

SISTEMA DE TELEMETRÍA DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y CONTROL DEL ORDEÑO MECÁNICO DEL GANADO BOVINO, BASADO EN PLATAFORMAS DE HARDWARE Y SOFTWARE LIBRE, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

Pavón. Olavo Gabriel Autor, O. Oña Director

*Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte
Ibarra, Ecuador*

gabrielcime@live.com oronia@utn.edu.ec

Resumen — El presente proyecto propone el diseño y construcción de un sistema de telemetría que permita registrar la producción de leche del bovino, y un control automático del sistema de ordeño para evitar el sobre ordeño y la mastitis. Se basa en la tecnología RFID para la identificación del animal, y su verificación en una base de datos remota conectada a través de una red de área local. Además, se implementa un servidor Web que permita gestionar la base de datos, y un servidor FTP para transferir la información del ganado bovino. El sistema deberá enviar un correo electrónico al administrador o persona encargada de la granja con el contenido de la información del bovino.

Índice de Términos — Arduino, Raspberry Pi, Servidor LAMP, Tecnología RFID.

I. INTRODUCCIÓN

El ordeño se basa en la extracción de la leche de la glándula mamaria se hace en dos formas básicas: la natural, que es realizada por el becerro y; la artificial, que es realizada por el hombre, ya sea en forma manual o en forma mecánica (AVILA, p.143). El ordeño manual tiene el problema de calidad higiénica de la leche que es inferior en comparación con el ordeño mecánico, puesto que la leche se expone al medio ambiente y a las manos del ordeñador (AVILA, p.151). Produciendo un sin número de

enfermedades, una enfermedad muy común es la mastitis, compleja y costosa enfermedad de los bovinos de la granja.

Los módulos o bretes con ordeño mecánico son muy utilizados por las granjas, puesto que es una forma eficiente de extracción de leche, pero son todavía muy artesanales. El sistema de vacío de las pezoneras, es controlado mediante una llave de paso la cual se debe abrir al momento de empezar a ordeñar al animal y cerrar al terminar, la manipulación de esta llave también se realiza manualmente; cuando se ha efectuado la extracción de la leche de la vaca, esta se deposita en un recipiente pequeño cerca al brete, para su almacenamiento; por estas razones el proceso a pesar que cuenta con un ordeño mecánico es muy lento, lo cual disminuye el número de animales que se pueden ordeñar en un día, afectando directamente a la producción (PÉREZ, 2009). Además si no es controlado el módulo puede producir sobre ordeño en el animal.

El diseño de un sistema que controle la extracción de leche del animal es una de las muchas áreas en la ganadería lechera que puede ser controlada, para evitar el sobre ordeño y enfermedades comunes

como la mastitis en los bovinos de la granja, además este sistema debe registrar automáticamente la producción de leche del bovino. Sin duda alguna este sistema superará los inconvenientes presentados, teniendo un control fiable de la producción, mejorando su eficiencia y rendimiento del ordeño, y por ende la calidad de vida del animal.

II. CONCEPTOS BÁSICOS

A. Señal Analógica

Una señal analógica es aquella magnitud que puede tomar cualquiera de los infinitos valores del rango donde está definida, en cada instante de tiempo. Ejemplos de magnitudes analógicas que se presentan en la naturaleza: presión, humedad, temperatura, tensión eléctrica, etc. (ACHA).

En la Figura 1 se muestra un ejemplo de señal analógica. Se puede observar como la magnitud es la humedad relativa y varía de forma continua en un rango de valores a lo largo de un periodo de tiempo. (ACHA).

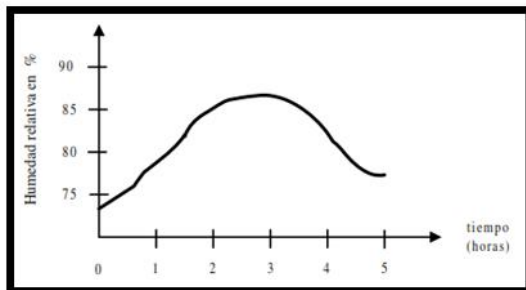


Figura 1 Representación de una magnitud analógica

B. Señal Digital

Las señales digitales son aquellas cuya magnitud, pueden tomar un valor de entre un conjunto finito de valores discretos, en cada instante de tiempo. No existe valores intermedios por lo que se produce una discontinuidad entre el paso de un valor a otro. (ACHA).

La magnitud presenta dos estados: cerrado o abierto, alto (High) y bajo (Low), nivel de tensión

alto (VH) o bajo (V), valor numérico 1 o 0, etc. A las señales digitales con dos estados se las denominan binarias, y constituyen la base de la electrónica digital. (ACHA).

En la Figura 2 se muestra un ejemplo de señal digital binaria, donde la magnitud representa el estado de un interruptor utilizado para activar/desactivar el foco de una habitación en función del tiempo. No existen valores intermedios entre el estado abierto y el estado cerrado. Por tanto, las señales digitales vienen caracterizadas por un número finito de posibles valores y las discontinuidades asociadas a dichos valores. (ACHA).

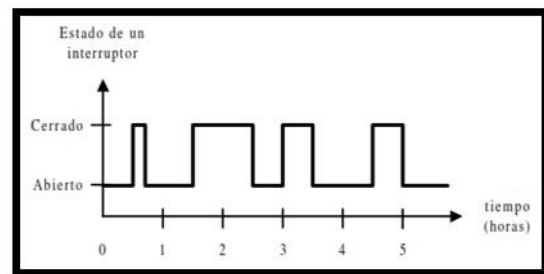


Figura 2 Representación de una magnitud digital

C. Sistema General

Un sistema es un conjunto de elementos con alguna característica en común. A los elementos de un sistema que así mismo tienen estructura de sistema, se les denomina subsistema. (ACHA).

El sistema más simple puede considerarse como una estructura cerrada con una entrada y una salida en donde el principal interés es conocer la relación entre estas dos variables. (STEREN).



Figura 3 Ejemplo de un sistema

Un sistema sugiere un conjunto de elementos

relacionados entre sí, para realizar una función bien definida que ninguno podría hacerlo por si solo; un sistema basado en microprocesadores es un conjunto de componentes (circuitos electrónicos) interconectados capaces de efectuar sobre la información proveniente del proceso, representada en forma binaria, operaciones aritméticas y lógica, y realizar la transferencia de datos con los diferentes periféricos conectados al sistema. (COLLAGUAZO).

D. Periféricos de entrada (Sensores o captores)

Son aquellos que reciben la información de cambios físicos del proceso. Ejemplos: pulsadores, interruptores, contactos eléctricos, CAD, teclados, touch panel, etc. (COLLAGUAZO).

E. La Unidad de Control

Es la encargada de procesar la información recibida en base a un programa (secuencia lógica de instrucciones) y entrega los resultados para ser ejecutados. (COLLAGUAZO).

F. Periféricos de salida (Actuadores)

Son aquellos que ejecutan las órdenes en función de los resultados de la Unidad de Control. Ejemplos: relés, solenoides, contactores, display's, led, etc. (COLLAGUAZO).

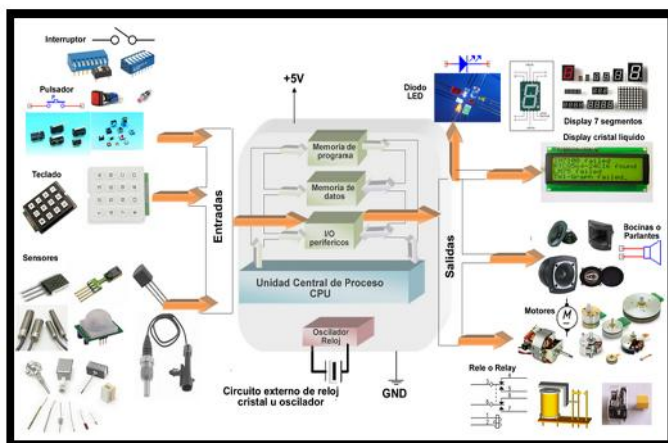


Figura 4 Sistema General

G. Sistema Analógico

Un sistema analógico es aquel en el que sus señales

son de tipo analógico. Sus componentes suelen trabajar en su zona lineal, en la que la relación que existe entre las señales de entrada y salida es constante, denominada zona de trabajo. Dichas señales pueden tomar cualquier valor dentro de unos límites determinados. (ACHA). Un ejemplo de sistema analógico es el que se muestra en la Figura 5. Se trata de un medidor analógico de la velocidad de un motor.

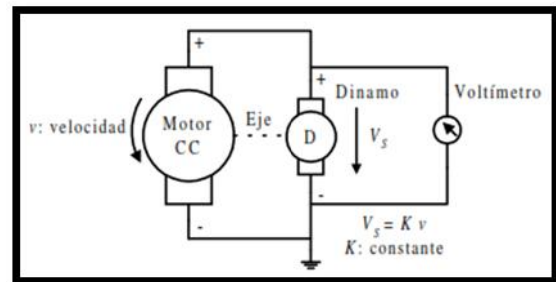


Figura 5 Ejemplo de sistema analógico

H. Sistema Digital

Un sistema digital es aquel en el que sus señales son de tipo digital. Sus componentes trabajan en las zonas de saturación (sus señales de salidas no tienen una relación lineal respecto de sus entradas). Las señales de estos sistemas suelen ser próximas a los potenciales de la alimentación, presentando dos estados diferenciados, correspondiendo cada uno de ellos a un nivel o valor de la magnitud binaria. (ACHA). Un sistema digital es el que se muestra en la Figura 6, se trata de un cronómetro digital.

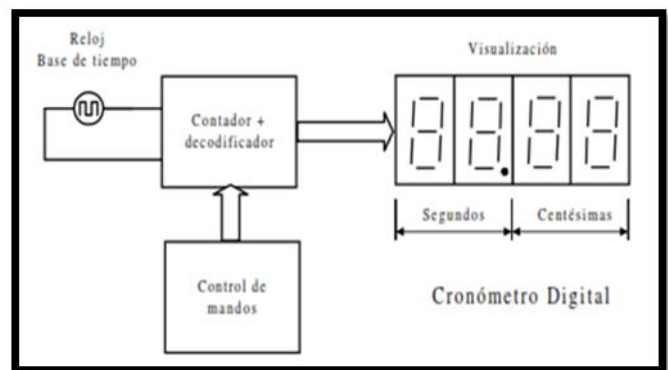


Figura 6 Ejemplo de sistema digital

I. Sistema Analógico-Digital

Un sistema analógico-digital es aquel en el que intervienen tanto señales analógicas como señales digitales; es decir, está compuesto de subsistemas analógicos y subsistemas digitales. (ACHA). Un ejemplo de sistema analógico-digital es el que se muestra en la Figura 7, que corresponde a un reproductor de compact disc (CD). Un convertidor digital-analógico (D/A) transforma las señales digitales en analógicas, necesarias para excitar el altavoz, una vez hayan sido amplificadas en el bloque amplificador.

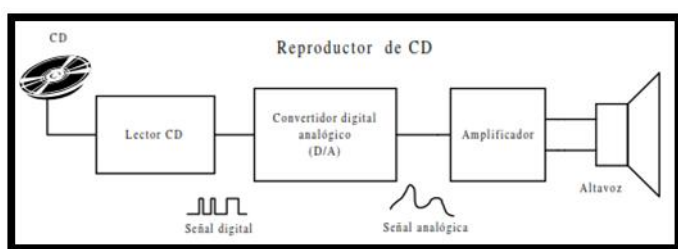


Figura 7 Ejemplo de sistema analógico-digital

J. Tipos de medios inalámbricos

En la actualidad existen tres estándares comunes de comunicación de datos en medios inalámbricos:

1) *Estándar IEEE 802.11*: “La tecnología de LAN inalámbrica (WLAN), comúnmente denominada “Wi-Fi”, utiliza un sistema por contienda o no determinista con un proceso de acceso múltiple por detección de portadora y prevención de colisiones (CSMA/CA) para acceder a los medios. (CISCO).

2) *Estándar IEEE 802.15*: El estándar de red de área personal inalámbrica (WPAN), comúnmente denominado “Bluetooth”, utiliza un proceso de emparejamiento de dispositivos para comunicarse a través de distancias de 1 a 100 m. (CISCO).

3) *Estándar IEEE 802.16*: Conocido comúnmente como “interoperabilidad mundial para el acceso por microondas” (WiMAX), utiliza una topología de punto a multipunto para proporcionar acceso a servicios de banda ancha inalámbrica.” (CISCO).



Figura 8 Diferencias entre los medios inalámbricos

K. Tecnología RFID

La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una tecnología de captura e identificación automática de información contenida en etiquetas electrónicas (tags). Cuando estas etiquetas entran en el área de cobertura de un lector RFID, éste envía una señal para que la etiqueta le transmita la información almacenada en su memoria, habitualmente un código de identificación. (AETIC). La tecnología RFID recupera la información contenida en la tag o etiqueta vía radiofrecuencia y no requiere de que exista contacto físico entre el lector RFID y la tag o etiqueta, aunque en la mayoría de los casos se requiere una cierta proximidad de esos elementos. En un sistema RFID el elemento a identificar puede ser un objeto, persona o animal.

Componentes del Sistema:

Los componentes básicos de un sistema RFID son:
 Etiquetas RFID o Tag.
 Antenas.
 Lector RFID.

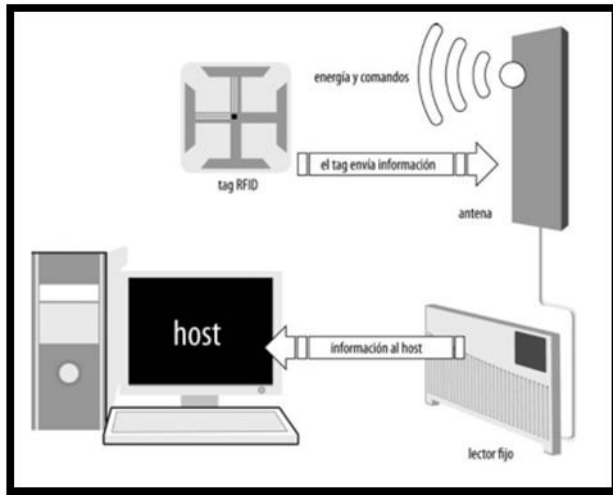


Figura 9 Arquitectura Básica tecnología RFID

L. Modelo cliente-servidor

Los protocolos de capa aplicación interactúan con aplicaciones de usuarios finales, en este modelo el dispositivo que solicita la información se denomina cliente, y el dispositivo que responde a solicitudes se denomina servidor.

El cliente empieza el intercambio de datos solicitándole datos al servidor, el servidor responde al cliente enviando uno o más streams de datos. Además del intercambio también puede requerir la autenticación del usuario y la identificación de un archivo de datos que se vaya a transferir.

Existen muchos protocolos de capa aplicación, a continuación se detallan algunos protocolos de capa aplicación que forman parte del trabajo:

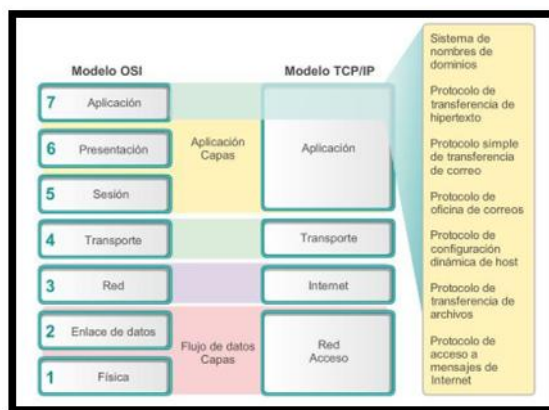


Figura 10 Protocolos de capa Aplicación del modelo OSI y TCP/IP

M. Servidor FTP

El servidor FTP (Protocolo de transferencia de archivos) es otro protocolo que trabaja de capa de aplicación en el modelo cliente-servidor. (CISCO). Los programas FTP permiten a los usuarios transferir archivos a un sistema remoto, ejecutando un programa de servidor FTP y desde este.

Para transferir datos correctamente, FTP necesita dos conexiones entre el cliente y servidor, la primera conexión para los comandos y las respuestas, y la otra conexión para la transferencia de archivos. (PETERSEN, 2009).

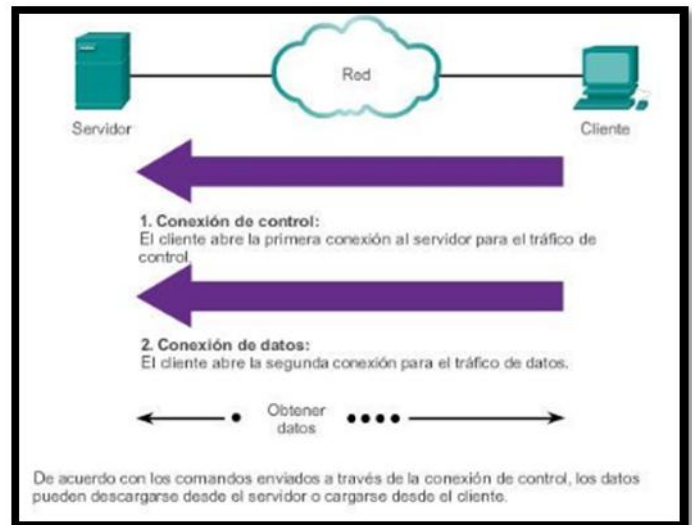


Figura 11 Proceso FTP

N. Servidor SSH

El protocolo de Shell seguro (SSH) facilita las comunicaciones seguras entre dos sistemas usando una arquitectura cliente/servidor y que permite a los usuarios conectarse a un host remotamente. (PETERSEN, 2009). El protocolo SSH proporciona autenticación de contraseña y usa encriptación cuando transporta datos de la sesión. Así logra mantener en privado la ID del usuario, la contraseña y los detalles de la sesión de administración. (CISCO).

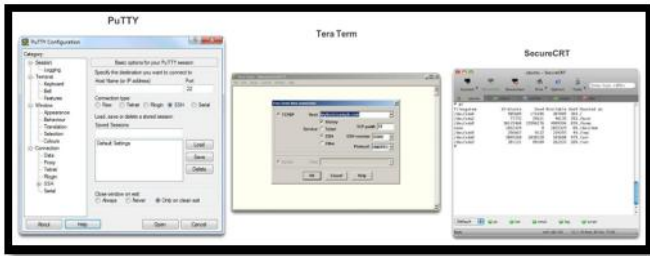


Figura 12 Programas de emulación de terminal

O. Servidor WEB

Cuando en un explorador web se escribe una dirección web o URL (Localizador uniforme de recursos), el explorador establece una conexión con el servicio Web que se ejecuta en el servidor mediante el protocolo HTTP. (CISCO).

A través de los exploradores web una PC puede conectarse a la World Wide Web y acceder a los recursos almacenados en un servidor Web. Los clientes Web establecen conexiones al servidor y solicitan recursos deseados. El servidor responde con el recurso y, al recibirlo, el explorador interpreta los datos y los presenta al usuario. (CISCO).

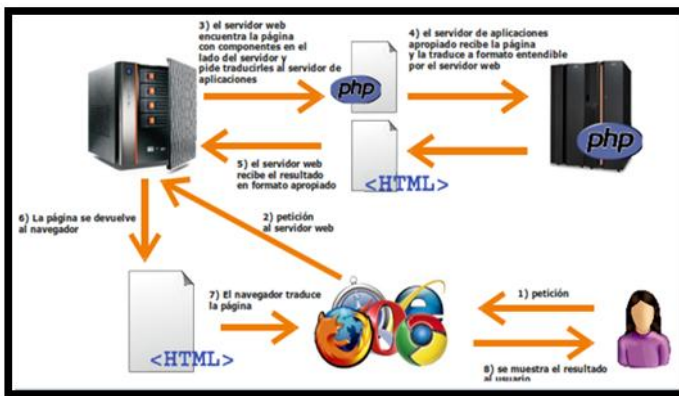


Figura 13 Funcionamiento de las aplicaciones creadas para ser interpretadas en el lado del servidor

P. Servidor LAMP

LAMP son las siglas de Linux + Apache + MySQL + PHP/Perl/Python, y se le conoce como una plataforma para desarrollo y ejecución de aplicaciones web. Todos los elementos que forman LAMP son software libre.

Una plataforma Web tiene cuatro componentes

básicos: un sistema operativo, un servidor Web, una base de datos y un lenguaje de programación. (BAQUE, 2011).



Figura 14 Servidor LAMP

III. DISEÑO

A. Consideraciones del diseño

Se ha tomado en cuenta aspectos fundamentales para que el sistema funcione correctamente, para lo cual se debe considerar:

Enlace Inalámbrico.- para que se pueda acceder a la base de datos, al servidor web y para que se puedan enviar los correos electrónicos, es necesario del recurso del Internet. Para lo cual es necesario realizar un enlace inalámbrico entre la estación de ordeño y el Rack de comunicaciones, el cual está situado en el laboratorio de la Granja Experimental La Pradera.

Energía eléctrica.- es un requerimiento importante para el funcionamiento de todo el sistema, este subsistema de energía eléctrica debe garantizar el abastecimiento de energía necesaria para la operación normal de todo el sistema.

Protección de sistemas eléctricos.- para prevenir que sobrecargas afecten el funcionamiento de los dispositivos de propósito general, es

fundamental la presencia de elementos de protección como breakers, fusibles.

B. Arquitectura del Sistema

El presente esquema representa de manera general el proyecto a desarrollarse.

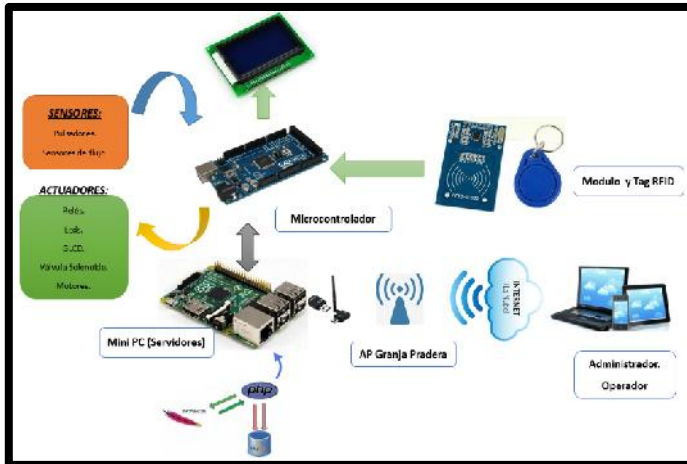


Figura 15 Arquitectura del sistema

C. Diagramas de bloques

En el siguiente diagrama se representa la estructura y el modo en que se relacionan los subsistemas que se han tomado en cuenta para conformar un sistema funcional.

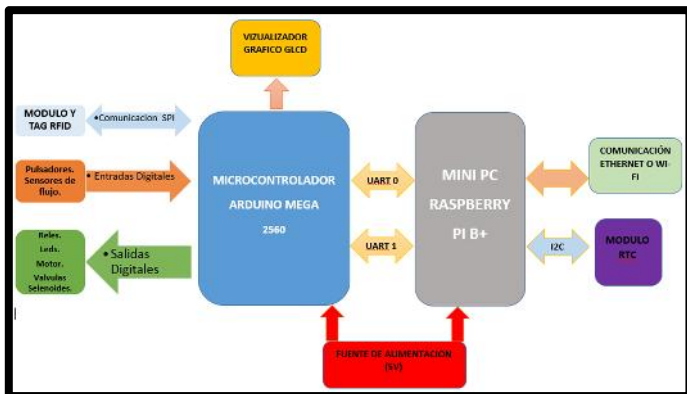


Figura 16 Diagramas de bloques del sistema

D. Diagrama de conexión (esquemático)

Para que los diagramas de conexión se puedan esquematizar de una manera didáctica, se ha optado por elegir el software Fritzing, el cual me permite documentar los prototipos para después crear los esquemas de circuitos impresos.

La comunicación entre los dispositivos de propósito general (Arduino Mega y el Raspberry Pi) se lo realiza a través del bus UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)

El microcontrolador Arduino Mega y el módulo RFID (RC522), se comunican estos dos dispositivos a través del bus SPI (Serial Peripheral Interface).

El diagrama de conexión entre el módulo RTC y la minicomputadora Raspberry Pi B+, se lo realiza a través de la comunicación I2C (Comunicación Inter Integrados).

Cabe mencionar que para el control del giro del motor eléctrico, se realizó un puente H basado en relés, los cuales son activados por sus respectivos transistores. La señal de activación de los transistores lo realizan los pines del microcontrolador Arduino Mega 2560.

Se presenta el diagrama de conexión de todos los dispositivos que intervienen en el sistema completo.

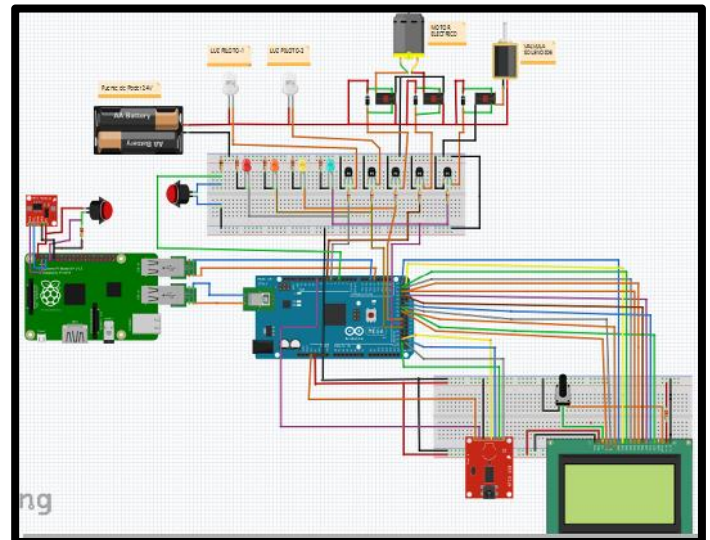


Figura 17 Diagrama de conexión del Sistema completo

E. Distribución de pines del módulo Arduino Mega 2560

Para especificar la utilización de los pines del módulo Arduino mega se detalla una tabla con el número de pin, si el pin utilizado es entrada se utilizará la notación de I, si es salida se utilizará la

notación de O, si el tipo de dato que se utilizó es Digital o Analógico, se detalla la función y la especificación que cumple determinado pin del Arduino con los demás componentes electrónicos.

Tabla 1 Distribución de pines del microcontrolador Arduino Mega 2560 con los demás dispositivos

PIN ARDUINO	I/O	TIPO DE DATO		ESPECIFICACIÓN/FUNCIÓN
22	O	Digital		DB0 GLCD
23	O	Digital		DB1 GLCD
24	O	Digital		DB2 GLCD
25	O	Digital		DB3 GLCD
26	O	Digital		DB4 GLCD
27	O	Digital		DB5 GLCD
28	O	Digital		DB6 GLCD
29	O	Digital		DB7 GLCD
33	O	Digital		CS1 GLCD
34	O	Digital		CS2 GLCD
35	O	Digital		R/W GLCD
36	O	Digital		D/I GLCD
37	O	Digital		E GLCD
50	I	Digital		MISO RFID RC-522
51	O	Digital		MOSI RFID RC-522
52	O	Digital		SCK RFID RC-522
53	O	Digital		SDA RFID RC-522
9	O	Digital		RST RFID RC-522
0	I	Digital		RX0 Raspberry Pi B+
1	O	Digital		TX0 Raspberry Pi B+
4	I	Digital		PULSADOR 1
6	O	Digital		LED ON/OFF SISTEMA
2	I	Digital		SENSOR DE FLUJO 1 (INTERRUPCIONES)
				ACTUADOR VÁLVULA
40	O	Digital		SOLENOIDE 1
42	O	Digital		RELÉ MOTOR 1
7	O	Digital		RELÉ MOTOR 2
44	O	Digital		RELÉ SEÑAL SONORA O VISUAL

Fuente: Autor

Notación:

I ENTRADA

O SALIDA

F. Montaje final en Protoboard

Como se puede observar en la figura 18, se muestra el desarrollo del sistema en la protoboard para realizar las respectivas pruebas.

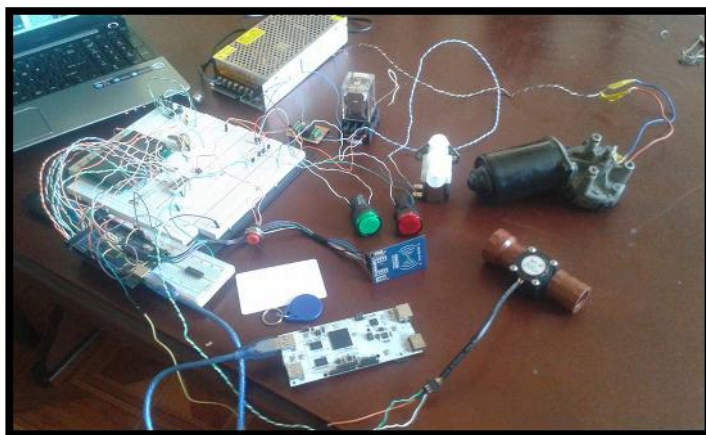


Figura 18 Pruebas previas del sistema en tablero de ensayo electrónico

IV. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

A. Montaje del Gabinete

El montaje de los dispositivos electrónicos se lo realizó en un gabinete de 30 x 30 x 10 cm para darle una estructura modular. Además de proteger y operar directamente los circuitos. Este tablero esta empotrado en la pared bajo techo para prevenir lluvias, humedad, manipulación inadecuada o cualquier otro factor que puedan afectar al sistema.

El gabinete está compuesto también con un sistema de protección para todo el sistema como fusibles y breaker, además de los relés de 12V para activar la válvula solenoide y los relés de 24V para el control del giro del motor eléctrico para el retirado automático de las pezoneras.

A continuación se detallan los elementos que se

encuentran en la parte interna del Gabinete.

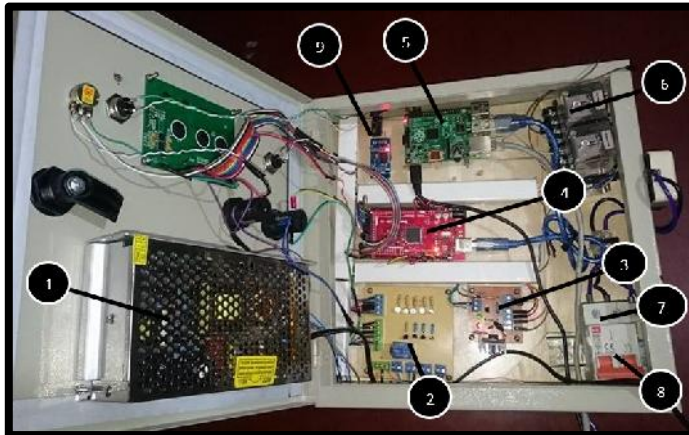


Figura 19 Parte interna del gabinete eléctrico

1. Fuente de alimentación de 24V DC y 6.5A
2. Placa principal.
3. Placa secundaria.
4. Microcontrolador Arduino Mega 2560.
5. Minicomputadora Raspberry Pi B+.
6. Relés electromecánicos de 24V.
7. Breaker.
8. Portafusibles.
9. Módulo RTC.

A continuación se detallan los elementos que se encuentran en la parte externa del Gabinete.



Figura 20 Parte externa del gabinete eléctrico

1. Pantalla grafica GLCD 128x64
2. Pulsador de activación del sistema.
3. Luz piloto de retiro automático de pezoneras.
4. Luz piloto de Encendido del sistema.
5. Llave de Acceso.
6. Regulador de intensidad de la pantalla

GLCD.

7. Pulsador de apagado de todo el sistema.

B. Pruebas de hardware.

En la pantalla grafica GLCD se visualiza un mensaje de bienvenida al encenderse todo el sistema.



Figura 21 Mensaje de bienvenida en GLCD

El operador es el encargado de acercar el lector RFID al tag o etiqueta a una distancia recomendada de 2 cm, el tag está situado en el arete de la oreja del bovino. En la pantalla GLCD se visualiza un mensaje de Identificación correcta o Identificación Incorrecta.



Figura 22 Mensaje de "Identificación correcta" del bovino en GLCD

Posteriormente el operador presiona el pulsador, para activar el sistema y el motor eléctrico

para colocar las pezoneras. Si el pulsador es activado se enciende un led blanco de la placa principal. Y en la pantalla GLCD se visualiza un tiempo de espera determinado para que el operador pueda colocar las pezoneras en la ubre del animal.



Figura 23 Led de visualización de pulsador activo



Figura 24 Tiempo de espera en GLCD para colocar pezoneras

Después de haber terminado el tiempo de espera, se activa la luz piloto (color verde) de inicio del proceso y la válvula solenoide, con sus respectivos indicadores leds situados en la placa principal.



Figura 25 Luz piloto activado para inicio de proceso de extracción de leche

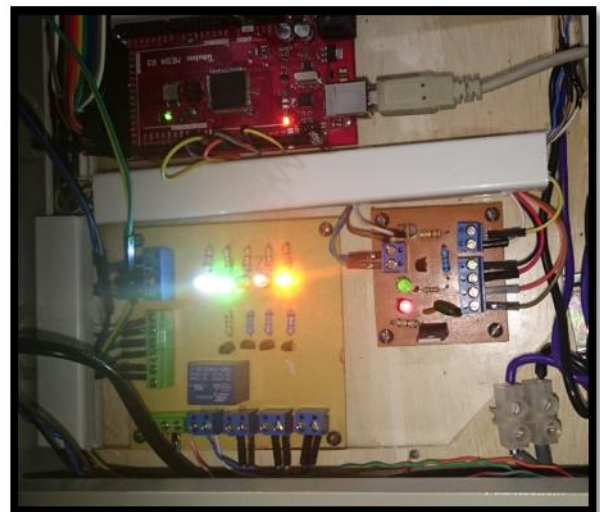


Figura 26 Leds de visualización de inicio de proceso y válvula solenoide activados

En el transcurso del proceso, se visualiza en la pantalla GLCD la cantidad de flujo que pasa por el sensor en L/min, el número de pulsaciones del sensor de flujo y el tiempo transcurrido en segundos.



Figura 27 Proceso de medición de datos en funcionamiento

Una vez que el sensor de flujo ya no tenga nada que medir, se terminará el proceso activándose la luz piloto de color rojo y activándose el motor eléctrico automáticamente para retirar las pezoneras, con sus respectivos leds indicadores. El microcontrolador Arduino envía la cantidad de leche producida en litros por el bovino a la minicomputadora.

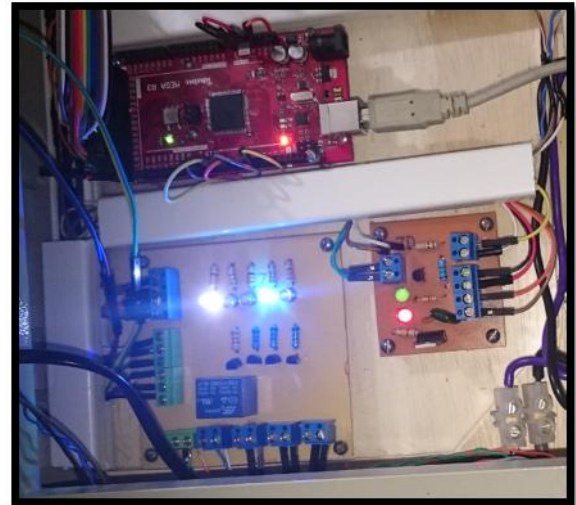


Figura 29 Leds de visualización de fin de proceso y motor eléctrico activados

C. Pruebas realizadas en la minicomputadora Raspberry Pi B+ para la gestión de Base de Datos

Las pruebas fueron ejecutadas accediendo a la minicomputadora remotamente por SSH, y se obtuvo los siguientes resultados:

En el emulador del terminal se ejecuta de manera manual el script realizado con el lenguaje de programación de Python. Pero también se realizó la opción de que todos los scripts se ejecuten de manera automática al encenderse la Raspberry Pi B+. Esto se encuentra detallado en el manual del administrador.



Figura 28 Luz piloto activado para indicar fin de proceso de extracción de leche

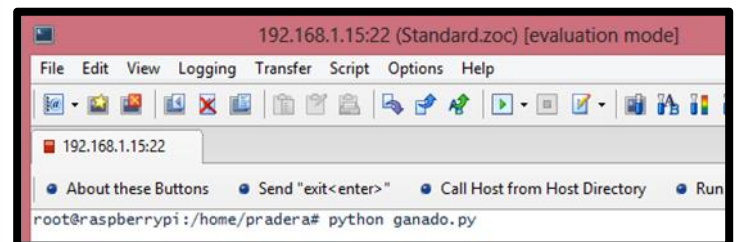


Figura 30 Ejecución manual del script del sistema

Nos imprime en el terminal un mensaje de VACA1, el nombre del bovino a la cual se están almacenando los datos. Además se puede observar que para evidenciar dicho proceso se imprime en pantalla la medición que se obtuvo del microcontrolador Arduino, la fecha, la hora, el número de ordeño y un identificador de manera única de cada operación.

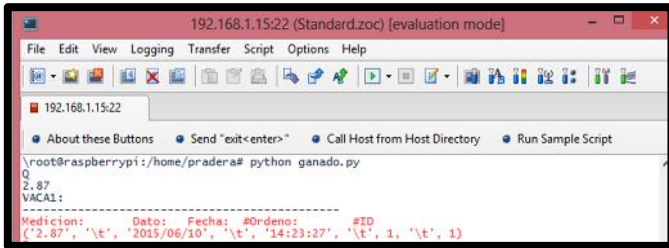


Figura 31 Impresión en consola de los datos obtenidos del microcontrolador

Para validar que los datos se han almacenado correctamente, hacemos uso de la herramienta PhpMyAdmin, la cual nos permite gestionar la base de datos a través de una interfaz Web. Basta con escribir la dirección IP en un navegador Web, en este caso es 192.168.1.15/phpmyadmin, para poder acceder a la base de datos nos pedirá el nombre de usuario y la contraseña correspondiente.

En la figura 32, se observa que se accedió correctamente a la base de datos denominada Ganado, para verificar los resultados se da clic en el nombre de la tabla que corresponda al bovino, en este caso es Vaca1. Se puede observar que los datos han sido almacenados correctamente.

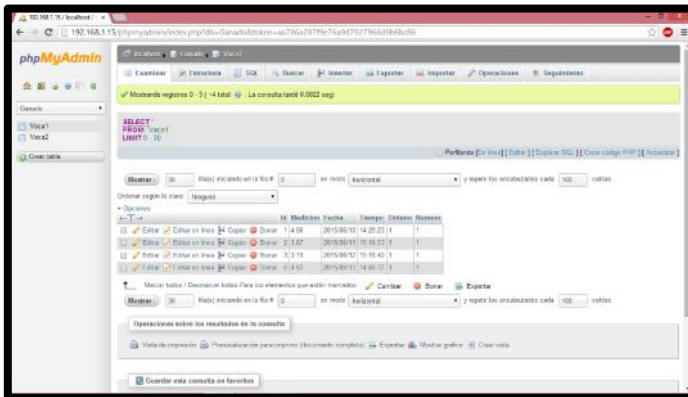


Figura 32 Datos almacenados en la base de datos

D. Resultados de almacenamiento de los datos en un archivo de texto en la minicomputadora

Se hace uso del editor de texto nano, para verificar que los datos se han almacenado en un archivo de texto. Nos indica que los datos han sido almacenados correctamente en el archivo de texto.

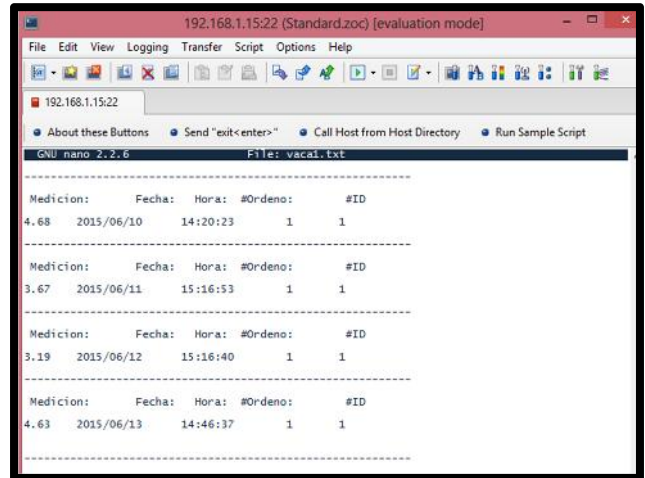


Figura 33 Verificación de datos almacenados en archivo de texto

E. Resultados de acceso y de transferencia de la información a través de un servidor FTP

Para acceder al servidor FTP, se necesita de un nombre de usuario y su respectiva contraseña, el número de puerto en este caso es 21. Además en la parte del Servidor se debe ingresar la dirección IP o nombre del equipo.

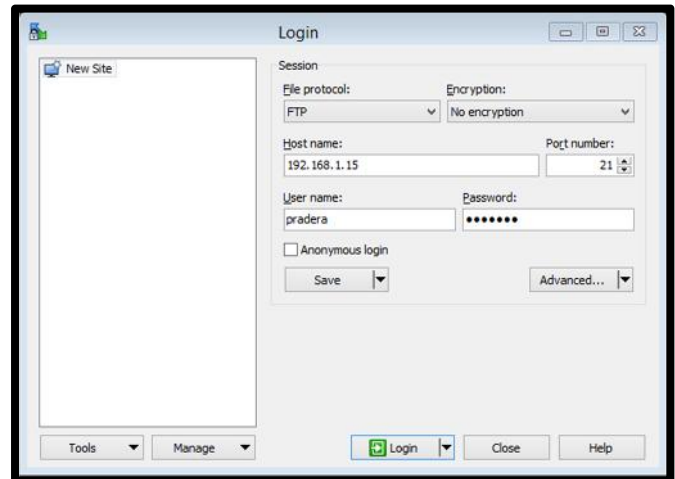


Figura 34 Conexión al servidor FTP

Una vez que se ha conectado correctamente a la minicomputadora, se selecciona el archivo de texto o cualquier archivo que se desea transferir del sitio remoto, y simplemente para que se realice la copia al sitio local, se suelta el archivo en la carpeta que se desea del sitio local.

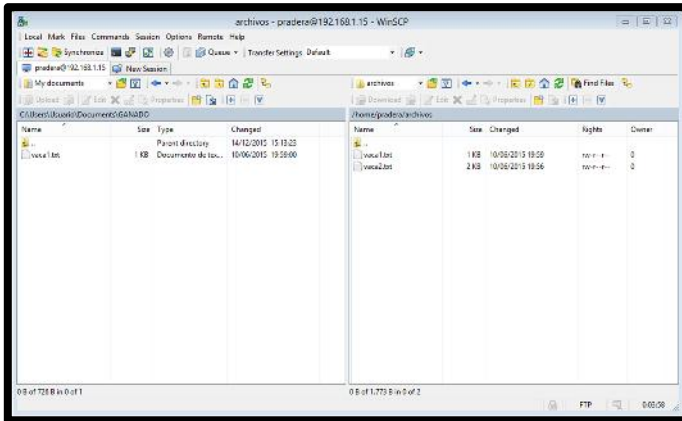


Figura 35 Transferencia correcta de archivo

F. Verificación del servidor web para monitorear y consultar los resultados previos del ganado bovino.

En un navegador web colocamos la dirección de la página web principal, en este caso es <http://192.168.1.15/pradera/index.php>. Nos pedirá un nombre de usuario y su respectiva contraseña, con la finalidad de que nuestro servidor web contenga privacidad.

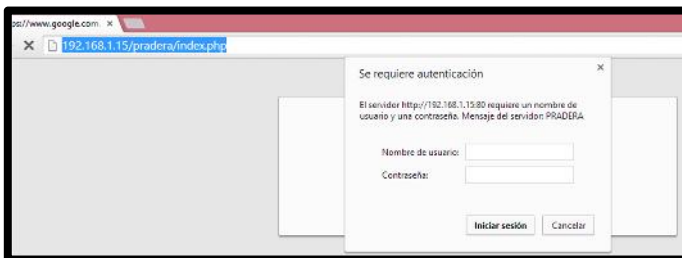


Figura 36 Autenticación en el servidor Web

Una vez hayamos colocado el nombre de usuario y la contraseña correctamente, nos aparecerá las opciones de las tablas de los bovinos que se desea consultar.



Figura 37 Consultar resultados de cada bovino en servidor Web

Se elige una opción y se da clic en Consultar, nos aparecerán los resultados respectivos del bovino seleccionado.



Figura 388 Verificación de los resultados del bovino seleccionado en un navegador Web

G. Verificación del envío del archivo con la información del bovino a través de un correo electrónico.

Para verificar que se ha enviado correctamente los archivos de cada bovino al correo electrónico, abrimos el servicio de correo Hotmail y comprobamos. Cabe mencionar que el correo destinatario puede ser de cualquier cuenta de correo electrónico y que el remitente es del servicio de correo de Gmail.

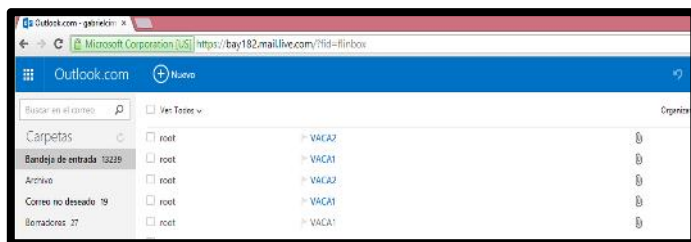


Figura 39 Verificación de envío del archivo por correo electrónico

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Primeramente para la obtención de la cantidad de leche que produce cada bovino, se procedió a realizar pruebas, para obtener la cantidad de flujo (caudal) en un minuto de manera empírica del sensor de flujo. Este resultado es fundamental para obtener los resultados lo más preciso posible.

Una vez obtenido esa cantidad el microcontrolador es el encargado de tomar muestras de la cantidad de flujo cada segundo, cuando se haya terminado el proceso, el microcontrolador realiza un promedio y transforma ese promedio obtenido en litros en el tiempo transcurrido de las muestras.

En la tabla 2, se exponen los resultados obtenidos del sensor de flujo para ver la cantidad de leche producida en litros de un bovino.

Tabla 2 Resultados obtenidos del sensor de flujo

ID	Fecha	Hora	# Ordeño	Medición del sensor		Porcentaje de
				(Litros)	Error %	
1	10/06/2015	14:20:23	1	4.68 L	4	
2	10/06/2015	14:31:21	1	4.53 L	3	
3	10/06/2015	14:45:02	1	4.94 L	4	
4	10/06/2015	14:56:50	1	3.98 L	3	

VI. CONCLUSIONES

Al culminar el desarrollo del proyecto se pudo observar que se cumplieron con los objetivos planteados, en su totalidad. Además, mejoró su

eficiencia y rendimiento del ordeño. Debido a que el tiempo de ordeño del ganado bovino se lo realizaba en aproximadamente 1 hora y media, y ahora con el sistema se lo realiza en aproximadamente 1 hora.

El sistema tiene como particularidad que puede ser adaptado a cualquier necesidad que posea el establo del ganado bovino, porque tanto el hardware como el software del Arduino Mega 2560 y de la Raspberry Pi B+ son flexibles. Al módulo Arduino se lo pueden conectar hasta 6 sensores de flujo (funciones especiales interrupción), 4 minicomputadoras (UART) y conectar múltiples módulos Rfid (SPI). La minicomputadora puede ser conectada con 4 módulos Arduinos (UART).

Para evitar fallas en la fecha y hora cuando la Raspberry Pi B+ no pueda conectarse al servidor NTP (Network Time Protocol), se integró un módulo RTC ds3231 (Real Time Clock) el cual resuelve el problema y obtiene correctamente dichos parámetros en su sistema.

El porcentaje de error obtenido del sensor de flujo se redujo a un 3-4%, debido a que el microcontrolador toma muestras del flujo del caudal cada segundo, realiza una sumatoria y por último ejecuta un promedio de las muestras. Además, el sensor de flujo es sometido a vacío por la máquina de ordeño lo que produce un poco de espuma y también afecta al porcentaje de error.

Este sistema permite el registro automático de la producción de leche del ganado bovino, con un control fiable de aproximadamente 108 litros de leche por día. Este registro se realizaba manualmente en una hoja de papel, sin ningún tipo de control, esta acción se presta a muchos inconvenientes.

El sistema para garantizar la seguridad de los datos obtenidos es almacenado en una base de datos, en un archivo de texto, enviado al correo electrónico del administrador, tiene habilitado un servidor FTP para acceder y transferir la información del ganado bovino en cualquier instante. Y así poder tener respaldo de la información.

REFERENCIAS

TEXTOS:

- [1] ACHA, S. C., Manuel; PÉREZ, Julio; RIOSEAS, Miguel. Electrónica Digital.
- [2] INTRODUCCIÓN A LA LÓGICA DIGITAL TEORÍA, PROBLEMAS Y SIMULACIÓN: ALFAOMEGA RAMA.
- [3] AETIC, O. Y. La tecnología RFID: Usos y oportunidades.
- [4] BOLTON, W. (2006). SISTEMAS DE CONTROL ELECTRÓNICO EN LA INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA (TERCERA ED.): ALFAOMEGA.
- [5] CISCO. PRINCIPIOS BÁSICOS DE ENRUTAMIENTO Y SWITCHING. CCNA1 V5.
- [6] COLLAGUAZO, G. SISTEMAS MICROPROCESADOS.
- [7] CREUS, A. (2011). INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL (OCTAVA ED.): ALFAOMEGA.
- [8] DAVID, P. V. H. T. D. B. J. ANÁLISIS Y DISEÑO DE CIRCUITOS LÓGICOS DIGITALES (PRIMERA ED.): PRENTICE-HALL.
- [9] ENRIQUEZ, R. (2009). GUÍA DE USUARIO DE ARDUINO.
- [10] KUMAR, S. (2010). INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA: MC GRAW HILL.
- [11] MATURANA, C. (2006). RFID: EL CÓDIGO DE BARRAS INTELIGENTE PARA BIBLIOTECAS. CHILE.
- [12] PALLAS, R. SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL (CUARTA ED.): MARCOMBO.
- [13] PETERSEN, R. (2009). LINUX MANUAL DE REFERENCIA (SEXTA ED.): MC GRAW HILL.
- [14] ROBÓTICA, T. D. (2012). LIBRO BÁSICO DE ARDUINO (PRIMERA ED.). BOGOTÁ, COLOMBIA.
- [15] SÁNCHEZ, J. (2012). SERVIDORES DE APLICACIONES WEB.
- [16] STEREN. ABC DE LA MECATRÓNICA.
- [17] TELETRONICA. INTRODUCCIÓN A LA IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA (PRIMERA. ED.)

TESIS:

- [18] ARMENDARIZ, J. C. (2009). Análisis comparativo de las tecnologías RFID, HID y AWID para proponer un sistema para la ubicación y seguridad de los libros en la biblioteca de la FIEE de la E.P.N. Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1085/1/CD-1923.pdf>
- [19] BAQUE, G. V., José (2011). INTRANET basada en plataforma LAMP con integración de dispositivos móviles que permita el acceso a los datos de los distintos departamentos de asistencia médica del UPOCAM. Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Manta-Ecuador.

- [20] SILVA, A. B., Julio (2013). Activación de Alarmas Remotas mediante WIFI entre minicomputadoras Raspberry PI en aplicaciones de Seguridad. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador.

Autor

Olavo G. Pavon I.



Nació en Ibarra provincia de Imbabura el 28 de Mayo de 1988. Realizo sus estudios secundarios en el colegio Fisco-misional "Sanchez y Cifuentes", obteniendo el titulo de bachiller en la especialidad de Físico Matemático. Actualmente, es egresado de la Universidad Técnica del Norte en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación.

Director

O. Ona



O. Ona, Director. Es un profesional en Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones. Actualmente es profesor de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Tecnica del Norte en areas como: Circuitos Electricos, Fisica, y otras areas relacionadas. Tiene experiencia en areas como: mantenimiento correctivo y preventivo de equipos de transmision de datos. En instalacion y mantenimiento de redes WLAN. El ha trabajado consistentemente e incondicionalmente en el desarrollo de proyectos electronicos y de telecomunicaciones.