

# Construcción de Equipo Didáctico como Apoyo a las Unidades Curriculares Sistemas de Radiocomunicaciones y Control Industrial

## Construction of Didactic Equipment in Support of Curricular Units Radiocommunication Systems and Industrial Control

Pedro S. Landaeta, *Profesor, UPT*

**Resumen** — Lo didáctico es necesario en los centros de formación técnica. Los precios de estos equipos son en algunas ocasiones inalcanzables para las personas que lo desean. Ahí la importancia de esta investigación que trae como propuesta la construcción de equipos didácticos para apoyar a unidades curriculares seleccionadas previamente por el autor. El artículo se basa en una investigación tecnística y está enmarcada en la línea de investigación Didáctica de la Ingeniería y las ciencias en la Universidad Politécnica Territorial (UPT) del Estado Aragua “Federico Brito Figueroa” (“FBF”). El objetivo es construir un equipo didáctico usando componentes de electrónica integrada, electrónica programada e interfaces de computadora para interactuar con el sistema. Los resultados están asociados a un prototipo para la enseñanza-aprendizaje que aún no ha sido sometido a la evaluación de los grupos de estudiantes relacionados con las unidades curriculares de interés. Una de las conclusiones está referida al uso de equipamiento didáctico que emule las situaciones industriales y espaciales, esto cubre la necesidad de enseñar teniendo a la mano componentes hardware en el aula de clases.

**Palabras claves** — didáctico, electrónica, enseñanza, aprendizaje

**Abstract** — the didactic is necessary in technical training centers. The prices of these equipment are sometimes unattainable for people who want it. Therein the importance of this investigation that brings like proposal the construction of didactic equipment to support curricular units previously selected by the author. The article is based on a technical research and is framed in the research line Didactics of Engineering and Sciences at the Polytechnic University Territorial (UPT) of the Aragua State "Federico Brito Figueroa" ("FBF"). The goal is to build a teaching team using integrated electronics components, programmed electronics

and computer interfaces to interact with the system. The results are associated to a prototype for teaching-learning that has not yet been subjected to the evaluation of groups of students related to the curricular units of interest. One of the conclusions is referred to the use of didactic equipment that emulates quite well the industrial situations and space ones, this fill the need to teach by having on hand hardware components in the classroom.

**Index Terms** — didactic, electronics, learning, teaching.

### I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo nace por la necesidad de tener a la mano equipos didácticos que sirvan de apoyo en el salón de clases para darle una mayor comprensión a los conceptos que se quieren enseñar. De ahí que lo didáctico sea algo que siempre se deba buscar en los centros de formación universitaria, técnica u otro tipo de modalidad de formación para el campo laboral. Los precios de estos equipos son en algunas ocasiones inalcanzables para las personas que lo desean. Trayendo esto como consecuencia que no sea fácil su adquisición cuando existen limitaciones de presupuesto [1] [2]. Esta propuesta rompe con todo esto y abre un nuevo camino que vale la pena seguir, además de que todos los componentes se consiguen en el país y se pagan en Bolívares.

Se comienza a sentir la independencia en lo tecnológico y surge la necesidad de desarrollar algunas áreas que complementen toda esta idea, tales como: a) Conocer en su totalidad los softwares para construir PCB (Printed Circuit Board). Y, contar con los equipos adecuados para la fabricación de las tarjetas electrónicas, b) Crear grupos de trabajo para el dominio en todas sus fases del lenguaje C y su posterior aplicación en microcontroladores, c) Trabajar y dominar las tecnologías de hardware libre y d) Dominar en todas sus áreas el lenguaje Java para su aplicación en la construcción de interfaces HMI (Human Machine Interface).

Otro aspecto importante es que el equipo viene acompañado de un paquete de prácticas de laboratorio donde

Esta investigación fue enviada al II Congreso Venezolano de Tecnología Espacial en el mes de agosto de 2017. La misma está dirigida a apoyar la didáctica usando la ingeniería

P. S. Landaeta es profesor de la UPT Aragua “FBF”. Coordinador de Investigación en la sede de Maracay. (Correo electrónico: landae-tap2@gmail.com)

se tratan temas de Radiocomunicaciones como: compatibilidad y coexistencia electromagnética, enlaces punto a punto y sensibilidad del receptor. Y también se tratan temas de Control Clásico tales como señales básicas de control, estabilidad, sistemas de primer y segundo orden, y control PID (Proporcional Integral Derivativo). Con un manual de usuario completamente en español y adaptado a nuestra idiosincrasia. Todo el material estará disponible para el que quiera reproducirlo. Se practica aquí la filosofía de software libre y hardware libre. Es lo que se quiere resaltar aquí, el conocimiento es libre. Así debe serlo y es lo que se propone en este artículo [3].

Por eso la idea de trabajar con JAVA. Herramienta de uso libre [4] que ayuda en la construcción de paquetes software para la industria y la educación [5]. A nivel de hardware, se trabaja con microcontroladores PIC (Peripheral Interface Controller) de la empresa MICROCHIP. Los PIC's se programan con Lenguaje C, usando el compilador CCS. Compilador privativo que limita en gran manera la socialización del código y cualquier otra actividad que uno pretenda hacer con él. Como en esta investigación, lo que se pretende hacer es educativo netamente no hay ningún problema de licencia. No obstante, hay que ir pensando en versiones libres de compiladores C para PIC, tal como el SDCC.

Tiene limitaciones en lo que respecta a cantidad de modelos de microcontroladores existentes en el mercado, librerías que ya poseen otros compiladores con este software hay que hacerlas desde cero, toca aprender algo nuevo, pero el resultado final es que se cuenta con un código que se puede mejorar, distribuir, compartir y empoderar. La idea final es pasar a ARDUINO, se construye hardware de bajo coste con alto impacto ya que resuelve grandes problemas con poco dinero, y lo más importante es que es hardware libre [6]. Lo que se resalta, y toma su verdadero valor aquí es el potencial humano, que podrá concentrarse en desarrollar aplicaciones y no en que está violando o no alguna ley de copyright.

Ahí la importancia de esta investigación que trae como propuesta la construcción de equipos didácticos para apoyar a unidades curriculares seleccionadas previamente por el autor, en cualquier escuela técnica, universidad, tecnológico o innovador independiente que quiera desarrollar esta idea [7]. Los planos, manuales, cálculos y la asesoría que haga falta estarán a disposición de cualquier interesado.

En la UPT de Aragua "FBF" se observa un vacío en el apoyo docente en el aula al querer explicar conceptos en unidades curriculares tales como Ingeniería de radiocomunicaciones y Teoría de Control. Pertenecientes al programa de Ingeniería Electrónica y al de Ingeniería de Instrumentación. Es una forma distinta de trabajar en el aula, en la UPT de Aragua y en muchas otras universidades y centros de estudios de otros niveles también se valora mucho

el hecho práctico [8]. De ahí la importancia de que el docente pueda demostrar sus conceptos con equipos que hagan ver a los estudiantes que todas las ecuaciones y consideraciones teóricas tiene un sustento que lo acerca a la vida real [9].

Dar solución a esta observación lleva a proponer varias maneras de resolver lo planteado. Una forma es entregar una primera propuesta donde se evidencie que las maquetas y módulos de enseñanza se pueden hacer en el país sin requerir de insumos importados que el estudiante o profesor tengan que comprar. Demostrando que se puede adquirir todo en bolívares y, en el país queda nada más hacer la propuesta de construir módulos para la enseñanza en las áreas seleccionadas.

Hay varias hipótesis que se pueden hacer en esta investigación, pero se busca una que se amolde exactamente a los requerimientos del autor. Por ejemplo, una hipótesis que diga los equipos didácticos optimizarán el rendimiento estudiantil, no sirve para el fin que se busca con este trabajo. Por ser esta una primera aproximación, se requiere resolver esta etapa de construir el prototipo sin buscar hacer estudios posteriores. En dado caso, la hipótesis más acorde sería se pueden construir equipos didácticos en la UPT de Aragua "FBF" sin requerir de divisas en dólares. Ya que el artículo se basa en una investigación tecnicista [10] apoya aún más la hipótesis anterior. Además, el artículo está enmarcado en la línea de investigación Didáctica de la Ingeniería y las ciencias en la Universidad Politécnica Territorial del Estado Aragua "Federico Brito Figueroa".

Los resultados están asociados a un prototipo para la enseñanza-aprendizaje en las áreas de radiocomunicaciones y control industrial. Fácil de transportar y con todos los componentes a la vista del estudiante. La investigación llega hasta la construcción del equipo como tal. Será para efectos de otra investigación el estudiar los efectos causados por éste equipo. Una posterior etapa de la investigación es entregar este prototipo a los docentes que tengan que ver con las áreas de interés ya que hay una necesidad de enseñar teniendo a la mano componentes hardware que emulen bastante bien las situaciones industriales que se deseen, entre ellas las espaciales.

El objetivo es construir un equipo didáctico totalmente operativo usando componentes de electrónica integrada, electrónica programada, Transmisores/Receptores e interfaces de computadora para interactuar con el sistema. Este equipo será utilizado en el aula de clases como apoyo al docente para complementar todo lo que está enseñando.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Construcción de un equipamiento básico didáctico para estudiar y enseñar sistemas de radiocomunicaciones y teoría de control clásico.

Se simula el circuito a montar en hardware usando el software PROTEUS. Es un software propietario y su uso acá es como soporte a un trabajo netamente académico. La

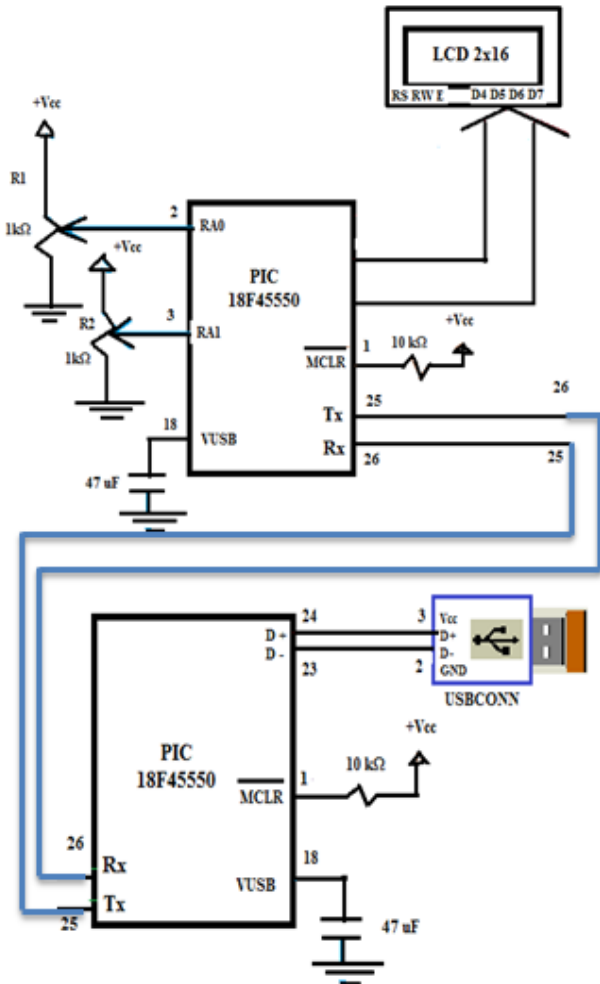


Fig. 2. Dos Microcontroladores PIC conectados en serie usando la USART de cada uno.

empresa LabCenter que es la productora de PROTEUS ofrece en su página web [11] una opción para revisar el software a manera de DEMO, con las limitaciones propias de éstas versiones pero que sirve para revisar el software y ver su potencial. La figura 1 muestra el circuito para verificar la transmisión de datos entre microcontroladores PIC.

Cada uno de estos microcontroladores tiene grabado en su memoria un programa hecho en lenguaje C. El software que se usa para hacer los programas de los microcontroladores es propietario. Con éste software se hace un programa para cada Microcontrolador. El que tiene los potenciómetros conectados se le llamará *micro\_1* y al que tiene conectado el puerto USB se le va a llamar *micro\_2*. Entonces básicamente se hace un programa para el *micro\_1*. El cual debe ser capaz de capturar los datos de los potenciómetros y convertirlos a digital. Esta información digital se muestra en

la LCD 16x2 y también la información es enviada al *micro\_2*. El mismo debe ser programado de tal forma que sea capaz de enviar esos datos vía USB al computador. Ver figura 2. Se hace énfasis en decir que cada Microcontrolador tiene programas distintos en su memoria

En las figuras 1 y 2, la conexión es alámbrica. Pero ya que

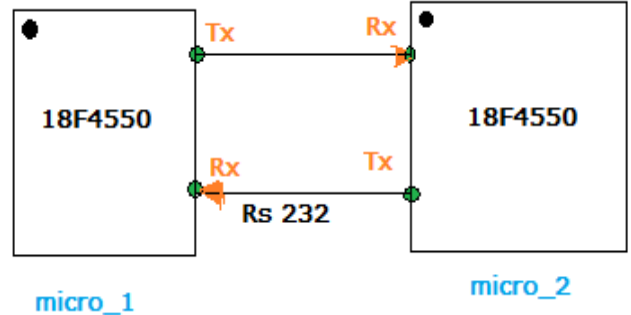


Fig. 1. Microcontroladores conectados para intercambiar datos en forma serial

es un sistema para estudiar Radiocomunicaciones.

Debemos convertir a la figura 2 en un sistema inalámbrico. Por lo tanto, los dos microcontroladores van a ser conectados en hardware usando los módulos XBee [12]. Que son módulos para la transmisión de datos vía RF (RadioFrecuencia). La figura 3 muestra un transceiver (transmisor/Receptor de RF) XBee usado en el proyecto.



Fig. 3. Modelo de módulo XBee usado en el proyecto

El montaje tiene ahora la siguiente forma, que se muestra en la figura 4.

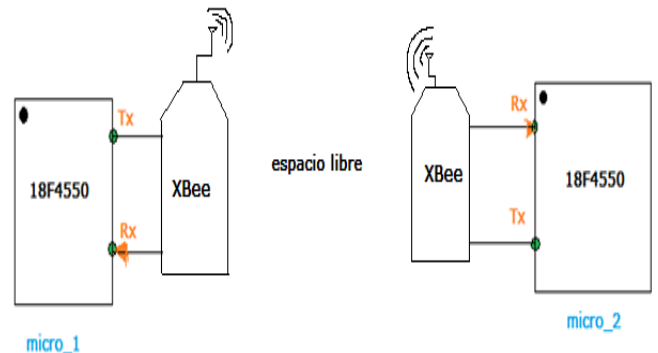


Fig. 4. Variación del montaje de la figura 2 después de agregarle los módulos XBee

Todo lo que se ha dicho para los montajes de la figura 1 y 2 siguen siendo válidas porque para todo efecto el módulo

XBee se puede considerar como un cable virtual.

Los módulos XBee para ser conectados en el circuito deben ser previamente “programados” usando el software XCTU. Este software puede ser descargado de Internet. Es totalmente gratis y entre las opciones de descarga se tiene la página web de su fabricante [13]. La figura 5 muestra la ventana de trabajo de éste software para comenzar la programación de los dispositivos XBee. Los XBee son radiotransmisores / receptores que operan en la banda de 2,4 GHz, Se usa para transmitir una tasa muy baja de datos 250 KB/s.

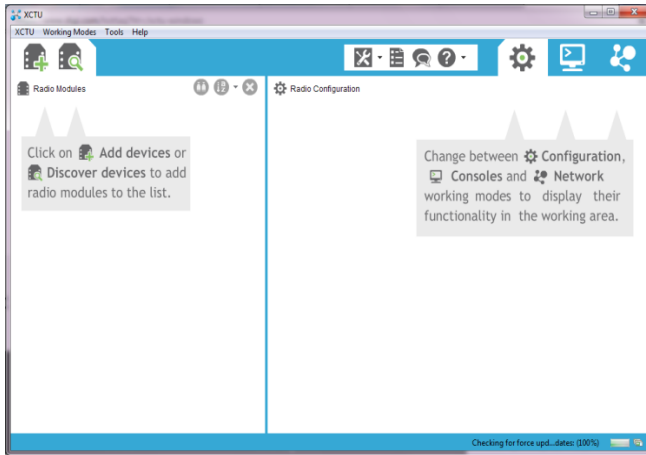


Fig. 7. Ventana de arranque del Software XCTU.

Su poco ancho de banda le permite enviar y recibir solamente datos. No se puede transmitir voz ni video. Una característica importante es que los XBee usan encriptación de datos. Garantizando que solamente el dispositivo que haya sido programado previamente con el software XCTU sea el que descifre la información. Esto le permite convivir con otros dispositivos Wireless (inalámbrico en inglés) sin ningún problema.

Para programar los módulos XBee se usó el modelo de tarjeta mostrado en la figura 6. Ésta se llama Xbee Explorer Serial.

El Xbee Explorer Serial es un Módulo con base Xbee con conexión RS232 y fácil de usar para la línea Xbee. Esta unidad funciona con todos los módulos Xbee incluyendo la serie 1, 2 y la serie 2.5, versiones Standard y Pro [14]. Se conecta la unidad en el Xbee Explorer, se coloca el cable RS232, y se puede tener acceso directo a los pines de programación y serial de la unidad Xbee. Se debe disponer de dos programadores para que se puedan “ver” los XBee y así poder “decirles” que trabajos van a ejecutar en el montaje. La figura 7 muestra las tarjetas Explorer cada uno con sus XBee. Estos deben ir a un computador, donde está instalado el software XCTU.

La figura 8 muestra este arreglo de equipos para programar los XBee. Todo esto es necesario para garantizar en el montaje final donde los XBee van a quedar transmitiendo y recibiendo datos que sean ellos nada más los que puedan descifrar la data que están intercambiándose.

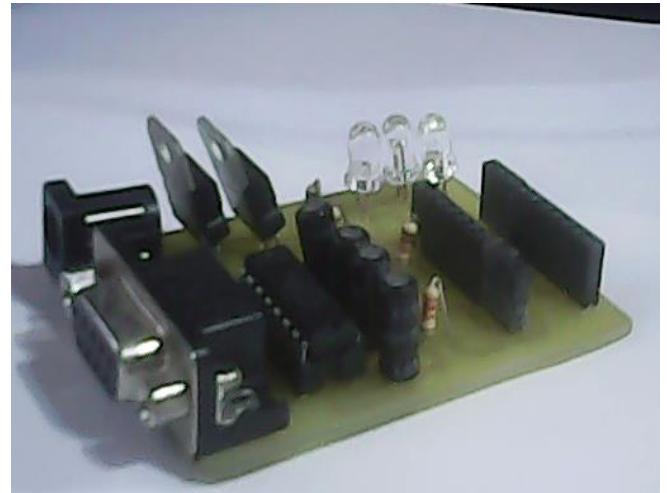


Fig. 5. . Tarjeta para programar los XBee conocida como Explorer Serial.

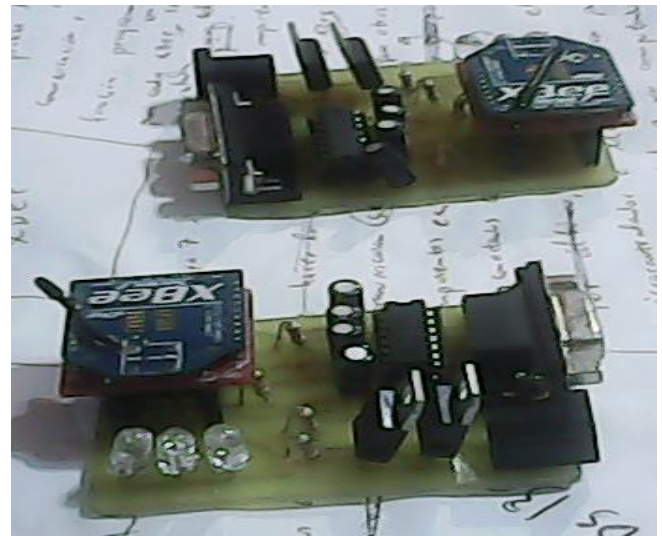


Fig. 6. Programadores Explorer Serial para los XBee.

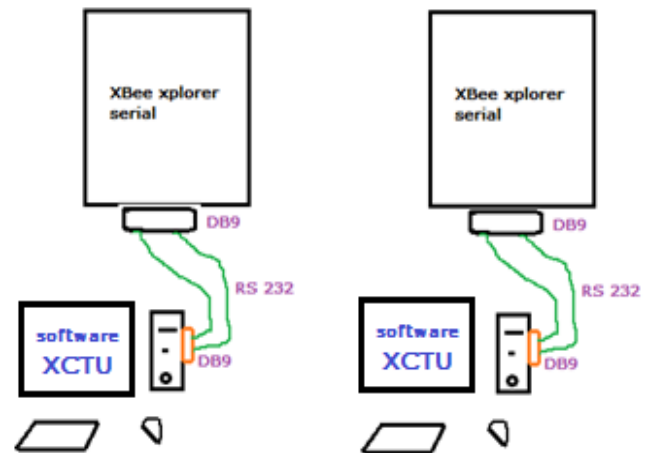


Fig. 8. Arreglo de PC y Xbee Explorer para programar los XBee.

Los XBee tienen la opción de ser coordinador, router y endpoint. Observe en la figura 9 la ubicación de cada XBee en la red.

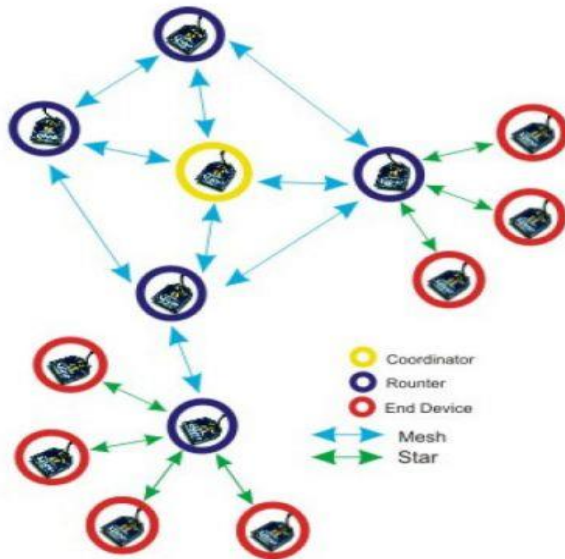


Fig. 10. Red de XBee con sus distintos componentes.

Luego de probar la comunicación y la función programada para cada XBee, se instalan en el circuito. Lo importante es que estos XBee se comunicarán siempre, no importando que otros componentes existan en su entorno, o que otros XBee estén conectados cerca de ellos [15]. Donde entra lo que se conoce como convivencia electromagnética. Para llegar a la convivencia electromagnética, se debe pasar primero por el concepto de Compatibilidad Electromagnética (EMC, por sus siglas en inglés). La EMC se define como la habilidad de un dispositivo, equipo, o sistema de funcionar satisfactoriamente en su ambiente electromagnético sin producir perturbaciones electromagnéticas intolerables a cualquier objeto en ese ambiente [16]. Los módulos XBee cumplen con esa característica y ahí la importancia de usar estos dispositivos.

Esto de la EMC es importante por la variedad de redes Wireless (inalámbrico en Inglés) existentes a nivel mundial, tales como Bluetooth, wifi, wimax, transceiver RF [17], red celular [18], transmisores de microondas de TV, estaciones de radio FM y AM, y transmisores y receptores satelitales. Todas estas redes están funcionando al mismo tiempo y todas envuelven a todos los equipos a la vez. Si los equipos no poseen buenas características de EMC [19] presentan problemas de comunicaciones en la transferencia de datos. Volviendo al montaje de la figura 4, el microcontrolador 2 lleva asociado un puerto USB para ser conectado a un computador.

Este computador presenta una interfaz Humano Máquina (Human Machine Interface HMI en inglés) hecha en JAVA que muestra lo que está pasando en el proceso emulado con dos potenciómetros (POT 1 y POT 2) conectados al

Microcontrolador 1. Todos estos cambios se ven reflejados en la figura 10. La palabra Microcontrolador se redujo a micro, POT es de potenciómetro, se ven los XBee y el espacio libre entre los dos es el canal de comunicación, la conexión USB del micro\_2 y la HMI hecha en JAVA presentando el proceso en el computador. Esto encierra toda la propuesta. Cuando se habla del proceso se está haciendo referencia a procesos industriales. Estos involucran muchos conceptos y tópicos que ameritan ser profundizados. En este trabajo lo que se va a decir es que POT 1 simula una señal de presión y POT 2 simula a la variable temperatura.

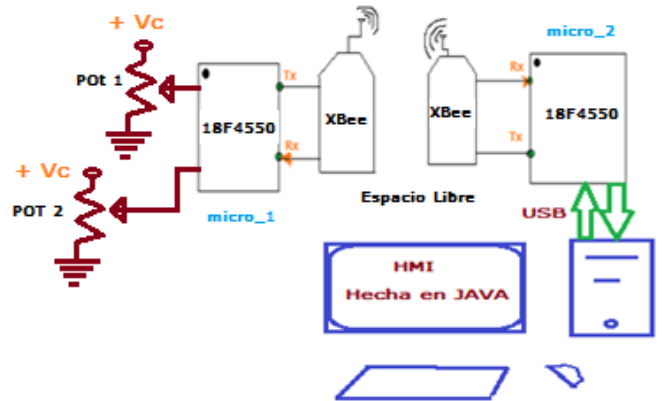


Fig. 9. Sistema inalámbrico con pantalla HMI.

Para leer más sobre procesos industriales se recomienda el libro de Smith – Corripio [20] que es todo un clásico en éste tema.

Para cerrar la propuesta y siguiendo con la onda de manejar tecnologías libres se presenta en la figura 11 una pantalla HMI hecha en JAVA [21]. Se consiguen muchas HMI hechas con distintos lenguajes. El más típico es LabView de la empresa National Instruments. También se han hecho trabajos de grado consecuencia de la investigación que se está realizando usando el lenguaje de programación Visual Basic para construir HMI [22]. Por último, y para no alargar el tema porque tiene bastante para escribir. Mencionemos al software Wonderware que se aplica para diseñar HMI en sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) [23]. Las empresas que se dedican a la instrumentación industrial saben de la importancia de las HMI's y han dedicado tiempo a desarrollar sus propias HMI.

Por ejemplo, Siemens tiene su WinCC, Schneider Electric tiene su VijeoCitec. Se puede seguir nombrando pero no es la meta de este artículo. Lo que se quiere es resaltar que las empresas invierten mucho dinero con estas grandes transnacionales y nosotros aquí en el país, desde nuestras universidades podemos realizar aplicaciones verdaderamente competitivas que puedan apoyar a la industria nacional. Esta propuesta se hace para no seguir atados a las leyes de propiedad intelectual. Entonces para seguir con la filosofía original de trabajo de la investigación que se presenta la HMI se hará en JAVA. Lenguaje de uso

libre y con el cual se puede hacer transferencia del código que se realiza, compartir con la comunidad de programadores y poder librar a las universidades y sus investigadores de los problemas de royalties.

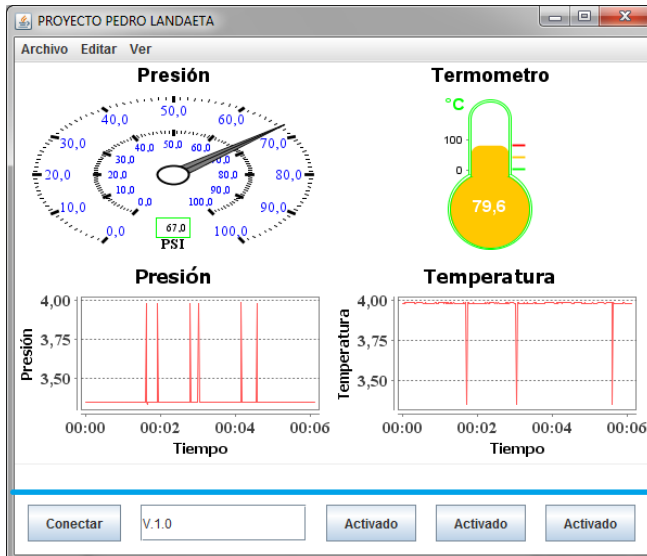


Fig. 11. Pantalla HMI hecha en JAVA

Paul Gruhn, de Rockwell Automation propone una serie de reglas para construir o diseñar las HMI's [24]. Información necesaria porque hay muchos detalles que se deben tener en cuenta para hacer la HMI. Esto aplica igual si el software usado es propietario o libre.

### III. RESULTADOS

En la figura 12 se muestra el sistema de adquisición de datos inalámbrica con una HMI hecha en JAVA.

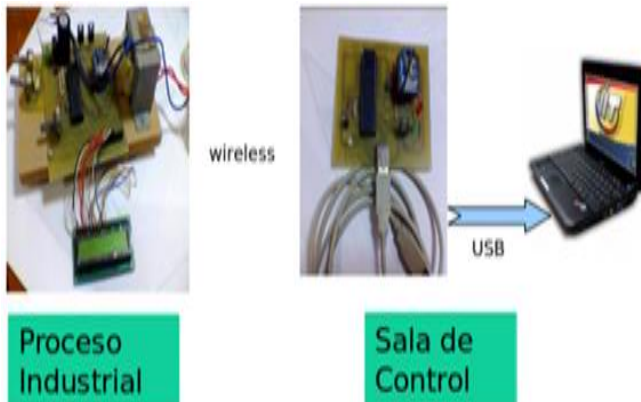


Fig. 12. Hardware del sistema propuesto agregando la computadora para ver la interfaz hecha en JAVA

Para la prueba del sistema se comienza conectando a la red de alimentación la tarjeta señalada como Proceso Industrial. Luego se activa la aplicación hecha en JAVA y se conecta vía USB la tarjeta señalada como Sala de Control. A continuación se presenta el funcionamiento paso a paso

con el sistema trabajando tal cual como se espera. El sistema es completamente funcional.

#### A. Paso 1:

Encendido de la tarjeta donde está la emulación del proceso industrial

Se observa en la pantalla LCD de la figura 13 que dice VAR 1 y VAR 2. La variable VAR 1 se refiere a la presión que se quiere medir en el proceso, y VAR 2 se refiere a la temperatura que se quiere medir. Como este equipo es para enseñar, se puede decir que esa presión pertenece a un tanque cerrado, una tubería o una caldera. También se puede aprovechar para hablar de las distintas unidades manejadas en esta variable. Igual con la temperatura, se puede usar cualquier proceso industrial donde actúe esta variable y a partir de ahí se tiene como apoyo una herramienta que sirve para colocar situaciones industriales de distintas índoles a las cuales se les pueden hacer mediciones.



Fig. 13. Tarjeta del proceso industrial donde se observa el valor de las dos variables que se usan en la emulación.

La figura 14 muestra la tarjeta que emula el proceso industrial con todos sus componentes. Se observa el microcontrolador PIC 18F4550, el módulo XBee serie 2 de DIGI, la pantalla LCD 2x16, los dos potenciómetros para simular las variables en estudio (POT 1 y POT 2), el potenciómetro de control de la luminosidad de la LCD, un LED de alta luminosidad de color blanco que indica que el sistema está alimentado, un LED verde que indica que el XBee está transmitiendo, un transformador que es parte de la fuente de alimentación y demás componentes de la fuente de alimentación.

#### B. Paso 2:

La figura 15 muestra la tarjeta llamada Sala de Control, es la tarjeta que recibe los datos y va a la PC como se ve en la figura a través de un puerto USB. Para que esta tarjeta se pueda comunicar con la pc hay que hacerle un DRIVER. En PROTEUS se usa el Virtual USB para lo que respecta a la comunicación entre el computador y la tarjeta de adquisición de datos, que en el caso que se estudia es la tarjeta que está ubicada en lo que se llama Sala de Control. También se observan en ella los componentes que posee, estos son un microcontrolador PIC 18F4550, un módulo XBee, el puerto USB, cable USB, regulador de alimentación, un LED alta

intensidad blanco para indicar que hay corriente en la tarjeta y LED's indicadores de funcionamiento del XBee. Hay que resaltar que el XBee conectado en ésta tarjeta debe ser del mismo modelo que el que se usa en la tarjeta que simula el proceso.



Fig. 16. Tarjeta del proceso industrial donde se observan todos los componentes del sistema.



Fig. 15. Tarjeta de recepción de datos provenientes del proceso Industrial.

### C. Paso 3

Se presenta la pantalla HMI hecha en java. Pero, antes debe saberse que se necesita un entorno de desarrollo para hacer el programa. En esta investigación se usó NetBeans. Es de uso libre, y es el que usamos principalmente en la UPT de Aragua "FBF" en el grupo de investigación dedicado a desarrollar aplicaciones en lenguaje java [25]. Por lo tanto, lo primero que hay que hacer para ejecutar por completo este proyecto debe instalar NetBeans en su computadora. Colocando NetBeans en su navegador de Internet lo lleva a la página de descarga para obtener este software. Al correr el software le debe aparecer esta ventana presentada en la figura 16. NetBeans es el IDE, no compila ni ejecuta el programa. Para esto debemos descargar el jdk (java development kit), colocando descargar jdk

en su navegador podrá acceder a la página de la empresa Oracle que es la dueña de java.



Fig. 14. Ventana de arranque del software NetBeans.

La figura 17 muestra la cabecera del código usado en este proyecto. Se resalta aquí la librería JPicUsb. Esta ayuda a tener todas las propiedades necesarias para tener comunicación vía USB entre la tarjeta de adquisición de datos DAQ (Data Acquisition por sus siglas en Inglés) y el computador que posee la interfaz hecha en java. Al correr nuestro programa debe aparecer la ventana previamente diseñada de la figura 18, donde se muestra un indicador de aguja y un termómetro, cada uno con su respectiva gráfica. Para que el proyecto funcione se hace clic en el botón Conectar, al hacer esto se observa en el cuadro de texto V.1.0.

Esto se hace para garantizar que hay comunicación entre la computadora y la DAQ ya que en el firmware del microcontrolador 2 hay una programación tal que si la comunicación es correcta debe aparecer esa letra V y los números 1 y 0. Si por alguna razón la comunicación falla no aparece esta combinación de letra y números. Entonces hay que revisar el cable u otra cosa que haga sospechar que está introduciendo ese error.

## IV. DISCUSIÓN

Se presenta un trabajo totalmente funcional, tal cual como se plantea en la hipótesis inicial se pueden construir equipos didácticos en la UPT de Aragua "FBF" sin requerir de divisas en dólares.

Se deja claro que el interés final es usar aplicaciones software de uso libre. Por eso el énfasis en todo el trabajo de éste tema y aclarando en todo momento que cuando se usó un software propietario fue bajo la versión demo. Por ejemplo el caso de PROTEUS. Hay que proponerse la búsqueda de soluciones libres para los diseños electrónicos. Buscando uno encuentra a KiCad. Tiene limitaciones pero es algo para comenzar. El mismo caso es el de PICC de CCS (Custom Computer Services).

Se trabaja con él para programar los microcontroladores PIC, pero no se puede tener la libertad de distribuir el código, y tampoco ninguna de las otras libertades.

```

1
2 import java.awt.Color;
3 import java.awt.Component;
4 import java.awt.Container;
5 import java.awt.GridLayout;
6 import java.awt.event.ActionEvent;
7 import java.awt.event.ActionListener;
8 import javax.swing.JButton;
9 import javax.swing.JFrame;
10 import javax.swing.JOptionPane;
11 import javax.swing.JPanel;
12 import javax.swing.JTextArea;
13 import jPicUsb.*;
14 import java.awt.CardLayout;
15 import java.awt.Font;
16 import java.io.UnsupportedEncodingException;
17 import java.util.logging.Level;
18 import java.util.logging.Logger;
19 import javax.swing.JLabel;
20 import javax.swing.JMenu;
21 import javax.swing.JMenuBar;
22 import javax.swing.JMenuItem;
23 import javax.swing.JTextField;
24 import org.jfree.chart.ChartFactory;
25 import org.jfree.chart.ChartPanel;

```

Fig. 17. Ventana de código java usando el software NetBeans.

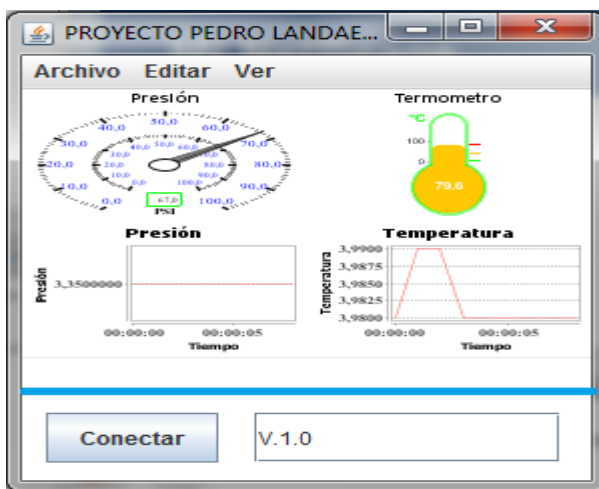


Fig. 18. Pantalla HMI hecha en java resaltando el botón **Conectar**

Para este caso existe una opción libre llamada SDCC (Small Device C Compiler). También con las limitaciones para el caso de los diseños electrónicos pero se pueden hacer los programas aplicando un esfuerzo mayor. Bien, nada es gratis. Aquí se tiene que pagar con un poco más de trabajo pero al final se tendrá la capacidad de liberarse de estas licencias con precios tan altos. Toca a las universidades comenzar a trabajar en estos tópicos.

Este primer prototipo cumple con la misión de demostrar que se pueden construir equipos didácticos en el país sin la necesidad de depender de divisas. Ahora viene la parte en que se resalta las cosas que no tiene este prototipo y algunos pueden dar por descontado que si las tiene. Por ejemplo bases de datos no posee. Hasta los momentos lo que se hace

es *Telesupervisión*, se grafican los datos mientras este el equipo conectado a la red de alimentación y cuando se desconecte se pierden todos los datos. Con los módulos XBee que se tienen se puede hablar de 100 metros en Indoor (espacios cerrados) y 300 metros en espacios abiertos. Tampoco posee PID (este es un tipo de control que se llama Proporcional Integral Derivativo). No posee el proyecto planteado ninguna posibilidad que desde la interfaz yo tenga acceso a la planta.

## V. CONCLUSIONES

Hay opciones de software libre, como java, ya establecidas para desarrollar aplicaciones. Y también hay opciones para PROTEUS y PICC Compiler que deben ser más estudiadas para que más gente las conozca y pueda popularizar su uso.

Otro camino que se deja abierto es el de desarrollar HMI usando java. Las HMI's son aplicaciones software de muy alto precio. Por lo tanto, haciendo los objetos de aplicación industrial con software libre, podríamos llamarlos con java y comenzar a desarrollar nuestra HMI totalmente libre.

Por último, el uso de equipamiento didáctico que emule las situaciones industriales y espaciales cubre la necesidad de enseñar teniendo a la mano componentes hardware en el aula de clases.

## REFERENCIAS

- [1] R. J. Sandoval Gómez, Guevara López, Pedro, Falcón López, José Salvador, Medel Juárez, José de Jesús. , "Equipos didácticos industriales en el modelo educativo de los Cecati," *Innovación Educativa*, vol. 9, 2009.
- [2] J. A. Sánchez and F. G. Guerrero, "Sistema didáctico remoto para el aprendizaje de comunicaciones digitales," *Revista Educación en Ingeniería*. vol. 8. N° 6, 2013.
- [3] M. T. y F.-D. Rascón Gómez, F. C. , "El conocimiento libre: Una responsabilidad educativa.," *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. , vol. 13, p. 20, 2012.
- [4] D. Ruiz Olaya and E. Franco Mejía, "Herramienta de emulación de sistemas dinámicos a través de internet," *Tecnura*, vol. 19, pp. 103-113, 2015.
- [5] E. Velásquez Rodríguez and Á. Custodio Ruiz, "Sistema para la gestión del mantenimiento para un control supervisorio basado en software libre," *Universidad, Ciencia y Tecnología*, vol. 15, pp. 103-113, 2011.
- [6] C. Román-Herrera, D. Loza-Matovelle, L. Segura, and R. Dabirian, "Construcción con tecnología abierta de un sensor de turbidez de bajo costo," *Iteckne*, vol. 13, pp. 17-22, 2016.
- [7] J. Noguera, "Desarrollo de una maqueta para estudio sistema de teledidáctica," *Trabajo de Grado para optar al título de Técnico Superior Universitario en telecomunicaciones*, Universidad Politécnica Territorial del Estado Aragua "Federico Brito Figueroa", 2015.
- [8] Y. Colmenares, "La Didáctica como recurso de aprendizaje en la construcción de proyectos de investigación en el aula de clases," *Proyecto de Grado para obtener el título de Magister*, Universidad de Carabobo, 2015.
- [9] J. V. Martín, F. Tadeo, T. Álvarez, and J. Peláez, "Equipo Didáctico para Aprendizaje Colaborativo en Automatización e Informática Industrial," *Formación universitaria*. [en línea] [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2017], vol. 2, 2009. .



- [10] Y. Corral, N. Fuentes, C. T. Maldonado, and N. Brito, *Algunos Tópicos y Normas generales Aplicables a la Elaboración de Proyectos Y Trabajos de Grado y de Ascenso*, 2da ed., 2012.
- [11] E. labCenter. (2017, 26 de junio). Página de descarga de tutoriales y Demos de PROTEUS.
- [12] C. A. Vera Romero, J. E. Barbosa Jaimes, and D. C. Pabón González, "Parámetros de configuración en módulos XBEE-PRO® S2B ZB para medición de variables ambientales," *Tecnura*, vol. 19, pp. 141-157, 2015.
- [13] I. DIGI. (2017, 20 de Junio). Software XCTU para programar los XBee.
- [14] J. Herrera, M. Barrios, and S. Pérez, "Diseño e implementación de un sistema scada inalámbrico mediante la tecnología zigbee y arduino," *Prospectiva*, vol. 12, pp. 65-72, 2014.
- [15] F. Pérez Roque, E. Valdés Zaldívar, and O. Arias de Fuentes, "Sistema de Adquisición de Datos con comunicación inalámbrica," *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, vol. 34, pp. 63-73, 2013.
- [16] R. Linares y Miranda and J. L. López Bonilla, "Compatibilidad electromagnética," *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 20, pp. 5-7, 2012.
- [17] L. Edwin and A. Edgar, "Desarrollo de un prototipo para la captura y transmisión inalámbrica del pulso arterial," Trabajo de Grado para optar al título de Técnico Superior Universitario en telecomunicaciones, Instituto Universitario de Tecnología de La Victoria, 2006.
- [18] M. Keily, "Diseño e implementación de un modulo de telecontrol utilizando un modem de tecnología GSM," Trabajo de Grado presentado para optar al título de Técnico Superior Universitario, Instituto Universitario de Tecnología de La Victoria, 2005.
- [19] G. G. Garima Khanna, "Eliminating the Problem of Coexistence Between Zigbee and Wifi Using EDCA Synchronization and Multi Header Transmission," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 4, 2013.
- [20] C. A. Smith and A. B. Corripio, *Control automático de procesos: teoría y práctica*: Limusa, 1997.
- [21] M. Julio, "Desarrollo de una maqueta para estudio sistema scada," Trabajo de Grado para obtener el título de Técnico Superior Universitario en Telecomunicaciones, Instituto Universitario de Tecnología de La Victoria, 2010.
- [22] M. Kisleny and G. Juan, "Desarrollo de una maqueta para estudio sistema scada," Trabajo de grado para obtener el título de Técnico Superior Universitario en Telecomunicaciones, Instituto Universitario de Tecnología de La Victoria, 2009.
- [23] S. Filali-Yachou, C. S. González-González, and C. Lecuona-Rebollo, "HMI/ SCADA standards in the design of data center interfaces: A network operations center case study," *DYNA*, vol. 82, pp. 180-186, 2015.
- [24] P. Gruhn, "Human Machine Interface (HMI) Design: The Good, The Bad, and The Ugly (and what makes them so) " 66th Annual Instrumentation Symposium for the Process Industries January 27-29, 2011.
- [25] A. castillo, "Objetos java que interoperan en un mismo espacio virtual simulando equipos de un laboratorio de Telecomunicaciones," presented at the Conferencia Internacional de Ciencias de la Computación e Informática, La Habana, Cuba, 2011.



**Pedro S. Landaeta**, nació en el Estado Carabobo – Venezuela el 24 de marzo de 1963. Realizó sus estudios de bachillerato en la Escuela Técnica Industrial Joaquín Avellán. Se graduó en la Universidad Politécnica Territorial (UPT) de Aragua “Federico Brito Figueroa” (“FBB”) como ingeniero en Electrónica en 2010.

Título de Magister por obtener. Ha participado en varios eventos científicos nacionales e internacionales mostrando su investigación de Sistemas Inalámbricos para la Enseñanza. Actualmente desempeña el cargo de coordinador de investigación en el PNF de electricidad en la UPT de Aragua “FBB”. Profesor Agregado Adscrito al Dpto. de Electricidad con 24 años de servicio en la citada universidad.

Áreas de interés: Sistemas inalámbricos con énfasis en SCADA, ARDUINO, FPGA, procesos industriales y las TIC's aplicadas a la docencia.