

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO PROTOCOLO MODBUS Y COMUNICACIÓN INALÁMBRICA CON TECNOLOGÍA ALLEN BRADLEY PARA MONITOREO Y CONTROL LOCAL Y REMOTO DE LAS ESTACIONES DE NIVEL, FLUJO Y PRESIÓN EN EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

Gallo L. Herrera D.

Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

Abstract— Las Redes industriales son el elemento mas importante de las principales Industrias desde hace mucho tiempo, al existir nuevas tecnologías, nuevas aplicaciones y nuevos dispositivos que permiten procesar informacion en tiempo real ayudando a mejorar los procesos, los controladores COMPACTLOGIX de ALLEN BRADLEY al ser PLCs de grandes prestaciones permiten desarrollar la implementacion de una RED MODBUS RTU, esta muy aplicada en importantes industrias, esta aplicación permitira ayudar a los estudiantes a familiarizarse con una RED MODBUS RTU y con los cotroladores COMPACTLOGIX, ademas se aplicara tecnologia inalambrica para el monitoreo y control de los procesos en el laboratorio de REDES DIGITALES Y CONTROL DE PROCESOS .

Palabras claves—MODBUS RTU, Comandos MODBUS, RS485, Router Inalambrico, simulador, nodo MAESTRO, nodo ESCLAVO, RSLogix5000, RSLinx Classic, FACTORY TALK VIEW.

I. INTRODUCCIÓN

EL presente documento indica la implementación realizada en el laboratorio de REDES DIGITALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESPE LATACUNGA donde se diseño una RED MODBUS RTU con PLCs COMPACTLOGIX y con el modulo conversor de interfaz 1761 NET AIC.

MODBUS es un protocolo muy difundido en la industria al estar en el nivel de campo permite una eficiente recoleccion de datos desde el MAESTRO a los dispositivos ESCLAVOS que se añaden a la red, estos dispositivos pueden ser de cualquier fabricante o marca ya que MODBUS es un protocolo abierto.

El protocolo como característica tiene que es del tipo MAESTRO-ESCLAVO eso quiere decir que el nodo MAESTRO es el que se encarga de enviar comandos explicitos a dada nodo ESCLAVO que conforma la RED estos a su vez procesan la respuesta requerida, otra característica de este bus de campo es que los

nodos ESCLAVOS no transmiten informacion sin que exista una peticion del nodo MAESTRO y ademas los nodos ESCLAVOS no se comunican ni pasan informacion entre si.

II. MARCO TEORICO

A. Introduccion

Modbus es un protocolo de comunicaciones industriales de capa 7 del modelo OSI, basado en la arquitectura maestro-esclavo, fue diseñada en 1979 por MODICON para una gama de PLC. Convertido en un protocolo estándar dentro de la industria que tiene mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos industriales.

Un sistema del tipo maestro/esclavo tiene un nodo maestro que es encargado de enviar los comandos explícitos a cada uno de los nodos esclavos los cuales procesaran la respuesta requerida. Una característica de este tipo de bus de campo es que los nodos no transmiten información sin una petición del nodo maestro y además no se comunican con los demás nodos esclavos dentro de la red.

En el protocolo de comunicación MODBUS existen dos formas de intercambia la información con los dispositivos de la red estas son:

- Modbus RTU
- Modbus ASCII

La selección del modo de comunicación RTU o ASCII solo se refiere a las redes estándar de MODBUS; esta selección define como será empaquetada la información dentro de las tramas de MODBUS y a la vez su decodificación.

B. Transmisión en MODBUS RTU

Cuando se asigna la configuración de los

controladores en modo RTU (terminal de unidad remota), cada 8 bits (byte) en un mensaje, contiene dos caracteres hexadecimales de 4 bits. La mayor ventaja de este modo es que mayor sea la densidad de caracteres permite un mejor rendimiento que los datos ASCII para la misma velocidad de transmisión.

| Slave Address | Function Code | Data | CRC |
|---------------|---------------|---------------------|-----------------------------|
| 1 byte | 1 byte | 0 up to 252 byte(s) | 2 bytes CRC Low CRC Hi |

Fig. 1. Trama MODBUS RTU

C. MODBUS con RS485

Una solución de MODBUS sobre una línea serial es el de implementar dos cables con una interface eléctrica de acuerdo con el estándar EIA/TIA 485.

De hecho se necesita un driver que controle de mejor manera la transmisión dentro del bus, también se requiere de un tercer conductor que conecte a todos los nodos de la red, a este cable se le denomina común.

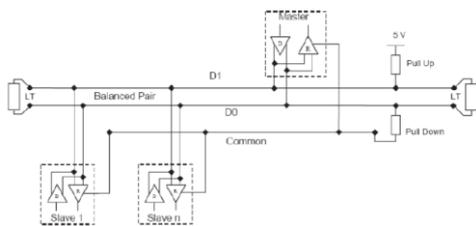


Fig. 2. Configuración de MODBUS en RS485[1]

D. Medio Físico.

El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex (half duplex) (RS-485 o fibra óptica) o dúplex (full duplex) (RS-422, BC 0-20mA o fibra óptica).

La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

E. Acceso al medio.

La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra.

Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

- Intercambios punto a punto, que comportan siempre dos mensajes: una demanda del maestro y una respuesta del esclavo.

- Mensajes difundidos. Estos consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, reset, etc.

F. Protocolos.

La codificación de datos dentro de la trama puede hacerse en modo ASCII o puramente binario, según el estándar RTU (Remote Transmission Unit). En cualquiera de los dos casos, cada mensaje obedece a una trama que contiene cuatro campos principales. La única diferencia estriba en que la trama ASCII incluye un carácter de encabezamiento («:»=3A H) y los caracteres CR y LF al final del mensaje.

Pueden existir también diferencias en la forma de calcular el CRC, puesto que el formato RTU emplea una fórmula polinómica en vez de la simple suma en módulo 16 [2].

G. Router Inalámbrico.

Un ROUTER inalámbrico o ROUTER WIRELESS es un dispositivo de red que desempeña las funciones de un ROUTER pero también incluye las funciones de WAP o AP (WIRELESS ACCESS POINT - punto de acceso inalámbrico). Normalmente se usa para permitir el acceso a Internet o a una red de computadoras sin la necesidad de una conexión con cables.

La mayoría de los ROUTERS inalámbricos tienen las siguientes características:

- Puertos LAN, que funcionan de la misma manera que los puertos de un conmutador/interruptor de red.
- Un puerto WAN, para conectar a una área más amplia de red. Las funciones de enrutamiento se filtran usando este puerto. Si este no se usa, muchas funciones del ROUTER se circunvalarán.
- Antena WIRELESS. Permiten conexiones desde otros dispositivos sin cable como pueden ser las NIC's (Network Interface Cards - tarjetas de red), repetidores WIRELESS, puntos de acceso inalámbrico (WAP o AP), y puentes WIRELESS.

Hay varias tecnologías de transmisión inalámbricas que se diferencian entre sí por su potencia, las frecuencias y los protocolos con los que trabajan [3].

H. FACTORY TALK VIEW ME.

Machine Edition es un producto de interfaz de operador a nivel de máquina para el desarrollo y

soporte de soluciones de interfaz de operador incrustadas y basadas en PC. Está diseñado como sistema de supervisión y control de máquinas individuales y pequeños procesos. Si desea más información y experiencia sobre FACTORYTALK VIEW ME.

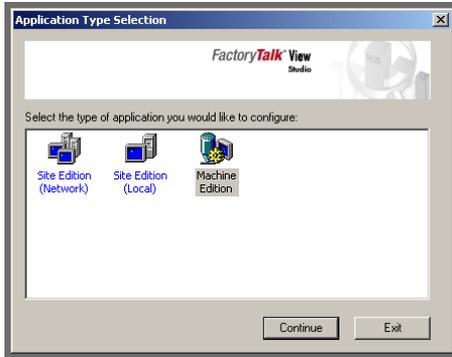


Fig. 3. FACTORY TALK VIEW ME[4]

III. DISEÑO

El objetivo del proyecto es diseñar e implementar una RED MODBUS RTU con PLCs COMPACT LOGIX y que el MAESTRO de la RED se comunique de manera INALAMBRICA con la computadora MASTER de la aplicación donde se encuentra el HMI de las estaciones de procesos.

A. Topología de la RED

La topología que se utiliza en el desarrollo de la RED MODBUS es la recomendada por ROCKWELL AUTOMATION denominada Daisy Chain mostrada en la figura 4 esta configuración es la más sencilla ya que el final de un dispositivo es el inicio del siguiente.

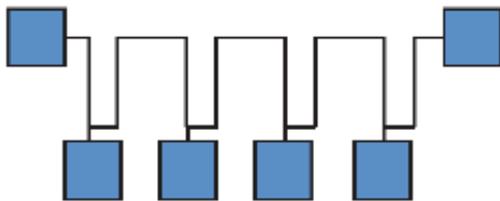


Fig. 4. Topología implementada.

B. Módulo 1761 NET-AIC

El módulo 1761 NET-AIC es básicamente un convertidor de interface avanzado por sus siglas en ingles AIC (Advance Interface Convensor), este convertidor proporciona una interfaz entre una red RS-485 y una conexión RS-232. En algunas configuraciones, el módulo puede ser alimentado de dos formas, la primera desde un controlador MICROLOGIX mediante un cable 1761-CBL-AM00 propio de Allen Bradley que sirve para comunicación RS-232, y la segunda

manera es mediante alimentación con fuente externa.

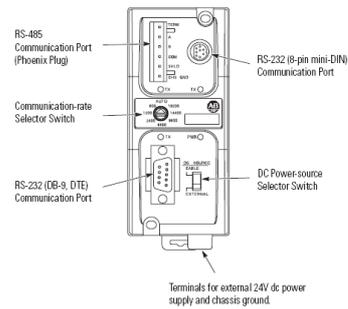


Fig. 5. Módulo 1761 NET-AIC

C. Cableado de la RED

Para el cableado de la red se utiliza cable UTP CAT 5 y la conexión se realiza como se muestra en la figura 6.

El cableado del conector PATHCORD PHOENIX para el cable de comunicación UTP.

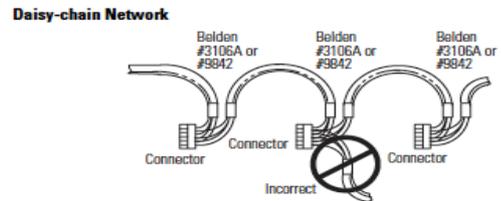


Fig. 6. Cableado de la RED[5]

D. Router Wireless D-Link 600

El ROUTER WIRELESS D-LINK 610 proporciona la facilidad de configurar una red inalámbrica entre la computadora MAESTRA donde se encuentra el HMI y el PLC MAESTRO que permite realizar control y monitoreo inalámbrico de las estaciones de procesos.



Fig. 7. Router Wireless

E. PLC COMPACTLOGIX L32E

El PLC es el “cerebro” del sistema de automatización, en el se programan todas los diagramas rutinas que controlaran los procesos didácticos nivel, presión y flujo, los comandos para realizar la comunicación entre el PLC maestro y los esclavos en la red MODBUS. A continuación se describen algunas de sus características, los módulos de entrada y salida

conectados al controlador, y el software utilizado para su programación.



Fig 8. PLC COMPACTLOGIX L32E

IV. IMPLEMENTACION

A. Introduccion

Sobre los elementos que componen la red Modbus/RTU se ejecutan diversos programas que son los que proporcionan la funcionalidad al sistema. El desarrollo del proyecto se dividió en las siguientes etapas:

- Programación de PLC COMPACTLOGIX
- Control PID de las estaciones de procesos
- Configuración maestro-esclavo
- Diseño HMI utilizando FACTORY TALK

B. Programacion de los PLCs

Para la programación de los PLCs se deben utilizar los software RSLinx Classic y RSLogix 5000.

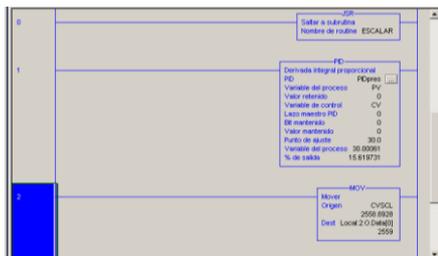


Fig. 9. RSLogix5000

C. Programacion del HMI

Para el diseño de los HMI se utilizó el software FACTORY TALK VIEW ME la principal característica del diseño de las pantallas del HMI es que son lo más intuitivas posibles para que la experiencia del usuario sea lo más simple posible, además se dio diferentes opciones como alarmas, usuarios, servidor de datos OPC, tendencias, e históricos. Todo lo necesario para que el HMI este completo.



Fig. 10. Pantalla HMI principal

D. Comunicacion Inalambrica.

La comunicación inalámbrica entre la PC central y el controlador Maestro MODBUS se realiza conectado al PLC un ROUTER INALÁMBRICO, en RSLinx Classic la forma en que el PLC se reconoce es transparente porque lo único que interesa es que se elija el medio por el cual el driver establece comunicación con el controlador, al conectar la computadora a la RED INALÁMBRICA escoja el adaptador de la antena WIRELESS del computador central como se indica la figura 11.

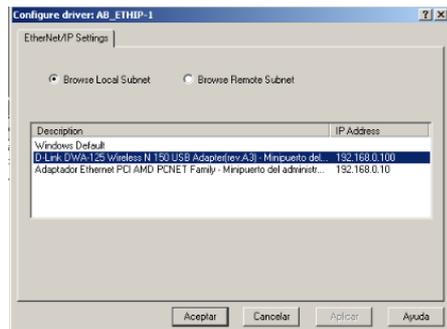


Fig. 11. Comunicación inalámbrica mediante ROUTER WIRELESS con el software RSLinx Classic

E. Implementacion RED MODBUS RTU.

Para la configuración del controlador como maestro dentro de una RED MODBUS primeramente se debe descargar de la página de ROCKWELL AUTOMATION los programas ladder que proporciona a los usuarios como ejemplos donde brinda una solución para que el PLC COMPACT LOGIX L32E pueda añadirse en una RED MODBUS tanto como maestro o esclavo de la misma, lo único que debe hacer para utilizar esta solución es abrir el programa ladder en el software RSLogix5000, esta solución soporta los comandos MODBUS que se muestra en la tabla I.

TABLA I
COMANDOS MODBUS [6]

| Código de la función | Nombre | Nivel Datos | Descripción |
|----------------------|------------------------------|----------------|---|
| 1 | Leer bobina | Bit | Este código de función se utiliza para leer el estado de varias bobinas contiguas en un dispositivo remoto. 0=OFF 1=ON |
| 2 | Leer entradas discretas | | Este código de función se utiliza para leer el estado de varias entradas digitales contiguas en un dispositivo remoto 0=OFF 1=ON |
| 5 | Escribe solo una bobina | | Este código de función se utiliza para escribir una sola salida a ON o OFF en un dispositivo remoto 0=OFF 1=ON |
| 15 | Escribe múltiples bobinas | | Este código de función se utiliza para escribir varias bobinas en secuencia de bobinas a ON o OFF en un dispositivo remoto 0=OFF 1=ON |
| 3 | Leer Holding Registers | Word (16-Bits) | Este código de función se utiliza para leer el contenido de un holding registers en un dispositivo remoto |
| 4 | Leer Input registers | | Este código de función se utiliza para leer la entrada de registros contiguos en un dispositivo remoto |
| 6 | Escribir un solo registro | | Este código de función se utiliza para escribir un solo holding registers en un dispositivo remoto |
| 16 | Escribir múltiples registros | | Este código de función se utiliza para escribir varios registros contiguos en un dispositivo remoto |

V. PRUEBAS DE LA RED

A. RED MODBUS

Las pruebas para la RED MODBUS se realizó tomando en cuenta que su estructura lógica es del tipo maestro-esclavo es decir el maestro envía una petición o comando y el esclavo responde a la orden, hay que tomar en cuenta también que es una RED monomaestro quiere decir que el PLC maestro es quién recolecta todos los datos de la red, es quién comanda la misma y el que establece el control de acceso al medio.

B. MODBUS MAESTRO

El PLC maestro de la RED MODBUS es al que se debe configurar y programar para poder recolectar los datos de cada esclavo y para enviar los comandos característicos del protocolo MODBUS la característica del programa descargado de la página de ROCKWELL AUTOMATION es que soporta los siguientes comandos MODBUS indicados en la Tabla I.

Con la siguientes pruebas se va a comprobar que efectivamente el PLC maestro escribe y lee los registros escogidos al esclavo deseado en la siguiente Figura 12 se indica la configuración en el PLC maestro con los parámetros más importantes.

| Mod_Commands[0] | (...) |
|------------------------------------|-------|
| Mod_Commands[0].Enable | 1 |
| Mod_Commands[0].EchoReceived | 1 |
| Mod_Commands[0].ScanNumber | 12 |
| Mod_Commands[0].AddressOffsetin... | 0 |
| Mod_Commands[0].SlaveAddress | 1 |
| Mod_Commands[0].FunctionCode | 6 |
| Mod_Commands[0].StartingAddress | 0 |
| Mod_Commands[0].NumberOfPoints | 1 |
| Mod_Commands[0].Spare1 | 0 |
| Mod_Commands[0].Spare2 | 0 |

Fig. 12. Escritura de localidad 1 en el ESCLAVO MODBUS

En la configuración indicada en la Figura 12 lo que se está enviando es el código de función 6 que quiere decir según la Tabla I que se está escribiendo un solo Holding Register en la estación remota ESCLAVO número 1 en la primera localidad ya que en el AddressOffseting es 0 y el StartingAddress es 0, esto quiere decir que se está escribiendo en la tabla MODBUS 40001, para comprobar el envío y la recepción de los datos en MODBUS se utiliza un simulador en una computadora con puerto serial donde se simula que es el ESCLAVO 1 se escribe el dato 3456 como se observa en la Figura 13.



Fig. 13. Prueba de escritura en el ESCLAVO MODBUS

Ahora para el envío del código de función 3 que según la Tabla I sirve para leer un solo Holding Register como se puede observar en la Figura 14 en este comando MODBUS se configuró que se escriba en la tercera localidad por esa razón se encuentra el AddressOffseting es 0 y el StartingAddress es 2.

| | |
|--|-------|
| [-] Mod_Commands[2] | {...} |
| [-] Mod_Commands[2].Enable | 1 |
| [-] Mod_Commands[2].EchoReceived | 1 |
| [-] Mod_Commands[2].ScanNumber | 12 |
| [-] Mod_Commands[2].AddressOffsetIn... | 0 |
| [-] Mod_Commands[2].SlaveAddress | 1 |
| [-] Mod_Commands[2].FunctionCode | 3 |
| [-] Mod_Commands[2].StartingAddress | 2 |
| [-] Mod_Commands[2].NumberOfPoints | 1 |
| [-] Mod_Commands[2].Spare1 | 0 |
| [-] Mod_Commands[2].Spare2 | 0 |

Fig. 14. Lectura en la localidad 3 en el ESCLAVO MODBUS

Para comprobar que el PLC Maestro en realidad está leyendo del ESCLAVO 1 la tercera localidad, se lee de la tabla MODBUS 40003 para comprobar el envío y la recepción de los datos en MODBUS se utiliza un simulador en una computadora con puerto serial donde se simula que es el ESCLAVO 1 y se escribe el dato 150 como se observa en la Figura 15.

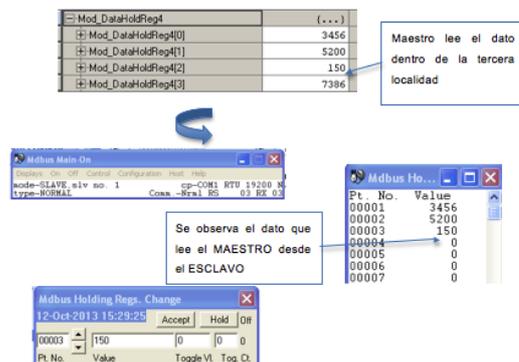


Fig. 15. Prueba de lectura en el ESCLAVO MODBUS

Como se constata en las pruebas anteriores el PLC Maestro esta dentro de una RED MODBUS, es quién comanda la red y recolecta todos los datos de los dispositivos remotos, al ser una red de lógica tipo Maestro-Esclavo, el Maestro es quién escribe o lee los datos desde los Esclavos esto quiere decir que es el único que puede escribir una localidad cuando la función código es 6 y es el único que puede leer una localidad cuando la función código es 3.

VI. CONCLUSIONES

- Se verifico que el diseño e implementación de una red industrial utilizando protocolo MODBUS RTU tiene las características necesarias para monitorear y controlar las estaciones de procesos de nivel, flujo y presión en el laboratorio de redes industriales y control de procesos de la ESPE extensión LATACUNGA.
- Se comprobó que MODBUS RTU al ser un protocolo abierto se puede comunicar entre dispositivos de cualquier fabricante

siempre y cuando tengan como especificación técnica que puede comunicarse en una RED MODBUS RTU serial y que se tenga presente las localidades de las variables MODBUS de los dispositivos.

- Se verifico que la implementación lograda con los módulos conversores 1761 NET AIC es la más económica ya que existen módulos simples de configurar pero muy costosos.
- Se observo que el PLC MAESTRO COMPACTLOGIX L32E se puede comunicar inalámbricamente por medio de un ROUTER WIRELESS y una tarjeta wifi del computador maestro siendo una comunicación rápida y en tiempo real permitiendo monitorear el PLC y cargar en línea el programa ladder en el controlador y actualizar la programación o mejorarla.
- La utilización de las estaciones de nivel, flujo y presión del laboratorio de redes digitales y control de procesos de la ESPE extensión LATACUNGA permiten de forma didáctica familiarizar al estudiante con procesos similares a los que existen en la industria ya que las variables son las más utilizadas en el ámbito profesional.
- Se comprobó que la utilización de software Rslinx, RsLogix 5000 y Factory Talk view como también el hardware controlador Compact Logix L32E de la familia Allen Bradley se complementan de tal forma que el usuario que los utiliza se le simplifican enormemente las comunicaciones, la programación y minimiza errores.
- Se diseño HMIS muy intuitivos para el operador, tratando de no entorpecer las pantallas ni la experiencia del usuario con excesivos elementos en cada interfaz.
- Se vinculo con gran facilidad los Tags del controlador con los HMIs mediante la utilización del RsLinx que añade el OPC para comunicar las variables del PLC con las animaciones creadas en las pantallas en Factory Talk View.
- El uso de un ROUTER WIRELESS es la manera más sencilla y económica de comunicar el PLC inalámbricamente con una computadora con esto se puede disminuir el cableado y se puede hacer más accesible a un controlador de manera remota.

REFERENCIAS

- [1] Protocolo de Comunicación, Interface Hombre Maquina
 URL: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/171/4/Cap%203.pdf>

[2] F.Pascual y M.Pérez, "MODBUS", Centro Integrado Politécnico "ETI", URL: <http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/5modbus.pdf>

[3] Que es wireless, URL: <http://www.masadelante.com/faqs/wireless>

[4] Integración De Factorytalk View Se En Su Arquitectura, URL: [http://www.rockwellautomation.co.uk/applications/gs/emea/GSES.nsf/files/au_es_09_material/\\$file/F_-_S2_-_FT2ES_WBK.pdf](http://www.rockwellautomation.co.uk/applications/gs/emea/GSES.nsf/files/au_es_09_material/$file/F_-_S2_-_FT2ES_WBK.pdf)

[5] Manual Allen Bradley, http://96.61.63.50/techlib/Allen%20Bradley/AB_AdvInterfaceConverter_1761_NET_AIC_user_D498.pdf

[6] Manual solución Allen Bradley, URL: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ap/cig-ap129_-en-p.pdf



Gallo Lucia. Nació en Ambato provincia de Tungurahua en Ecuador. Es graduada del Colegio Experimental "Ambato", Ambato – Ecuador donde obtuvo el título de Bachiller en Ciencias, especialización en Físico Matemáticas.

Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de

Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" en la ciudad de Latacunga Ecuador. E-mail: tlgallo@espe.edu.ec



Herrera David. Nació en Latacunga provincia de Cotopaxi en Ecuador. Es graduado del Instituto Tecnológico Industrial "Ramón Barba Naranjo", Latacunga – Ecuador donde obtuvo el título de Bachiller Técnico Industrial, especialización en Electricidad.

Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" en la ciudad de Latacunga Ecuador. E-mail: drherrera3@espe.edu.ec