para estudiantes e instituciones educativas, priorizando componentes económicos sin comprometer las **funcionalidades básicas** de un PLC.

- **Hardware compacto y modular:** El sistema debe construirse sobre una **plataforma de hardware de bajo consumo energético y tamaño reducido**, facilitando su uso en laboratorios o aulas con espacio limitado.
- **Compatibilidad con lenguajes estándar:** El software del PLC4Units debe ser compatible con los **lenguajes de programación definidos en la norma IEC 61131-3** (LD, FBD, ST), evitando la utilización de lenguajes propietarios que incrementen el costo del producto.
- **Seguridad eléctrica:** El equipo debe cumplir con **normas básicas de seguridad eléctrica**, minimizando riesgos durante su uso en prácticas educativas.
- **Limitación en entradas y salidas:** Para mantener un bajo costo, el número de **entradas y salidas digitales y analógicas** será menor que el de un PLC comercial de gama media, pero suficiente para **prácticas educativas básicas**.
- **Sistema operativo y herramientas de desarrollo:** El software y las herramientas para programar el PLC4Units deben ser **multiplataforma** (Windows/Linux) y, preferiblemente, **de código abierto**, evitando así costos adicionales por licencias.
- **Cumplimiento normativo:** Se deben respetar las **normas y estándares educativos y técnicos** aplicables al uso de equipos electrónicos en laboratorios y entornos educativos.

Estas restricciones aseguran que el PLC4Units sea un **producto educativo funcional, seguro y económico**, adecuado para su implementación en instituciones y prácticas de formación técnica.

Suposiciones y dependencias

Durante el desarrollo del **PLC4Units**, se han definido las siguientes **suposiciones y dependencias** para garantizar la correcta planificación y ejecución del proyecto:

Suposiciones

1. Los usuarios del PLC4Units **poseen conocimientos básicos de electrónica y programación de PLC**, lo que les permitirá aprovechar plenamente las funcionalidades del sistema.
2. Las **instituciones educativas** cuentan con instalaciones adecuadas y fuentes de alimentación compatibles con el hardware del PLC4Units.
3. Los estudiantes y docentes disponen de **computadoras que cumplen los requisitos mínimos** del software de programación del PLC.
4. El PLC4Units se utilizará **exclusivamente con fines educativos**, y no para aplicaciones industriales críticas o de alto riesgo.

Dependencias

1. **Hardware:** El correcto funcionamiento del PLC4Units depende de la disponibilidad de **microcontroladores, módulos de entradas/salidas y componentes electrónicos específicos**.
2. **Software:** El sistema depende de herramientas de programación compatibles con **IEC 61131-3** (Ladder Diagram, Function Block Diagram, Structured Text), así como del software de simulación y control desarrollado para la plataforma.
3. **Normativas y estándares:** El diseño depende de la **implementación adecuada de normas eléctricas y de seguridad** aplicables a entornos educativos.
4. **Recursos externos:** El proyecto puede requerir el uso de **bibliotecas, controladores o documentación externa** para ciertos módulos de hardware o software.

Estas suposiciones y dependencias permiten **delimitar el alcance y las condiciones operativas** del PLC4Units, asegurando que el desarrollo y la implementación se realicen bajo parámetros previsibles y controlados.

Evolución previsible del sistema

El PLC4Units ha sido diseñado con un enfoque flexible y modular, que permite su adaptación y mejora futura para ampliar su funcionalidad y valor educativo. Las evoluciones previstas incluyen:

Ampliación de entradas y salidas: Incrementar el número de canales digitales y analógicos, permitiendo la realización de prácticas más complejas y completas.

Módulos de expansión externos: Incorporación de módulos adicionales que proporcionen mayor flexibilidad y habiliten nuevas aplicaciones educativas.

Mejoras en programación: Desarrollo de un entorno Ladder simplificado, manteniendo compatibilidad con otros lenguajes estándar IEC 61131-3 (FBD, ST), con el objetivo de facilitar el aprendizaje y la programación de proyectos más avanzados.

Materiales didácticos complementarios: Creación de manuales de prácticas, simuladores virtuales y guías educativas que apoyen el aprendizaje autónomo y la enseñanza guiada por instructores.

Estas mejoras previstas permitirán que el PLC4Units evolucione progresivamente, adaptándose a las necesidades de los usuarios y manteniendo su relevancia como herramienta educativa asequible y funcional.

Requisitos específicos

Requisitos comunes de los interfaces

El sistema **PLC4Units** deberá cumplir con las siguientes **funcionalidades principales** para garantizar una experiencia educativa completa y segura:

- **Programación en lenguajes estándar:** El sistema debe permitir la **programación en Ladder Diagram simplificado**, orientado a estudiantes, y opcionalmente en **Structured Text u otros lenguajes definidos por IEC 61131-3**, manteniendo compatibilidad con estándares industriales.
- **Manejo de entradas y salidas:** Soportar **entradas y salidas digitales y analógicas básicas**, suficientes para replicar procesos reales en entornos educativos.
- **Simulación integrada:** Incluir un **entorno de simulación** que permita visualizar en **tiempo real** el estado de entradas, salidas y variables internas del programa, facilitando la comprensión de los procesos automatizados.
- **Transferencia de programas:** Permitir la **carga y descarga de programas** desde y hacia un PC, ya sea mediante **conexión USB o comunicación inalámbrica**, asegurando flexibilidad en el desarrollo y la prueba de aplicaciones.
- **Ejecución segura:** Garantizar la **ejecución estable de los programas**, evitando bloqueos del sistema y asegurando la **protección del hardware y de los usuarios** durante las prácticas educativas.

Estas funcionalidades aseguran que el **PLC4Units** proporcione una **interacción efectiva y segura** con los usuarios, cumpliendo con los objetivos educativos del proyecto.

Interfaces de usuario

Número de requisito	IF-10.1
Nombre de requisito	Interfaces de usuario
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Director / Equipo de desarrollo

Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/ Opcional
-------------------------	---	--	---

El sistema **PLC4Units** contará con **dos interfaces de usuario principales**, diseñadas para ser **intuitivas, didácticas y seguras**:

1. Interfaz de Programación (IDE) en PC

Se trata de una **aplicación de escritorio** con un diseño moderno y sobrio, orientada a facilitar la **programación educativa de PLC**. Sus características incluyen:

- **Editor visual:** Permite **arrastrar y soltar componentes** como contactos y bobinas para construir programas en Ladder. También ofrece **resaltado de sintaxis** para otros lenguajes estándar IEC 61131-3 (FBD, ST).
- **Organización de proyectos:** Incluye un **explorador de proyectos** para gestionar programas, módulos y recursos de manera estructurada.
- **Gestión de variables:** Dispone de una **tabla de variables** para visualizar y monitorear en tiempo real el estado de entradas, salidas y datos internos durante la simulación o ejecución del programa.
- **Menús y herramientas:** Contiene **menús estándar** y una **barra de herramientas de acceso rápido**, facilitando la navegación y la eficiencia en el desarrollo de prácticas educativas.

2. Interfaz de Estado Física (Hardware)

Integrada directamente en el hardware del PLC, esta interfaz proporciona **información operativa básica** mediante indicadores visuales y etiquetas claras:

- **LEDs indicadores principales:**
 - **Alimentación (verde):** Muestra que el equipo está energizado.
 - **Ejecución (verde):** Indica si el programa se está ejecutando.
 - **Error/Comunicación (rojo/ámbar):** Señala alertas o problemas de comunicación.
- **Indicadores de entradas y salidas:** LEDs individuales muestran el estado **activo/inactivo** de cada entrada y salida digital.
- **Conectores etiquetados:** Todos los **conectores de alimentación, entradas, salidas y puerto USB** estarán claramente etiquetados y numerados, asegurando un **cableado seguro y sencillo** para los usuarios.

Estas interfaces permiten que el **PLC4Units** sea accesible y fácil de usar, garantizando una **experiencia educativa segura, práctica y eficiente** para estudiantes y docentes.

Interfaces de hardware

Número de requisito	IF-10.2
Nombre de requisito	Interfaces de hardware
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Equipo de desarrollo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

Descripción:

El PLC4Units contará con las siguientes especificaciones técnicas de hardware, diseñadas para su uso educativo y seguro:

Entradas digitales:

8 entradas digitales con optoaislamiento, compatibles con señales de 0 a 24 VDC.

Incorporan filtrado digital para supresión de interferencias y mecanismo antirrebote (debounce), asegurando lecturas confiables.

Salidas digitales:

8 salidas digitales, implementadas mediante relé o MOSFET, capaces de manejar cargas de hasta 5 A en corriente continua (DC).

Entradas analógicas:

Entradas configurables para señales en los rangos 0–10 VDC o 4–20 mA.

Ofrecen una resolución mínima de 12 bits, garantizando una digitalización precisa de la señal.

Alimentación:

Fuente principal de 24 VDC con protecciones integradas contra sobretensiones y polaridad inversa, mediante fusibles y diodos.

Reguladores internos proporcionan niveles de 5 V y 3.3 V requeridos por la electrónica de control.

Sistema de conexión:

Uso de borneras o terminales de bloque desmontables, claramente identificadas mediante serigrafía, facilitando un cableado intuitivo y seguro, evitando errores de conexión.

Estas especificaciones aseguran que el PLC4Units sea un dispositivo robusto, confiable y seguro, adecuado para prácticas educativas en automatización y control, mientras mantiene un diseño modular y fácil de usar

Interfaces de software

Número de requisito	IF-03
Nombre de requisito	Interfaces de software
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Equipo de desarrollo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

El firmware del PLC4Units será desarrollado principalmente en los lenguajes C y C++, con el objetivo de aprovechar las capacidades del hardware y garantizar un rendimiento robusto y confiable. Para ello, se utilizará el framework oficial ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework) como plataforma principal de desarrollo. Adicionalmente, se contempla la opción de utilizar Arduino Core para acelerar la creación de prototipos durante las fases iniciales del proyecto.

El sistema software integrará un conjunto de librerías estándar especializadas en la gestión de bajo nivel de los periféricos del hardware. Estas librerías proporcionarán funcionalidades esenciales para:

Manejo de entradas y salidas (E/S) digitales: Permitiendo la lectura y escritura de señales en los pines del microcontrolador.

Gestión de comunicaciones: Incluye comunicación serial (UART), soporte para protocolo industrial RS-485 para futuras expansiones, y conectividad Wi-Fi para monitoreo y actualización remota.

Control de temporizadores e interrupciones: Facilitando la sincronización de procesos y la ejecución eficiente de rutinas críticas del sistema.

Además, se definirá una API interna bien estructurada, que actuará como capa de abstracción entre la lógica de aplicación principal y el hardware subyacente, simplificando el desarrollo de nuevas funcionalidades y garantizando la modularidad y mantenibilidad del firmware.

Estas decisiones aseguran que el PLC4Units cuente con un entorno de software flexible, eficiente y escalable, adecuado tanto para fines educativos como para futuras mejoras y expansiones del sistema.

Interfaces de comunicación

Número de requisito	IF-04
Nombre de requisito	Interfaces de comunicación
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Director del proyecto / Equipo de desarrollo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

Conexión Principal (USB):

- Cómo: Cable USB.
- Para qué: Programar el PLC y ver lo que hace en tiempo real desde la computadora. Es la forma más fácil y directa de conectarse.

Conexión Industrial Básica (RS-485/Modbus):

- Cómo: Terminales de tornillo en el PLC.
- Para qué: Conectar varios PLCs entre sí o a pantallas (HMI) simples, imitando cómo se comunican los equipos en una fábrica real.

Conexión Inalámbrica (Wi-Fi):

- Cómo: Chip integrado en el PLC.
- Para qué:
- Conectarse al Wi-Fi del laboratorio.
- Crear su propia red para conectarse directamente sin internet.
- Monitorear el PLC desde un celular o tableta usando una página web simple.

Requisitos funcionales

El sistema PLC4Units deberá realizar las siguientes funciones fundamentales para cumplir con su propósito educativo. Estas funciones definen las acciones específicas que el software debe ejecutar al procesar entradas, implementar la lógica de control y generar las salidas correspondientes.

Requisito funcional 1

Número de requisito	RNF-01		
Nombre de requisito	Gestión del Ciclo de Escaneo		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Director del proyecto / Equipo de desarrollo		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

Descripción:

El firmware del PLC4Units deberá ejecutar un ciclo de escaneo continuo y determinístico, asegurando que las operaciones de lectura, procesamiento y escritura se realicen de manera ordenada y predecible. Cada ciclo seguirá la siguiente secuencia estricta:

1. Lectura de Entradas:

- Leer el estado físico de todas las entradas digitales y analógicas.
- Almacenar los valores obtenidos en la memoria de imagen de entradas para su posterior uso en la ejecución del programa.

2. Ejecución del Programa:

- Procesar la lógica de control definida por el usuario, ya sea mediante diagrama ladder, texto estructurado u otros lenguajes IEC 61131-3, utilizando los valores almacenados en la memoria de imagen de entradas.

3. Escritura de Salidas:

- Actualizar el estado físico de todas las salidas digitales y analógicas según los resultados calculados en la memoria de imagen de salidas.

El sistema deberá garantizar que el ciclo completo se ejecute en un tiempo máximo de 100 ms, adecuado para aplicaciones educativas y prácticas de automatización típicas, asegurando una respuesta rápida y consistente del PLC durante la simulación y ejecución de programas.

Requisito funcional 2

Número de requisito	RNF-01
Nombre de requisito	Gestión del Ciclo de Escaneo
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Director del proyecto / Equipo de desarrollo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

El sistema PLC4Units debe permitir la creación, edición y ejecución de programas de control utilizando el lenguaje Ladder Diagram (LD), conforme a la norma IEC 61131-3. El entorno de programación y el firmware deberán soportar los siguientes elementos básicos:

- **Contactos:**

- Normalmente Abiertos (NO) y Normalmente Cerrados (NC), utilizados para representar condiciones de entrada.
- **Bobinas de salida:**
 - Coils estándar, así como set (S) y reset (R), para el control de salidas digitales.
- **Temporizadores (Timers):**
 - TON (Timer On-Delay), con base de tiempo configurable por el usuario para diversas aplicaciones de control.
- **Contadores (Counters):**
 - CTU (Count Up), permitiendo la contabilización ascendente de eventos o señales.

El runtime del firmware deberá ser capaz de interpretar el bytecode compilado del programa Ladder y ejecutar la lógica en cada ciclo de escaneo, respetando la evaluación de los rungs de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, garantizando un comportamiento determinístico y predecible del sistema.

Estas funcionalidades aseguran que el PLC4Units proporcione un entorno educativo completo, permitiendo a los estudiantes comprender y aplicar los principios de control lógico de manera práctica y estructurada.

Requisito funcional 3

Número de requisito	RNF-01
Nombre de requisito	Gestión del Ciclo de Escaneo
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Director del proyecto / Equipo de desarrollo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

- **Transferencia de Programas y Comunicación con IDE**
El sistema PLC4Units debe permitir la transferencia bidireccional de programas entre el IDE en PC y el hardware del PLC, utilizando el puerto USB con emulación de puerto serie (CDC). Las funcionalidades requeridas incluyen:
 - **Carga (Download):**
 - El firmware deberá recibir el programa compilado (bytecode) desde el IDE, almacenarlo en memoria no volátil y prepararlo para su ejecución inmediata.
 - **Descarga (Upload):**

- El firmware deberá ser capaz de enviar el programa almacenado de vuelta al IDE, bajo solicitud del usuario, permitiendo copia de seguridad o edición adicional.
- **Control de Ejecución:**
 - El firmware debe responder a comandos remotos enviados desde el IDE para:
 - **RUN:** Iniciar la ejecución del programa.
 - **STOP:** Detener la ejecución del programa.
 - **STATUS:** Consultar el estado actual del programa y del PLC.
- **Integridad de datos:**
 - La comunicación implementará un protocolo simple con checksum, garantizando que las transferencias de programas sean libres de errores y confiables.

Estas funcionalidades aseguran que los usuarios puedan programar, monitorear y controlar el PLC de manera remota, ofreciendo una experiencia educativa práctica y segura.

Requisitos no funcionales

Requisitos de rendimiento

Número de requisito	RNF-01
Nombre de requisito	Ciclo de escaneo y respuesta Modbus
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Director del proyecto / Equipo de desarrollo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

Descripción:

El sistema del PLC debe garantizar un tiempo de ciclo de operación completo, que abarque la lectura de todas las entradas, la ejecución de la lógica de control programada por el usuario y la actualización de las salidas, con una duración máxima de 100 milisegundos.

Seguridad

Número de requisito	RNF-02
Nombre de requisito	Seguridad y protección del sistema

Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Director del proyecto
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

El PLC4Units incorporará **medidas de seguridad básicas** orientadas a proteger el **acceso, la integridad del software y la operación confiable** del sistema, asegurando un entorno seguro para prácticas educativas. Las medidas incluyen:

- **Control de acceso:**
 - Todas las funciones críticas, incluyendo **programación y modificación de configuración**, requerirán **autenticación mediante contraseña configurable**.
- **Seguridad en comunicaciones:**
 - Las interacciones con la **interfaz web de gestión** y otras conexiones de red se realizarán mediante **HTTPS**, protegiendo los datos frente a interceptaciones o accesos no autorizados.
- **Integridad del software y firmware:**
 - Todas las **transferencias de programas y actualizaciones de firmware** incluirán **verificaciones criptográficas**, evitando la instalación de código **malicioso o corrupto**.
- **Supervisión y recuperación:**
 - Se implementará un **watchdog timer** que supervisará continuamente el funcionamiento del sistema y realizará **reinicios controlados** en caso de bloqueos.
- **Aislamiento modular:**
 - La arquitectura modular del PLC permitirá **aislar funcionalidades críticas**, minimizando el impacto de posibles fallos en otras áreas del sistema.

Estas medidas garantizan que el PLC4Units proporcione un entorno **estable, confiable y seguro**, adecuado para la enseñanza de conceptos de **automatización y control** en entornos educativos.

Fiabilidad

El PLC4Units deberá garantizar un **alto nivel de fiabilidad**, asegurando su **uso continuo y seguro** en entornos educativos. Los criterios establecidos incluyen:

- **Hardware:**
 - El equipo deberá alcanzar un **tiempo medio entre fallos (MTBF) mínimo de 5.000 horas** bajo condiciones normales de laboratorio,

garantizando un funcionamiento estable durante prácticas y experimentos.

- **Software:**
 - La plataforma de software deberá mantener una **disponibilidad mínima del 99 %**, evitando bloqueos, errores de ejecución o pérdidas de datos durante simulaciones y prácticas de control.
- **Tolerancia a incidentes:**
 - Se considera aceptable un máximo de **un incidente crítico por semestre académico** en cada equipo, suponiendo un uso regular de **4 a 6 horas diarias**.
- **Actualizaciones y mantenimiento:**
 - Las **actualizaciones y parches** del entorno de programación deberán planificarse cuidadosamente para **minimizar interrupciones**, asegurando que las actividades educativas en curso no se vean afectadas.

Estas medidas de fiabilidad aseguran que el **PLC4Units** proporcione un **entorno estable, seguro y consistente**, adecuado para el aprendizaje práctico de automatización y control en laboratorios educativos.

Disponibilidad

El **PLC4Units** deberá garantizar una **alta disponibilidad operativa** durante su uso en entornos educativos, asegurando que las prácticas y simulaciones se desarrollen sin interrupciones significativas. Los criterios establecidos incluyen:

- **Nivel de disponibilidad:**
 - Se exige una **disponibilidad igual o superior al 99,5 %** durante el horario lectivo típico (8 horas/día, 5 días/semana), permitiendo un **margen mínimo de interrupciones no planificadas**.
- **Ámbito de aplicación:**
 - Esta métrica se aplica al **funcionamiento del firmware y hardware central del PLC**, incluyendo la ejecución de programas, la respuesta de entradas y salidas, y la comunicación con el software de monitorización.
 - Se excluyen de esta medida las interrupciones causadas por **errores en los programas del usuario, fallos en el IDE del PC o el tiempo dedicado a mantenimiento planificado**, como actualizaciones de firmware.
- **Estrategias de soporte:**
 - Para cumplir con estos niveles de disponibilidad, se implementarán mecanismos de **supervisión automática**, como un **watchdog timer**, que reinicie el sistema en caso de bloqueos o fallos inesperados.

Estas medidas aseguran que el **PLC4Units** proporcione un **entorno confiable y continuo**, minimizando las interrupciones durante las

actividades educativas y garantizando la ejecución estable de los programas de control.

Mantenibilidad y Actualizaciones

Número de requisito	RNF-05
Nombre de requisito	Mantenibilidad del sistema
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Equipo de desarrollo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

El PLC4Units ha sido diseñado para ser **fácil de mantener y actualizar**, asegurando un ciclo de vida prolongado y un uso eficiente en entornos educativos:

- **Arquitectura modular:**
 - El **código del firmware y software** estará organizado en **módulos independientes** con **documentación clara**, permitiendo modificar, actualizar o corregir partes específicas del sistema **sin afectar otras funcionalidades**.
- **Control de versiones:**
 - Se implementará un **sistema de control de versiones** para gestionar los cambios en el firmware y software, facilitando la trazabilidad de actualizaciones y correcciones.
- **Actualizaciones de firmware:**
 - Las actualizaciones podrán realizarse **mediante conexión USB o de forma inalámbrica**, con **verificación automática de integridad** para asegurar su correcta instalación y evitar daños en el sistema.
- **Funciones de diagnóstico:**
 - El sistema incluirá **herramientas de monitoreo y mensajes de error claros**, que permitirán **identificar problemas rápidamente** y asistir al usuario o al personal de mantenimiento en la resolución de incidencias.

Estas características aseguran que el PLC4Units sea un sistema **fiable, seguro y de fácil mantenimiento**, facilitando su operación continua y la incorporación de mejoras futuras sin interrumpir las prácticas educativas.

Portabilidad

El PLC4Units está diseñado para garantizar una **portabilidad integral**, asegurando su **adaptabilidad a diferentes entornos educativos** y futuras evoluciones tecnológicas:

- **Portabilidad de software:**
 - El diseño se basará en **frameworks multiplataforma** y herramientas de **código abierto**, asegurando compatibilidad nativa con **Windows, Linux y macOS** sin incurrir en costos de licencias.
 - El núcleo del firmware se desarrollará en **C/C++ estándar**, evitando dependencias de compiladores específicos.
 - Se implementará una **capa de abstracción de hardware (HAL)** que aislará la lógica de aplicación de los controladores específicos, facilitando la **migración a diferentes plataformas**.
- **Portabilidad de hardware:**
 - El PLC contará con un **factor de forma compacto** (máx. 100 × 80 × 60 mm) y será compatible con **rieles DIN estándar (EN 60715 TH35-7.5)**, permitiendo su integración en bancos de prueba existentes.
 - La electrónica seguirá un enfoque **modular**, separando el **sistema de procesamiento (SoM)** de las interfaces de E/S, con **conectores industrializados**, para facilitar adaptaciones y actualizaciones futuras.
- **Accesibilidad y desarrollo:**
 - Todas las herramientas de desarrollo y dependencias de software serán **gratuitas y de código abierto**, garantizando accesibilidad para instituciones educativas.
 - La estrategia de desarrollo incluirá **integración continua multiplataforma y containerización**, asegurando consistencia entre entornos.
 - Se prevé que más del **85 % del código sea independiente de la plataforma**, y que el **porting a nuevas arquitecturas** requiera **menos de 2 meses-hombre** de esfuerzo.

Estas medidas aseguran que el PLC4Units sea un sistema **flexible, adaptable y accesible**, capaz de evolucionar con las necesidades educativas y tecnológicas sin comprometer la funcionalidad ni la eficiencia del desarrollo.

Otros requisitos

Número de requisito	OR-01
Nombre de requisito	Requisitos legales, académicos y culturales
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Director del proyecto / Equipo de desarrollo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

El sistema cumplirá con normas básicas de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética para uso en laboratorios educativos.

Apéndices

- **Apéndices**
- **Esquema de Numeración de Requisitos**

El sistema de numeración de los requisitos en este documento sigue la estructura siguiente:

- **IF-XX:** Requisitos de Interfaces
- **RF-XX:** Requisitos Funcionales
- **RNF-XX:** Requisitos No Funcionales
- **OR-XX:** Otros Requisitos

Donde **XX** representa un número secuencial único dentro de cada categoría, garantizando trazabilidad y claridad en la documentación.

- **Estándares de Calidad Aplicables**

El desarrollo del **PLC4Units** deberá cumplir con los siguientes estándares y referencias de calidad:

- **IEEE 830-1998:** Para la especificación de requisitos de software.
- **IEC 61131-3:** Para lenguajes de programación de PLCs (LD, FBD, ST).
- **ISO 9001:** Principios de gestión de calidad, como referencia general.
- **Normas de seguridad eléctrica:** IEC 61010-1 para equipos de laboratorio.

• Supuestos Técnicos Adicionales

Se consideran los siguientes supuestos técnicos para el correcto funcionamiento del sistema:

1. **Compatibilidad de navegadores:** La interfaz web será compatible con las últimas versiones de **Chrome, Firefox y Edge**.
2. **Sistemas operativos soportados:** Windows 10/11, Linux Ubuntu 20.04+, macOS 12+.
3. **Resolución mínima de pantalla:** 1024 × 768 píxeles para la correcta visualización del IDE y herramientas de monitoreo.

• Glosario de Términos Técnicos

- **Ciclo de Escaneo:** Proceso repetitivo mediante el cual un PLC lee entradas, ejecuta la lógica de control y actualiza las salidas.
- **Watchdog Timer:** Mecanismo de hardware o software que supervisa el funcionamiento del sistema y reinicia el PLC ante bloqueos.
- **Optoaislamiento:** Técnica de separación eléctrica entre circuitos usando componentes ópticos para proteger el sistema.
- **Bytecode:** Código intermedio generado tras la compilación de un programa, interpretable por el runtime del PLC.

• Referencias a Documentos Externos

- **Manual de Usuario del PLC4Units** (por desarrollar)
- **Especificaciones Técnicas del Hardware** (por desarrollar)
- **Guía de Instalación y Configuración** (por desarrollar)
- **Protocolo de Comunicación PLC-IDE** (por desarrollar)