

Informe final de pasantía

Gerson Giovanni Costero Rivera

Asesor

Ing. Adriana del Pilar Noguera Torres

Universidad Nacional Abierta y a Distancia –UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2025

Agradecimientos

A la empresa Energía y Tecnología para Latinoamérica SAS (ENERTEC SAS) por brindarme la oportunidad de realizar mi pasantía profesional, confiando en mis capacidades y permitiéndome aprender de un entorno laboral comprometido con la innovación tecnológica.

Al ingeniero Jerson Agudelo, por su acompañamiento durante la pasantía, sus asesorías constantes y su apoyo técnico en cada una de las etapas desarrolladas.

A mi tutora académica, ingeniera Adriana del Pilar Noguera Torres, por su orientación, compromiso y disposición para guiar este proceso de formación.

Y a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), por su modelo educativo flexible e incluyente, que hace posible el desarrollo de profesionales éticos, competentes y comprometidos con el progreso de la sociedad.

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado con todo mi cariño a mis hijos, quienes se han convertido en la mayor motivación para seguir creciendo y alcanzar mis metas.

A mi esposa, por su paciencia, amor incondicional y por acompañarme en cada paso de este camino, incluso en los momentos más exigentes.

Y a mi familia, que, con su apoyo constante, sus palabras de ánimo y su confianza en mí, han sido la base sobre la cual he podido construir este logro.

Resumen

El presente informe final de pasantía describe las actividades, aprendizajes y resultados alcanzados durante la práctica profesional desarrollada en la empresa Energía y Tecnología para Latinoamérica SAS (ENERTEC SAS), entre abril y octubre de 2025, en la ciudad de Villavicencio. El objetivo principal fue fortalecer las competencias técnicas mediante la participación en procesos de ensamblaje, verificación, soporte técnico y puesta en marcha de equipos utilizados en proyectos de eficiencia energética y sistemas de comunicación para infraestructura de medición avanzada.

Durante el proceso se realizaron actividades como la carga de firmware en tarjetas ESP32, la verificación de medidores SDM320C y SDM530C, la revisión de módulos AMI, la atención de incidencias técnicas y la validación de comunicación mediante el protocolo Modbus RTU. La experiencia contribuyó al desarrollo de habilidades analíticas, técnicas y profesionales, además de fortalecer la capacidad de resolución de problemas y el trabajo en equipo dentro de un entorno de ingeniería real.

Palabras clave: Pasantía, Eficiencia Energética, ESP32, AMI, Modbus RTU.

Abstract

This final internship report presents the activities, results, and learning outcomes achieved during the professional practice carried out at Energía y Tecnología para Latinoamérica SAS (ENERTEC SAS), from April to October 2025, in Villavicencio, Colombia. The main objective was to strengthen technical and professional skills by participating in processes related to equipment assembly, verification, technical support, and commissioning within advanced metering infrastructure (AMI) projects.

The internship included tasks such as firmware uploading to ESP32 boards, verification of SDM320C and SDM530C meters, revision of AMI modules, handling technical incidents, and validating communication through the Modbus RTU protocol. This experience enhanced technical competencies, analytical skills, and problem-solving abilities while contributing to professional growth in an engineering-oriented environment.

Keywords: Internship, Energy Efficiency, ESP32, AMI, Modbus RTU.

Tabla de Contenido

Introducción	11
Justificación.....	12
Objetivos	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos.....	13
MARCO INSTITUCIONAL.....	14
Reseña Histórica De ENERTEC SAS	14
Misión	14
Visión.....	14
Valores Corporativos	15
Estructura Organizacional.....	15
MARCO TEÓRICO.....	16
Infraestructura de Medición Avanzada (AMI)	16
Medidores Inteligentes SDM320C Y SDM630MCT	17
Protocolo De Comunicación Modbus RTU.....	18
Tarjeta ESP32	18
Ensamblaje Y Control De Calidad En Dispositivos AMI.....	19
Plataforma De Monitoreo Y Gestión Energética	19
Soporte Técnico Y Resolución De Incidencias.....	20
DESARROLLO DE ACTIVIDADES	21
Reconocimiento Técnico Inicial Y Estructura Organizacional.....	21
Verificación técnica del medidor trifásico SDM630-MCT.	22

Programación, carga de firmware y pruebas iniciales con la tarjeta ESP32.....	22
Ensamblaje Físico De Módulos AMI.	23
Ensamblaje Monofásico (SDM320C):.....	23
Soporte Técnico Y Resolución De Incidencias.....	25
Integración General Del Sistema Y Representación Del Esquema De Comunicación.....	26
Síntesis De Resultados Obtenidos.....	27
Resultados Técnicos.....	27
Ensamblaje Y Verificación De Módulos AMI.....	27
Programación Y Validación De Tarjetas ESP32.	30
Pruebas De Funcionamiento.....	30
Resultados Operativos.....	31
Soporte Técnico Y Atención De Incidencias.	31
Puesta En Marcha De Proyectos.	31
Relación entre los resultados y los objetivos específicos.....	31
Reflexión Final	33
Conclusiones	35
Recomendaciones	36
Referencias Bibliográficas.....	37

Lista de Tablas**Tabla 1** *Resultados Cuantitativos y Cualitativos Obtenidos Durante la Pasantía en ENERTEC**SAS* 34

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Organigrama General de ENERTEC SAS</i>	15
Figura 2 <i>Medidor SDM630MCT Instalado en Gabinete para Pruebas de Verificación de Variables Eléctricas</i>	16
Figura 3 <i>Tarjeta ESP32 Utilizada en las Pruebas de Comunicación y Carga de Firmware.</i>	17
Figura 4 <i>Diagrama Técnico de Conexión entre el Medidor SDM630-MCT, el Medidor SDM320C y la Tarjeta ESP32 Mediante Bus RS-485</i>	18
Figura 5 <i>Ensamblaje de un Módulo AMI Monofásico con Medidor SDM320C</i>	24
Figura 6 <i>Ensamblaje de un Módulo AMI Trifásico con Medidor SDM530C</i>	25
Figura 7 <i>Interfaz de la Plataforma de Soporte Técnico Utilizada para la Gestión de Incidencias en ENERTEC SAS.</i>	26
Figura 8 <i>Lote de Módulos AMI Almacenados en el Área Técnica para Procesos de Verificación.</i>	28
Figura 9 <i>Equipos AMI Embalados y Listos para Entrega tras las Pruebas Técnicas Realizadas.</i>	29
Figura 10 <i>Lote Adicional de Equipos AMI Almacenados en Bodega para Revisión y Preparación antes de su Despacho</i>	29

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Certificado de Realización de Pasantías</i>	38
--	----

Introducción

La pasantía constituye una etapa esencial en la formación del ingeniero, ya que permite conectar los conocimientos teóricos adquiridos con la práctica profesional.

La experiencia desarrollada en Energía y tecnología para Latinoamérica SAS (ENERTEC SAS) representó una oportunidad para integrarse en un entorno laboral enfocado en la eficiencia energética, aplicando conceptos de comunicación industrial, electrónica aplicada y control de procesos.

El proceso tuvo una duración de seis meses, durante los cuales se realizaron actividades técnicas de ensamblaje, verificación de dispositivos, soporte y puesta en marcha de equipos, enmarcadas dentro de proyectos reales de monitoreo y gestión energética.

Cada etapa del trabajo permitió afianzar habilidades profesionales, promover la disciplina, la responsabilidad y la comprensión del impacto de la ingeniería electrónica en la sostenibilidad y el uso racional de la energía.

Justificación

La práctica profesional es el espacio ideal para aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo del proceso formativo. **ENERTEC SAS** ofrece un escenario real de aprendizaje donde convergen la electrónica, la automatización y la tecnología aplicada a la energía.

El desarrollo de la pasantía permitió aplicar habilidades de análisis, diagnóstico, documentación y verificación, aportando soluciones a las necesidades reales de la empresa.

Desde la perspectiva académica, esta práctica fortaleció las competencias profesionales del estudiante y contribuyó a su desarrollo integral, promoviendo la capacidad de trabajo en equipo, la ética laboral y la comunicación efectiva con los diferentes actores del entorno organizacional.

Objetivos

Objetivo General

Optimizar el uso de recursos energéticos mediante la programación y gestión de procesos de comunicación en los proyectos de **ENERTEC SAS**, aplicando herramientas técnicas que fortalezcan las habilidades profesionales adquiridas durante la formación académica.

Objetivos Específicos

Desarrollar soluciones técnicas de soporte en la plataforma web de ENERTEC SAS, enfocadas en la resolución de incidencias y la mejora de la gestión de tickets.

Supervisar y garantizar el ensamblaje de dispositivos y equipos necesarios para los proyectos, asegurando su correcto funcionamiento mediante pruebas.

Participar en la puesta en marcha de equipos y sistemas, colaborando en su configuración y validación.

Apoyar la optimización de las tarjetas utilizadas en los procesos de comunicación, mejorando la eficiencia en la transmisión de datos.

Marco Institucional

Reseña Histórica de ENERTEC SAS

Energía y Tecnología para Latinoamérica SAS (ENERTEC SAS) es una empresa dedicada al diseño, integración e implementación de soluciones tecnológicas orientadas a la eficiencia energética, la automatización y la gestión avanzada de recursos eléctricos. A lo largo de su trayectoria, la empresa ha consolidado una presencia importante en el sector energético gracias al desarrollo de sistemas AMI, plataformas de monitoreo y tecnologías que permiten optimizar el consumo y mejorar los procesos de medición.

Con el paso del tiempo, ENERTEC SAS ha fortalecido sus capacidades técnicas y humanas, posicionándose como una organización innovadora que integra ingeniería, tecnología y sostenibilidad para atender las necesidades energéticas de empresas públicas y privadas.

Misión

Ofrecer soluciones tecnológicas eficientes que contribuyan a la optimización de los recursos energéticos mediante sistemas de medición avanzada, automatización y monitoreo, promoviendo el desarrollo sostenible y la gestión responsable de la energía.

Visión

Consolidarse como una empresa líder en Colombia y Latinoamérica en soluciones avanzadas de eficiencia energética, destacándose por su innovación, calidad técnica y capacidad para integrar tecnologías inteligentes en diferentes sectores productivos, proyectándose al año 2030 como referente regional.

Valores Corporativos

ENERTEC SAS se caracteriza por promover valores que orientan su trabajo diario y fortalecen su cultura organizacional. Entre los principales se destacan:

- **Innovación:** búsqueda constante de nuevas herramientas y tecnologías.
- **Responsabilidad:** cumplimiento de compromisos y normativas institucionales.
- **Calidad:** excelencia en productos, servicios y procesos.
- **Trabajo en equipo:** cooperación entre áreas para el cumplimiento de objetivos.
- **Sostenibilidad:** compromiso con el uso racional de los recursos energéticos.

Estructura Organizacional

La estructura de ENERTEC SAS está conformada por una junta directiva, gerencias, áreas técnicas y equipos operativos encargados del desarrollo de proyectos y de la operación en campo.

La jerarquía interna y la distribución de responsabilidades se observan en la Figura 1.

Figura 1

Organigrama General de ENERTEC SAS



Nota. ENERTEC SAS (2025).

Marco Teórico

Infraestructura de Medición Avanzada (AMI)

La Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) es un sistema tecnológico que integra medidores inteligentes, módulos de comunicación y plataformas digitales para registrar, procesar y transmitir información eléctrica en tiempo real.

Esta arquitectura facilita el análisis detallado del consumo energético, la detección de fallas y la implementación de estrategias de eficiencia basadas en datos actualizados.

En el contexto de ENERTEC SAS, los sistemas AMI son la base de los proyectos desarrollados. La integración entre medidores y tarjetas ESP32 —representados en las Figuras 2 y 3— permite que la información capturada en campo sea enviada de forma confiable hacia las plataformas de monitoreo.

Figura 2

Medidor SDM630MCT Instalado en Gabinete para Pruebas de Verificación de Variables Eléctricas.



Nota. Elaboración propia (2025).

Figura 3

Tarjeta ESP32 Utilizada en las Pruebas de Comunicación y Carga de Firmware.



Nota. Elaboración propia (2025).

Medidores Inteligentes SDM320C Y SDM630MCT

Los medidores inteligentes de la serie SDM son dispositivos utilizados para registrar variables eléctricas tales como voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia y energía acumulada.

El SDM320C es un medidor monofásico, mientras que el SDM630-MCT es un medidor trifásico que utiliza transformadores de corriente (TCs) y permite una medición más robusta en sistemas de mayor carga.

Durante la pasantía se realizaron diferentes verificaciones técnicas en estos equipos, incluyendo lectura de registros, validación del protocolo Modbus RTU, comprobación de la configuración del esclavo y revisión del estado físico del medidor.

El medidor trifásico SDM630-MCT se observa en la Figura 2.

Protocolo De Comunicación Modbus RTU

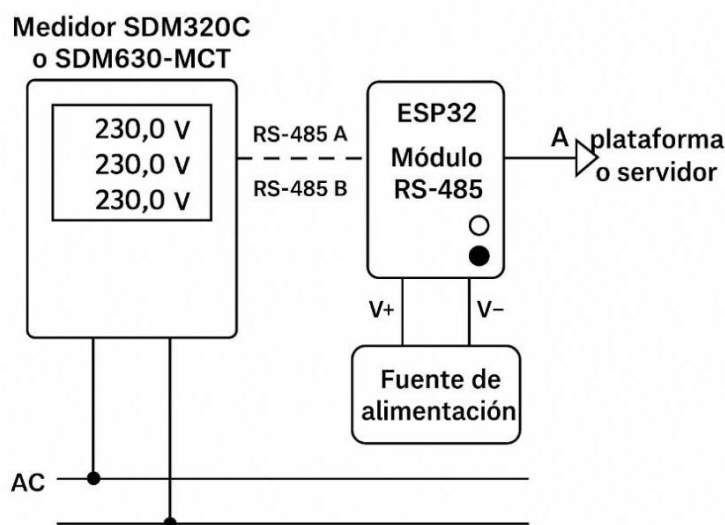
Modbus RTU es un protocolo industrial utilizado ampliamente para el intercambio de información entre dispositivos electrónicos. Su funcionamiento sobre líneas RS-485 permite establecer comunicaciones estables y confiables en topologías multipunto.

Este protocolo fue fundamental durante las actividades de la pasantía, pues permitió validar la integridad de las tramas enviadas por los medidores hacia la tarjeta ESP32.

El flujo básico de comunicación empleado se encuentra representado en la Figura 4 (diagrama de conexión).

Figura 4

Diagrama Técnico de Conexión entre el Medidor SDM630-MCT, El Medidor SDM320C y la Tarjeta ESP32 mediante Bus RS-485.



Nota. Elaboración propia (2025).

Tarjeta ESP32

El ESP32 es un microcontrolador de altas prestaciones que integra conectividad WiFi, Bluetooth y capacidad de procesamiento en tiempo real.

Su arquitectura lo convierte en un dispositivo ideal para proyectos de telemetría, sistemas IoT y plataformas de monitoreo energético.

Durante la pasantía se trabajó en la carga de firmware, verificación del estado operativo y validación de la comunicación Modbus RTU entre el ESP32 y los medidores SDM.

La tarjeta utilizada en estas actividades se presenta en la Figura 3.

Ensamblaje y Control de Calidad en Dispositivos AMI

Los sistemas AMI requieren pasar por diferentes procesos de ensamblaje, revisión técnica y control de calidad antes de ser instalados en campo.

Entre los procedimientos más comunes se encuentran:

- Revisión de conexiones eléctricas.
- Comprobación de comunicación Modbus RTU.
- Validación del firmware cargado.
- Verificación del estado físico del equipo.

Estas actividades fueron parte del trabajo realizado durante la pasantía, permitiendo comprender cómo se garantiza la integridad y funcionalidad de los equipos antes de su despliegue definitivo.

Plataforma de Monitoreo y Gestión Energética

Las plataformas de monitoreo permiten visualizar en tiempo real los datos recopilados por los medidores y las tarjetas electrónicas.

A través de estas herramientas, los técnicos pueden detectar fallas, generar reportes, analizar tendencias de consumo y gestionar alarmas asociadas al funcionamiento de los equipos.

Aunque el acceso completo a la plataforma no formó parte del alcance total de la pasantía, se realizaron revisiones básicas que permitieron entender cómo fluye la información desde los dispositivos de campo hasta su visualización final.

Soporte Técnico y Resolución de Incidencias

El soporte técnico es un componente esencial en la operación de sistemas de medición avanzada.

Este proceso implica diagnosticar fallas, revisar configuraciones, validar conexiones, analizar reportes de clientes y coordinar acciones para garantizar la continuidad del servicio.

Durante la pasantía se atendieron varios casos de soporte relacionados con fallas de comunicación, revisiones de medidores y validación de tarjetas, lo que permitió fortalecer habilidades de diagnóstico, análisis y trabajo en equipo.

Desarrollo de Actividades

El desarrollo de actividades durante la pasantía se llevó a cabo de manera progresiva, siguiendo los lineamientos establecidos en el plan de trabajo y respondiendo a las necesidades técnicas de ENERTEC SAS. Las tareas realizadas permitieron integrar conocimientos teóricos con prácticas propias del campo de la ingeniería electrónica, especialmente en áreas relacionadas con medición inteligente, comunicación industrial y ensamblaje de dispositivos orientados a la eficiencia energética.

El presente capítulo describe las actividades ejecutadas, organizadas de acuerdo con los objetivos específicos propuestos. Las imágenes asociadas a cada proceso se encuentran en el apartado figuras, ubicado al final del documento, y se referencian dentro del texto según corresponda.

Reconocimiento Técnico Inicial y Estructura Organizacional

La primera etapa de la pasantía consistió en un proceso de familiarización con la empresa, sus líneas de trabajo y la estructura organizacional. Este reconocimiento permitió identificar el papel que desempeña cada área en el desarrollo de proyectos de medición avanzada, automatización y eficiencia energética.

La estructura jerárquica de ENERTEC SAS, observada en la Figura 1, facilitó comprender el flujo de responsabilidades, la relación entre las áreas técnicas y administrativas, y el rol que desempeña el área de ingeniería en la ejecución de sistemas AMI.

Este primer acercamiento fue crucial para ubicar las actividades asignadas dentro de los procesos reales de la empresa, adaptándose gradualmente a las dinámicas de trabajo y a las herramientas empleadas en los proyectos.

Verificación Técnica del Medidor Trifásico SDM630-MCT

Posteriormente, se realizó la verificación técnica del medidor trifásico SDM630-MCT, mostrado en la Figura 2. Durante esta fase se revisaron aspectos fundamentales para su correcta operación, tales como:

- Conexiones de fase y neutro
- Transformadores de corriente (TCs)
- Dirección Modbus del dispositivo
- Velocidad de comunicación y parámetros del puerto RS-485
- Estado operativo del equipo y su respuesta a solicitudes de lectura

El medidor utilizado durante las pruebas se presenta en la Figura 2, donde se aprecia su instalación dentro de un gabinete y su conexión a la red eléctrica. Estas verificaciones garantizaron que el equipo estuviera en condiciones adecuadas para las pruebas de comunicación y ensamblaje posteriores.

Programación, Carga De Firmware y Pruebas Iniciales con la Tarjeta ESP32

Uno de los ejes centrales de la pasantía fue el trabajo con la tarjeta ESP32, dispositivo encargado de la lectura, procesamiento y transmisión de las variables eléctricas obtenidas desde los medidores SDM. La tarjeta utilizada se muestra en la Figura 3.

Durante esta etapa se realizaron actividades como:

- Carga del firmware proporcionado por ENERTEC SAS
- Inicialización del puerto RS-485
- Configuración de parámetros Modbus RTU
- Pruebas de lectura de registros
- Validación de tramas enviadas y recibidas

- Comprobación de estabilidad de la comunicación

Estas pruebas permitieron confirmar que el firmware interpretara correctamente los datos enviados por los medidores, garantizando un enlace confiable entre los equipos.

Ensamblaje Físico de Módulos AMI

Una vez verificados los dispositivos por separado, se procedió al ensamblaje físico de módulos AMI. Estos módulos integran los medidores, la tarjeta ESP32, la fuente de alimentación y las borneras de comunicación dentro de cajas de protección diseñadas para instalación en campo.

Se elaboraron módulos tanto monofásicos como trifásicos, dependiendo del tipo de carga y del proyecto asociado.

Ensamblaje Monofásico (SDM320C)

Se ensamblaron módulos AMI monofásicos utilizando el medidor SDM320C, integrando la tarjeta de comunicación y los componentes de protección dentro de una caja de policarbonato. Uno de estos ensamblajes se presenta en la Figura 5, donde se observa la distribución interna del equipo y el orden de las conexiones realizadas durante el proceso.

Figura 5

Ensamblaje de un Módulo AMI Monofásico con Medidor SDM320C.



Nota. Elaboración propia (2025).

Ensamblaje Trifásico (SDM630-MCT)

Adicionalmente, se ensamblaron módulos AMI trifásicos utilizando el medidor SDM530C, empleado para mediciones directas en sistemas trifásicos. Su estructura interna y las conexiones elaboradas se muestran en la Figura 6, donde se aprecia la integración del medidor, la bornera de alimentación y la tarjeta de comunicación asociada.

Estas actividades permitieron adquirir experiencia en montaje, verificación de polaridades, revisión de continuidad, ordenamiento del cableado y control de calidad antes de cada entrega.

Figura 6

Ensamblaje de un Módulo AMI Trifásico con Medidor SDM530C.



Nota. Elaboración propia (2025).

Soporte Técnico y Resolución de Incidencias

Durante la pasantía se brindó soporte técnico en diferentes proyectos, atendiendo incidencias relacionadas con fallas de comunicación, valores inconsistentes reportados por los medidores y problemas asociados al cableado o a configuraciones previas.

Para estas actividades se empleó la plataforma de soporte de ENERTEC SAS, la cual permitía visualizar datos de usuarios, equipos instalados y órdenes de servicio abiertas. La interfaz utilizada durante estas tareas se muestra en la Figura 7, donde se evidencia el registro del perfil técnico y la gestión de solicitudes recibidas.

Estas labores fortalecieron habilidades en diagnóstico técnico, atención de casos reales, revisión de tramas Modbus y análisis de información operativa relevante para la toma de decisiones.

Figura 7

Interfaz de la Plataforma de Soporte Técnico Utilizada para la Gestión de Incidencias en ENERTEC SAS.



Nota. Elaboración propia (2025).

Integración General del Sistema y Representación del Esquema de Comunicación

Finalmente, se elaboró un diagrama técnico que resume la arquitectura del sistema trabajado durante la pasantía. Este diagrama representa la comunicación entre los medidores SDM320C y SDM630-MCT, la tarjeta ESP32 y la línea RS-485.

La representación gráfica se presenta en la Figura 4, la cual permitió visualizar de forma clara la estructura del sistema AMI, facilitando la comprensión del flujo de datos y las relaciones entre los componentes instalados.

Este esquema sirvió como soporte conceptual para las actividades prácticas y como referencia en las etapas de ensamblaje, programación y diagnóstico técnico.

El desarrollo de la pasantía en ENERTEC SAS permitió obtener avances significativos en procesos técnicos y operativos relacionados con sistemas de medición avanzada (AMI). Cada una de las actividades realizadas, desde el ensamblaje de módulos hasta la verificación de tarjetas ESP32 y el soporte técnico, aportó al fortalecimiento de competencias profesionales. Este capítulo presenta los principales resultados alcanzados, respaldados por evidencia fotográfica y organizados según los objetivos planteados en el plan de trabajo.

Síntesis de Resultados Obtenidos

En la Tabla 1 se consolidan los logros cuantitativos y cualitativos alcanzados durante los seis meses de práctica profesional. Estos resultados reflejan tanto la magnitud de las tareas ejecutadas como el aprendizaje adquirido en cada proceso.

Resultados Técnicos.

Ensamblaje y Verificación de Módulos AMI

Una de las actividades centrales fue el ensamblaje de módulos AMI monofásicos y trifásicos, integrando medidores SDM, tarjetas ESP32 y elementos de protección. Este proceso permitió asegurar la correcta disposición de los componentes, el orden del cableado y la estabilidad eléctrica de cada módulo.

En las Figuras 5 y 6 se observa el resultado de esta labor en medidores monofásicos y trifásicos respectivamente, donde se aprecia la calidad del ensamblaje, la fijación adecuada de los equipos y el uso correcto de las borneras para la comunicación Modbus.

Además del ensamblaje mecánico, fue necesario gestionar el flujo de módulos AMI que ingresaban al área técnica para ser revisados, probados o entregados. La Figura 8 muestra uno de los lotes de módulos almacenados en espera de verificación, mientras que la Figura 9 evidencia equipos ya embalados tras superar las pruebas técnicas.

De manera complementaria, en la Figura 10 se observa un conjunto adicional de módulos en bodega, reflejando el volumen de equipos procesados durante la práctica. Estas imágenes permiten dimensionar la magnitud del trabajo realizado y el cumplimiento de la meta de 138 módulos verificados.

Figura 8

Lote de Módulos AMI Almacenados en el Área Técnica para Procesos de Verificación.



Nota. Elaboración propia (2025).

Figura 9

Equipos AMI Embalados Y Listos Para Entrega Tras Las Pruebas Técnicas Realizadas.



Nota. Elaboración propia (2025).

Figura 10

Lote Adicional De Equipos AMI Almacenados En Bodega Para Revisión Y Preparación Antes De Su Despacho.



Nota. Elaboración propia (2025).

Programación y Validación de Tarjetas ESP32

El proceso de programación de tarjetas ESP32 permitió comprender la estructura del firmware, las configuraciones de comunicación y la interacción con los medidores inteligentes mediante el protocolo Modbus RTU.

En total, se verificaron 273 tarjetas ESP32, asegurando que cada una contara con parámetros correctos como:

- Dirección Modbus.
- Velocidad de transmisión.
- Funcionamiento del módulo Bluetooth para pruebas locales.

En la Figura 3 se observa una de las tarjetas durante el proceso de validación, destacando los indicadores LED y la arquitectura electrónica que permitía identificar fallas y confirmar la operación correcta del sistema.

El diagrama general de conexión empleado para las pruebas se presenta en la Figura 4, donde se ilustra el enlace entre medidores SDM320C/SDM530C/SDM630MCT y la tarjeta ESP32 mediante bus RS-485, estructura repetida en todas las verificaciones realizadas.

Pruebas de Funcionamiento

Para garantizar la confiabilidad del sistema, se llevaron a cabo más de 200 pruebas funcionales entre medidores SDM y tarjetas ESP32. Estas pruebas incluyeron:

- Comprobación de lectura de variables eléctricas.
- Validación del envío de tramas Modbus.
- Pruebas de respuesta ante fallos.
- Confirmación del funcionamiento del firmware.

La Figura 2 ilustra uno de los medidores en gabinete de pruebas, utilizado en la mayoría de las verificaciones, lo que permitió garantizar la estabilidad de los equipos antes de su entrega.

Resultados Operativos

Soporte Técnico y Atención de Incidencias

Un componente importante de la práctica fue el acompañamiento al soporte técnico.

Durante los seis meses se atendieron 60 incidencias, relacionadas con:

- Fallas de lectura.
- Interrupciones de comunicación.
- Consultas de clientes internos.

La plataforma utilizada para la gestión de incidencias se muestra en la Figura 7, herramienta clave para registrar casos, documentar intervenciones y realizar seguimiento a cada solicitud.

Puesta en Marcha de Proyectos

Finalmente, se participó en la puesta en marcha de dos proyectos AMI, donde se integraron todas las etapas previas: ensamblaje, programación, pruebas, control de calidad y entrega final.

La labor realizada en estos procesos permitió observar el funcionamiento real del sistema y validar que los equipos cumplieran con los requisitos técnicos establecidos por la empresa.

Relación entre los Resultados y los Objetivos Específicos

El análisis de los resultados demuestra el cumplimiento total del plan de trabajo:

Objetivo 1: Se brindó soporte técnico, atendiendo 60 incidencias reales.

Objetivo 2: Se ensamblaron y verificaron 138 módulos AMI con criterios de calidad.

Objetivo 3: Se participó en la puesta en marcha de 2 proyectos operativos.

Objetivo 4: Se cargó y verificó firmware en 273 tarjetas ESP32 optimizando la comunicación industrial.

Reflexión Final

El proceso de pasantía permitió integrar conocimientos teóricos con experiencias prácticas en el campo de la telemetría y los sistemas AMI.

Cada actividad, desde el ensamblaje hasta la validación final, representó una oportunidad de aprendizaje real que contribuyó al crecimiento profesional, fortaleciendo habilidades técnicas, capacidad de análisis, responsabilidad y autonomía en entornos de trabajo exigentes.

Tabla 1

Resultados Cuantitativos y Cualitativos Obtenidos Durante La Pasantía En ENERTEC SAS

Actividad	Resultado cuantitativo	Resultado cualitativo
Ensamblaje de módulos AMI	138 equipos verificados	Control de calidad aplicado rigurosamente
Carga de firmware en tarjetas ESP32	273 tarjetas verificadas	Comprensión del proceso de comunicación Modbus
Pruebas de funcionamiento	Más de 200 pruebas completas	Fortalecimiento de habilidades técnicas
Soporte técnico y atención de tickets	60 incidencias resueltas	Trabajo colaborativo y resolución de problemas
Puesta en marcha de proyectos	2 proyectos finalizados	Integración de teoría y práctica profesional

Nota. La tabla resume los resultados principales obtenidos durante el proceso de pasantía, evidenciando el cumplimiento del plan de trabajo.

Conclusiones

La pasantía en ENERTEC SAS me permitió aplicar de forma real todo lo aprendido en la Ingeniería Electrónica. Cada objetivo planteado se convirtió en una experiencia que fortaleció mis habilidades, mi carácter y mi visión profesional.

El soporte técnico brindado y la resolución de 60 incidencias me enseñaron a responder con criterio, calma y responsabilidad ante situaciones reales.

El ensamblaje y verificación de 138 módulos AMI reafirmó la importancia del detalle, la paciencia y la calidad en cada proceso.

La participación en la puesta en marcha de dos proyectos me permitió comprender cómo las decisiones técnicas impactan directamente en el funcionamiento de un sistema completo.

La carga y validación de firmware en 273 tarjetas ESP32 fortaleció mi seguridad en la programación y en el manejo de protocolos de comunicación industrial.

En conjunto, esta experiencia no solo consolidó mis competencias técnicas, sino que también me ayudó a crecer como persona, aumentando mi confianza y reafirmando que la ingeniería es el camino profesional en el que quiero seguir desarrollándome.

Recomendaciones

Se sugiere continuar fortaleciendo la documentación técnica de los procesos internos, ya que esto facilita la estandarización del trabajo y disminuye reprocesos. También es recomendable mantener espacios de capacitación relacionados con comunicación Modbus, uso de plataformas AMI y procedimientos de verificación, de manera que el equipo técnico pueda actualizarse continuamente.

Una mejor organización del área de trabajo y del almacenamiento de módulos y tarjetas favorece los tiempos de respuesta y mejora el control de inventario. Finalmente, resulta valioso seguir promoviendo la comunicación entre las áreas técnicas y de desarrollo, pues este intercambio contribuye a mejorar la calidad de los proyectos y la eficiencia operativa general.

Referencias Bibliográficas

ENERTEC Latam. (2025). *Inicio*. Recuperado de <https://enerteclatam.com/>

ENERTEC SAS. (2025). *Documentación técnica interna del área de soporte y pruebas AMI*.

Archivo interno de la empresa.

ENERTEC SAS. (2025). *Procedimientos internos de ensamblaje y verificación de módulos AMI*.

Archivo interno.

ENERTEC SAS. (2025). *Registros de soporte técnico y pruebas de comunicación Modbus*.

Archivo interno.

Apéndices

Apéndice A

Certificado de Realización de Pasantías.



57+3112303823 
 57+3058139238  
contacto@enerteclatam.com 

CONSTANCIA DE PASANTÍAS

**EL SUSCRITO REPRESENTANTE LEGAL SUPLENTE DE ENERGÍA
 Y TECNOLOGÍA PARA LATINOAMÉRICA S.A.S. NIT.
 901.091.737**

HACE CONSTAR QUE:

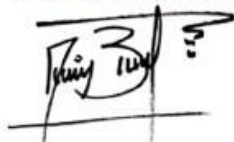
El señor **GERSON GIOVANNY COSTERO RIVERA**, identificado con cédula de ciudadanía No. **1.094.246.508** de Pamplona – Norte de Santander, realizó satisfactoriamente su pasantía profesional en nuestra organización, cumpliendo con el plan de trabajo establecido.

El periodo de pasantía se llevó a cabo en nuestras instalaciones durante el tiempo comprendido entre el 08 de abril de 2025 y el 08 de octubre de 2025, cumpliendo con las horas requeridas por su programa académico.

Durante este tiempo, el pasante demostró responsabilidad, compromiso y competencias técnicas acordes con los objetivos de la empresa, contribuyendo de manera positiva al desarrollo de las actividades asignadas.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines académicos que considere pertinentes.

Villavicencio, a los once (11) días del mes de noviembre de dos mil veinticinco (2025).



Firmado digitalmente
 por ALEBAS
 Fecha: 2025.11.11
 18:11:36 -05'00'

ALEXIS BASTO COSTERO
 C.C. 86.079.292 de Villavicencio
 REPRESENTANTE LEGAL SUPLENTE
 Celular: 316 308 52 86
contacto@enerteclatam.com

NOTA: se adjunta certificación de cámara de comercio donde evidencias la facultades del representante legal suplente