

Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Presiones y Detección Posibles Daños en la Red de Agua Potable de EMAPA-I, en el Sector de Juana Atabalipa en la Ciudad de Ibarra.

Javier Hierro Espín, Universidad Técnica del Norte (UTN), Ibarra – Ecuador

Resumen - El presente trabajo consiste en el desarrollo de un sistema control de presiones y detección de posibles daños en las tuberías de agua potable, compuesto por una pantalla de visualización de datos (LCD), un dispositivo remoto de adquisición de datos, y un sistema de comunicación inalámbrico, basado en tecnología de transmisión GSM/GPRS; para tomar decisiones oportunas ante la variación de las presiones del agua en las tuberías, realizando por parte de los operarios el cierre o apertura de válvulas; brindando así una alternativa más económica y confiable con respecto al sistema implementado actualmente.

Mn

I. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describirá cada uno de los conceptos involucrados en el desarrollo del diseño de un sistema de control de presión de agua, se iniciará describiendo el principal problema en las tuberías de agua potable de la ciudad, se realizará un estudio acerca de la situación actual sobre el área de

detección de los daños en las tuberías de agua potable en el centro de la ciudad, las causas fundamental de la pérdida de presión y las herramientas principales tales como sensores, sistemas de visualización de la alarma, tipos de software, dispositivos electrónicos, entre otros; los cuales se usaran para el desarrollo del proyecto, conceptos como herramientas, protocolos, equipos, arquitecturas entre otros.

Este proyecto concluye en un dispositivo versátil que fácilmente se adecua a las necesidades de la EMAPA-I, y que puede adecuarse a cualquier otro sistema de control de la variación de presiones de agua.

II. SITUACION ACTUAL METODO DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE LA PRESIÓN EN LAS TUBERIAS

En la actualidad en la provincia de Imbabura no existe ningún dispositivo que me genere algún tipo de alerta remota, para poder actuar a tiempo contra las variaciones de presión en las tuberías, sobre todo cuando el

nivel de la presión es alta, las cuales son muy perjudiciales para las tuberías ya que muchas de estas pueden producir daños en los conductos.

Esta inexistencia de un dispositivo de control de presiones, produce pérdida en economía de la empresa, ya que al no saber a tiempo sobre estos desperfectos, no se realiza un mantenimiento oportuno a las tuberías, las cuales al romperse ocasionan el desperdicio innecesario de mucho líquido vital.

Actualmente la única forma de saber de estos desperfectos es de forma visual, al ver el agua fluir sobre el exterior de la calzada, o por la baja presión del agua, la cual ocasiona molestias en los usuarios de este recurso, los mismos que optan por notificar de este daño a la empresa pública de EMAPA-I. Por lo que se puede evidenciar la falta de equipos hidráulicos que puedan ayudar y notificar a tiempo ante los desperfectos en las tuberías, para así poder actuar a tiempo para evitar todas estas molestias a los usuarios del recurso y evitar el desperdicio del agua.

Para esto se desarrolló este sistema detector de presiones que alerta oportunamente de los daños en las tuberías de una forma remota, en tiempo real para que se pueda solucionar estas desperfectos a tiempo, y evitar pérdidas de agua y molestias de los usuarios.

III. DISEÑO DEL SISTEMA CONTROL PRESIONES

Una vez que se tiene claro los estándares, dispositivos (sensores de presión),

conceptos fundamentales descritos en el capítulo dos sobre los dispositivos de control de presión en las redes de agua potable, así como también los niveles de caudal, abastecimiento por cuadra y nivel de presión; se iniciará con el diseño del sistema de control de fugas basado en el control de la presión del agua en las redes de agua potable de la ciudad.

A. Requerimientos del sistema de control de presiones

Este sistema está diseñado para ayudar a controlar las presiones de la tubería de agua potable de EMAPA-I, este control se lo realizara en la cámara de macro medición de la calle Juana Atabalipa; una vez obtenidos los datos de control en esta cámara de medición de la válvula principal, envía los datos inalámbricamente hasta la central de EMAPA-I, mostrando estos datos en un display de 16x2, indicando el estado que se encuentre monitoreando ya sea estado (Normal, Bajo o Critico), según el campo de presión que se encuentre. Para el desarrollo de este sistema se requiere:

- Sensor de presión hidráulico
- Dos Microcontroladores
- Dos Módulos de transmisión inalámbrica
- Un Display 16x2

B. Diagrama de bloques del sistema de control de presiones

El detector de fugas se lo ha desarrollado en distintos módulos de acuerdo a la función que realizan, esto nos permite un

análisis más detallado además de una mejor verificación de operación, como se muestra en la figura 1, los criterios de planteamiento de los módulos del sistema de control de presiones se obtuvo en base a la tesis ya desarrollada de Henry Cervantes (Cervantes, 2012)

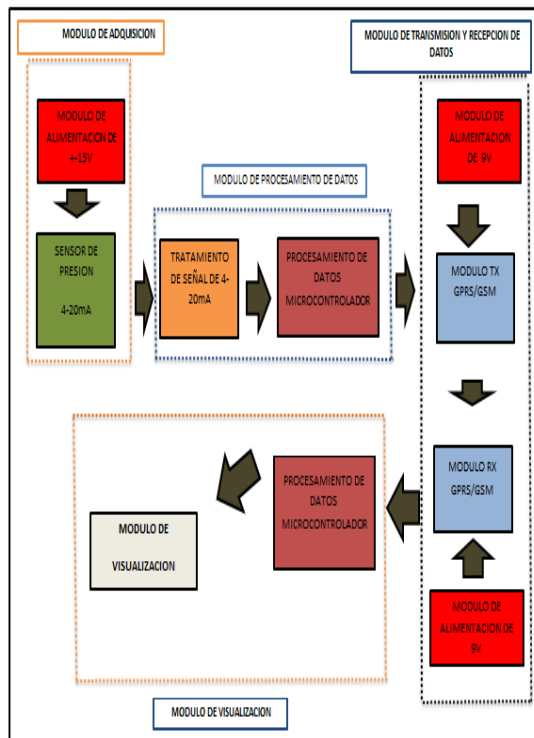


Figura 1. División de módulos del sistema detector de fugas.

El sensor de presión se encuentra alimentado por una fuente de $\pm 15V$, este envía los datos recibidos a un módulo de tratamiento de la señal, para que pueda ser entendido y configurado a través del microcontrolador, este envía las instrucciones al módulo GSM de transmisión, que se enlazará y enviará a otro módulo GSM de recepción, el cual captará los datos del sensor, y por medio de un microcontrolador traducirá esta información para finalmente ser

visualizados y nos pueda mostrar la información requerida.

IV. DISEÑO ESQUEMATICO EN PROTEUS DE LAS FUENTES DE ALIMENTACION

Para poder determinar el correcto funcionamiento y conexión de cada elemento electrónico así como su correcta configuración se desarrolla los diagramas de funcionamiento en el software proteus, para después proceder a armarlos en forma física una vez conociendo su correcta elaboración de los circuitos.

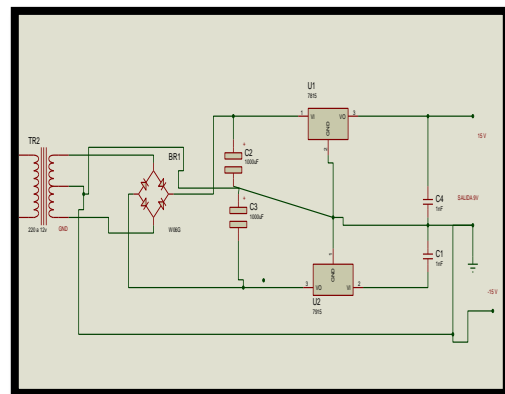


Figura 2. Circuito electrónico de fuente de alimentación del sensor de presión Obtenido de: (Cervantes, 2012)

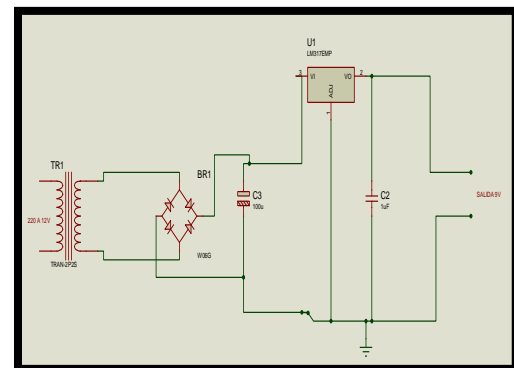


Figura 3. Diagrama esquemático de la fuente de voltaje variable. Obtenido de: ISIS Proteus

V. DISEÑO DE LAS TARJETAS DE CIRCUITO IMPRESO

Después de verificar el funcionamiento de los circuitos electrónicos por medio de pruebas de funcionamiento en el programa Proteus, se fabrican las placas de circuito impreso a partir de los diseños esquemáticos, estas se realizan con ayuda del software PCB Wizard, todas las tarjetas se realizan en baquelitas de una cara pudiendo así elegir la baquelita que nos guste tanto en forma como diseño

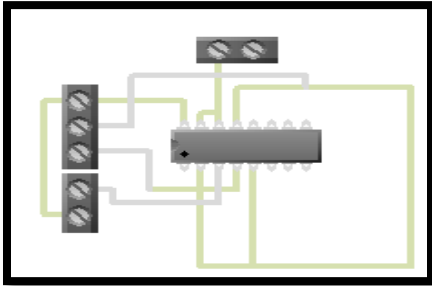


Figura 4. Circuito impreso del convertor Análogo digital RCV 420

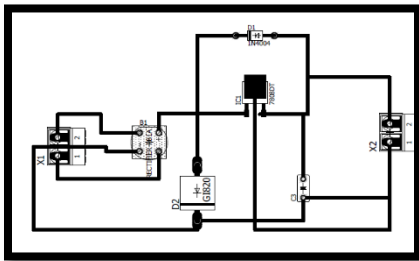


Figura 5. Circuito impreso de la fuente Fija de 9v

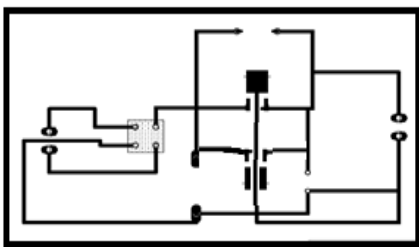


Figura 6. Circuito impreso Fuente de +15 y -15v

VI. CONSTRUCCIÓN DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS

Para el desarrollo de las tarjetas electrónicas: primeramente se imprime el diseño obtenido en PCB Wizard en papel couché, la cual se debe imprimir en una impresora láser, se recorta la baquelita del tamaño ya definido, luego se traspasa el diseño por contacto aplicando calor sobre el papel hacia la placa, se lava la placa para quitar el exceso de papel quedando en la baquelita únicamente las pistas dibujadas, luego se sumerge la baquelita en agua mezclado con cloruro férrico, en donde se corroe el cobre no impreso. Una vez que la solución realizó su trabajo, se lava la placa, se comprueba continuidad en las pistas y se procede a perforar y soldar los componentes electrónicos.

Las tarjetas fabricadas son:



Figura 7. Fuente de voltaje variable para módulo SIM900 De transmisión y recepción



Figura 8. Fuente de voltaje fijo de 9v para el módulo arduino



Figura 9. Fuente de voltaje de +/- 15v para el sensor de presión

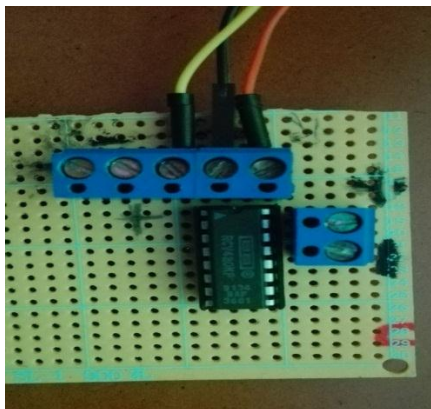


Figura 10. Circuito para la conversión de corriente con el RCV420

Las tarjetas respectivas a cada estación se montaron en una caja metálica de uso industrial en la que se adicionaron tarjetas electrónicas del sistema de comunicación, la fuente de alimentación y los módulos

GPRS/GSM y módulo Arduino, (Ver Figura 10, y Figura 11).



Figura 11. Tablero industrial #1 sistema de recepción



Figura 12. Tablero industrial #2 sistema de transmisión



Figura 13. Tablero industrial #3 sistema de transformación de corriente a voltaje

VII. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA E RECEPCION Y VISUALIZACION

En estos diagramas se realiza la parte lógica del sistema de control de presiones, se realiza la parte de programación en lenguaje C++, que se la va a grabar en el microcontrolador alojado en la plataforma Arduino UNO.

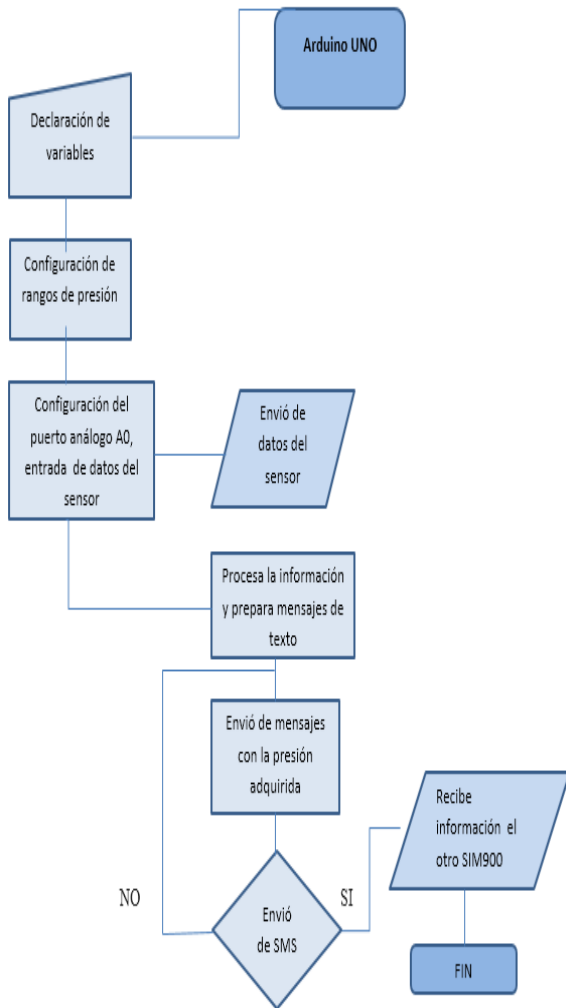


Figura 1. Diagrama de flujo del sistema de transmisión

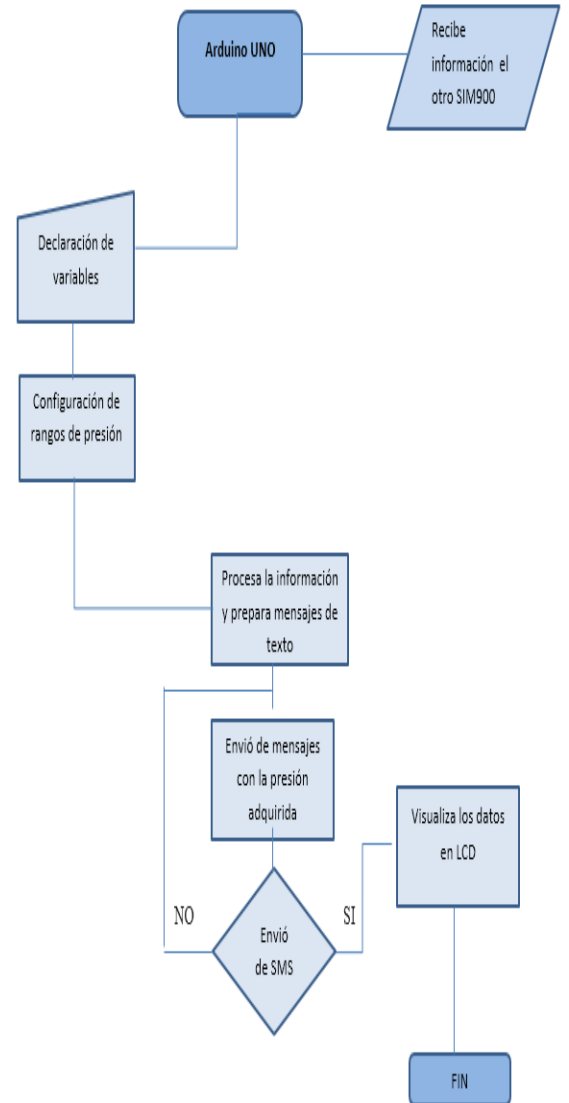


Figura 13. Diagrama de flujo del sistema de recepción

VIII. PRUEBA DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Para el funcionamiento del Arduino durante estas pruebas se grabó el programa original del dispositivo detector de fugas. Una vez ensamblado, se procede a energizar el tablero y simular condiciones necesarias obteniendo los siguientes datos.

C. Prueba del módulo de tratamiento de señal

En esta prueba se verificó la linealidad del receptor de corriente RCV 420 el cual genera señales desde 4 hasta 20 mA, los cuales fueron medidos con un multímetro; obteniendo los siguientes datos como se muestra en la Tabla I.

Tabla I
Prueba de linealidad RCV 420

Entrada (mA)	Salida (V)
4	0.01
6	0.63
8	1.33
10	1.80
12	2.52
14	3.17
16	3.80
18	4.58
20	5.04

D. Prueba de la contraste de LCD

Para comprobar que el procesamiento sea correcto se ingresan valores de voltaje que varían de 0V a 5V medidos con un multímetro y observamos los datos en la LCD para saber el cambio de estado según la presión del agua ejercida; datos registrados a través del sensor de

Tabla II
Prueba de contraste de LCD

Entrada (V)	Lectura LCD (V)
0	0.1
1	1
2	1.99
3	2.99
4	4.00
5	4.98

E. Prueba de visualización de datos

Los datos de salida en la LCD se puede visualizar según el voltaje de entrada que se recibió (Ver Tabla.III salida de datos en la LCD)

Tabla III
Prueba de los datos en la forma que se van a Visualización

Entrada (V)	Visualización LCD
0 a 0,5 V	Presión Nula
0,6 a 2.9 V	Presión Normal
3 a 5 V	Presión Crítica

IX. PRUEBA DE TRANSMISOR DE PRESIÓN

El Transmisor de presión se lo conecto con una tensión de 15V a una distancia de 50cm con cable UTP, para probar el transmisor, se montó en la tubería de agua través de una válvula de control de presión, ubicada en la cámara de medición del agua potable en la parte interior de la calzada, , para probar que el transmisor está enviando los datos se energizo la tarjeta electrónica para observar en la LCD el valor de presión medido por el transmisor y comparado con un manómetro obteniendo los datos los cuales son comparados entre sí para poder determinar la precisión del sensor, cuyos datos son mostrados a continuación en la figura 14.

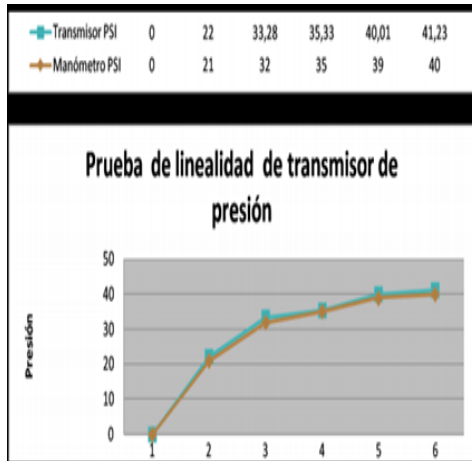


Figura 14. Prueba de Transmisor de Presión
Obtenido: Excel



Figura 15. Tubería principal de agua potable de la calle Juana Atabalipa

X. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRESIÓN

La caja metálica donde se encuentra los módulos electrónicos del dispositivo, se instaló en la cámara de macro medición, el cual se la fijó a la pared con pernos de rosca fina, el transmisor de presión se instaló sobre la tubería de agua, a 50m del tablero, para lo cual se coloca un adaptador bushing plástico de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " , y finalmente el transmisor de presión, para la conexión del transmisor como ya se indicó en la fase de pruebas se usa cable UTP el cual va enterrado a través de tubería conduit.

En Figura 15 se puede observar la tubería de hierro fundido la cual se encuentra en la cámara de macro medición en la parte inferior de la calzada, en esta tubería se encuentran alojadas la válvula de control de presión y el medidor manométrico el cual ayuda a la medición de la densidad del agua.

En la Figura 16 se puede ver la forma de conexión del sensor de presión conectado directamente en la tubería por donde circula el agua potable, esta conexión sirve para poder medir mediante este dispositivo la variación de presión que se produce en este conducto por el líquido vital.

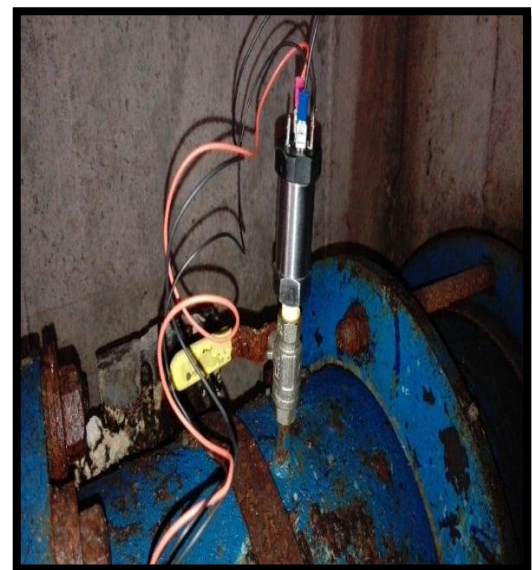


Figura 16. Conexión del sensor de presión en la tubería principal de agua potable

XI. CONCLUSIONES:

Existen sistemas de detección de fugas comerciales que pueden ser muy precisos para encontrar el lugar de la fuga, estos dispositivos son muy costosos, además de que se tiene que estar permanentemente extrayendo los datos desde el lugar donde se encuentra estos tipos de dispositivos; por este motivo viendo las necesidades de EMAPA-I se ha desarrollado este actual proyecto de tesis, el cual es muy beneficioso ya que es de mucho más bajo costo, y no requiere realizar una inspección visual, para extraer los datos en caso de detectarse fugas, ya que este sistema está constantemente censando y en caso de haber algún tipo de cambio en la presión, envía los datos hasta el lugar donde está el personal técnico, o a su vez se puede receptor estos por medio de mensaje de texto al celular del personal encargado del lugar.

XII. AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial por la colaboración prestada al ingeniero C.Pupiales y al ingeniero J. Michelena por la orientación de este proyecto, el cual se lo pudo culminar con éxito.

XIII. REFERENCIAS

- EngineersGarage*. (2012). Obtenido de EngineersGarage: <http://www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module-datasheet>
- SENSORES DE PRESION*. (22 de MAYO de 2015). Obtenido de http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-presi%C3%B3n_107/
- SRI*. (2016). Obtenido de <http://www.sri.gob.ec/web/guest/depreciacion-acelerada-de-activos-fijos>
- ARDUINO*. (2014). *ARDUINO GSM*. Recuperado el Octubre de 2015, de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>
- ATMEL*. (s.f.). *MICROCONTROLADORES--MEGA AVR*. Obtenido de <http://www.atmel.com/products/microcontrollers/avr/megaavr.aspx>
- Carner, J. (Julio de 2011). *Instrumentos WIKA .S.A*. Obtenido de Instrumentos WIKA .S.A: http://www.wika.us/upload/DS_PE8160_es_es_40571.pdf
- CarPross. (2009). *Car protection security sistem.s*. Obtenido de GSM/GPS: <http://www.carpross.com.mx/gps/tecnologiagsm.html>
- Cervantes, H. (2012). *DETECCIÓN DE FUGAS EN LA TUBERÍA DE LA RED PRINCIPAL DEL SISTEMA*. San Pablo: Utn.
- Donate, P. P. (2014). *GPRS*.
- EMAAP-Q. (2010). *ESPECIFICACIONES TECNICAS DE AGUA POTABLE PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. QUITO.
- EMAPA-I. (2012). *DEPARTAMENTO DE AGUA NO CONTABILIZADA*. IBARRA.
- EMAPA-I. (2012). *Departamento de agua no contabilizada*. Ibarra.
- EMELNORTE. (OCTUBRE de 2016). *EMELNORTE*. Recuperado el OCTUBRE de 2016, de <http://www.emelnorte.com/ern/index.php/2016-07-05-15-24-49/catalogo-de-servicios/175-servicio-ocasional>

XIV. BIOGRAFIA



Javier Hierro Espín, nació en la ciudad de Atuntaqui-Ecuador, realizo sus estudios secundarios en el

Colegio Santa Juana de Chantal, egreso en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Electrónica y Redes de Comunicación, en el 2016. Actualmente es propietario de un centro de cómputo y mantenimiento informático.

Actualmente desempeña el cargo de Docente en la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra. Sus áreas de interés se centran en redes móviles celulares, redes de fibra óptica y la economía de las telecomunicaciones.



Carlos Pupiales Yépez, nació en la ciudad de Ibarra-Ecuador, se graduó de Ingeniero en

Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional en el 2010. En el año 2015 recibió su título de Master of Telecommunications Engineering por la Universidad de Melbourne - Australia.