

Plan de Trabajo de Grado – Trabajo de Investigación

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE  
EXPANSIÓN DE ENTRADAS  
DIGITALES/ANALÓGICAS PARA CONTROLADOR  
LÓGICO PROGRAMABLE CON COMUNICACIÓN  
MODBUS PLCEXPAND222**

PRESENTADO ANTE:

**Comité de Trabajos de Grado E<sup>3</sup>T**

Por:

**Samir Andrés Velasco Niño**

Código: 2180359

**Andrés Camilo Fuquen Gil**

Código: 2185571



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA  
Y DE TELECOMUNICACIONES



Bucaramanga

Mayo de 2023

**ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES (E<sup>3</sup>T)**

Ciudad Universitaria, Carrera 27 – Calle 9, Edificio Ingeniería Eléctrica, IE-101

PBX: (7) 6344000 Ext. 2360 FAX: 6359622 A.A. 678 Bucaramanga, Colombia

Correo-e: e3t@uis.edu.co URL: <http://www.e3t.uis.edu.co/>

Bucaramanga, 30 de mayo del 2023

Profesores

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO

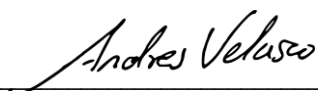
Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E<sup>3</sup>T) Universidad Industrial de Santander

Referencia: Plan de trabajo de grado en la modalidad de proyecto de investigación: “Diseño e implementación de un módulo de expansión de entradas digitales/analógicas para controlador lógico programable con comunicación MODBUS PLCEXPAND222.”

Estimados profesores,

Considerando los artículos 3o., 8o. y 11o. del capítulo IX del título V del reglamento académico estudiantil de pregrado<sup>1</sup> nos permitimos presentar a su consideración el plan de trabajo de grado en la modalidad de proyecto de investigación: “Diseño e implementación de un módulo de expansión de entradas digitales/analógicas para controlador lógico programable con comunicación MODBUS PLCEXPAND222” preparado por los estudiantes de ingeniería electrónica Samir Andrés Velasco Niño, Código 2180359 y Juan Manuel Hernández Utrera, Código 2132253. Este documento cuenta con nuestra aprobación, por lo que respetuosamente solicitamos su evaluación.

Cordial saludo,



SAMIR ANDRÉS VELASCO NIÑO  
Estudiante de ingeniería electrónica  
Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica y de Telecomunicaciones



Andrés Camilo Fuquen Gil  
Estudiante de ingeniería electrónica  
Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica y de Telecomunicaciones



Mag. JAIME GUILLERMO BARRERO  
PÉREZ  
Director del Trabajo  
Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica y de Telecomunicaciones



Mag. ALFREDO RAFAEL ACEVEDO PICÓN  
Codirector del trabajo  
Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica y de Telecomunicaciones

<sup>1</sup> Acuerdo del Consejo Superior No. 72 de octubre 8 de 1982 modificado por el Acuerdo del Consejo Superior No. 004 de febrero 12 de 2007

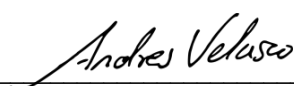

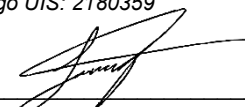

**ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES**

Ciudad Universitaria, Carrera 27 – Calle 9, Edificio Ingeniería Eléctrica, IE-101

PBX: (7) 6344000 Ext. 2360 FAX: 6359622 A.A. 678 Bucaramanga, Colombia

Correo-e: e3t@uis.edu.co URL: <http://www.e3t.uis.edu.co>

Versión de la plantilla: planTG.2022si.v1

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
 Samir Andrés Velasco Niño Estudiante de Ingeniería Electrónica Código UIS: 2180359	 Mag. Jaime Guillermo Barrero Pérez Director del Trabajo de Grado	Comité de Trabajos de Grado E <sup>3</sup> T Acta No. ____ del ____ de 2023 Código del Trabajo: _____
 Andrés Camilo Fuquen Gil Estudiante de Ingeniería Electrónica Código UIS: 2132253	 Mag. Alfredo Rafael Acevedo Picón Codirector del Trabajo de Grado	Evaluador designado por el Comité de Trabajos de Grado E <sup>3</sup> T

Universidad Industrial de Santander (UIS)

Documento Confidencial

Ni la totalidad ni parte de este documento puede reproducirse, almacenarse o transmitirse por algún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias, grabación magnética o electrónica o cualquier medio de almacenamiento de información y sistemas de recuperación, sin permiso escrito de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Este es un documento interno de la UIS. Al recibirlo no podrá pasarlo a persona alguna excepto las que se le indique en la lista de distribución autorizada por la UIS. Cualquier persona externa a la UIS que utilice la información en este documento asume la responsabilidad por su empleo.

**ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES**

Ciudad Universitaria, Carrera 27 – Calle 9, Edificio Ingeniería Eléctrica, IE-101

PBX: (7) 6344000 Ext. 2360 FAX: 6359622 A.A. 678 Bucaramanga, Colombia

Correo-e: [e3t@uis.edu.co](mailto:e3t@uis.edu.co) URL: <http://www.e3t.uis.edu.co>

Versión de la plantilla: planTG.2022si.v1

TABLA: FICHA DE TRABAJOS DE GRADO	
DATOS DE INICIO. EVIDENCIABLES EN EL PLAN DE PROYECTO	
Ítem	Descripción
ID del Proyecto	PLCEXPAND222
Título del proyecto	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE EXPANSIÓN DE ENTRADAS DIGITALES/ANALÓGICAS PARA CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE CON COMUNICACIÓN MODBUS PLCEXPAND222
Página del proyecto	<a href="https://sites.google.com/e3t.uis.edu.co/plcexpand222/inicio">https://sites.google.com/e3t.uis.edu.co/plcexpand222/inicio</a>
Descripción	El <b>objetivo general</b> es diseñar e implementar un prototipo de bajo costo para la expansión de entradas digitales y analógicas para un Controlador Lógico Programable (PLC) con comunicación MODBUS.
Conocimientos previos y habilidades usadas	<p>Asignaturas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Electrónica Industrial</li> <li>● Redes de Comunicación Industrial</li> <li>● Automatización</li> <li>● Diseño con Microcontroladores y Microprocesadores</li> <li>● Programación I</li> <li>● Programación II</li> </ul> <p>Habilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad para investigar</li> <li>● Trabajo en equipo</li> <li>● Gestión de recursos económicos</li> <li>● Soldadura SMD</li> </ul>

Restricciones de diseño	<p>Estas son algunas condiciones y/o restricciones a considerar para el diseño del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El costo de implementación de la tarjeta electrónica no debe superar el precio comercial de un expansor de entradas convencional para PLC.</li> <li>○ Comunicación entre la tarjeta electrónica y PLC mediante protocolo MODBUS.</li> <li>○ Tarjeta con microcontrolador compatible con IDE Arduino y programable por comunicación serial.</li> </ul> <p>Debido a estas restricciones existe cierto margen de libertad para que el equipo de trabajo pueda tomar decisiones que conduzcan a</p>
-------------------------	---

	<p>soluciones propias, el criterio de disponibilidad y de bajo precio es fundamental para el éxito del proyecto, es por esto, que deberán realizarse análisis de diferentes soluciones para la implementación de la tarjeta electrónica, tales como la adquisición de los componentes dentro o fuera del país, el lugar de fabricación de la tarjeta electrónica, el lugar, costos y los métodos de soldadura para los componentes electrónicos, entre otros.</p> <p>El éxito de este proyecto puede generar una visión comercial y tecnológica favorable en el sector de la instrumentación y control de los procesos industriales de nuestro país.</p>
Es un sistema, componente o proceso	La solución planteada para solventar dichas problemáticas resulta en la implementación de <b>un componente</b> .
Estándares de ingeniería o normas*	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ El protocolo MODBUS.</li> <li>○ El dispositivo debe cumplir con las normas de seguridad relevantes, como la norma UL508 para los componentes eléctricos y electrónicos en equipos industriales.</li> <li>○ Regulaciones de la FCC y CE: El dispositivo debe cumplir con las regulaciones de la FCC y CE para garantizar la seguridad y la compatibilidad electromagnética.</li> </ul>
<p><b>LISTA DE ASPECTOS A EVIDENCIAR AL FINALIZAR EL PROYECTO</b></p> <p>Es un compromiso del equipo de trabajo evidenciar en el libro o entregables finales los siguientes aspectos</p>	
Necesidades y especificaciones deseadas cumplidas	

Proceso iterativo, creativo y de toma de decisiones	
Múltiples soluciones consideradas	
Análisis y síntesis realizados	
Oportunidades identificadas	
Evaluación de soluciones frente a requisitos	
Concesiones consideradas	
Riesgos considerados	
Solución	Una tarjeta electrónica capaz de comunicarse mediante protocolo MODBUS a un PLC, permitiéndole así aumentar su capacidad de entradas analógicas y digitales que permitan mejores procesos industriales.
INFORMACIÓN ADICIONAL DE INTERÉS PARA LA E3T	
Sponsor	CEMOS
Resultados y/o productos a entregar	Esquemático de la tarjeta electrónica, tarjeta electrónica implementada, un vídeo de validación del proyecto.
Modalidad del proyecto	Trabajo de investigación

Equipo de trabajo	<p>Estudiantes en trabajo de grado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Samir Andrés Velasco Niño</li> <li>- Andrés Camilo Fuquen Gil</li> </ul> <p>Asesores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jaime Guillermo Barrero Pérez, director del proyecto</li> <li>- Alfredo Rafael Acevedo Picón, codirector del proyecto</li> </ul>
Director	Jaime Guillermo Barrero Pérez
Codirector	Alfredo Rafael Acevedo Picón
Área del proyecto	Supervisión experta, automatización y control.
Palabras y/o Términos Clave	PLC, Automatización, Redes de Comunicación Industrial, MODBUS, Módulo de Expansión, Electrónica de Potencia.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Controladores Lógicos Programables son el cerebro de la industria moderna y han permitido grandes avances en la automatización industrial. Estos pequeños dispositivos, también conocidos por sus siglas en inglés PLC (*Programmable Logic Controller*) están transformando la forma en que las máquinas y los procesos industriales funcionan.

Los PLC son esenciales para el correcto funcionamiento de una amplia variedad de procesos industriales y de fabricación, lo que permite una mayor automatización, eficiencia y flexibilidad. Desde fábricas automatizadas hasta plantas de energía, los PLC están siendo utilizados en diversos ámbitos donde el funcionamiento operativo es continuo y esencial, es decir, son empleados en aplicaciones críticas, pues permiten garantizar una operación segura y fiable. Estos sistemas programables son una parte fundamental de la tecnología que hace posible nuestra economía actual. Sin ellos, muchos procesos serían ineficientes, inseguros y costosos. También son flexibles y escalables, lo que significa que pueden adaptarse a una variedad de aplicaciones y cambios en el proceso de producción. Además, permiten la comunicación con otros sistemas y dispositivos, como robots, pantallas, y sensores, lo que permite una mayor automatización y una mejor toma de decisiones.

En la actualidad, los precios de los productos tecnológicos han experimentado incrementos debido a diversos factores. La llegada de la pandemia ha generado un aumento en los precios, y esta tendencia se ha mantenido debido a la crisis de contenedores a nivel global, especialmente en China, uno de los principales

**ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES**

Ciudad Universitaria, Carrera 27 – Calle 9, Edificio Ingeniería Eléctrica, IE-101

PBX: (7) 6344000 Ext. 2360 FAX: 6359622 A.A. 678 Bucaramanga, Colombia

Correo-e: [e3t@uis.edu.co](mailto:e3t@uis.edu.co) URL: <http://www.e3t.uis.edu.co>

Versión de la plantilla: planTG.2022si.v1



proveedores internacionales de tecnología. Además, la escasez de semiconductores como materia prima, causada por la alta demanda en la producción de microprocesadores, también ha contribuido a la subida de precios. A esto se suma la apreciación del dólar como resultado del pánico financiero global, donde muchos buscan refugiarse en la divisa estadounidense debido a situaciones como la pandemia y el actual conflicto ruso-ucraniano.

En Colombia se ha evidenciado un aumento de los procesos industriales que buscan aumentar la producción de bienes y servicios que satisfagan las necesidades de nuestra sociedad. Estos procesos productivos involucran el monitoreo y control de diferentes variables y magnitudes físicas, para las cuales se requieren de actuadores que exceden la capacidad humana, ya sea por nuestra reacción limitada o nuestra capacidad física. Por lo cual, se hace uso de máquinas autómatas tales como el PLC.

Añadido a lo anterior, cada vez más se hace necesario monitorear y controlar un mayor número de variables físicas, lo cual implica el uso de más módulos periféricos como sensores digitales o analógicos. Los PLC se ven limitados por su capacidad de entradas de información para cumplir a cabalidad con los procesos para los que se requieren.

Dichos controladores suelen tener precios bastante elevados y, debido a la actual escasez de semiconductores y a una tasa representativa del mercado del dólar desfavorable, se espera que los costos sigan aumentando. Un alza del dólar y la escasez de semiconductores debido a su alta demanda por la pandemia genera en Colombia varios impactos negativos en el sector tecnológico del país. Da lugar a que los componentes y equipos importados necesarios para el desarrollo de proyectos tecnológicos sean más costosos, lo que aumentará el monto de inversión para las empresas que buscan implementar estas tecnologías en sus procesos industriales. Si el precio aumenta, las pequeñas empresas tendrían dificultades para adquirir tales tecnologías como el PLC y sus relacionados, debido a su presupuesto limitado.

El aumento en el precio de estas tecnologías afectaría negativamente la competitividad de las pequeñas y medianas empresas colombianas (pymes) en comparación con otras empresas en el mercado. Esto haría que sea más difícil para las pymes colombianas competir con empresas multinacionales, en términos de eficiencia, costos y calidad. En el caso de que las empresas ya cuenten con PLC y tecnologías relacionadas como parte de su infraestructura industrial, un aumento en los precios significaría tener que desembolsar más dinero para mantener y reparar estos sistemas. Por lo tanto, aumenta sus costos operativos y reduce sus márgenes de utilidad. También causaría una disuasión a las empresas locales de no invertir en automatización, ya que podría ser menos rentable o incluso no rentable en comparación con otras opciones de inversión. Esto implicaría el retraso o incluso detener la implementación de proyectos de automatización.

De modo que, se hace necesario buscar soluciones de bajo costo que permitan aumentar la capacidad operativa de la tecnología PLC. Con un dispositivo que permita la ampliación de entradas de los autómatas programables, y así sea posible una mayor cantidad de lectura de información de los equipos electrónicos, ya que los PLC

son un componente esencial en la automatización de los procesos industriales y contribuyen significativamente a la competitividad y eficiencia de las empresas.

## **2. PROBLEMA A RESOLVER**

En el marco de este proyecto, se busca satisfacer una necesidad: diseñar e implementar una tarjeta electrónica que permita ampliar la capacidad de operación de la tecnología PLC. Esta tarjeta se apoyará en el uso de un microcontrolador y permitiría comunicar y transmitir datos con conexión de red local por cable RJ-45 mediante protocolo MODBUS TCP/IP entre el PLC y los módulos periféricos adicionales, los cuales podrían ser de tipo analógico o digital. La tarjeta electrónica busca ser una solución de bajo presupuesto en comparación con las soluciones comerciales de los fabricantes de PLC.

Al implementar este tipo de soluciones, las empresas podrían tener acceso a la automatización o mejorar los procesos ya implementados. Esto ayudaría a mejorar la competitividad de las empresas colombianas, pues aumenta la eficiencia al mejorar la velocidad de los procesos y aumentar la precisión en la toma de decisiones. De este modo se busca reducir la dependencia de importaciones tecnológicas, con lo que las empresas colombianas podrían aumentar su competitividad al reducir los costos de importación y los riesgos de cambios de divisas extranjeras por los contextos internacionales. En este sentido, se busca fomentar la innovación y el desarrollo local, las empresas colombianas podrían entonces contribuir al desarrollo económico del país, al generar empleo y riqueza localmente.

### **3. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e Implementar un prototipo para la expansión de entradas digitales y analógicas para un Controlador Lógico Programable (PLC) con comunicación MODBUS.

### **4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un circuito electrónico basado en microcontrolador que permita manejar entradas y salidas analógicas y digitales.
- Seleccionar los componentes electrónicos adecuados para la implementación de la tarjeta electrónica, basado en criterios económicos, de disponibilidad y compatibilidad.
- Implementar, mediante MODBUS, la comunicación entre una tarjeta electrónica y un Controlador Lógico Programable (PLC) mediante el uso del software TIA Portal.
- Validar la lectura digital/analógica con el Controlador Lógico Programable (PLC) del módulo expensor mediante comunicación MODBUS.

## 5. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN (ANÁLISIS ESTRATÉGICO)

La revisión de la literatura donde se da cuenta de soluciones a partir de la expansión de entradas para PLC permitió establecer bases que dan lugar a esta propuesta o plan de proyecto. Las indagaciones documentales se hicieron con las herramientas brindadas por la Universidad Industrial de Santander, a partir de una búsqueda en los exploradores académicos de bases de datos de la biblioteca tales como IEEE Explorer, Scopus y adicionalmente las que proporciona el navegador Google Scholar.

La búsqueda de documentación se realizó mediante el uso de palabras clave como: *MÓDULO, EXPANSOR, ENTRADAS, PLC, MODBUS, TCP/IP*, entre otras. En los cuales se encontraron pocos antecedentes en el desarrollo de proyectos similares. En la indagación se pudo evidenciar la importancia del PLC en diferentes aplicaciones industriales y educativas, los cuales buscan mejorar los procesos con diferentes protocolos de comunicación. También se evidenció la relevancia del protocolo MODBUS TCP/IP en las redes de comunicación modernas, pues como menciona el artículo *"TCP/IP NETWORKING IN PROCESS CONTROL PLANTS"* (Maciel & Ritter, 1998), a medida que los dispositivos tecnológicos se vuelven más inteligentes, se hace más usual el uso del protocolo TCP/IP. Por ejemplo, se encontró el documento: *"Development of a monitoring and control platform for PLC-based applications"* (Da'na et al, 2008), proyecto en el cual se busca monitorizar y controlar un proceso controlado por PLC mediante los protocolos GSM y TCP/IP.

Finalmente, mediante el uso del explorador Google, se encontró un sitio web en el que existe un proyecto similar *"Electroallweb.com"* (2020), el cual podría ser considerado punto de partida o referencia para el desarrollo de este proyecto.

## 6. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA SOLUCIÓN O METODOLOGÍA

La metodología planteada a seguir para el desarrollo del proyecto consiste en 5 etapas:

Etapas 1: Diseño del circuito electrónico, el cual deberá contar con el uso de un microcontrolador, con puerto de comunicación serial para la programación del microcontrolador y finalmente un puerto de comunicación MODBUS TCP/IP para la comunicación y envío de datos hacia el PLC. Para el diseño de este circuito se usará el software licenciado Proteus facilitado por la Escuela de Ingenierías Eléctrica y Electrónica de la Universidad Industrial de Santander, además del software libre EasyEDA

Etapas 2: Elección y adquisición de los componentes electrónicos. Los componentes deben estar sujetos a criterios económicos y de disponibilidad, los cuales podrían implicar incluso un cambio en algunas especificaciones del diseño, por lo cual, estas dos etapas se encuentran relacionadas.

Etapa 3: Implementación y fabricación de la tarjeta. Los componentes electrónicos deben ser ensamblados y soldados en la tarjeta electrónica. En esta etapa del proceso, se encuentra una toma de decisiones, las cuales pueden incluir si realizar la soldadura por parte de los desarrolladores del proyecto, lo cual implica adquirir las herramientas necesarias para dicho proceso, o, por el contrario, recurrir a un fabricante el cual brinde el proceso completo de fabricación y soldadura de la tarjeta electrónica. Este último procedimiento también debe obedecer a criterios económicos.

Etapa 4: Programación del microcontrolador e implementación del protocolo de comunicación MODBUS TCP/IP. Esto mediante el uso del software licenciado TIA Portal facilitado por la Escuela de Ingenierías Eléctrica y Electrónica de la Universidad Industrial de Santander, adicionalmente el entorno de desarrollo libre IDE Arduino.

Etapa 5: Validación de funcionamiento y corrección de errores. Para finalmente, realizar un entregable de tarjeta electrónica y video de la verificación del correcto funcionamiento del proyecto.

## 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación, se muestra en la Tabla 1 los plazos en meses correspondientes a cada uno de los indicadores que se piensan abordar durante la ejecución del Trabajo de Grado.

Actividades	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión bibliográfica																
Diseño del circuito electrónico																
Adquisición de componentes electrónicos																
Fabricación, implementación y soldadura de componentes electrónicos de la tarjeta electrónica																
Verificación y corrección de errores																
Validación de funcionamiento																
Estructuración del libro y correcciones																
Sustentación																

**Tabla 1.** Cronograma de actividades

## 8. RECURSOS Y PRESUPUESTO

### Recursos Humanos

Nombre y apellido	Título	Horas por semana	Valor hora	Número de semanas	TOTAL [\$] (Pesos colombianos)
	Formación básica				
Jaime Guillermo Barrero Pérez	Magister	1	100 000	16	1 600 000
Rafael Alfredo Acevedo Picón	Magister	1	100 000	16	1 600 000
Samir Andrés Velasco Niño	Bachiller Técnico	30	25 000	16	12 000 000
Andrés Camilo Fuquen Gil	Bachiller Técnico	20	25 000	16	8 000 000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>23 200 000</b>

**Tabla 2.** Costos del recurso humano requerido para el desarrollo del proyecto

### Uso de equipos y software

CONCEPTO	CANTIDAD	TOTAL [\$] (Pesos colombianos)
Uso y mantenimiento de equipos de computo	1	1 000 000
Acceso a internet (100 Mb/s)	1	100 000
Licencia de Software TIA PORTAL (UIS)	1	\$
Licencia de Software Cadence Capture CIS OrCAD (UIS)	1	\$
PLC Siemens S7-1500 (UIS)	1	\$
<b>SUBTOTAL</b>	<b>1 100 000</b>	

**Tabla 3.** Costos para la utilización de equipos necesarios para el desarrollo del proyecto

## Materiales e insumos

CONCEPTO	TOTAL [\$] (Pesos colombianos)
Papelería y fotocopias	50 000
Gastos de transporte	300 000
Fabricación de tarjeta	250 000
<b>SUBTOTAL</b>	<b>600 000</b>

**Tabla 4.** Costos de materiales e insumos necesarios para el desarrollo del proyecto

## Recursos bibliográficos

CONCEPTO	TOTAL [\$] (Pesos colombianos)
Recursos Bibliográficos (UIS)	1 000 000
<b>SUBTOTAL</b>	<b>1 000 000</b>

**Tabla 4.** Costos de recursos bibliográficos necesarios para el desarrollo del proyecto

## Costos totales

CONCEPTO	TOTAL [\$] (Pesos colombianos)
Recursos humanos	23 200 000
Uso de equipos	1 100 000
Materiales e insumos	600 000
Recursos bibliográficos	1 000 000
<b>TOTAL</b>	<b>25 900 000</b>

**Tabla 5.** Costo total necesario para el desarrollo del proyecto

\*(UIS) elementos facilitados por la Universidad Industrial de Santander

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Buitrago, P. (2022, marzo 5). “Un problema grave de Colombia es la dependencia de las importaciones de tecnología”. Más Colombia. <https://mascolombia.com/un-problema-gravede-colombia-es-la-dependencia-de-las-importaciones-de-tecnologia/>

García, V. C. (2022, octubre 13). La digitalización energética es el corazón de la Industria 4.0: Schneider Electric. DPLNews. <https://dplnews.com/la-digitalizacion-energetica-es-el-corazonde-la-industria-4-0-schneider-electric/>

BBC News Mundo. (2022, noviembre 1). Dólar a 5.000 pesos: cómo se explica la histórica devaluación de la moneda en Colombia (y por qué va más allá del presidente Petro). BBC. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-63480398>

García, D. (2023, enero 9). ¿Cómo quedará el mercado de la automatización industrial después de la crisis de los semiconductores? Infoplcn.net; infoPLC. <https://www.infoplcn.net/blogs-automatizacion/item/112059-como-quedara-mercadoautomatizacion-industrial-despues-crisis-semiconductores>

Org, M. (2002). MODBUS over serial line specification and Implementation guide V1. 02. 200611-20J. <http://www.Modbus-IDA.org>. December 28.2006.

Da'na, S., Sagahyroon, A., Elrayes, A., Al-Ali, A. R., & Al-Aydi, R. (2008). Development of a monitoring and control platform for PLC-based applications. Computer Standards & Interfaces, 30(3), 157-166.

Maciel, C. D., & Ritter, C. M. (1998). TCP/IP networking in process control plants. Computers & industrial engineering, 35(3-4), 611-614.

Burhan, I., Azman, A. A., & Talib, S. (2015, November). Multiple input/outputs Programmable Logic Controller (PLC) module for educational applications. In 2015 Innovation & Commercialization of Medical Electronic Technology Conference (ICMET) (pp. 39-43). IEEE.

Módulo expensor de entradas para PLC SIEMENS s7 1200, DIY. (2020, mayo 18). Electroallweb.com. <https://www.electroallweb.com/index.php/2020/05/18/modulo-expansorde-entradas-para-plc-siemens-s7-1200-diy/>