

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA  
IDENTIFICACIÓN Y SUPERVISIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE EN  
BICICLETA PARA LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

JUAN CARLOS GRIMALDOS VILLAMIL  
CARLOS ARTURO ZULUAGA AHUE

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
INGENIERIA MECATRÓNICA POR CICLOS PROPEDÉUTICOS  
RISARALDA - PEREIRA  
2016

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA  
IDENTIFICACIÓN Y SUPERVISIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE EN  
BICICLETA PARA LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

JUAN CARLOS GRIMALDOS VILLAMIL  
CARLOS ARTURO ZULUAGA AHUE

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR A TÍTULO DE TECNOLOGIA  
MECATRÓNICA

Director  
M.Sc William Prado Martínez

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
INGENIERIA MECATRÓNICA POR CICLOS PROPEDÉUTICOS  
RISARALDA - PEREIRA  
2016

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Director

---

Evaluador

Pereira, mayo 2016

## DEDICATORIA

*A Dios por darnos la fuerza, la motivación y las ganas para alcanzar nuestra metas y a nuestra familia quienes siempre nos han apoyado. Muchas gracias.*

## AGRADECIMIENTOS

*“Un hombre sólo tiene derecho a mirar a otro hacia abajo, cuando ha de ayudarlo a levantarse” Gabriel García Márquez*

Queremos dar agradecimientos infinitos en primera instancia a Dios por darnos la vida y salud necesarias, a nuestros padres quienes siempre creyeron y esperaron lo mejor de nosotros sin tener dudas de nuestras capacidades y dándonos la fortaleza y motivación en aquellas situaciones en las que la vida nos puso obstáculos.

Nuestros más sinceros y especiales agradecimientos al profesor William Prado Martínez quien nos ha apoyado en nuestro proceso de formación por el conocimiento importante que nos ha transmitido y nos ha servido para la elaboración de este trabajo, realizando cabalmente su función como director de este proyecto con sus consejos, asesorías y conocimientos compartidos a lo largo de este proceso, teniendo la paciencia y la disponibilidad necesaria para ayudarnos a cumplir satisfactoriamente los objetivos planteados para esta investigación.

Al profesor Jhouben J. Cuesta Ramírez por sus conocimientos transmitidos sobre las topologías de Red, apoyándonos igualmente en nuestro proceso de formación.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>GLOSARIO</b> .....	<b>11</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>13</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>13</b>
<b>CAPITULO 1: GENERALIDADES</b> .....	<b>14</b>
1.1.    DEFINICION DEL PROBLEMA .....	15
1.2.    JUSTIFICACION .....	15
1.3.    OBJETIVOS.....	15
1.3.1.    OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2.    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4.    MARCO REFERENCIAL .....	15
1.5.    DISEÑO METODOLÓGICO.....	16
1.5.1.    ALCANCE DEL PROYECTO .....	17
1.5.2.    METODOLOGÍA SEGUIDA DURANTE EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO .....	17
<b>CAPITULO 2: DISEÑO DE INTERFAZ SCADA</b> .....	<b>17</b>
2.1.    SISTEMAS SCADA .....	17
2.2.    PRESTACIONES .....	18
2.3.    REQUISITOS.....	18
2.4.    MÓDULOS DE UN SCADA.....	18
2.5.    INDUSOFT WEB STUDIO SOFTWARE.....	19
2.6.    DISEÑO DEL INTERFAZ SCADA.....	20
2.6.1.    PRIMER PANTALLA: SERVICIO DE PRESTAMO.....	20
2.6.2.    SEGUNDA PANTALLA: BUSCADOR.....	21
2.6.3.    TERCER PANTALLA: VISUALIZADOR GPS.....	22
2.6.4.    CUARTA PANTALLA: MANTENIMIENTO .....	22
2.7.    ACCESO A USUARIO .....	23
<b>CAPITULO 3: TIPO DE TECNOLOGÍAS PARA IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS</b> .....	<b>24</b>
3.1.    IDENTIFICACIÓN BIOMÉTRICA. ....	24
3.1.1.    Identificación por huella dactilar. ....	24
3.1.2.    Identificación por medio del iris. ....	24
3.2.    IDENTIFICACIÓN POR RFID.....	24

3.3.	SISTEMA SELECCIONADO .....	25
3.3.1.	<i>Identificación por RFID</i> .....	25
3.3.2.	<i>Código de prueba</i> .....	25
<b>CAPITULO 4: REQUERIMIENTOS PARA EL SISTEMA GPS .....</b>		<b>27</b>
4.1.	SISTEMA GPS.....	27
4.1.1.	<i>Segmento Espacial</i> .....	27
4.1.2.	<i>Disposición de la constelación</i> .....	27
4.2.	APLICACIÓN DEL MODULO GPS PARA LA LOCALIZACIÓN DE LAS BICICLETAS.....	27
4.3.	GPS VISUALIZER.....	28
4.4.	GOOGLE MAPS .....	28
4.5.	COMUNICACION Y FUNCIONAMIENTO DEL MODULO GPS NEO 6M.....	28
4.5.1.	<i>Diagrama esquemático de la tarjeta de control</i> .....	29
4.5.2.	<i>Conexiones</i> .....	30
4.5.3.	<i>Modo de operación.</i> .....	30
4.5.4.	<i>Ejemplos de la información obtenida de los 9 comandos NMEA.</i> .....	31
4.6.	MODIFICACIONES REALIZADAS AL ALGORITMO DE GPS .....	34
<b>CAPITULO 5: ADQUISICIÓN DE DATOS Y DEFINICIÓN DE PROTOCOLO .....</b>		<b>35</b>
5.1.	AJUSTE DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS. ....	35
5.1.1.	Instalación del programa y creación de un proyecto.....	35
5.1.2.	Transmisión y Recepción de datos.....	35
5.2.	MÓDULOS XBEE .....	37
5.3.	DESARROLLO DE TOPOLOGÍA DE RED.....	37
5.3.1.	<i>Topología de Red de los dispositivos:</i> .....	37
5.3.2.	<i>Listado de Componentes</i> .....	38
5.3.3.	<i>Sobre la topología de Red</i> .....	39
5.4.	CONFIGURACIÓN DE LOS MÓDULOS XBEE .....	39
5.4.1.	<i>Instalación</i> .....	39
5.5.	COMUNICACIÓN PUNTO MULTIPUNTO, PROTOCOLO API.....	42
5.6.	'FRAMES GENERATOR TOOL' .....	45
5.7.	PROGRAMAS, TRAMA DE DATOS Y COMUNICACIÓN .....	48
5.7.1.	<i>Programa GPS</i> .....	48
5.7.2.	<i>Programa RFID</i> .....	49
5.7.3.	<i>Programación en la interfaz Scada</i> .....	50

5.8.	BASE DE DATOS.....	51
5.9.	TRAMA DE DATOS Y CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS.....	53
5.9.1.	<i>Descripción Tama de datos TX y RX</i> .....	55
<b>CAPITULO 6: CONEXIÓN .....</b>		<b>56</b>
<b>CAPITULO 7: OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS BICICLETAS.....</b>		<b>57</b>
6.1.	MANTENIMIENTO DE LA BICICLETA.....	58
6.2.	¿CADA CUÁNTO HAY QUE DARLE SERVICIO A MI BICICLETA?.....	58
6.3.	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA BICICLETAS.....	58
6.3.1.	<i>Inspección Diaria (Mecánica Básica)</i> .....	58
6.3.2.	<i>Inspección Mensual o cada 800Km (Mecánica básica – intermedia)</i> .....	58
6.3.3.	<i>Inspección Semestral o cada 4000Km (Mecánica intermedia – avanzada)</i> .....	59
6.4.	SISTEMA SCADA Y MANTENIMIENTO DE LAS BICICLETAS .....	59
6.4.1.	<i>Cuarta Pantalla</i> .....	60
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>62</b>



## LISTAS ESPECIALES

Ilustración 2.1.: Pantalla Principal Servicio de Préstamo .....	21
Ilustración 2.2.: Buscador .....	21
Ilustración 2.3.: Visualizador GPS.....	22
Ilustración 2.4.: Mantenimiento.....	22
Ilustración 2.5.: Log ON .....	23
Ilustración 3.1.: Identificación por huella dactilar .....	24
Ilustración 3.2.: Conexión entre el modulo RFID y Arduino. ....	25
Ilustración 4.1.: Constelación de satélites.....	27
Ilustración 4.2.: GPS Visualizer.....	28
Ilustración 4.3.: Modulo GPS NEO 6M. Fuente: (Hetpro-Store) .....	29
Ilustración 4.4.: Diagrama esquemático de la tarjeta de control. Fuente: (Hetpro-Store).....	30
Ilustración 4.5.: Conexiones. Fuente: (Hetpro-Store).....	30
Ilustración 4.6.: Modo de operación. Fuente: (Hetpro-Store).....	30
Ilustración 4.7.: Monitor serial, respuesta GPS. Fuente: (Hetpro-Store).....	32
Ilustración 4.8.: Monitor serial, respuesta GPS, librería TinyGPS. Fuente: (Naylamp Mechatronics) .....	33
Ilustración 5.1.: Indusoft Web Studio Educational v7.1 .....	35
Ilustración 5.2.: Creación del proyecto y asignación del Driver TXRX .....	36
Ilustración 5.3.: Configuración de parámetros y asignación de hoja de comunicaciones.....	36
Ilustración 5.4.: Modulo XBEE. ....	37
Ilustración 5.5.: Topología de Red.....	37
Ilustración 5.6.: XCTU software.....	39
Ilustración 5.7.: Módulos XBee .....	39
Ilustración 5.8.: Identificación Driver .....	40
Ilustración 5.9.: Administrador de dispositivos. ....	40
Ilustración 5.10.: Actualizar software de controlador.....	40
Ilustración 5.11.: Actualizar controlador. ....	41
Ilustración 5.12.: Ajuste exitoso. ....	41
Ilustración 5.13.: Descubrir Módulo.....	41
Ilustración 5.14.: Añadir módulo .....	42

Ilustración 5.15.: Configuraciones.....	42
Ilustración 5.16.: PAN ID .....	42
Ilustración 5.17.: Zigbee Coordinador API.....	43
Ilustración 5.18.: Zigbee Router API.....	43
Ilustración 5.19.: Descubrir módulo. ....	44
Ilustración 5.20.: Comunicación Protocolo API. ....	44
Ilustración 5.21.: Agregar frame de Datos. ....	45
Ilustración 5.22.: Configuración de frame de datos. ....	46
Ilustración 5.23.: Envío de la Trama de Datos.....	47
Ilustración 5.24.: Recepción trama de Datos .....	47
Ilustración 5.25.: <i>Programa GPS</i> .....	48
Ilustración 5.26.: Visualizador GPS.....	49
Ilustración 5.27.: Programa RFID.....	50
Ilustración 5.28.: Programa Interfaz SCADA .....	51
Ilustración 5.29. ....	52
Ilustración 5.30. ....	52
Ilustración 5.31. ....	53
Ilustración 5.32. ....	53
Ilustración 5.33. ....	54
Ilustración 5.34. ....	54
Ilustración 5.35. Tama de datos TX y RX .....	55
Ilustración 6.1. ....	57
<b>ANEXO A: PRINCIPALES SISTEMAS SCADA .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO B: SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO C: MODULOS XBEE.....</b>	<b>80</b>

## GLOSARIO

**ARDUINO:** Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles[1] diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios[2]

**BASE DE DATOS:** Una base de datos (cuya abreviatura es BD) es una entidad en la cual se pueden almacenar datos de manera estructurada, con la menor redundancia posible[3].

**COMUNICACIÓN SERIAL:** La comunicación serial consiste en el envío de un bit de información de manera secuencial, esto es, un bit a la vez y a un ritmo acordado entre el emisor y el receptor. La comunicación serial en computadores ha seguido los estándares definidos en 1969 por el RS-232 (Recommended Standard 232) que establece niveles de voltaje, velocidad de transmisión de los datos, etc[4].

**INDUSOFT WEB STUDIO:** Indusoft Web Studio, es un potente conjunto de herramientas de automatización totalmente modular para el desarrollo de cualquier tipo de aplicación, desde modernas interfaces Hombre-Máquina (HMI) hasta completos sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA), bajo cualquier plataforma basada en Windows como NT, 2000, XP, Windows 7, CE o CE.net y para Internet o Intranet [5][6]

**PROTOCOLO DE COMUNICACIONES:** Un protocolo es un método estándar que permite la comunicación entre procesos (que potencialmente se ejecutan en diferentes equipos), es decir, es un conjunto de reglas y procedimientos que deben respetarse para el envío y la recepción de datos a través de una red. Existen diversos protocolos de acuerdo a cómo se espera que sea la comunicación[7].

**RFID:** La abreviatura RFID significa "Radio Frequency IDentification", y en español, Identificación por Radiofrecuencia, es una tecnología de identificación remota e inalámbrica en la cual un dispositivo lector o reader vinculado a un equipo de cómputo, se comunica a través de una antena con un transponder (también conocido como tag o etiqueta) mediante ondas de radio[8][9]

**SCADA:** SCADA viene de las siglas de "Supervisory Control And Data Acquisition", es decir: adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador[10].

**SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS):** El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación de los Estados

Unidos de América, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a usuarios civiles en todo el mundo.[11]

**VBSCRIPT:** El Visual Basic Script es un lenguaje de script, directamente derivado de Visual Basic. VBScript comenzó como parte de las tecnologías de Microsoft Windows Script, lanzado en 1996. Esta tecnología inicialmente estaba dirigida a los desarrolladores web, logrando con el tiempo un apoyo significativo por parte de los administradores de Windows como herramienta de automatización[12][13]

**XBEE:** De acuerdo a Digi, los módulos XBee son soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos. Estos módulos utilizan el protocolo de red llamado IEEE 802.15.4 para crear redes FAST POINT-TO-MULTIPOINT (punto a multipunto); o para redes PEER-TO-PEER (punto a punto). Fueron diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. Los XBee son propiedad de Digi basado en el protocolo Zigbee [14][15].

**ZIGBEE:** Es una alianza y un estándar de redes MESH de eficiencia energética y de costos[14][15]

## **RESUMEN**

El propósito del proyecto es dar una propuesta de diseño de un sistema SCADA para la identificación y supervisión de un sistema de transporte en la Universidad Tecnológica de Pereira, para ello fue necesario desarrollar una metodología para alcanzar el objetivo general. En resumen, se usó el software Indusoft Web Studio Educational, en el cual se desarrolla la interfaz que permite el registro, el monitoreo y los protocolos de comunicación que posibilitaron elaborar el diseño del sistema. Luego se usan módulos Xbee para establecer una red de la comunicación entre las bicicletas, estas, tendrán una tarjeta de adquisición de datos Arduino que estará conectada a un módulo de GPS.

El sistema de registro funciona con un lector de RFID que lee las tarjetas de acceso para que el usuario pueda hacer el préstamo de las bicicletas. Este registro es supervisado por el sistema SCADA, pudiendo hacer observaciones para el mantenimiento de los equipos. El sistema electrónico de la bicicleta se alimenta con un dinamo conectado a una batería recargable.

## **INTRODUCCION**

A medida que la Universidad Tecnológica de Pereira crece, crecen sus espacios e instalaciones y trasladarse de un lugar a otro requiere de un tiempo considerable, tiempo que para la comunidad estudiantil puede resultar importante al trasladarse de una clase a otra. El objetivo general de este proyecto es el desarrollo de una propuesta de diseño de un sistema SCADA para la identificación y supervisión de un sistema de transporte en bicicleta para la Universidad Tecnológica de Pereira.

La metodología que se desarrolla en el proceso, inicialmente consta de una etapa investigativa, y comienza definiendo el software con el que se diseña el sistema SCADA, este paso es muy importante debido a que es necesario para el préstamo de las bicicletas, haciendo un estudio de los sistemas SCADA existentes en el mercado para tener en cuenta la disponibilidad de herramientas que podemos utilizar en el desarrollo de la Interfaz, además se hace una base de datos para guardar la información de identificación de los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Pereira. Luego en el siguiente paso es específica el tipo de tecnología para la identificación de bicicletas y usuarios, en este paso se hace un estudio sobre diferentes tipos de sistemas de identificación que existen en el mercado y de acuerdo a la necesidad se opta por el que mejor se adapte al sistema.

En el tercer paso se definen los requerimientos del sistema de localización por GPS, esto quiere decir que se desarrolla una etapa investigativa sobre el GPS y las diferentes aplicaciones que tiene esta herramienta. El objetivo como tal es posicionar cada una de las bicicletas desde la interfaz SCADA por ello es necesario la adquisición de esta información utilizando diferentes módulos.

En el cuarto paso se define el tipo de protocolo de comunicación, esto quiere decir que tanto la identificación como la obtención de los datos de posición y el envío de datos por radiofrecuencia tienen que ser enviados correctamente y trabajados apropiadamente para que esta información pueda ser tratada por la interfaz. El siguiente paso define un método de observaciones y sugerencias para el mantenimiento de las bicicletas, este es un paso importante debido a que corresponde al programa de mantenimiento para que el sistema pueda tener un correcto funcionamiento en el tiempo y se pueda mantener la confiabilidad en el servicio.

Este proyecto busca proponer comodidad de movilidad en la Universidad Tecnológica de Pereira y concientizar sobre el cuidado del medio con modelos de movilidad alternativa.

## **CAPITULO 1: GENERALIDADES**

## **1.1. DEFINICION DEL PROBLEMA**

En la Universidad Tecnológica de Pereira existen problemas de movilidad en la comunidad estudiantil, debido a que la universidad cuenta con un campus espacioso, por ello los estudiantes se tienen que desplazar de una instalación a otra recorriendo considerables distancias para llegar a tiempo a sus asignaturas.

## **1.2. JUSTIFICACION**

El diseño de un sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) para la identificación y supervisión de un sistema de transporte en bicicleta en la Universidad Tecnológica de Pereira, es una herramienta que puede ser ampliamente aprovechada para mejorar la movilidad de la comunidad estudiantil en el sentido de que es posible transportarse más fácilmente a las diferentes instalaciones de la institución disminuyendo el tiempo en el recorrido, además de traer beneficios para la salud cardiovascular de los estudiantes con el uso de las bicicletas, promoviendo una cultura de la movilidad en beneficio del medio ambiente.

## **1.3. OBJETIVOS.**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una propuesta de diseño de un sistema SCADA para la identificación y supervisión de un sistema de transporte en bicicleta para la Universidad Tecnológica de Pereira.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir el software para el diseño del sistema SCADA.
- Especificar el tipo de tecnología para la identificación de bicicletas y usuarios.
- Definir los requerimientos del sistema de localización por GPS.
- Definir el tipo de protocolo de comunicación a usar.
- Definir un método de observaciones y sugerencias para el mantenimiento de las bicicletas.

## **1.4. MARCO REFERENCIAL**

La tecnología RFID tuvo sus orígenes probablemente como una herramienta de espionaje inventada por Leon Theremin para el gobierno soviético en 1945.

El dispositivo de Theremin era un dispositivo de escucha pasivo, no una etiqueta de identificación, por lo que esta aplicación es dudosa. Según algunas fuentes, la tecnología usada en RFID habría existido desde comienzos de los años 1920, desarrollada por el MIT y usado extensivamente por los británicos en la Segunda Guerra Mundial (fuente que establece que los sistemas RFID han existido desde finales de los años 1960 y que sólo recientemente se había popularizado gracias a las reducciones de costos).[16]

En el año de 1880, Graham Bell y Summer Tainter inventaron el primer aparato de comunicación sin cables, el fonógrafo. El fonógrafo permitía la transmisión del sonido por medio de una emisión de luz, pero no tuvo mucho éxito debido a que por aquel entonces todavía no se distribuía la electricidad y las primeras bombillas se habían inventado un año antes.

En 1888 el físico alemán Rudolf Hertz realizó la primera transmisión sin cables con ondas electromagnéticas mediante un oscilador que usó como emisor y un resonador que hacía el papel de receptor. Seis años después, las ondas de radio ya eran un medio de comunicación. En 1899 Guillermo Marconi consiguió establecer comunicaciones inalámbricas a través del canal de la Mancha, entre Dover y Wilmereux y, en 1907, se transmitían los primeros mensajes completos a través del Atlántico. Durante la Segunda Guerra Mundial se produjeron importantes avances en este campo.[17][18]

Digi Internacional, fue fundada en 1984, oficina central en Minnetonka, Minnesota, Estados Unidos. Los módulos XBee son propiedad de Digi basados en el protocolo Zigbee. El protocolo Zigbee es una alianza y un estándar de redes MESH de eficiencia energética y de costos.[19][20][21]

El sistemas de posicionamiento global (GPS), es una tecnología que inicialmente fue utilizada por la Armada estadounidense, posteriormente se combinaron los programas de la Armada y la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. Entre 1978 y 1985 se desarrollaron y lanzaron once satélites prototipo experimentales NAVSTAR, a los que siguieron otras generaciones de satélites, hasta completar la constelación actual, de 24 satélites, a la que se declaró con «capacidad operacional inicial» en diciembre de 1993 y con «capacidad operacional total» en abril de 1995.[11][22][23]

En 1831 aparece el primer generador Británico, inventado por Michael Faraday. En 1836 Hippolyte Pixii, un francés que se dedicaba a la fabricación de instrumentos, tomando como la base los principios de Faraday, construyó el primer dinamo, llamada Pixii's dynamo [24].

## **1.5. DISEÑO METODOLÓGICO.**



En la actualidad tecnologías como la identificación de usuario, la base de datos, comunicación por radiofrecuencia, el GPS (sistema de posicionamiento global) y las interfaces , tienen diversas aplicaciones, para la seguridad, el registro, acceso, la información de posición, entre otras, en el caso de este proyecto se busca orientar todas estas herramientas para desarrollar un sistema de préstamo de bicicletas, para alcanzar el objetivo general es necesario seguir una serie de pasos que permita una adecuada realización de este proyecto.

### *1.5.1. ALCANCE DEL PROYECTO*

El estudio está enfocado a la movilidad alternativa dentro de las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira.

### *1.5.2. METODOLOGÍA SEGUIDA DURANTE EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO*

Los pasos en la etapa investigativa, son tomados de la siguiente manera:

- Estudio de los diferentes software para el diseño de interfaz SCADA, metodologías para la identificación de usuario y tecnológica de ubicación GPS.
- Desarrollo del protocolo de comunicación entre los dispositivos del sistema que se subdivide en:
  - desarrollo de la Topología de Red.
  - Descripción de Módulos XBee y su configuración.
  - Programas RFID y GPS, Base de Datos, trama de datos y comunicación.
- Diseño de un modelo de mantenimiento que garantice la seguridad y confiabilidad del sistema de préstamo de bicicletas.

## **CAPITULO 2: DISEÑO DE INTERFAZ SCADA**

### **2.1. SISTEMAS SCADA**

SCADA viene de las siglas de "Supervisory Control And Data Acquisition", es decir: adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

Los programas necesarios, y en su caso el hardware adicional que se necesite, se denomina en general sistema SCADA [10].

## **2.2. PRESTACIONES**

Un paquete SCADA debe estar en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones [10]:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

## **2.3. REQUISITOS**

Un SCADA debe cumplir varios objetivos para que su instalación sea perfectamente aprovechada [10]:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de las redes locales y de gestión.
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

## **2.4. MÓDULOS DE UN SCADA.**

Los módulos o bloques software que permiten las actividades de adquisición, supervisión y control son los siguientes [10]:

- Configuración: permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- Interfaz gráfico del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.
- Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.
- Gestión y archivo de datos: se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- Comunicaciones: se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

## **2.5. INDUSOFT WEB STUDIO SOFTWARE**

HMI-SCADA basado en Web. Ofrece una amplia librería de objetos gráficos, alarmas, tendencias, reportes, acceso a base de datos. Web Server, acceso remoto en tiempo real para monitoreo y acción. Compatible con WindowsCE y dispositivos móviles Indusoft Web Studio.

Totalmente basado en Web, con herramientas integradas, las cuales incluyen todo lo necesario para desarrollar modernas aplicaciones de Interface Hombre-Máquina (HMI), así como Sistemas de Adquisición de Datos (SCADA) que corren perfectamente en ambientes Windows NT, 2000, XP, Vista, CE, CE.NET, Internet e Intranet. Con la capacidad de simular los procesos más complejos en tiempo real.

CEView puede operar en herramientas tales como handheld, pocket, mobile y embedded PCs, incluyendo PDAs industriales. En otras palabras, CEView es el sistema de supervisión, control y monitoreo completo que puedes llevar en la mano o que puede ser integrado en el chip de una interface de operador de bajo costo[25].

Características de Indusoft Web Studio:

- Amplia librería de objetos
- Drivers de comunicación +200
- OPC Cliente/OPC Server
- Tendencias en tiempo real e histórico.
- Manejador de Alarmas y Eventos en tiempo real e histórico
- Administrador de recetas
- Envío de alarmas y eventos a e-mails y celulares
- Interface a bases de datos

- Generador de Reportes
- Interface con Office vía DDE u ODBC
- Funciones matemáticas avanzadas
- Fácil programación con lenguaje de scripts fácil y flexible
- Integración transparente con aplicaciones Windows como Microsoft Word and Excel; interface con herramientas de terceros como Java, C, C++, y Visual Basic
- Ambiente de Desarrollo/Runtime en Windows NT/2000/XP/Vista
- Ambiente Runtime (ejecución) en WindowsCE
- Gráficos de tiempo real accesibles desde dispositivos inalámbricos y móviles
- 100% "Web based", clientes web acceden en tiempo real
- Provee las herramientas para configurar aplicaciones en cumplimiento con a regulación FDA 21 CFR Parte 11.
- Proporciona multi-niveles de seguridad para aplicaciones, incluyendo acceso a través de Intranets e Internet.
- Cumple con estándares industriales como Microsoft DNA, OPC, DDE, ODBC, XML, y ActiveX
- Proporciona traducción automática de idioma en tiempo real
- Soporta arquitecturas redundantes

## **2.6. DISEÑO DEL INTERFAZ SCADA**

El diseño de la interfaz SCADA se realizó en *INDUSOFT WEB STUDIO* y consta de cuatro pantallas principales, en el menú de navegación se encuentran cuatro opciones de navegación, está la pantalla del servicio de préstamo, el buscador, el visualizador GPS y la pantalla de mantenimiento.

### **2.6.1. PRIMER PANTALLA: SERVICIO DE PRESTAMO**

Esta pantalla cuenta con 3 opciones la primera es código en donde el préstamo de la bicicleta se puede realizar por medio del carnet estudiantil, y el número de placa de la bicicleta, ahora en servicio se despliega el estado de la bicicleta, su estado puede ser disponible, en uso o en mantenimiento.



Ilustración 2.1.: Pantalla Principal Servicio de Préstamo

### 2.6.2. SEGUNDA PANTALLA: BUSCARDOR

La segunda pantalla es un buscador en el que podremos solicitar al sistema información detallada de las bicicletas y los usuarios.



Ilustración 2.2.: Buscador

### 2.6.3. TERCER PANTALLA: VISUALIZADOR GPS

La tercera pantalla es un visualizador de la geoposición de las bicicletas.

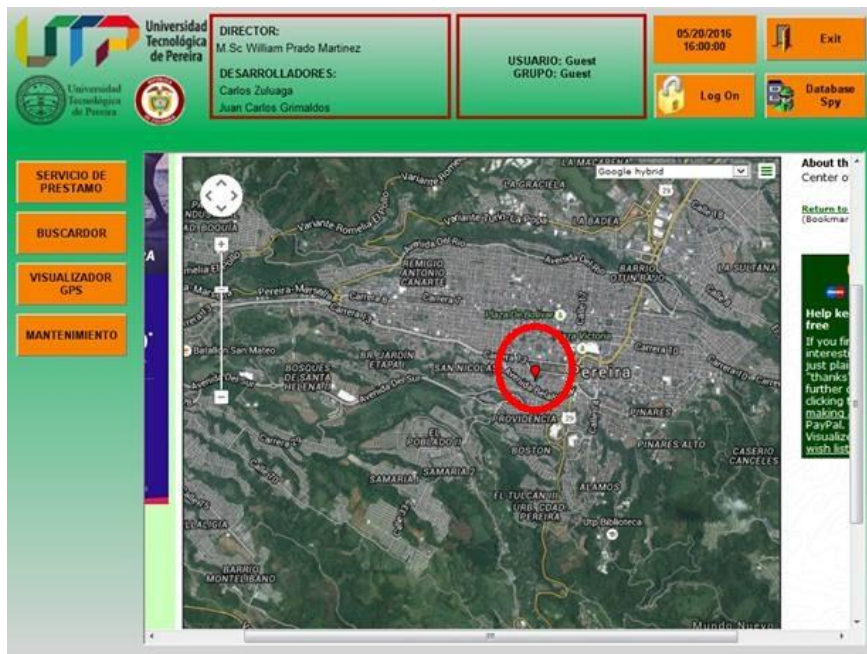


Ilustración 2.3.: Visualizador GPS

### 2.6.4. CUARTA PANTALLA: MANTENIMIENTO

La cuarta pantalla, es un registro de las bicicletas que se encuentran en mantenimiento.

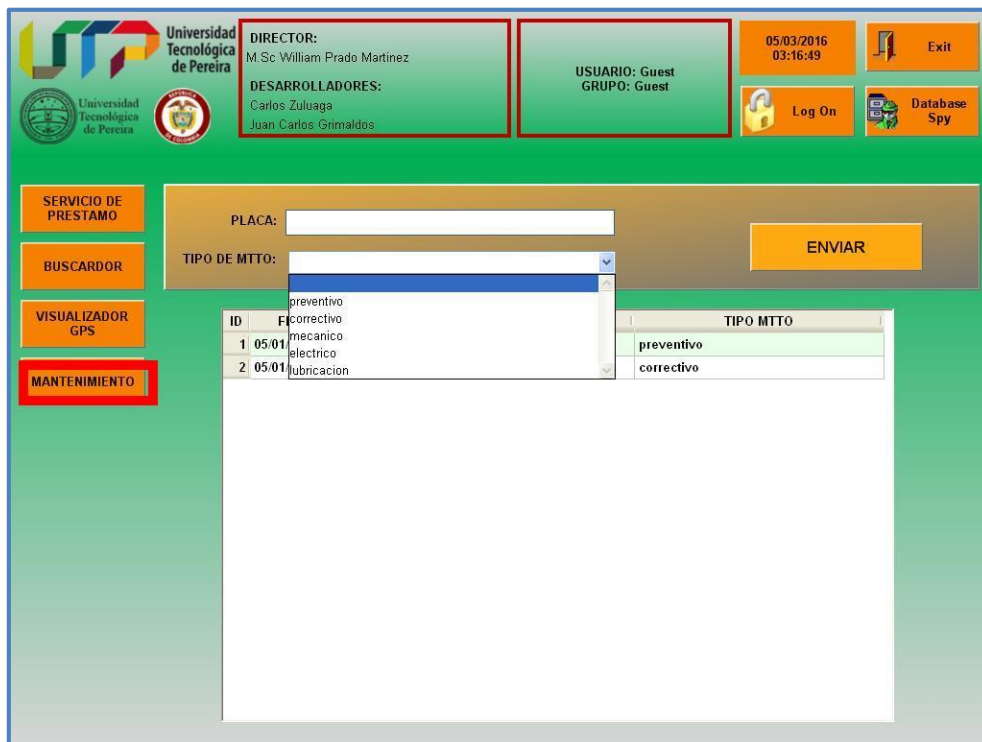


Ilustración 2.4.: Mantenimiento

## 2.7. ACCESO A USUARIO

Una característica importante de la interfaz es el manejo de los privilegios de Log On o logueo, de tal manera diferentes usuarios tengan diferentes privilegios de acceso a algunas pantallas, para que no cualquier usuario pueda manipular el estado de los tags o por ejemplo acceder a la base de datos espía.

Por estas razones la interfaz cuenta con un sistema de Logueo, donde es posible que los usuarios o los administradores puedan acceder correctamente al sistema. Esto es importante también de manera específica en la programación de las órdenes de trabajo, en donde los diferentes usuarios simplemente pueden visualizar las tareas asignadas por el administrador o los administradores del sistema.

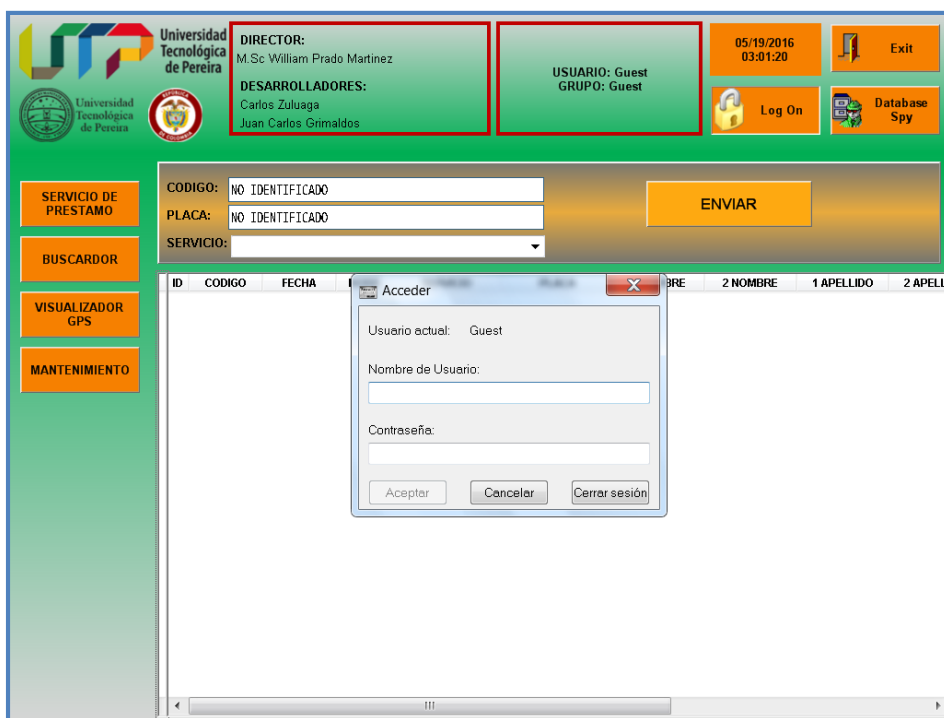


Ilustración 2.5.: Log ON

## CAPITULO 3: TIPO DE TECNOLOGÍAS PARA IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS

Existen diferentes tecnologías para la identificación de usuarios y productos en aplicaciones como el acceso y el registro, entre ellas se encuentran la identificación biométrica como la huella dactilar o del iris, por código de acceso a través de un teclado, identificación por código de barras, identificación por RFID (identificación por *radiofrecuencia*), entre otras, a continuación se van a exponer algunas de estas tecnologías y sus aplicaciones.

### 3.1. IDENTIFICACIÓN BIOMÉTRICA.

La identificación biométrica hace referencia a la identificación de un usuario basando en las características físicas o conductuales del la personal, algunas de ellas se pueden hacer uso de los siguientes datos:

#### 3.1.1. Identificación por huella dactilar.

La identificación por huella dactilar es una de las identificaciones biométricas más comunes, que usa la huella dactilar como una forma característica, propia y única de cada individuo que lo diferencia de los demás, este tipo de identificación ha existido por más de un siglo, pero con la llegada de la tecnología se ha podido automatizar este proceso, a través de la biometría, desarrollando técnicas como el procesamiento digital de imagen para su identificación[26].



Ilustración 3.1.: Identificación por huella dactilar

#### 3.1.2. Identificación por medio del iris.

Entre los diferentes tipos de identificación biométrica uno de los principales es la identificación del usuario por medio del reconocimiento del iris, hoy en día su estado actual se encuentra como uno de los métodos más confiables y ampliamente utilizados en seguridad, usado como medio de acceso[27][28][29].

### 3.2. IDENTIFICACIÓN POR RFID



Es una tecnología ampliamente usada para la identificación de usuarios a través de tarjetas con Tags o chip de radiofrecuencia, de esta manera es posible el acceso[30].

### 3.3. SISTEMA SELECCIONADO

En el caso de este proyecto el préstamo de productos es la orientación deseada en la propuesta de diseño, para desarrollar el préstamo de las bicicletas y llevar así el registro de los usuarios, las tecnologías que se pueden implementar son diversas, pero por facilidad y comodidad se hará uso de la tarjeta de universidad que permite reconocer a los estudiantes, estas tarjetas cuentan con un chip de radiofrecuencia que pueden ser identificadas por un lector de RFID (siglas de Radio Frequency IDentification, en español identificación por *radiofrecuencia*), a continuación se hablará acerca de esta tecnología y su aplicación en el desarrollo de la propuesta de diseño de este proyecto.

#### 3.3.1. Identificación por RFID.

Conexión del entre el módulo RFID y Arduino

Módulo RC522	Arduino Uno, Nano	Arduino Mega
SDA (SS)	10	53
SCK	13	52
MOSI	11	51
MISO	12	50
IRQ	No conectado	No conectado
GND	GND	GND
RST	9	9
3.3V	3.3V	3.3V

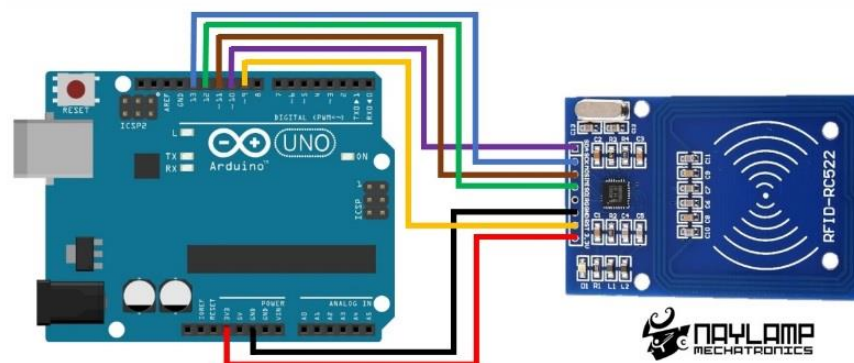


Ilustración 3.2.: Conexión entre el modulo RFID y Arduino.

#### 3.3.2. Código de prueba

El acceso por medio de RFID que es la identificación por radio frecuencia, se hace a través de el módulo Lector RFID MRFC522 Mencionado anteriormente, el cual es capaz de identificar el chip de radiofrecuencia de las tarjetas, el siguiente algoritmo envía dicho código en formato decimal a través del puerto serial, una vez que llega al Scada la programación interna permite identificar a la persona que es dueña de la tarjeta, porque ya esta registrada en la base de datos, el código mostrado cuenta con las librerías necesarias, la declaración de las variables, los pines para establecer la comunicación con el módulo y que el módulo cada vez que se paso una tarjeta envíe adecuadamente el información a la interfaz.

```

#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#define RST_PIN 9 //Pin 9 para el reset del RC522
#define SS_PIN 53 //Pin 10 para el SS (SDA) del RC522
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); //Creamos el objeto para el RC522

void setup()

{
  Serial.begin(9600); //Inicializa la velocidad de Serial
  SPI.begin(); //Función que inicializa SPI
  rfid.init(); //Función que inicializa RFID
}

void loop(){
  if (rfid.isCard()) { //Verifica si hay una tarjeta
  if (rfid.readCardSerial()) { //Funcion que lee la tarjeta
  Serial.println(" ");
  Serial.println(" ");
  Serial.println("El número de serie de la tarjeta es : ");
  for(int i=0; i<=4; i++){
  if(i!=4){
  Serial.print(rfid.serNum[i],HEX); //rfid.serNum lee el número de serie único
                                     //de la tarjeta

  Serial.print(" ");
  }
  else{
  Serial.print(rfid.serNum[i],HEX);
  Serial.print(" ");
  }
}
  delay(1000);

  }

  rfid.halt();
}

```

## CAPITULO 4: REQUERIMIENTOS PARA EL SISTEMA GPS

### 4.1. SISTEMA GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación de los Estados Unidos de América, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a usuarios civiles en todo el mundo. A todo el que cuente con un receptor del GPS, el sistema le proporcionará su localización y la hora exacta en cualesquiera condiciones atmosféricas, de día o de noche, en cualquier lugar del mundo y sin límite al número de usuarios simultáneos.

El GPS se compone de tres elementos: los satélites en órbita alrededor de la Tierra, las estaciones terrestres de seguimiento y control, y los receptores del GPS propiedad de los usuarios. Desde el espacio, los satélites del GPS transmiten señales que reciben e identifican los receptores del GPS; ellos, a su vez, proporcionan por separado sus coordenadas tridimensionales de latitud, longitud y altitud, así como la hora local precisa[31].

#### 4.1.1. Segmento Espacial

El segmento espacial GPS consta de una constelación de satélites que transmiten señales de radio a los usuarios. Los Estados Unidos se compromete a mantener la disponibilidad de al menos 24 satélites GPS operacionales, el 95% de las veces. Para garantizar este compromiso, la Fuerza Aérea ha estado volando 31 satélites GPS operacionales en los últimos años[32].

#### 4.1.2. Disposición de la constelación

Los satélites GPS en órbita terrestre media (MEO) a una altitud de aproximadamente 20.200 kilómetros (12.550 millas). Cada satélite rodea la Tierra dos veces al día.

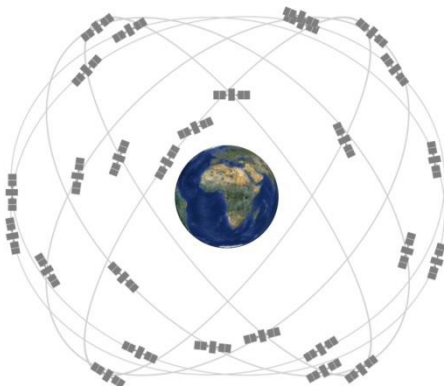


Ilustración 4.1.: Constelación de satélites.

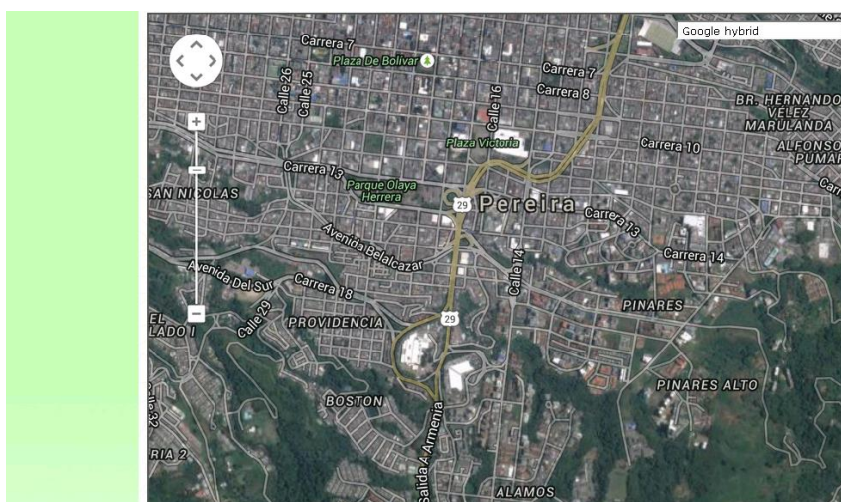
Los satélites de la constelación GPS están dispuestos en seis planos orbitales igualmente espaciados en torno a la Tierra. Cada plano contiene cuatro "ranuras" ocupados por los satélites de la línea de base. Esta disposición de 24 ranuras asegura que los usuarios pueden ver al menos cuatro satélites desde prácticamente cualquier punto del planeta[33].

### 4.2. APLICACIÓN DEL MODULO GPS PARA LA LOCALIZACIÓN DE LAS BICICLETAS

Para el diseño del proyecto es necesario utilizar la aplicación web de GPS Visualizer, por lo tanto se explicara a detalle el funcionamiento o servicio que ofrece dicha página para la ubicación de las coordenadas en latitud y longitud del modulo de GPS, en este caso el modulo usado es el GPS Neo 6m, el objetivo es utilizar la información de localización del GPS y enlazarla estos datos con GPS Visualizer importando desde Excel esta información, a continuación se explicara que es el GPS Visualizer y como trabajar con esta herramienta.

### 4.3. GPS VISUALIZER

GPS Visualizer es una aplicación en línea que crea mapas y perfiles de datos geográficos. Es gratis y fácil de usar, pero potente y muy personalizable. La entrada puede ser en forma de datos GPS (tracks y waypoints), rutas de conducción, direcciones, o coordenadas simples. Utilizarlo para ver dónde ha estado, planear a dónde va, o rápidamente visualizar datos geográficos (observaciones científicas, eventos, lugares de negocios, clientes, bienes raíces, fotos con etiqueta geográfica, etc.).



GPS Visualizer puede leer archivos de datos de muchas fuentes diferentes. GPS Visualizer se basa en Portland, Oregon, y ha estado en la Web desde octubre de 2002[34].

Visualizer.

Ilustración 4.2.: GPS

### 4.4. GOOGLE MAPS

*Google Maps* es un servidor de aplicaciones de mapas en la web que pertenece a Alphabet Inc. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotografías por satélite del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle con Google Street View[35].

### 4.5. COMUNICACION Y FUNCIONAMIENTO DEL MODULO GPS NEO 6M



Ilustración 4.3.: Módulo GPS NEO 6M. Fuente:[36]

A continuación se describen algunas de las características del módulo[37]:

Características:

- Modulo GPS Ublox NEO-6M
- Comunicación serial
- Voltaje de alimentación: (3.5 – 5 )VDC
- Antena cerámica activa incluida
- LED indicador de señal
- Tamaño de antena 22x22mm
- Tamaño de modulo 23x30mm
- Batería incluida
- BAUDRATE: 9600
- EEPROM para guardar configuración de parámetros
- Sistema de coordenadas: WGS-84
- Sensibilidad de captura -148dBm
- Sensibilidad de rastreo: -161 dBm
- Máxima altura medible: 18000
- Máxima velocidad 515 m/s
- Exactitud: 1micro segundo
- Frecuencia receptora: L1 (1575.42 Mhz)
- Código C/A 1.023 Mhz
- Tiempo de inicio primera vez: 38s en promedio
- Tiempo de inicio: 35s en promedio

#### ***4.5.1. Diagrama esquemático de la tarjeta de control***

A continuación se muestra el diagrama esquemático de la tarjeta, se puede observar que incluye además del circuito NEO-6M una memoria EEPROM la cual podemos utilizar para guardar cualquier dato que queramos.

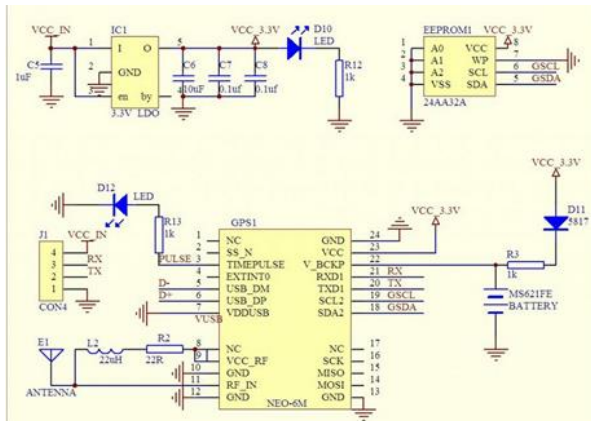


Ilustración 4.4.: Diagrama esquemático de la tarjeta de control. Fuente:[36]

### 4.5.2. Conexiones

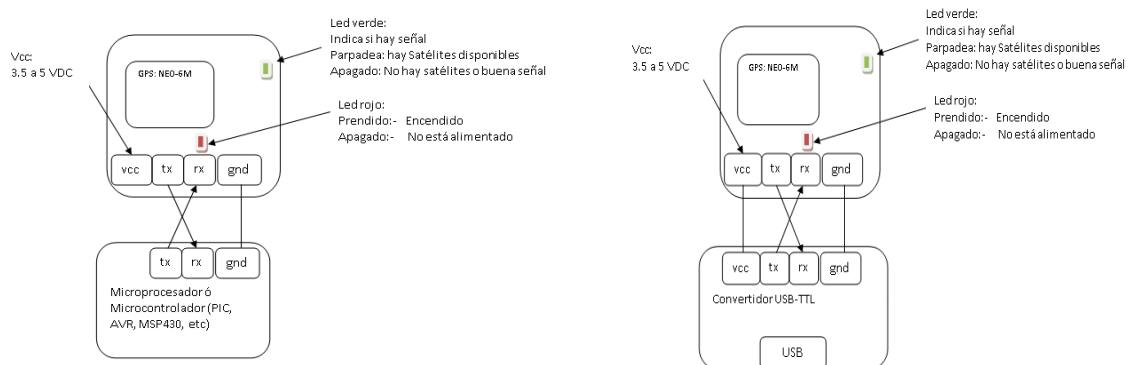


Ilustración 4.5.: Conexiones. Fuente:[36]

### 4.5.3. Modo de operación.

El GPS NEO-6M es compatible con el protocolo NMEA. El GPS una vez conectado a una interfaz serial enviará cada segundo aproximadamente una serie de comandos siguiendo este protocolo. El usuario debe de diseñar un software capaz de reconocer estos comandos. En el siguiente texto se muestra un ejemplo de los datos producidos por el GPS.

```

1 $GPRMC,204.950.00,V,0.0000,070.713,,N*75
2 $GPVTG,0.0000,N*30
3 $GPGGA,204.950.00,0.00,0.00,99.99,0.00,*6C
4 $GPGSA,A,1,0.0000,0.0000,99.99,99.99,99.99*30
5 $GPGSV,4,1,13,01,31,062,04,16,191,28,07,46,129,08,73,0
6 $GPGSV,4,2,13,09,77,000,10,00,197,11,17,046,13,01,164
7 $GPGSV,4,3,13,15,03,313,17,66,273,20,01,115,26,34,281
8 $GPGSV,4,4,13,28,45,002,*42
9 $GPGLL,0.00,204.950.00,V,N*40

```

Ilustración 4.6.: Modo de operación. Fuente:[36]

En este caso muestra 9 comandos. Cada comando comienza con el símbolo \$ y finaliza con un checksum y salto de línea. Cabe señalar que el GPS únicamente

proporcionara datos validos si el led verde se encuentra encendiendo a lapsos de 1 segundos aproximadamente. En caso de que el led no esté encendiendo se puede deber a que el GPS no encuentra satélites o que el sistema se encuentra operando dentro de un espacio cerrado. Recuerde que las paredes y edificios grandes obstruyen la señal proveniente de los satélites.

#### **4.5.4. Ejemplos de la información obtenida de los 9 comandos NMEA.**

```
$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*47
```

Dónde:

- GGA = Global Positioning System Fix Data
- 123519 = Muestra tomada a 12:35:19 UTC
- 4807.038 = Norte Latitud 48 grados 07.038' N
- 01131.000 = Este Longitud 11 grados 31.000' E
- 1 = Fix quality:
  - 0 = invalid
  - 1 = GPS fix (SPS)
  - 2 = DGPS fix
  - 3 = PPS fix
  - 4 = Real Time Kinematic
  - 5 = Float RTK
  - 6 = estimado (dead reckoning) (2.3 feature)
  - 7 = modo entrada manual
  - 8 = modo simulación
- 08 = Numero de satelites siendo rastreados
- 0.9 = Dilución horizontal de la posición
- 545.4,M = Altitud, metros, sobre el nivel del mar
- 46.9,M = altura del geoid (promedio nivel del mar) sobre WGS84
- (empty field) = time tiempo desde la última muestra
- (empty field) = estacion DGPS numero ID
- \*47 = datos del checksum, siempre comienza con \*

En este comando las características deseables son la latitud y longitud que se obtienen de la cadena \$GPGGA[37].

El módulo GPS en su modelo GY-GPS6MV2 que es el módulo implementado en este proyecto viene con un módulo de serie U-Blox NEO 6M equipado en el PCB, una EEPROM con configuración de fábrica, una pila de botón para mantener los datos de configuración en la memoria EEPROM, un indicador LED y una antena cerámica. También posee los pines o conectores Vcc, Rx, Tx y Gnd por el que se puede conectar a algún microcontrolador mediante una interfaz serial. Para que nuestro módulo GPS funcione a la perfección se recomienda hacer las pruebas en un ambiente abierto o cercano a la ventana para una correcta recepción de la señal.

Bien, ahora vamos a probar nuestro módulo conectándolo a nuestro Arduino (en este caso se usará un Arduino UNO) mediante un puerto serie que se emulará por Software ya que usaremos el Rx0 y TX0 (puerto serie por Hardware) para la comunicación con nuestra PC y así verificar los datos que recibimos por el módulo GPS.

Cabe indicar que nuestro módulo GPS también se puede alimentar con una tensión de 5V ya que posee un regulador integrado dentro de sí.

A continuación, cargamos el siguiente código a nuestro Arduino, en el cual se puede apreciar que se emplea la librería *SoftwareSerial* para emular un puerto serie como se mencionó anteriormente (no es necesaria instalarla, ya que viene por defecto en nuestro IDE de Arduino).

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
SoftwareSerial gps(4,3);
```

```
char dato=' ';
```

```
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  gps.begin(9600);
}
```

```
void loop()
{
  if(gps.available())
  {
    dato=gps.read();
    Serial.print(dato);
  }
}
```

Como podemos ver, lo que hace nuestro programa es leer constantemente el módulo GPS a una velocidad de 9600 baudios que es la velocidad por la que viene configurado por defecto nuestro módulo GPS y enviar dichos datos a la PC a través del puerto serie físico para poder visualizarlos en nuestro Monitor Serial. Al abrir nuestro Monitor Serial, nos aseguramos de configurarlo a una velocidad de 115200 baudios. Podremos ver los datos que recibimos.

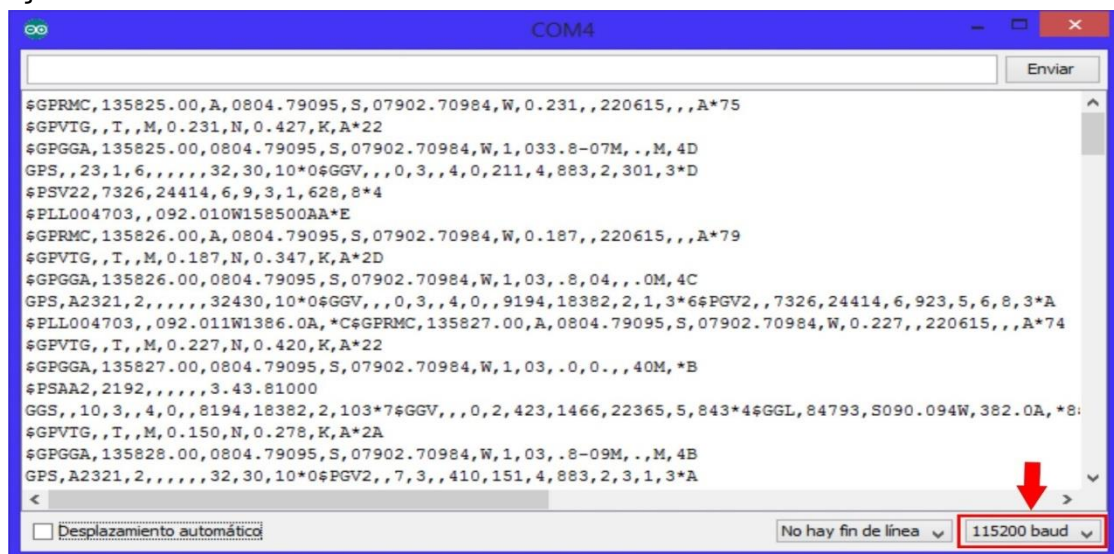


Ilustración 4.7.: Monitor serial, respuesta GPS. Fuente:[36]



Los datos que recibimos en nuestro módulo GPS siguen el protocolo NMEA (siglas de National Marine Electronics Association), las cuales son sentencias estándares para la recepción de datos GPS. Una de ellas y la más usada son las sentencias \$GPRMC, las cuales tienen la siguiente estructura:

```
$GPRMC,044235.000,A,4322.0289,N,00824.5210,W,0.39,65.46,020615,,A*44
```

Donde si analizamos la trama de este ejemplo y basándose en el protocolo NMEA, podríamos determinar las siguientes variables:

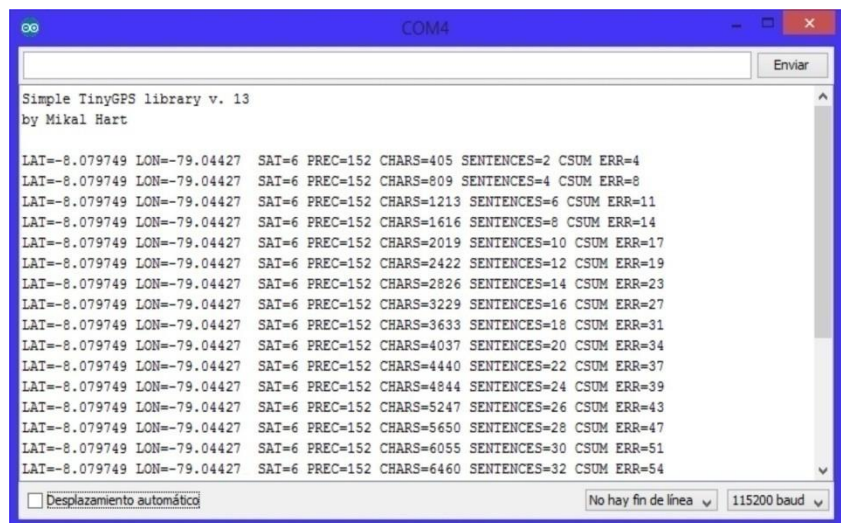
- **044235.000** representa la hora GMT (04:42:35)
- **“A”** es la indicación de que el dato de posición está fijado y es correcto. **“V”** sería no válido
- **4322.0289** representa la longitud (43° 22.0289´)
- **N** representa el Norte
- **00824.5210** representa la latitud (8° 24.5210´)
- **W** representa el Oeste
- **0.39** representa la velocidad en nudos
- **65.46** representa la orientación en grados
- **020615** representa la fecha (2 de Junio del 2015)

Como vimos, de la trama de datos que nos envía nuestro módulo GPS podemos obtener varias variables, siendo las importantes para proyectos de posicionamiento la latitud y la longitud. Para ello, vamos a hacer uso de la librería TinyGPS[38]

La librería TinyGPS nos facilitará la identificación tanto de la latitud y longitud, así como las otras variables descritas anteriormente sin tener que recurrir a algoritmos complejos para lograr obtenerlas. Para ello ejecutamos un sencillo ejemplo que provee la librería.

Cargamos el código a la tarjeta Arduino el código, asegurándonos de configurar los parámetros necesarios. Finalmente, podremos abrir nuestro Monitor serial y visualizar las variables mencionadas tal como se pueden ver en la siguiente imagen:

Ilustración 4.8.: Monitor serial, respuesta GPS, librería TinyGPS.  
Fuente:[39]



#### **4.6. MODIFICACIONES REALIZADAS AL ALGORITMO DE GPS**

Después de la utilización de la librería para convertir los datos recibidos del GPS los cuales están expresados en protocolo NMEA, fue necesario convertir estos datos a valores que se puedan trabajar mejor, esto se logró con la utilización de la librería TinyGPS, ahora en este punto para efectos del proyecto, los datos más importantes son la información de la longitud y la latitud para la localización de las bicicletas, por ello la demás información es ignorada.

Los datos de longitud y de latitud son proporcionados como valores de tipo char o float, es decir caracteres o valores decimales, que luego son enviados al monitor serial, esto resulta ser un inconveniente debido a que la Interfaz SCADA los recibe en formato tipo String o cadena en donde están encapsulado los datos en formato tipo int, por lo tanto la información tienen que ser enviados como valores de tipo int por el puerto serial asignado al módulo de radiofrecuencia Xbee Serie 2, por ello se hace una conversión de estos datos a valores en formato entero, luego son almacenados en una cadena en determinadas posiciones, encapsulando la información dentro de dicha trama.

## CAPITULO 5: ADQUISICIÓN DE DATOS Y DEFINICIÓN DE PROTOCOLO

### 5.1. AJUSTE DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS.

A continuación se documentará la creación del proyecto y la programación de la comunicación con la tarjeta de adquisición de datos Arduino Mega 2560, en la transmisión y recepción de los mismos desde el sistema SCADA. Pasos necesarios para la creación del proyecto:



Ilustración 5.1.: Indusoft Web Studio Educational v7.1

#### 5.1.1. Instalación del programa y creación de un proyecto.

##### 5.1.1.1. Paso 1:

El primer paso para desarrollar el proyecto es haber instalado el programa de Indusoft Web Studio Educational, este programa se caracteriza por ser una versión educativa de Indusoft, pero aún así guarda las mismas características que la versión de pago, cuya diferencia con la versión educativa es que esta dispone un aumento en el número de Tags para el manejo de variables y la licencia de desarrollo para su aplicación industrial.

##### 5.1.1.2. Paso 2:

Se crea un nuevo proyecto con nombre "ProyectoBicicletas" y se selecciona para que se ejecute en la plataforma "Windows local interface". Se abrirá una nueva pantalla para configurar la resolución de la pantalla que es ajustada de acuerdo a las especificaciones del equipo.

#### 5.1.2. Transmisión y Recepción de datos.

En la creación del proyecto se debe ajustar el protocolo de comunicación, para que la tarjeta de adquisición de datos se pueda comunicar con el sistema SCADA, para ello es necesario ubicar en la parte inferior del explorador del proyecto en donde se hace clic en la etiqueta "Comm", luego se hace clic derecho en "Drivers" y se inserta el driver "TXRX".

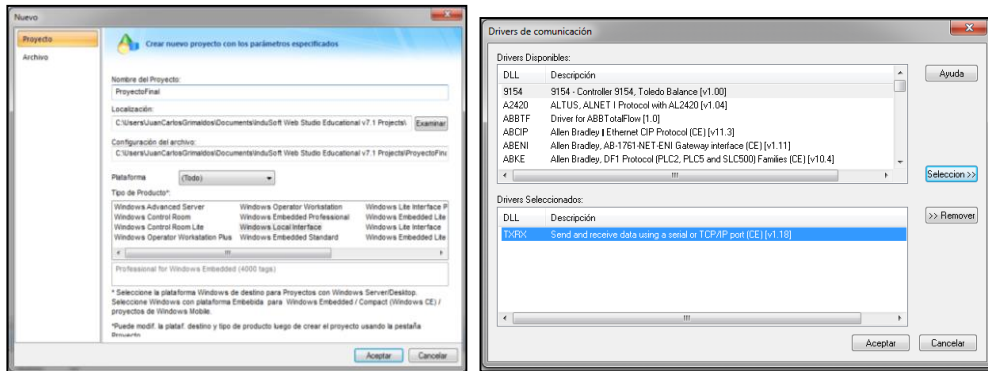


Ilustración 5.2.: Creación del proyecto y asignación del Driver TXRX

Luego se hace clic sobre el driver instalado y se selecciona configuración. Se modifican los parámetros para establecer la comunicación con la plataforma Arduino. *Baud rate*, *Data bits*, *Stop bits*, *Parity*. El puerto COM es el mismo que está conectado al Arduino mediante el cable USB (En este caso se encuentra en el COM19).

Se hace clic sobre el driver TXRX y se selecciona "Insertar" para adicionar una hoja de comunicaciones. En la descripción se escribe "Hoja de lectura", en la cabecera "RXTIMEOUT".

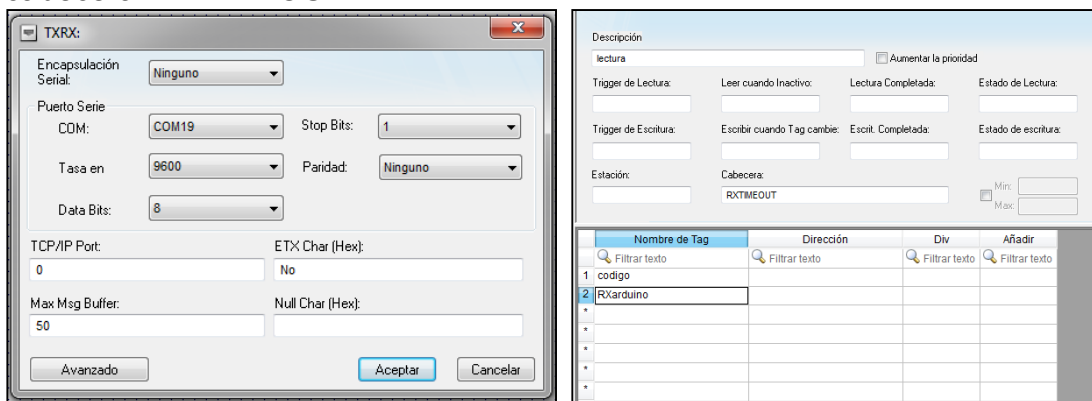


Ilustración 5.3.: Configuración de parámetros y asignación de hoja de comunicaciones.

Para el Nombre se asigna el Tag "TXArduino1", este Tag corresponde al canal de transmisión datos del Scada hacia la tarjeta de adquisición, así como es necesaria la creación de un Tag de recepción en la hoja de comunicaciones, este se creó con el nombre "RXArduino", por lo tanto el protocolo de comunicación designado es por medio del puerto serial denominado protocolo TX RX. Ahora para el envío de la trama de datos es necesario hablar de los diferentes módulos conectados a la tarjeta, de su programación e inclusión dentro de un programa principal que permita manejar adecuadamente cada uno de estos datos, esto se mencionará más adelante en este documento, por ahora se hablará acerca de las diferentes pantallas creadas para la inclusión de la mayoría de las funciones expuestas en la red topológica.

## 5.2. MÓDULOS XBEE

Para establecer la red de comunicación con las bicicletas la topología de red se hará uso de la tecnología de módulos Xbee como medio de transmisión inalámbrica de la información de las bicicletas al sistema central.

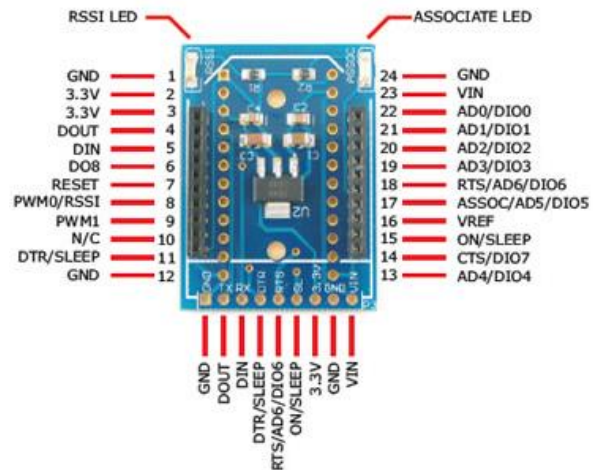


Ilustración 5.4.: Módulo XBEE.

## 5.3. DESARROLLO DE TOPOLOGÍA DE RED

En el desarrollo del proyecto propuesta de diseño de un sistema Scada para la identificación y supervisión de un sistema de transporte en bicicleta para la Universidad Tecnológica de Pereira, en primer lugar se planteará una topología de la red de los dispositivos y se explicará el funcionamiento deseado de la Red y cómo se comunicaran los dispositivos.

### 5.3.1. Topología de Red de los dispositivos:

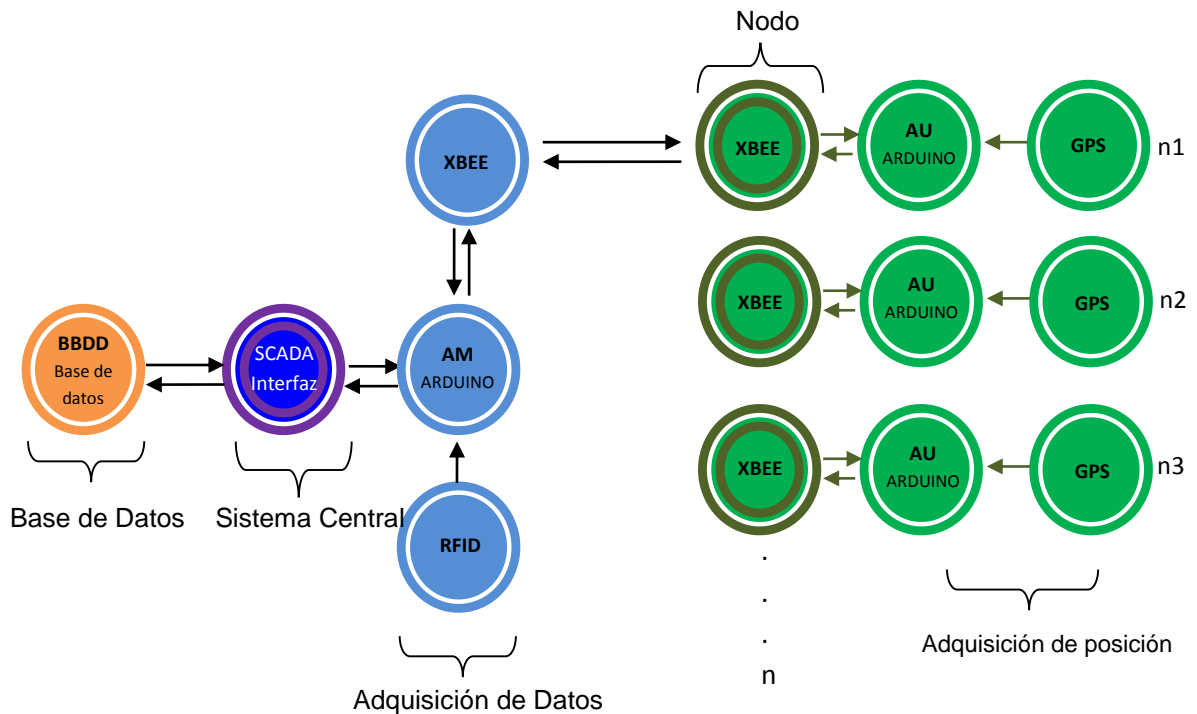


Ilustración 5.5.: Topología de Red.

### 5.3.2. Listado de Componentes

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
<b>BBDD</b>	Gestor de Base de Datos: Permite el almacenamiento, modificación y extracción de la información. Los datos se encuentran interrelacionados entre sí y su es servir a uno o varios usuarios sin redundancias perjudiciales e innecesarias, es independiente de la aplicación que la utilice y tiene operaciones específicas.
<b>SCADA</b>	Sistema de supervisión, control, adquisición y procesamiento de la información. Indusoft Web Studio es una poderosa colección de herramientas de automatización que proporcionan paquetes para desarrollar sistemas HMIs, SCADA y soluciones de instrumentación embebidas. Utiliza la tecnología Web integrada de Indusoft para tomar ventaja de la conectividad a Internet/intranet (Indusoft).
<b>AM</b>	Arduino Mega 2560: El Arduino Mega está basado en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas análogas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16 Mhz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset. Incorpora todo lo necesario para que el microcontrolador trabaje; simplemente conéctalo a tu PC por medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa (Arduino).
<b>AU</b>	Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reseteado. La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o a la corriente eléctrica a través de un transformador (Menos Media y Comunicación).
<b>RFID</b>	Identificación por RadioFrecuencia: es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas, transpondedores o tags RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID ( <i>automatic identification</i> , o identificación automática)[40].
<b>XBEE</b>	De acuerdo a Digi, los módulos XBee son soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos. Estos módulos utilizan el protocolo de red llamado IEEE 802.15.4 para crear redes FAST POINT-TO-MULTIPOINT (punto a multipunto); o para redes PEER-TO-PEER (punto a punto). Fueron diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. Por lo que básicamente XBee es propiedad de Digi basado en el protocolo Zigbee. En términos simples, los XBee son módulos inalámbricos fáciles de usar[41].
<b>GPS</b>	El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación de los Estados Unidos de América, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a usuarios civiles en todo el mundo. A todo el que cuente con un receptor del GPS, el sistema le proporcionará su localización y la hora exacta en cualesquiera condiciones atmosféricas, de día o de noche, en cualquier lugar del mundo y sin límite al número de usuarios simultáneos[42].

### 5.3.3. Sobre la topología de Red

Como se puede observar en la anterior imagen que describe la topología de red, se puede ver la distribución que tienen los dispositivos, y su comunicación con la el sistema central. Cada nodo está asociado a una bicicleta, el nodo cuenta con tres componentes básicos, el primero es el módulo de Gps que obtiene la información de posición de la bicicleta, el segundo es una tarjeta de adquisición de Datos Arduino Uno que se encuentra conectada con el módulo de Gps, el cual toma la información del Gps y la trata, luego envía esta información al tercer dispositivo que es un módulo Xbee, este módulo está en capacidad de enviar la información de la bicicleta al sistema central de manera inalámbrica actuando como router, esta información es recibida por otro módulo de Xbee que actúa como coordinador, el coordinador le envía la información asociada a cada bicicleta a una tarjeta de adquisición de datos Arduino Mega 2560 donde la información se transmite por puerto serial al sistema SCADA en donde se puede visualizar el estado de cada bicicleta, además en la trama de datos que recibe la interfaz también puede ir encapsulada la información correspondiente al usuario que desee hacer el préstamo de una bicicleta, esta información es proporcionada por el lector de RFID que lee las tarjetas de cada usuario, esta información es almacenada en la base de datos que utiliza el sistema SCADA.

A continuación se presentará la configuración necesaria para establecer la comunicación entre los módulos de Xbee con algunos ejemplos para luego abordar la trama de datos principal de la red topológica.

## 5.4. CONFIGURACIÓN DE LOS MÓDULOS XBEE

### 5.4.1. Instalación

Lo primero que se realiza es la instalación del programa XCTU 2015, que será el software con el cual se programarán los Módulos.

Ilustración 5.6.: XCTU software



Para este proyecto se implementaran los modulos XBee serie 2, estos dispositivos nos permiten establecer una comunicación en radio-frecuencia para la trasmisión de información.



Ilustración 5.7.: Módulos XBee

Hay que conectar los módulos Xbee con su respectivo adaptador a uno de los puertos USB del computador, el sistema operativo reconocerá automáticamente al dispositivo, y intentará instalar los drivers necesarios. Si la instalación resulta exitosa se mostrará Ilustración 5.8.

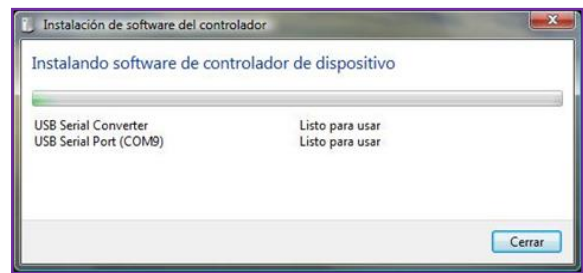


Ilustración 5.8.: Identificación Driver

*Nota:* Si la instalación resulta exitosa ignore los siguiente pasos de este punto.

#### 5.4.1.1. Instalacion fallida

Si la instalación no resulta exitosa, será necesario descargar los drivers e instalarlos manualmente. Se recomienda descargar los drivers del siguiente link:

<http://www.ftdichip.com/Drivers/D2XX.htm>, en esta página podemos encontrar los drivers adecuados.

Para instalar el driver manualmente se accede al administrador de dispositivos de nuestro equipo, y luego en propiedades del sistema.

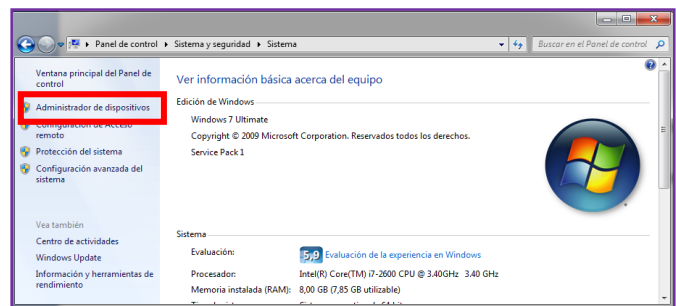


Ilustración 5.9.: Administrador de dispositivos.

Luego se abrirá la ventana del administrador de tareas es aquí donde tenemos que identificar el equipo con problemas, hacemos click derecho sobre el y le damos click derecho en "actualizar software de controlador".

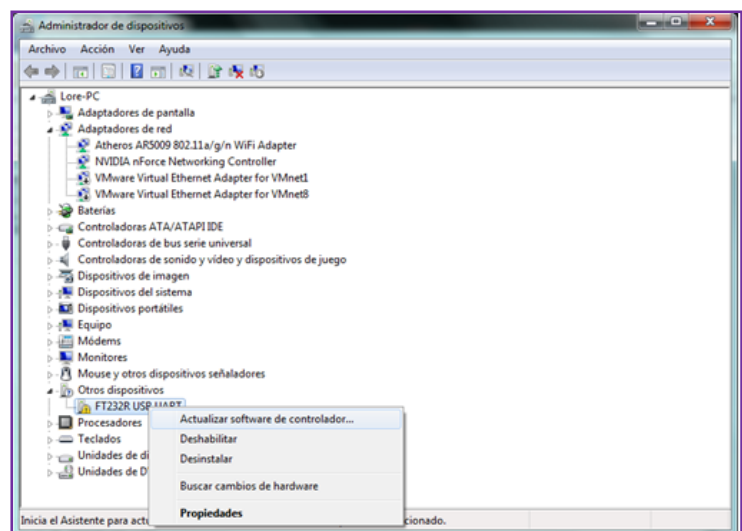


Ilustración 5.10.: Actualizar software de controlador.



Se abrirá una nueva ventana que muestra dos opciones: Buscar automáticamente y Buscar Software de controlador en el equipo. Se elige la segunda opción.

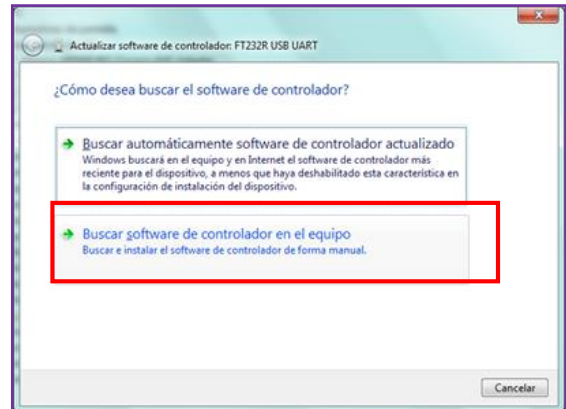


Ilustración 5.11.: Actualizar controlador.

Se abrirá otra ventana, donde se selecciona la ubicación de la carpeta que contiene los drivers para el adaptador USB. se hace clic en Siguiente. Una vez que el sistema encuentra e instala los controladores muestra una ventana que lo confirma. Ahora el adaptador funcionará correctamente.

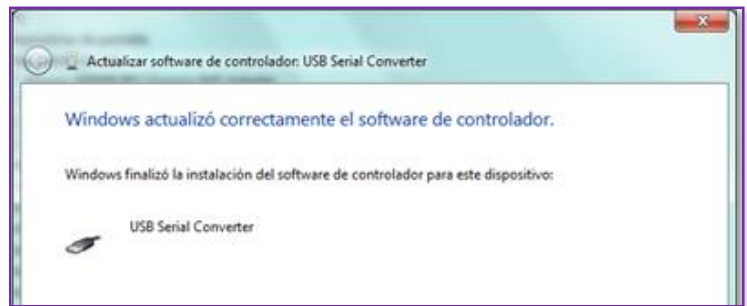
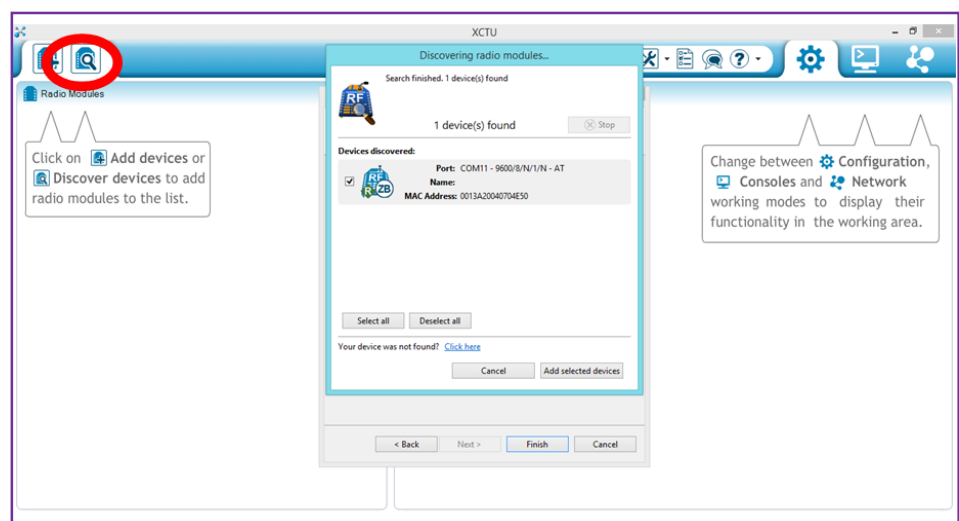


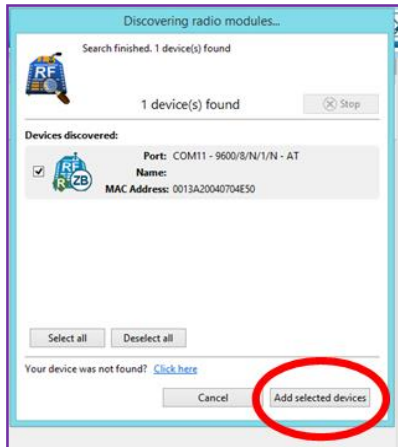
Ilustración 5.12.: Ajuste exitoso.

### 5.4.2. Software XCTU

Después de conectar uno de los módulos Xbee, se abre el software X CTU, y se procede descubrir uno el dispositivo Xbee.

Ilustración 5.13.: Descubrir Módulo.





Luego de descubrir el módulo Xbee es necesario añadir el módulo, los parámetros de comunicación serán los siguientes: 9600 Baudios de velocidad, 8 bits de empaquetamiento, sin bit de paridad y un bit de Stop. En este caso se encuentra conectado por el puerto COM11, y ya tiene la configuración de los parámetros de comunicación, este por facilidad se le llamará el módulo 1.

Ilustración 5.14.: Añadir módulo

Luego de añadir el módulo Xbee 1 se muestra en la parte superior izquierda de la pantalla, ahora se observa en la parte superior derecha el ícono de configuraciones, se hace click sobre el y se desplegará una paleta que contiene la información de la configuración del Módulo Xbee conectado.

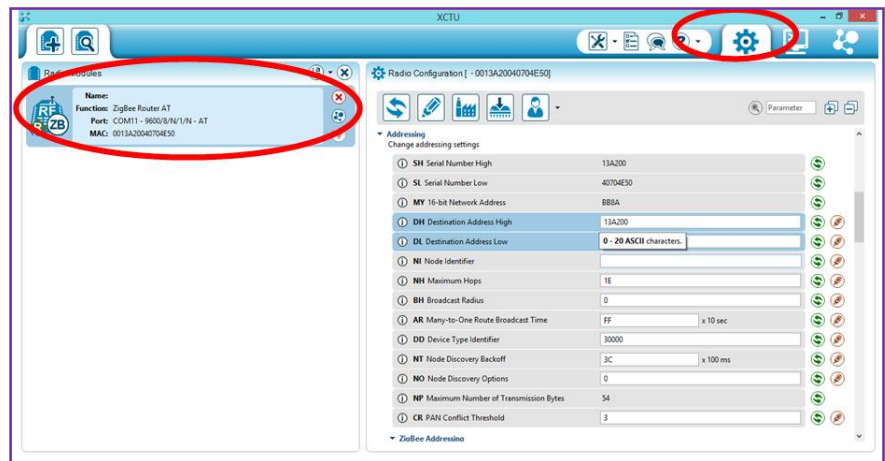


Ilustración 5.15.: Configuraciones.

Se configura una PAN ID de 16 en este caso, los dispositivos configurados con la misma PANI ID se pueden conectar entre sí cuando comparten la misma red, se pueden configurar de 0 hasta FFFF redes, es decir de 0 a 65535 redes diferentes, si se desea configurar con una PAN ID diferente se modifica y escribe los cambios realizados.

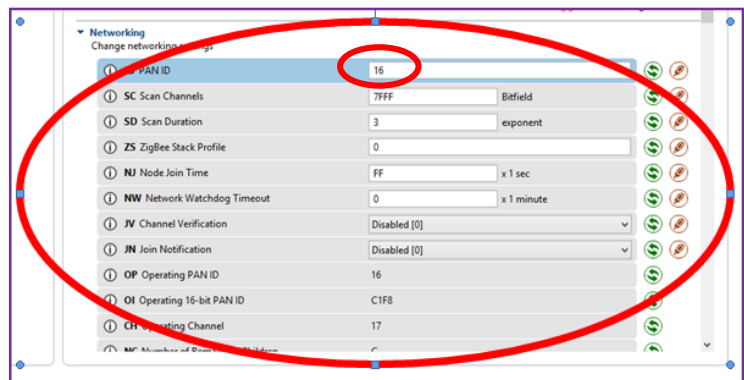


Ilustración 5.16.: PAN ID

## 5.5. COMUNICACIÓN PUNTO MULTIPUNTO, PROTOCOLO API

Después de utilizar el protocolo de comunicación punto a punto el siguiente paso será implementar el protocolo API para la comunicación punto multipunto de los dispositivos xbee conectados en la red, en ella se configura un coordinador el cual gestiona la red, y este se podrá conectar a más de un dispositivo xbee configurado como router.

Para establecer este tipo comunicación inicialmente se configura el firmware de cada módulo, primero el coordinador así que se hace click sobre el ícono Update firmware y se escoge "Zigbee Coordinator API" luego se le da click a update para subir la configuración al Módulo 1.

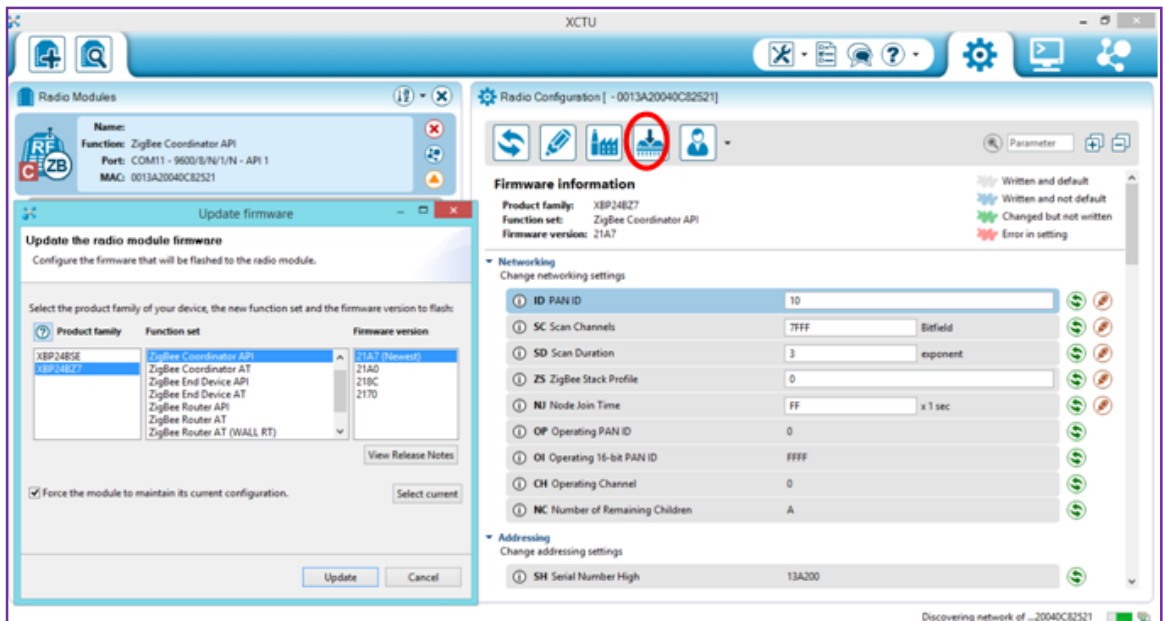
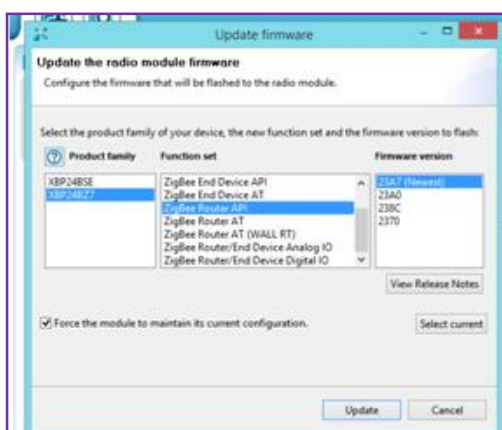


Ilustración 5.17.: Zigbee Coordinador API



El siguiente paso es desconectar el módulo ya configurado y cambiar el protocolo de comunicación del segundo xbee siguiendo los mismos pasos que el punto anterior pero asignando "Zigbee Router API" como protocolo de comunicación del segundo módulo, Módulo 2.

Ilustración 5.18.: Zigbee Router API

Luego de configurar el protocolo de comunicación de ambos módulos se conecta el primer módulo en una PC y el segundo modulo a la tarjeta de adquisición de datos que tambien puede estar conectado en otra PC, una batería o fuente de voltaje, esto se hace para alimentar el segundo módulo, el propósito es comprobar que entre ambos módulos se pueda establecer una comunicación a través del protocolo API, identificando ambos módulos en una misma red .

**Nota:** Se debe tener en cuenta que ambos dispositivos deben estar configurados con una misma PAN ID, y deben guardar la configuración ya antes hecha para identificar la dirección mac de destino para ambos módulos. Para ello hay que dar click en el icono Discovering remote devices, seleccionamos el dispositivo descubierto y agregamos el módulo.

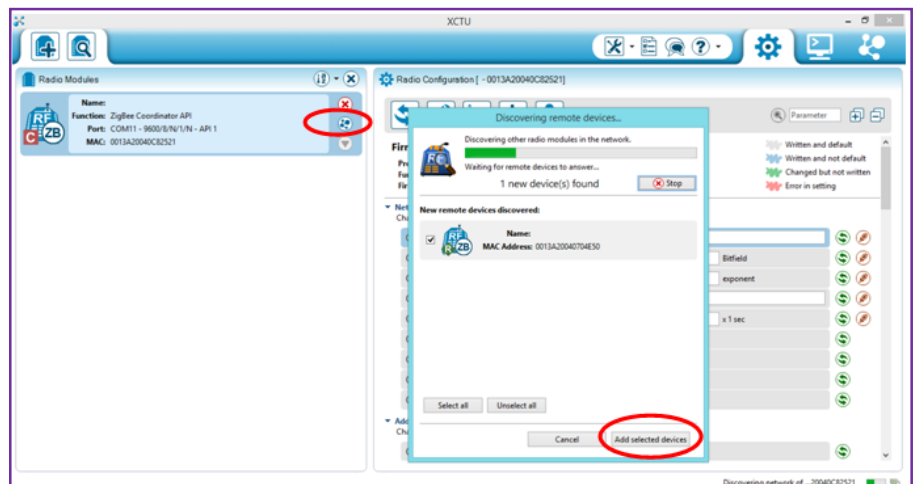
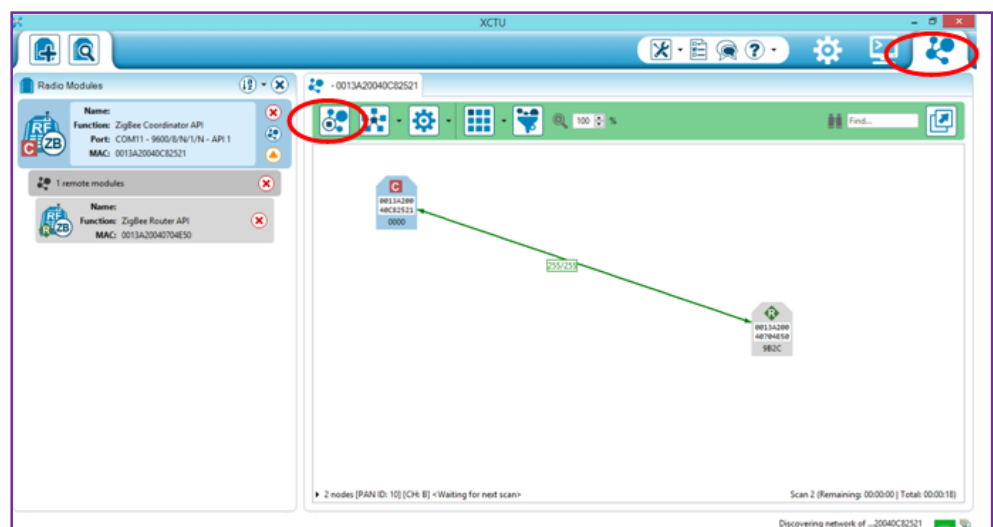


Ilustración 5.19.: Descubrir módulo.

El siguiente paso será descubrir el módulo en la red en una comunicación Full dúpléx para ello hay que dirigirse al ícono que se encuentra en la esquina superior derecha llamado "Witch to Network Working Mode", y luego se le da en run, para observar la comunicación entre ambos módulos, debe aparecer la siguiente pantalla.

Ilustración 5.20.: Comunicación Protocolo API.



Es posible detallar que ambos dispositivos se encuentran conectados en una red compartida por una misma PAN ID, poseen una comunicación Full duplex con una intensidad de 255/255 que define la calidad de la señal, dependiendo de el alcance de cada módulo podemos tener señales con distancias de 120 metros hasta módulos con distancias de 45 km dependiendo de la referencia de cada módulo y en cual ofrece mejores prestaciones.

Para comunicar un frame de datos entre ambos dispositivos xbee se va hacer uso de una Arduino Mega 2560, utilizando los pines Tx y Rx del módulo xbee conectados a los Tx1 y Rx1 de la Arduino: Tx a Rx1, Rx a Tx1 respectivamente, siguiendo la conexión anteriormente descrita.

## 5.6. 'FRAMES GENERATOR TOOL'

Para enviar un frame de datos se hace click en la parte superior izquierda el icono con forma de pantalla llamado "Switch to console workid mode" luego se hace click en el boton con el símbolo + en la parte inferior llamado "Add API frame to the list", y se le da click abajo en una barra llamada "Create using 'frames generator tool'..." para crear un nuevo frame de datos.

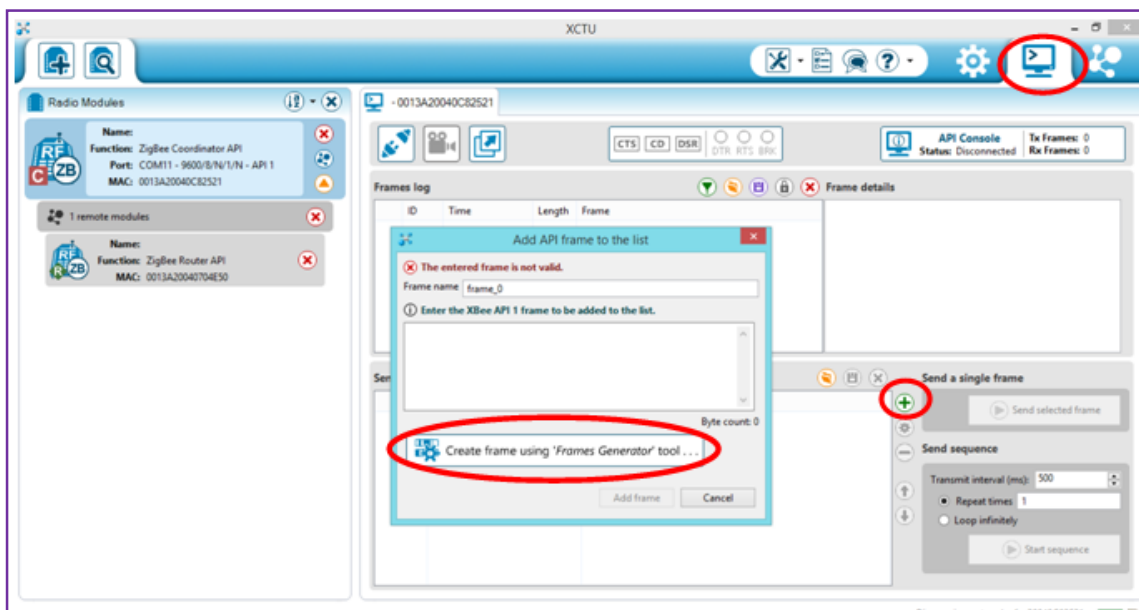


Ilustración 5.21.: Agregar frame de Datos.

Debe aparecer una ventana, en ella hay que configurar los siguientes parámetros: Protocol: Zigbee, Frame type: 0x10-Transmit Request, Luego en la dirección de destino "64-bit dest. address" se introduce la dirección mac del módulo con el que se desea comunicar, en RF data contiene la información de la trama de datos, se escoge la opción HEX y se escribe: "00 00 00 00 00 00 00



"00 00 00 00 00 00", por último se le da al ok y se cierra la ventana guardando la configuración establecida.

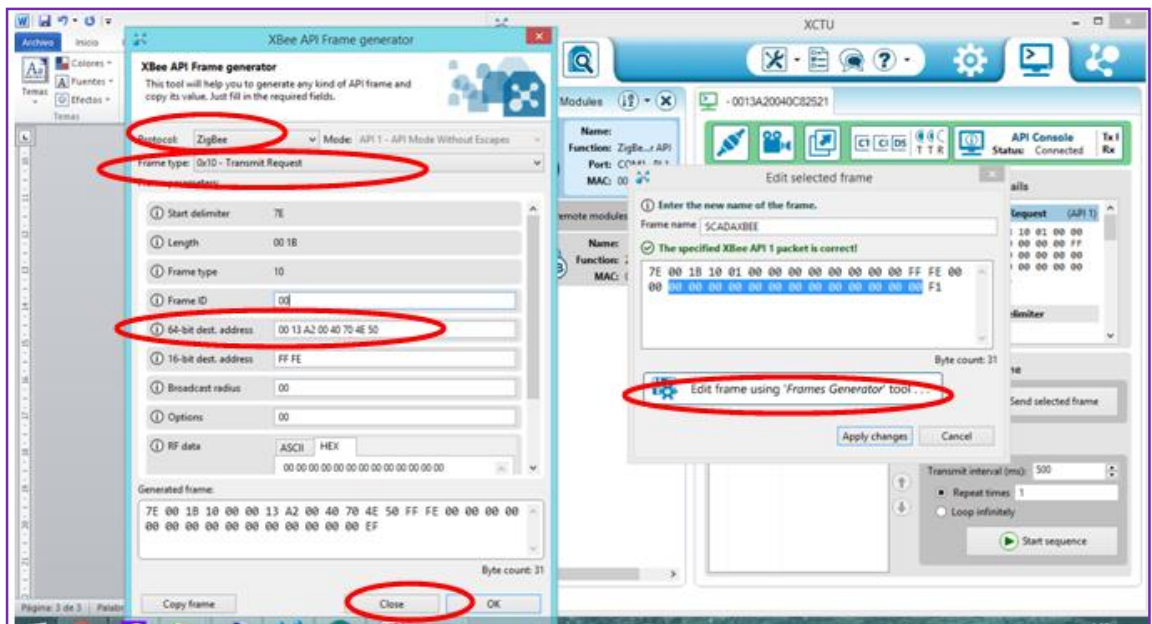


Ilustración 5.22.: Configuración de frame de datos.

Se hará uso del siguiente código como ejemplo para que la Arduino Mega conectada con el Módulo 1 pueda recibir información del Módulo 2 al que se le ha configurado el frame de datos, y esta pueda ser leída en la pantalla monitor serie del software Arduino.

```
byte RX[31];
voidsetup(){

Serial1.begin(9600);
Serial.begin(9600);
Serial1.write(66);
delay(2000);

}

voidloop(){

if(Serial1.available(>0)
{
for (int i=1;i<=31;i++){
RX[i]=Serial1.read();
}

for(int i=1;i<=31;i++){
Serial.println(RX[i]);
delay(20);
}
}
}
```

A continuación se procederá a establecer la conexión haciendo click en el ícono de la parte superior izquierda de la pantalla con forma de enchufe y luego se enviará el frame de Datos dando click en el ícono de la parte inferior izquierda llamado "Send selected frame" para enviar los Datos.

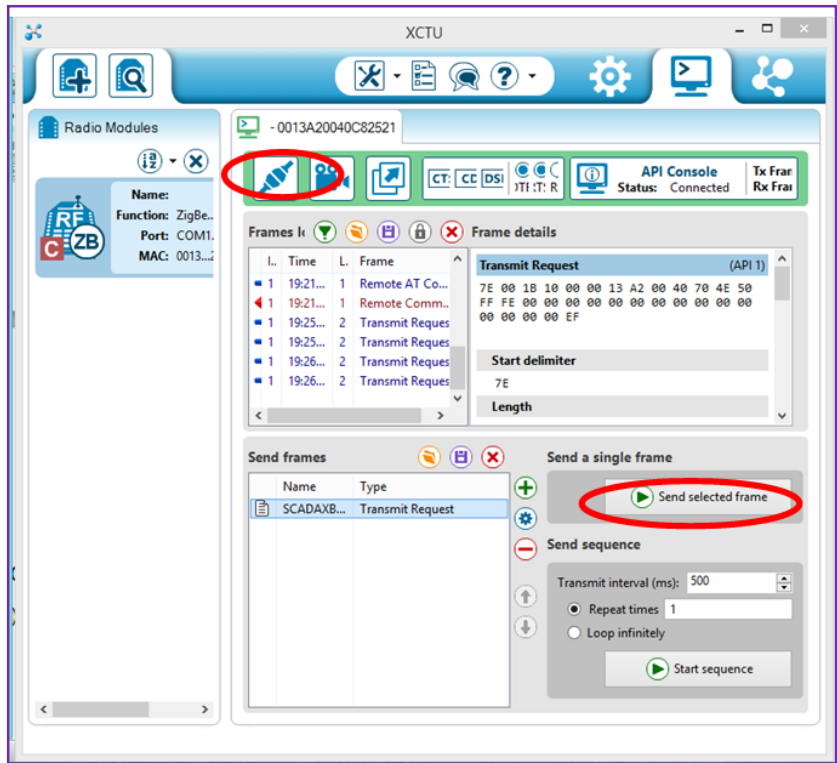
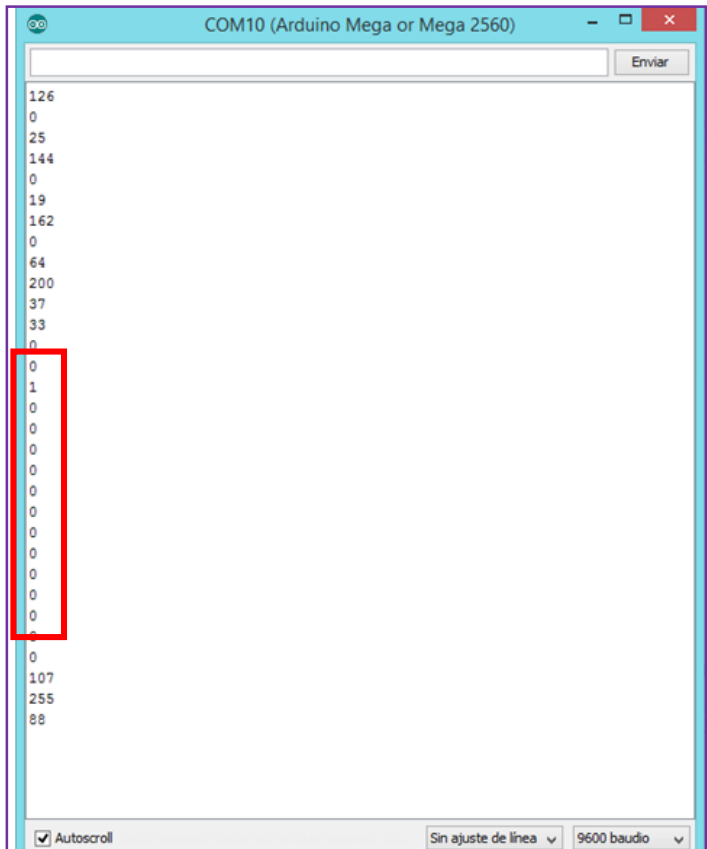


Ilustración 5.23.: Envío de la Trama de Datos.

Ilustración 5.24.: Recepción trama de Datos

Para finalizar es necesario corroborar la comunicación del quien envía el frame de datos, es decir, el Módulo 2 conectado al PC con quien recibe los Datos que es la Arduino Mega donde se encuentra conectado el Módulo 1, por lo tanto en la pantalla monitor serie del software Arduino se debe observar siguiente trama:

Los valores recibidos son presentados de forma decimal, la trama que se envió y la trama que es recibida no es la misma, difieren en la longitud, el checksum y la dirección de destino que es la dirección de quien le envió el frame, pero la información de los



Datos no cambia y son recibidos correctamente, es la parte subrayada de la anterior imagen.

## 5.7. PROGRAMAS, TRAMA DE DATOS Y COMUNICACIÓN

Ilustración 5.25.: Programa GPS

Con el fin de adquirir los datos de cada bicicleta y la información del usuario y además establecer la comunicación inalámbrica de los dispositivos es necesario desarrollar los programas que permitan encapsular los datos de manera adecuada para que la información pueda ser enviada y recibida correctamente por medio de los módulos Xbee, razón por la que se hicieron ciertas modificaciones a los programas de GPS y RFID. A continuación se describirá el funcionamiento general de cada programa, la programación en el Scada, la base de datos, la trama de datos y su configuración necesaria para que la información pueda ser transmitida por medio de los módulos XBee.

### 5.7.1. Programa GPS

Para configurar el módulo de GPS la programación necesaria cuenta con la configuración del Xbee y el módulo Gps como puerto serial de la Arduino uno.

Como se puede observar en la anterior imagen, se estableció un byte de comunicación Tx en donde van encapsulados los datos asociados a la bicicleta, sobre el frame de datos se hablará más adelante en este documento, Además de que es necesario llamar a la librería TinyGPS para inicializar el GPS,

```

Prueba
1 #include <SoftwareSerial.h>
2 #include <TinyGPS.h>
3 TinyGPS gps;
4
5 byte Tx[34]={0x7E,0x00,0x1E,0x10,0x01,0x00,0x13,0xA2,0x0
6             // 7E 00 1E 10 01 00 13 A2 0
7
8 int checksum;
9 SoftwareSerial ss0(4,3);
10 SoftwareSerial ss1(7,6);
11 void setup() {
12
13     Serial.begin(9600);
14     ss0.begin(9600);
15     ss1.begin(9600);
16     delay(1000);
17     ss1.write(66);
18 }
19
20 void loop() {
21     bool newData = false;
22     unsigned long chars;
23     unsigned short sentences, failed;
24
25     // For one second we parse GPS data and report some ke
26     for (unsigned long start = millis(); millis() - start
27         {
28         while (ss0.available())
29         {
30             char c = ss0.read();
31             // Serial.write(c); // uncomment this line if you
32             if (gps.encode(c)) // Did a new valid sentence com
33                 newData = true;
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51     ///CHECKSUM
52     checksum=0;
53
54
55     for (int n=3;n<=32;n++)
56     {
57         checksum=checksum+Tx[n];
58     }
59     Tx[33]=255-checksum;
60
61     int j;
62     for(j=0;j<=33;j++)
63     {
64         ss1.write(Tx[j]);
65         //Serial.println(Tx[j],HEX);
66     }
67     delay(200);
68 }
50
51
52     ///CHECKSUM
53     checksum=0;
54
55     for (int n=3;n<=32;n++)
56     {
57         checksum=checksum+Tx[n];
58     }
59     Tx[33]=255-checksum;
60
61     int j;
62     for(j=0;j<=33;j++)
63     {
64         ss1.write(Tx[j]);
65         //Serial.println(Tx[j],HEX);
66     }
67     delay(200);
68 }
    
```

Compilado



en este caso el módulo usado es el Gps Neo 6m, luego se utiliza la librería SoftwareSerial para configurar los pines 4, 3 Rx,Tx respectivamente que corresponden la comunicación serial con el módulo de Gps nombrado como ss0 y la comunicación serial con el módulo Xbee utilizando los pines 6 y 7.

El funcionamiento del programa es el siguiente: el programa toma la información de posición proveniente del módulo de GPS, y encapsula los datos en unas determinadas posiciones en la trama de comunicación, se realiza la rutina de checksum para la verificación de errores, y luego se escribe esta trama en el puerto serial asignado ss1 que corresponde al módulo Xbee donde la información es enviada.

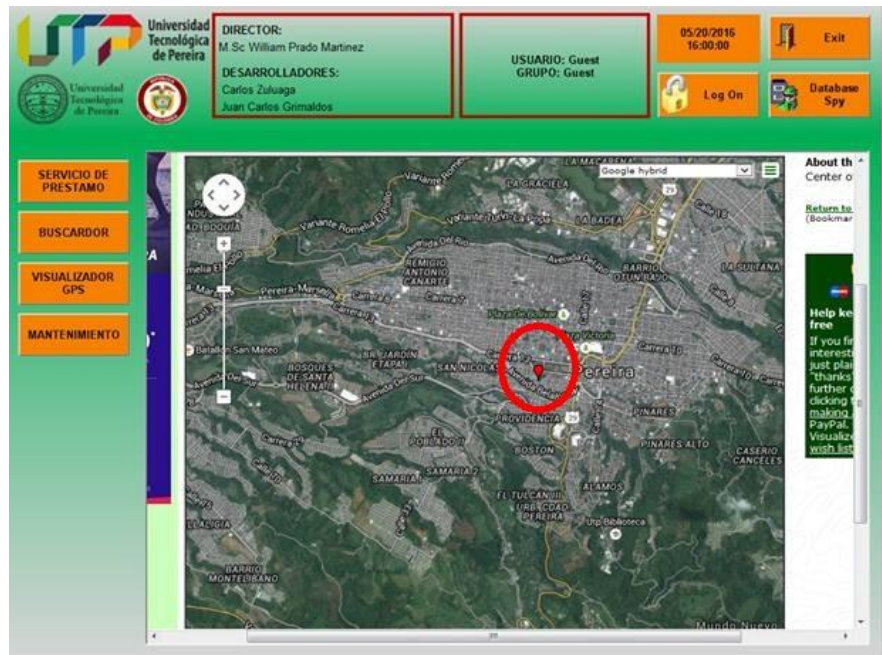


Ilustración 5.26.: Visualizador GPS

### 5.7.2. Programa RFID

Para configurar el módulo de RFID la programación necesaria cuenta con una configuración del módulo Xbee y el módulo lector RFID como puerto serial de la tarjeta de adquisición de datos Arduino Mega 2560.

Como se puede observar en la Ilustración 5.25 es necesario al igual que en la programación del módulo de Gps, establecer unas tramas de envío y recepción, para comunicar la información recibida del RFID y del GPS con la interfaz Scada que luego almacenará esta información en la base de datos. En cuanto a la programación del RFID, es necesario incluir las librerías para la inicialización del módulo RFID, en este caso el módulo usado es un MFRC522, definiendo los pines 9 y 53 para el reset y el SDA del lector, luego se configura el puerto serial a una velocidad de 9600 baudios, y también se inicializa el puerto serial 1 de la Arduino Mega 2560 como puerto serial para conectar el módulo Xbee coordinador quien recibirá los datos provenientes del GPS.

La información correspondiente a los usuarios se puede configurar desde la interfaz Scada utilizando en el script de gráficos, haciendo uso de la programación en visual basic para asociar el código del chip o Tag de las tarjetas recibidas con un determinado usuario, en el caso de este proyecto la identificación del usuario se configuró directamente desde el programa de Arduino, a continuación se describirá la programación requerida para la identificación del usuario desde el programa de RFID.

Para poder hacer la identificación y encapsulación de los datos se debe previamente obtener la información correspondiente al Tag de la tarjeta del usuario, con el fin de ser agrega en la programación, luego el siguiente paso después de la identificación es asociar cada Tag con el código del usuario escribiendo en unas posiciones determinadas esta información para luego enviar toda la trama de datos al sistema Scada.

```

Programa_principal_2
1
2 byte Tx[34]={0x7E,0x00,0x1E,0x10,0x01,0x00,0x13,0xA2,0x
3           // 7E 00 1E 10 01 00 13 A2
4 byte Rx[32]={0x7E,0x00,0x1C,0x90,0x00,0x13,0xA2,0x00,0x
5           // 7E 00 16 10 01 00 13 A2
6 int checksum;
7 //long T;
8 //byte readCard[4] ;
9 unsigned int hex_num;
10 #include <SPI.h>
11 #include <MFRC522.h>
12
13 #define RST_PIN 9 //Pin 9 para el reset del RC522
14 #define SS_PIN 53 //Pin 10 para el SS (SDA) del RC522
15 MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); //Creamos el objeto p
16
17 void setup() {
18   Serial.begin(9600); //Iniciamos la comunicación seri
19   SPI.begin(); //Iniciamos el Bus SPI
20   mfrc522.PCD_Init(); // Iniciamos el MFRC522
21   Serial1.begin(9600);
22   delay(1000);
23   Serial1.write(66);
24   //Serial.println("Lectura del UID");
25 }

Programa_principal_2
40 // Revisamos si hay nuevas tarjetas presentes
41 if ( mfrc522.PICC_IsNewCardPresent() )
42 {
43   //Seleccionamos una tarjeta
44   if ( mfrc522.PICC_ReadCardSerial() )
45   {
46     // Enviamos serialemente su UID
47     //Serial.print("Card UID:");
48     hex_num = mfrc522.uid.uidByte[0] << 24;
49     hex_num += mfrc522.uid.uidByte[1] << 16;
50     hex_num += mfrc522.uid.uidByte[2] << 8;
51     hex_num += mfrc522.uid.uidByte[3];
52
53     Rx[22]=0x00;
54     Rx[23]=0x00;
55     Rx[24]=0x00;
56     Rx[25]=0x00;
57
58     int val= (int)hex_num;
59     //Serial.print(val);
60     // Si lee en valor de la tarjeta se compara e
61     // A la identificación del usuario.
62     if (val==10185){ //Juan Carlos
63       Rx[22]=0x40;
64       Rx[23]=0xDE;
65       Rx[24]=0x90;
66       Rx[25]=0xE3;
67     }
68     else if (val==16699){ //Carlos Artu
69       Rx[22]=0x40;
70       Rx[23]=0xD9;
71       Rx[24]=0xB3;
72       Rx[25]=0x9A;
73

```

Ilustración 5.27.: Programa RFID

### 5.7.3. Programación en la interfaz Scada

Para establecer la recepción de datos es necesario extraer de la trama de comunicación que le llega al sistema Scada la información asociada a cada usuario, que permita su identificación en el sistema, y la visualización del estado de cada bicicleta, su usuario, la posición y su número de placa corresponde a la dirección Mac de módulo XBee que se encuentra en la bicicleta.

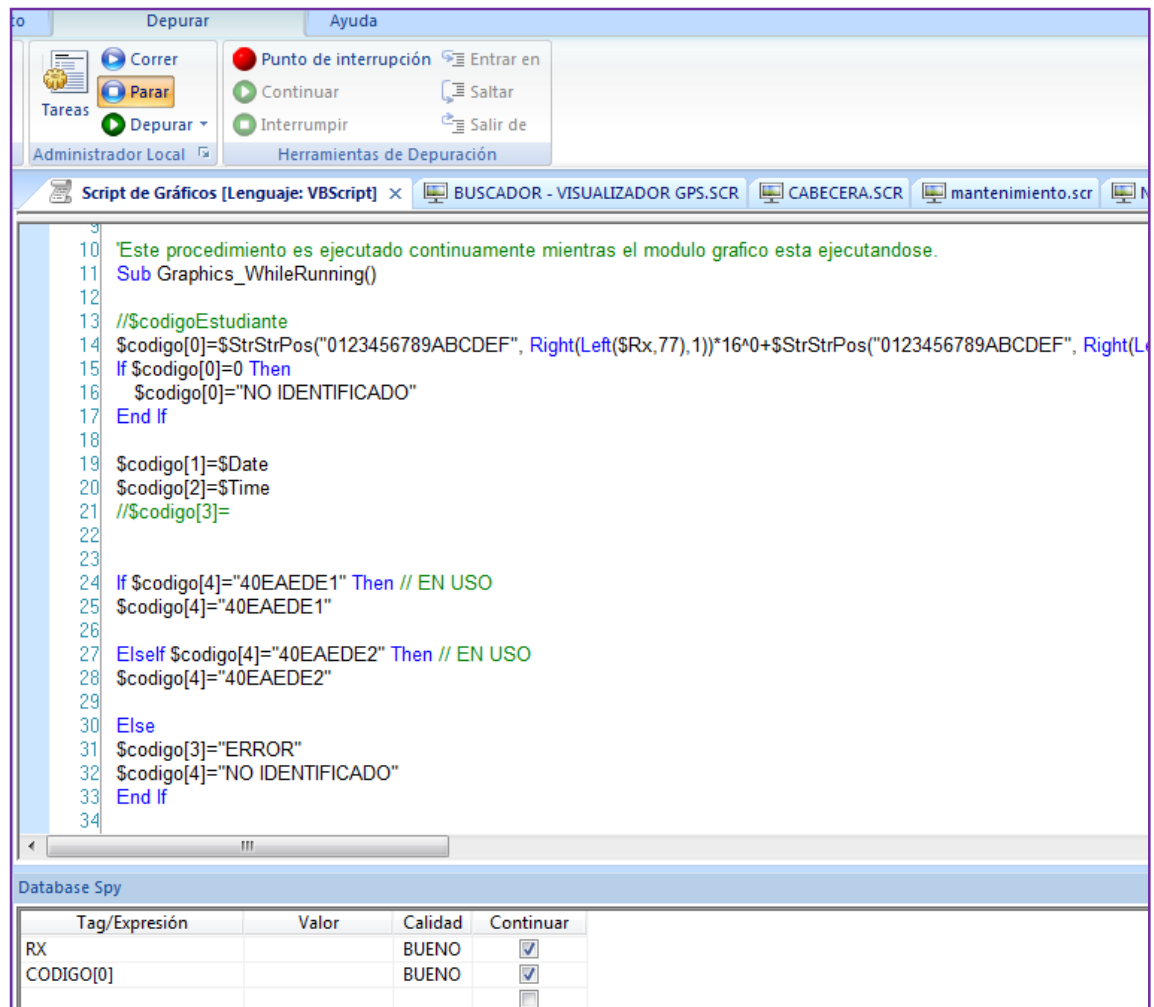


Ilustración 5.28.: Programa Interfaz SCADA

La información anteriormente mostrada acerca de la identificación del usuario tiene que ser validada en una base de datos que permita al sistema vincular la información del registro de préstamo de las bicicletas con un grupo de personas en este caso estudiantes, que se encuentren ya registrados y por lo tanto estén autorizados para realizar el préstamo de la bicicleta.

## 5.8. BASE DE DATOS

En el caso del préstamo de las bicicletas la información sobre nuevos usuarios tiene que ser introducida en la base de datos del sistema para que los pueda reconocer, la base de datos que utiliza el sistema Scada está elaborada en la herramienta de Excel, la cual es llamada y visualizada desde la Interfaz.

	B	C	D	E	F	G	H
1	PRIMER NOMBRE	SEGUNDO NOMBRE	PRIMER APELLIDO	SEGUNDO APELLIDO	PROGRAMA ACADEMICO	CORREO INSTITUCIONAL	ESTADO ACADEMICO
2	Carlos	Arturo	Zuluaga	Ahue	Ingeniería Mecatrónica	<a href="mailto:caarzuluaga@utp.edu.co">caarzuluaga@utp.edu.co</a>	ACTIVO
3	Juan	Carlos	Grimaldos	Villamil	Ingeniería Mecatrónica	<a href="mailto:jgrimaldos@utp.edu.co">jgrimaldos@utp.edu.co</a>	ACTIVO
4	Juan	Guillermo	Montoya	Galviz	Ingeniería Mecatrónica	<a href="mailto:jgmontoya@utp.edu.co">jgmontoya@utp.edu.co</a>	ACTIVO
5	Farith	Salomón	Grimaldos	Villamil	Ingeniería Eléctrica	<a href="mailto:fsgrimal2@hotmail.com">fsgrimal2@hotmail.com</a>	ACTIVO
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							

Ilustración 5.29.

La primera Hoja corresponde a la información de los usuarios registrados en la base de datos con información sobre el nombre, los apellidos, el programa académico al cual pertenece, el correo institucional y el estado académico del estudiante.

	A	B	C	D	E	F	G
1	ESTADO	PLACA	FECHA REGISTRO	PROVEEDOR			
2	DISPONIBLE	40EAEDE1	24/03/2016	Bike House			
3	DISPONIBLE	40EAEDE2	25/03/2016	Bike House			
4	DISPONIBLE	40EAEDE3	26/03/2016	Bike House			
5	DISPONIBLE	40EAEDE4	27/03/2016	Bike House			
6							
7							
8							
9							
10							

Ilustración 5.30.

La segunda hoja tiene la información correspondiente al estado de las bicicletas, la placa asociada a los últimos 8 dígitos de la dirección Mac de los módulos Xbee

de cada bicicleta, la fecha de registro y la información sobre el proveedor de la bicicleta.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	CODIGO	FECHA	HORA	ESTADO DEL SERVICIO	PLACA BICICLETA	PRIMER NOMBRE	SEGUNDO NOMBRE	PRIMER APELLIDO	SE
2	20			NO IDENTIFICADO	NO IDENTIFICADO	NO IDENTIFICAD	NO IDENTIFICAC	NO IDENTIFICA	NO I
3	20	04/25/2016	23:06:21	ERROR	NO IDENTIFICADO	NO IDENTIFICAD	NO IDENTIFICAC	NO IDENTIFICA	NO I
4	20	04/25/2016	23:06:32	DISPONIBLE	40EAEDE1	NO IDENTIFICAD	NO IDENTIFICAC	NO IDENTIFICA	NO I
5	20	04/25/2016	23:22:30	DISPONIBLE	40EAEDE1	NO IDENTIFICAD	NO IDENTIFICAC	NO IDENTIFICA	NO I
6	20	04/25/2016	23:22:38	EN USO	40EAEDE1	NO IDENTIFICAD	NO IDENTIFICAC	NO IDENTIFICA	NO I
7	1088009114	05/02/2016	01:07:34	ERROR	NO IDENTIFICADO	Carlos	Arturo	Zuluaga	Ahue
8	1088009114	05/02/2016	01:08:46	ERROR	NO IDENTIFICADO	Carlos	Arturo	Zuluaga	Ahue
9	1088009114	05/02/2016	01:09:55	EN USO	40EAEDE2	Carlos	Arturo	Zuluaga	Ahue
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									

Ilustración 5.31.

Y la tercer hoja corresponde al registro histórico sobre el préstamo realizado de la bicicleta, con información detallada acerca del código de la persona que realizó el préstamo, la fecha, la hora, el estado del servicio, es decir, si la bicicleta está en uso o disponible, los nombres y apellidos, el programa académico, el correo institucional y el estado académico.

### 5.9. TRAMA DE DATOS Y CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS.

A continuación se explicará la estructura de la trama de comunicación necesaria para la transmisión y recepción de los datos.

En primer lugar se encuentra la trama de datos que se envía desde el módulo Xbee router que está conectado con la tarjeta de adquisición de Datos Arduino Uno, conectada a su vez al módulo de Gps estos tres componentes se localizan en cada bicicleta, la trama de comunicación que en un momento determinado pueden enviar estos elementos es:

```
Tx[34]={0x7E, 0x00, 0x1E, 0x10, 0x01, 0x00, 0x13, 0xA2, 0x00, 0x40, 0xEA, 0xED,
0xE4, 0xFF, 0xFE, 0x00, 0x00, 0x49, 0x5C, 0x24, 0x48, 0x30, 0xBC, 0x00,
0x40, 0xD9, 0xB3, 0x9A, 0x40, 0xEA, 0xED, 0xE1, 0x01, 0xE5};
```

Ilustración 5.32.

En seguida se explicará la estructura de la trama de datos. Esta trama de datos corresponde a los siguientes componentes de la topología de Red:



Ilustración 5.33.

Los datos que envían al sistema central contiene la información asociada a la bicicleta, como la posición, el código, la placa y el estado de la bicicleta. La siguientes tablas representan la trama Tx que es la información de la bicicleta y la trama Rx que es la información que es enviada al sistema Scada desde el Arduino Mega 2560 donde se encapsula y actualiza la información del usuario. Esto corresponde a los siguientes componentes en la topología de Red:

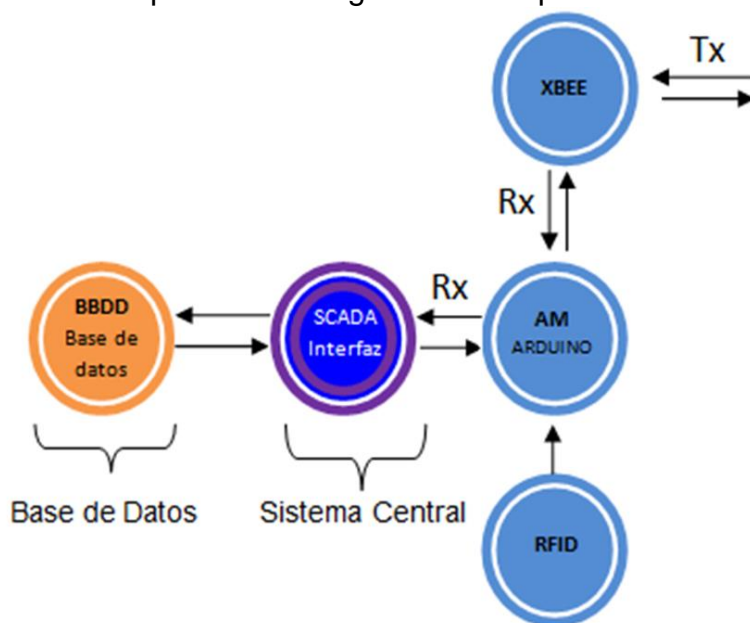


Ilustración 5.34.

Como se puede observar en la topología de Red, la trama Rx corresponde a la información final que es enviada a la interfaz SCADA, la longitud de la trama cambia por el protocolo de comunicación usado para transmitir los datos de un módulo a otro, en este caso el protocolo de comunicación fue API, una comunicación punto multipunto a fin de que el módulo Xbee coordinador del sistema central pueda gestionar la Red apropiadamente, comunicándose con los módulos Xbee router asociados a las bicicletas.

A continuación se explicará la estructura de la trama de datos de la trama de Datos Tx enviada que tiene un tamaño de 34 Bytes y la trama de Datos Rx recibida por el sistema central cuyo tamaño es de 32 Bytes.  
Estructura de la Trama de Datos:

Ilustración 5.35. Tama de datos TX y RX

ID	TX	
1	7E	Star delimiter
2	00	Length
3	1E	Length
4	10	Frame type
5	01	Frame ID
6	00	64-bit dest. address
7	13	64-bit dest. address
8	A2	64-bit dest. address
9	00	64-bit dest. address
10	40	64-bit dest. address
11	EA	64-bit dest. address
12	ED	64-bit dest. address
13	E4	64-bit dest. address
14	FF	16-bit dest. address
15	FE	16-bit dest. address
16	00	Broadcast radius
17	00	Options
18	00	RF Data           latitud
19	00	RF Data           latitud
20	00	RF Data           latitud
21	00	RF Data           longitud
22	00	RF Data           longitud
23	00	RF Data           longitud
24	00	RF Data           longitud
25	00	RF Data           codigo
26	00	RF Data           codigo
27	00	RF Data           codigo
28	00	RF Data           codigo
29	00	RF Data           placa
30	00	RF Data           placa
31	00	RF Data           placa
32	00	RF Data           placa
33	00	RF Data           estado
34	B3	checksum

ID	RX	
1	7E	Star delimiter
2	00	Length
3	1C	Length
4	90	Frame type           Receive Packet
5	00	64-bit source address
6	13	64-bit source address
7	A2	64-bit source address
8	00	64-bit source address
9	40	64-bit source address
10	EA	64-bit source address
11	ED	64-bit source address
12	E1	64-bit source address
13	F9	16-bit source address
14	3B	16-bit source address
15	01	Receive options
16	49	RF Data           latitud
17	5C	RF Data           latitud
18	24	RF Data           latitud
19	48	RF Data           longitud
20	30	RF Data           longitud
21	BC	RF Data           longitud
22	00	RF Data           longitud
23	40	RF Data           codigo
24	D9	RF Data           codigo
25	B3	RF Data           codigo
26	9A	RF Data           codigo
27	40	RF Data           placa
28	EA	RF Data           placa
29	ED	RF Data           placa
30	E1	RF Data           placa
31	01	RF Data           estado
32	31	checksum

5.9.1. Descripción Tama de datos TX y RX

Como se puede observar en las anteriores tablas, la configuración de las tramas de comunicación se hicieron siguiendo el protocolo API, de manera que el frame de datos tiene componentes como: un encabezado, el tamaño de la trama de datos, la dirección de destino en Tx y la dirección de origen en Rx, luego siguen los Datos conformados por la longitud y latitud que definen la posición de la bicicleta, el código del usuario que ha prestado la bicicleta, el número de placa que está asociado a la dirección Mac del módulo Xbee ubicado en la bicicleta, luego sigue el estado de la bicicleta, es decir, si se encuentra disponible o está en uso, y por último está el checksum que es la comprobación que se hace para verificar la correcta transmisión de los datos.

## **CAPITULO 6: CONEXIÓN**



A continuación se describirá un esquema en donde es posible visualizar la conexión física de los dispositivos que forman la topología de red del sistema y los componentes necesarios para su alimentación:

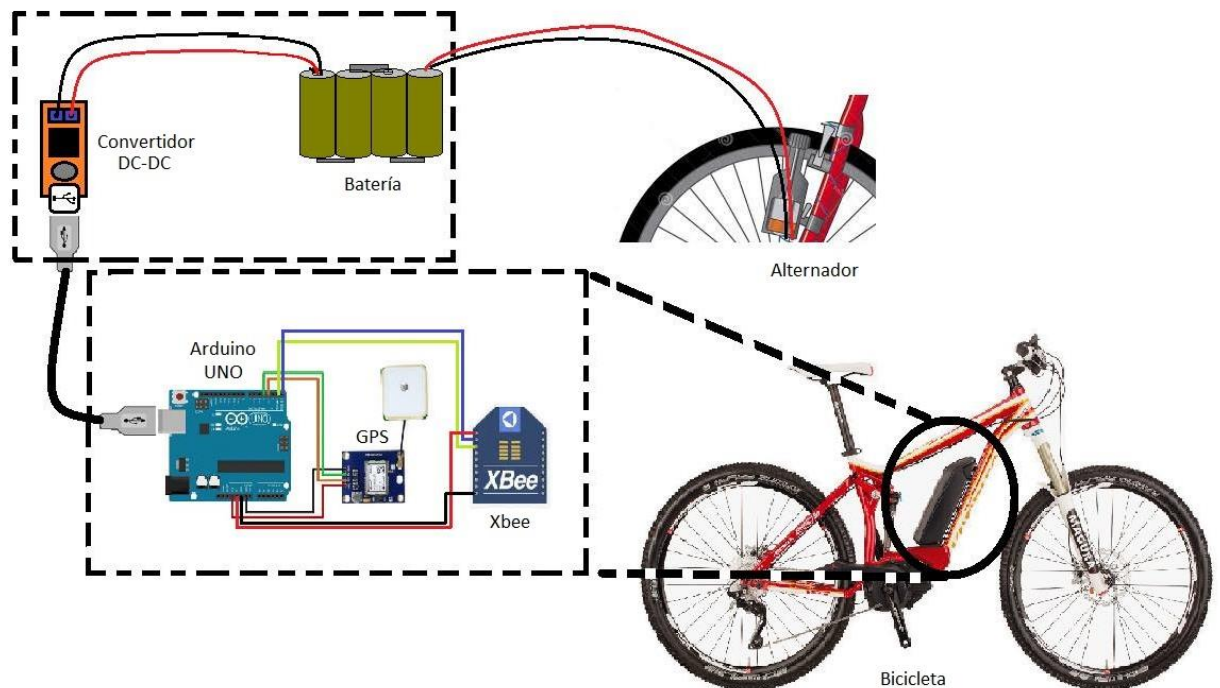


Ilustración 6.1.

Como se puede observar en la anterior imagen, están los tres componentes necesarios para localizar cada bicicleta en el sistema, el módulo de Gps Neo 6m, el módulo Xbee Serie 2 programado como router y la tarjeta de adquisición de Datos Arduino uno, además de un sistema de alimentación para poder sustentar esta parte electrónica, estos componentes son: Un alternador que genera una salida de 12V y 6w de potencia, una Batería recargable de 12v y 6w, un convertidor DC-DC que toma el voltaje de 12v y lo reduce a 5v usb de referencia Output Converter, DC 7V-24V to 5V 3A step Down Buck K, que finalmente alimenta El arduino y los demás dispositivos, se consideró que este es el esquema más importante a tener en cuenta en el momento de realizar la instalación del proyecto en cada bicicleta, es sabido que estos dispositivos se comunicarán el sistema central.

El sistema central está conformada por un módulo Xbee programado como coordinador, un Lector de RFID, una tarjeta de adquisición de Datos Arduino mega 2560 conectada a una interfaz SCADA que a su vez está conectada a una base de datos.

## CAPITULO 7: OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS BICICLETAS.

Utilizar la bicicleta trae muchos beneficios para la salud, y es importante conservarla en buen estado.

La bicicleta es uno de los medios de transporte más antiguos, ayuda a la circulación sanguínea y con una pedaleada ya se movilizan todos los músculos del cuerpo, es un transporte útil y liviano que se puede estacionar en cualquier lugar y no necesita de gasolina.

## **6.1. MANTENIMIENTO DE LA BICICLETA**

Para que la bicicleta funcione correctamente, es necesario realizar un mantenimiento seguido, sobre todo lo que respecta a la cadena, es necesario que esté limpia y engrasada, si la cadena se encuentra oxidada, es conveniente sacarla y colocarla en un recipiente con un disolvente u antióxido, por unas horas hasta que quede libre de óxido[43].

## **6.2. ¿CADA CUÁNTO HAY QUE DARLE SERVICIO A MI BICICLETA?**

¿Con qué frecuencia hay que darle mantenimiento a mi bicicleta? La respuesta no es tan simple. Todo depende del uso que se le dé a la bicicleta, es decir, con qué frecuencia se usa, sobre qué terreno se usa y las condiciones climáticas en las que se usa.

## **6.3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA BICICLETAS**

### *6.3.1. Inspección Diaria (Mecánica Básica)*

- Revisa la presión de aire de las cámaras.
- Busca objetos incrustados en las cubiertas.
- Revisa el ajuste de las ruedas y asiento.
- Revisa que las ruedas no tengan bamboleo.
- Inspecciona el sistema de frenos: Palancas, tensión del chicote, desgaste y posición de las zapatas.
- Checa la lubricación de la cadena.
- Asegúrate de llevar tu kit de herramientas completo.

### *6.3.2. Inspección Mensual o cada 800Km (Mecánica básica – intermedia)*

- Limpiar la bicicleta con un trapo y buscar posibles señales de desgaste en los componentes.
- Con un trapo y un poco de desengrasante, realizar una limpieza ligera de la cadena, piñones y platos. Al terminar vuelve a aplicar lubricante.
- Revisa la tensión de los rayos y asegúrate de que no haya alguno roto.
- Revisa el ajuste de las partes móviles y uniones de la bicicleta (palancas, pedales, platos, poste de asiento, asiento, manubrio, potencia y demás accesorios)
- Lubrica los pivotes de los frenos, pedales y desviadores.
- Lubrica los chicotes y forros tanto de frenos como de cambios.

### *6.3.3. Inspección Semestral o cada 4000Km (Mecánica intermedia – avanzada)*

- Limpia muy bien toda la bicicleta y revisa posibles daños en cuadro y tijera.
- Revisa el desgaste de las cubiertas. Asegúrate de que no están reseca.
- Revisa en que condición se encuentran las mazas, el eje de centro y el telescopio.
- Evalúa el desgaste de las zapatas de los frenos. Si es necesario sustitúyelas.
- Revisa si no es necesario sustituir los chicotes y mangueras de frenos y de cambios.
- Lubrica las roscas de los pedales.
- Realiza una limpieza profunda del sistema de transmisión y revisa el desgaste de la cadena, platos y piñones. Al finalizar lubrica la cadena.

## **6.4. SISTEMA SCADA Y MANTENIMIENTO DE LAS BICICLETAS**

El sistema central cuenta con una pantalla dedicada al registro histórico de las actividades de mantenimiento de las bicicletas

#### 6.4.1. Cuarta Pantalla

La cuarta pantalla, es un registro de las bicicletas que se encuentran en mantenimiento.

The screenshot shows a web application interface for bicycle maintenance records. The header includes the logo of Universidad Tecnológica de Pereira and contact information for the Director (M.Sc. William Prado Martinez) and developers (Carlos Zuluaga and Juan Carlos Grimaldos). The user is logged in as 'Guest' with the group 'Guest'. The date and time are 05/03/2016 03:16:49. The interface has a navigation menu on the left with options: SERVICIO DE PRESTAMO, BUSCARDOR, VISUALIZADOR GPS, and MANTENIMIENTO (highlighted in red). The main form area has a 'PLACA' input field, a 'TIPO DE MTTO' dropdown menu, and an 'ENVIAR' button. The dropdown menu is open, showing a list of maintenance types: preventivo, correctivo, mecanico, electrico, and lubricacion. Below the dropdown is a table with the following data:

ID	F	TIPO MTTO
1	05/01	preventivo
2	05/01	correctivo

## CONCLUSIONES

La orientación del proyecto a la movilidad alternativa en aéreas considerables se expone debido la presente necesidad en la Universidad Tecnológica de Pereira. En el desarrollo de la propuesta de diseño se obtuvieron los siguientes resultados:

- Para el primer objetivo del proyecto se implementó el software Indusoft Web Studio, se obtuvieron excelentes resultados, debido a que este software provee una amplia variedad de opciones para el desarrollo de la interfaz. La programación es amigable, Visual Basic, que permitió enlazar la visualización de la información proveniente de la base de datos y los módulos.
- La investigación de tecnologías para la identificación de bicicletas y usuarios termina con el aprovechamiento de un módulo de RFID (identificación por radiofrecuencia), MRFC522. Se considera es la manera apropiada para trabajar la identificación de los estudiantes, ya que cada estudiante posee su carnet estudiantil con TAG, lo le facilita al sistema su adecuada identificación. En cuanto a la parte de la comunicación y el algoritmo se tuvieron inconvenientes en el sentido de que al trabajar con este módulo se tuvo que desarrollar conversiones de formato, pues el modulo presenta valores de los TAG'S, que tienen que relacionarse con el código de los estudiantes. El problema se solucionó con una mejor organización de la base de datos, y se logra enviar adecuadamente la información en la trama de datos principal.
- Al definir los requerimientos del sistema de localización por GPS, se concluye que en la obtención de la latitud y longitud fue necesario desarrollar una conversión del formato de los valores proporcionados por las librerías, para poder encapsular adecuadamente los datos en la trama principal, se tuvieron inconvenientes en el manejo del módulo, NEO-6M-0-001, para la recepción de "la trama" de ubicación, esto causado por las condiciones atmosféricas que pueden obstaculizar la comunicación del módulo con los satélites. Se puede optar por compra una antena con especificaciones de XBEE de conexión IPX, para mejorar su funcionamiento.
- Los ajustes del protocolo de comunicación fueron unir la información proveniente de la identificación por RFID y la información proveniente de los módulos XBEE en este caso la geoposición, en una sola trama de datos en donde se proporcione información sobre la placa, estudiante, posición y estado del servicio y que todos estos datos estén encapsulados correctamente y que luego sean recibidos en la interfaz SCADA, utilizando comunicación serial RXTX.
- Se tuvo en cuenta la definición de un método de observaciones y sugerencias para el mantenimiento de las bicicletas. La implementación

de un sistema completo que garantice el buen funcionamiento de sus partes requiere un modelo de mantenimiento preventivo, de esta manera se asegura el buen desempeño de las bicicletas, y lo más importante la seguridad de los usuarios.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] «Arduino,» [En línea]. Available: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>. [Último acceso: 16 02 2016].
- [2] «arduinodhtics,» [En línea]. Available: <http://arduinodhtics.weebly.com/historia.html>. [Último acceso: 16 02 2016].
- [3] «CCM,» [En línea]. Available: <http://es.ccm.net/contents/66-introduccion-bases-de-datos>. [Último acceso: 17 05 2016].
- [4] Wordpress, «<https://galaxi0.wordpress.com>,» [En línea]. Available: <https://galaxi0.wordpress.com/el-puerto-serial/>. [Último acceso: 18 02 2016].
- [5] «Logicbus,» [En línea]. Available: <http://www.logicbus.com.mx/indusoft.php>. [Último acceso: 16 02 2016].
- [6] «indusoft,» [En línea]. Available: <http://www.indusoft.com/Company>. [Último acceso: 16 02 2016].
- [7] CCM, «<http://es.ccm.net>,» [En línea]. Available: <http://es.ccm.net/contents/275-protocolos>. [Último acceso: 18 02 2016].
- [8] Egomexico, «[www.egomexico.com](http://www.egomexico.com),» [En línea]. Available: [http://www.egomexico.com/tecnologia\\_rfid.htm](http://www.egomexico.com/tecnologia_rfid.htm). [Último acceso: 18 02 2016].
- [9] CCM, «<http://es.ccm.net>,» [En línea]. Available: <http://es.ccm.net/contents/619-identificacion-por-radiofrecuencia-rfid>. [Último acceso: 18 02 2016].
- [10] «Automatas.org,» [En línea]. Available: <http://www.automatas.org/redes/scadas.htm>. [Último acceso: 03 05 2016].
- [11] Gps.gov, «<http://www.gps.gov>,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/spanish.php>. [Último acceso: 06 03 2016].
- [12] «SMILEY, John,» [En línea]. Available: <http://www.johnsmiley.com/visualbasic/vbhistory.htm>. [Último acceso: 17 02 2016].
- [13] «Wiener,» [En línea]. Available: <http://www.wiener.edu.pe/manuales/4to-ciclo/programacion-web-2/curso-de-vbscript.pdf>. [Último acceso: 17 02 2016].
- [14] «Zigbee,» [En línea]. Available: <http://www.zigbee.org/>. [Último acceso: 06 03 2016].
- [15] «XBEE,» [En línea]. Available: <http://xbee.cl/que-es-xbee/>. [Último acceso: 06 03 2016].

- [16] Transcore, «[www.transcore.com](http://www.transcore.com),» [En línea]. Available: <https://www.transcore.com/sites/default/files/History%20of%20RFID%20White%20Paper.pdf>. [Último acceso: 16 02 2016].
- [17] upv, «[www.redes.upv.es](http://www.redes.upv.es),» [En línea]. Available: [www.redes.upv.es](http://www.redes.upv.es). [Último acceso: 06 03 2016].
- [18] IEEE, «<http://standards.ieee.org>,» [En línea]. Available: <http://standards.ieee.org>. [Último acceso: 06 03 2016].
- [19] Zigbee, «<http://www.zigbee.org/>,» [En línea]. Available: <http://www.zigbee.org/>. [Último acceso: 06 03 2016].
- [20] Sase, «<http://www.sase.com.ar>,» [En línea]. Available: <http://www.sase.com.ar/2013/files/2013/09/SASE2013-Xbee-Wi-Fi.pdf>. [Último acceso: 06 03 2016].
- [21] Xbee, «<http://xbee.cl>,» [En línea]. Available: <http://xbee.cl/que-es-xbee/>. [Último acceso: 06 03 2016].
- [22] northtopografía, «<http://www.northtopografia.com>,» [En línea]. Available: <http://www.northtopografia.com/index.php/soporte/modos-de-conexion-rtk>. [Último acceso: 06 03 2016].
- [23] P. Maps, «<http://www.maps.pixelis.es/>,» [En línea]. Available: <http://www.maps.pixelis.es/>. [Último acceso: 06 03 2016].
- [24] Terra, «<http://www.terra.org>,» [En línea]. Available: <http://www.terra.org/categorias/comunidad-ecotransporte/la-bicicleta-sin-pilas-dinamos-sin-rozamiento>. [Último acceso: 06 03 2016].
- [25] «Critical Industrial Supply,» [En línea]. Available: <http://www.criticalindustrialsupply.com/Indusoft.html>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [26] «Biometria.gov.ar,» [En línea]. Available: <http://www.biometria.gov.ar/metodos-biometricos/dactilar.aspx>.
- [27] «The computer Laboratory,» [En línea]. Available: [http://www.cl.cam.ac.uk/~jgd1000/iris\\_recognition.html](http://www.cl.cam.ac.uk/~jgd1000/iris_recognition.html). [Último acceso: 02 05 2016].
- [28] «[anatomy.med.unsw.edu.au](http://anatomy.med.unsw.edu.au),» [En línea]. Available: [http://anatomy.med.unsw.edu.au/cbl/teach/anat2310/Lecture06Senses\(print\).pdf](http://anatomy.med.unsw.edu.au/cbl/teach/anat2310/Lecture06Senses(print).pdf). [Último acceso: 02 05 2016].



- [29] «Biometria.gov.ar,» [En línea]. Available: <http://www.biometria.gov.ar/metodos-biometricos/iris.aspx>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [30] «Transcore,» [En línea]. Available: [www.transcore.com](http://www.transcore.com). [Último acceso: 20 05 2016].
- [31] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/spanish.php>. [Último acceso: 03 05 2016].
- [32] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>. [Último acceso: 03 05 2016].
- [33] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>. [Último acceso: 03 05 2016].
- [34] «GPS Visualizer,» [En línea]. Available: <http://www.gpsvisualizer.com/>. [Último acceso: 10 05 2016].
- [35] J. BALL, «Angry Birds and 'leaky' phone apps targeted by NSA and GCHQ for user data,» *World news, theguardian.com*, 2014.
- [36] «Hetpro-Store,» [En línea]. Available: <http://hetpro-store.com/TUTORIALES/gps-ublox-neo-6m-modulo-con-matlab/>. [Último acceso: 01 05 2016].
- [37] «Hetpro: Herramientas tecnologicas profesionales,» [En línea]. Available: <http://hetpro-store.com/TUTORIALES/gps-ublox-neo-6m-modulo-con-matlab/>.
- [38] «Git Hub,» [En línea]. Available: <https://github.com/mikalhart/TinyGPS>. [Último acceso: 11 05 2016].
- [39] «Naylamp Mechatronics,» [En línea]. Available: [http://www.naylampmechatronics.com/blog/18\\_Tutorial-M%C3%B3dulo-GPS-con-Arduino.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/18_Tutorial-M%C3%B3dulo-GPS-con-Arduino.html). [Último acceso: 03 05 2016].
- [40] «Card Plastic,» [En línea]. Available: <http://www.cardplastic.com.ar/tarjetas-plasticas-pvc.php#RFID>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [41] «Ingeniería MCI Ltda. (Olimex Chile),» [En línea]. Available: <http://xbee.cl/que-es-xbee/>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [42] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/spanish.php>. [Último acceso: 03 05 2016].
- [43] «La Bicikleta,» [En línea]. Available: <http://labicikleta.com/cada-cuanto-hay-que-darle-servicio-mi-bicikleta/>. [Último acceso: 02 05 2016].

- [44] «USDATA,» [En línea]. Available: <http://www.usdata.com/>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [45] «ADVANTECH,» [En línea]. Available: <http://www.advantech.com/>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [46] «eMation,» [En línea]. Available: <http://www.emation.com/>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [47] «GE Automation,» [En línea]. Available: <http://www.gefanuc.com/>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [48] «Iconics,» [En línea]. Available: <http://www.iconics.com/>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [49] «Industrial Automation | GE Automation,» [En línea]. Available: <http://www.intellution.com/>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [50] «National Instruments,» [En línea]. Available: <http://www.ni.com/>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [51] «Nematron,» [En línea]. Available: [www.nematron.com/](http://www.nematron.com/). [Último acceso: 02 05 2016].
- [52] «Opto 22,» [En línea]. Available: <http://www.opto22.com/>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [53] «Rockwell Automation,» [En línea]. Available: <http://www.software.rockwell.com/>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [54] «TA-Engineering Products,» [En línea]. Available: [www.ta-eng.com/home.htm](http://www.ta-eng.com/home.htm). [Último acceso: 02 05 2016].
- [55] «Wonderware,» [En línea]. Available: <http://www.wonderware.com/>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [56] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/applications/spanish.php>. [Último acceso: 04 05 2016].
- [57] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/applications/agriculture/spanish.php>. [Último acceso: 04 05 2016].
- [58] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/applications/aviation/spanish.php>. [Último acceso: 04 05 2016].
- [59] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/applications/roads/spanish.php>. [Último acceso: 04 05 2016].
- [60] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/applications/timing/spanish.php>. [Último acceso: 04 05 2016].

- [61] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/applications/space/spanish.php>. [Último acceso: 05 05 2016].
- [62] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/applications/environment/spanish.php>. [Último acceso: 05 05 2016].
- [63] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/applications/marine/spanish.php>. [Último acceso: 05 05 2016].
- [64] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/applications/recreation/spanish.php>. [Último acceso: 05 05 2016].
- [65] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/applications/safety/spanish.php>. [Último acceso: 05 05 2016].
- [66] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/applications/survey/spanish.php>. [Último acceso: 05 05 2016].
- [67] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/applications/rail/spanish.php>. [Último acceso: 05 05 2016].
- [68] «Ciclismo a Fondo,» [En línea]. Available: <http://www.ciclismoafondo.es/mecanica/reparacion-y-mantenimiento/articulo/partes-bicicleta-carretera>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [69] «Indusoft,» [En línea]. Available: <http://www.indusoft.com/Products-Downloads/HMI-Software/Indusoft-en-Espa%C3%B1ol>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [70] «Arduino,» [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [71] «Menos Media y Comunicacion,» [En línea]. Available: <http://www.menosmedia.org/spip.php?article43>. [Último acceso: 02 05 2016].
- [72] «Biometria.gov.ar,» [En línea]. Available: <http://www.biometria.gov.ar/metodos-biometricos/dactilar.aspx>.
- [73] «CCM,» [En línea]. Available: <http://es.ccm.net/contents/619-identificacion-por-radiofrecuencia-rfid>. [Último acceso: 18 02 2016].
- [74] «CCM,» [En línea]. Available: <http://es.ccm.net/contents/275-protocolos>. [Último acceso: 18 02 2016].

[75] «Egomexico,» [En línea]. Available: [http://www.egomexico.com/tecnologia\\_rfid.htm](http://www.egomexico.com/tecnologia_rfid.htm). [Último acceso: 18 02 2016].

[76] «GPS.gov,» [En línea]. Available: <http://www.gps.gov/spanish.php>. [Último acceso: 06 03 2016].

[77] «Wordpress,» [En línea]. Available: <https://galaxi0.wordpress.com/el-puerto-serial/>. [Último acceso: 18 02 2016].

## **ANEXO A: PRINCIPALES SISTEMAS SCADA**

## **1. PROVEEDOR: USDATA[44]**

### *1.1. Producto: Factory Link 7*

Esta solución SCADA para recolectar información crítica de los procesos de la planta fue diseñada específicamente para MS Windows 2000 bajo la plataforma multicapa de DNA. Utiliza la tecnología estándar de objetos para la importación de datos externos, con lo que se reduce el costo de propiedad de los sistemas.

## **2. PROVEEDOR: Advantech [45]**

### *2.1. Producto: Paradym-31*

Provee un ambiente gráfico de programación compatible con MS Windows, que permite construir programas de control en tiempo real, tales como los tradicionales Controladores Lógicos Programables (PLCs).

## **3. PROVEEDOR: AlterSys Inc.**

### *3.1. Producto: Virgo 2000*

Software de control modular, robusto y flexible que se puede ejecutar en una PC para generar un PLC virtual. Como una PC es mucho más poderosa que un simple PLC, es posible generar varios controladores virtuales en una misma computadora. El producto se beneficia de las funciones provistas por el sistema operativo QNX y de Windows NT (el primero para operaciones de tiempo real y el segundo para desarrollo e interfase de usuario).

## **4. PROVEEDOR: eMation [46]**

### *4.1. Producto: WizFactory*

Solución completa para información y automatización, combina el control discreto y el continuo con SCADA e internet. Entre sus componentes se encuentra Wizcon para Windows e internet, que es una herramienta poderosa para canalizar información en tiempo real e histórica de la planta. Provee funciones completas de SCADA y HMI, las cuales se pueden también visualizar a través de la red de redes mediante un navegador convencional.

## **5. PROVEEDOR: GE Fanuc [47]**

### *5.1. Producto: Cimplicity*

Proporciona información confiable y en tiempo real de los diversos procesos de producción y manufactura de la planta, e incluye tecnología de punta, tal como ODBC, OPC, ActiveX, OLE, COM, DCOM, etcétera. En las instalaciones de General Electric en todo el mundo, este producto se utiliza como una norma corporativa para monitorear los procesos de mejora basados en Six Sigma. Comprende funciones avanzadas para operaciones de MMI (interfase hombre/máquina) y SCADA.

## **6. PROVEEDOR: Iconics [48]**

### 6.1. *Producto: Genesis32*

Desde un inicio se diseñó para beneficiarse de las nuevas tecnologías orientadas a objetos, tales como la arquitectura DNA de Microsoft 95/98/2000, que incluye VBA, COM, DCOM, ActiveX, etcétera. Al mismo tiempo, en el corazón del producto se encuentra ubicada la tecnología moderna de OPC. Es un producto de rendimiento óptimo cuando se utiliza para construir aplicaciones de control y automatización que requieran visualización, control supervisorio, adquisición de datos, sistemas avanzados de alarmas, SPC/SQC (control estadístico de procesos y calidad), sistemas de reportes y administración de recetas en procesos de bache.

Las aplicaciones desarrolladas con este producto se integran fácilmente con otros sistemas de nivel superior, tales como MES (sistemas de ejecución para manufactura) y MRP (planeación de materiales). Asimismo, gracias a OPC, es muy sencillo establecer interfases con aplicaciones de escritorio y de bases de datos, como MS Office, MS SQL, Oracle, MS Access, MS Excel e internet.

## **7. PROVEEDOR: Intellution [49]**

### 7.1. *Producto: Intellution Dynamics*

Es una familia de software para automatización que constituye una de las soluciones más poderosas disponibles en la industria. Cuenta con diversos componentes de software de alto desempeño que proveen soluciones de automatización para HMI, SCADA, procesos de bache, PLCs virtuales y aplicaciones de internet.

IFIX es un sistema de MMI y SCADA que brinda completa visualización del proceso, almacenamiento y administración de datos de proceso y control supervisorio. IBatch consiste en una solución orientada a procesos bache muy típicos de la industria química, farmacéutica, de bebidas y alimentos. IWebServer es una solución que habilita la visualización remota de los procesos mediante internet.

## **8. PROVEEDOR: National Instruments [50]**

### 8.1. *Producto: LabView*

Ofrece un ambiente de desarrollo gráfico con una metodología muy fácil de dominar por ingenieros y científicos. Con esta herramienta se pueden crear fácilmente interfaces de usuario para la instrumentación virtual sin necesidad de elaborar código de programación. Para especificar las funciones sólo se requiere construir diagramas de bloque. Se tiene acceso a una paleta de controles de la cual se pueden escoger desplegados numéricos, medidores, termómetros, tanques, gráficas, etcétera, e incluirlas en cualquiera de los proyectos de control que se estén diseñando.

Se basa en un modelo de programación de flujo de datos denominado G, que libera a los programadores de la rigidez de las arquitecturas basadas en texto. Es también, a decir de NI, el único sistema de programación gráfica que tiene un compilador que genera código optimizado, cuya velocidad de ejecución es comparable al lenguaje C. Los desarrollos construidos son plenamente compatibles con las normas VISA, GPIB, VXI y la alianza de sistemas VXI Plug & Play. Para facilitar aún más la operación de este producto se cuenta con la inclusión de una herramienta asistente capaz de detectar automáticamente cualquier instrumento conectado a la computadora, instalando los drivers apropiados y facilitando la comunicación con el instrumento al instante.

Aunque en un principio fue creado para construir instrumentación virtual – osciloscopios, generadores de función, voltímetros, etcétera–, gracias a la amplia disponibilidad de tarjetas de adquisición de datos y a la facilidad de construir aplicaciones en un ambiente gráfico, las últimas versiones se han utilizado ampliamente para desarrollar aplicaciones en el control de procesos. Recientemente, NI introdujo la versión de LabView 6i, que es la combinación de las funciones tradicionales del producto combinadas con algunas herramientas para el ambiente de internet. Es el caso del LabView Player, un agregado que facilita ejecutar las aplicaciones por la red sin necesidad de contar con el producto LabView completo.

#### *8.2. Producto: Lookout 4.5*

Proporciona Control ActiveX para aplicaciones industriales, y los usuarios pueden aprovechar cualquier producto con control ActiveX disponible –ya sea de NI o de terceros– para construir dichas aplicaciones.

### **9. PROVEEDOR: Nematron [51]**

#### *9.1.1. Producto: HMI/SCADA Paragon*

Software poderoso y flexible, permite construir aplicaciones para una completa visualización del operador, MMI, supervisión de control y adquisición de datos (SCADA).

### **10. PROVEEDOR: Opto 22 [52]**

#### *10.1. Producto: FactoryFloor Software*

Se trata de una serie integrada de productos de software para control industrial que resuelve la mayoría de las necesidades de automatización de la planta. OptoControl es un ambiente de desarrollo gráfico e intuitivo que combina control analógico, control digital, comunicaciones seriales y de red. OptoDisplay provee funciones completas para MMI con capacidad multimedia. OptoServer es el servidor de datos para clientes OPC y DDE en ambiente Microsoft Windows. OptoConnect proporciona una interfaz bidireccional entre los sistemas de datos y los sistemas de control, con extensión hacia Microsoft SQL Server y bases de datos de Microsoft Access.

## **11. PROVEEDOR: Rockwell Automation [53]**

### *11.1. Producto: RSView32*

Este software MMI para monitorear y controlar máquinas automatizadas y procesos está diseñado para operar en el ambiente de MS Windows 2000 con soporte para idioma español. Es completamente compatible con contenedores OLE para ActiveX, lo que facilita la inclusión de controles de este tipo suministrados por terceros. Incluye VBA, Visual Basic para aplicaciones como parte integrante de sus funciones, de modo que posibilita maneras ilimitadas de personalizar los proyectos.

### *11.2. Producto: RSBatch*

Mediante este software se pueden configurar modelos de procedimientos para ejecutar secuencias de control de bache (tanda) e integrar acciones de control e información de producción con otras selecciones de software complementario.

## **12. PROVEEDOR: Siemens**

### *12.1. Producto: HYBEX (Hybrid Expert System)*

Herramienta de simulación que permite realizar cambios virtuales en la planta y observar sus resultados sin ningún riesgo. Está específicamente orientada a procesos de laminado en plantas siderúrgicas y se puede utilizar en cualquiera de las etapas del ciclo de vida de la planta, desde construcciones nuevas hasta plantas en procesos de optimización y modernización.

### *12.2. Producto: WinCC HMI Ver. 5.0*

Para integrar software en la manufactura se requiere usar normas abiertas que puedan enlazar fuertemente la información del piso de la planta y el sistema de negocios a través de ella. WinCC HMI, software de 32 bits integrado completamente con Microsoft Windows NT, combina las características estándar (gráficos, alarmas, administración de recetas, etcétera) con otras avanzadas (reportes, referencias entre proyectos, diagnóstico de proceso, soporte multilingüe y redundancia completa). Además, mejora su funcionalidad mediante la integración de bases de datos con MES/ERP, internet y tecnologías de cliente delgado.

### *12.3. Producto: Web Control Center (webCC)*

Permite que una gran variedad de información desde varias áreas de la planta se despliegue simultáneamente en una sola interfaz de usuario. Así, se facilita el control corporativo y la operación y monitoreo de las instalaciones de proceso y plantas de producción. Mediante un navegador de internet basado en Java se tiene acceso simultáneo a diversos sistemas de control central, tales como SiiX-IS, WinCC, Sicalis PMC y Simatic PCS 7. Bases de datos y videos se integran desde la red y pueden enviarse correos electrónicos en cualquier momento. Los datos maestros de sistemas SAP y otros pueden consultarse desde cualquier parte del mundo haciendo realidad el concepto de compañía virtual.

### *12.4. Producto: SIMATIC WinAC ODK (Open Developer Kit)*



Herramienta de software para extender las funciones de WinAC que ofrece una serie de interfases abiertas de alta velocidad para integrar datos de procesos en tiempo real con otras aplicaciones de software. Estas interfases, tales como Actives y OPC, están diseñadas para proveer a las aplicaciones del usuario una manera asíncrona de acceder a los datos del proceso. Permite que el código escrito por el usuario (C, C++, Visual Basic, Java) o aplicaciones de terceros se ejecute como parte del ciclo de barrido del software WinAC

*12.5. Producto: SIMATIC WinAC (Windows Automation Center)*

Mediante esta solución integrada para control, HMI, redes y procesamiento de datos –todos en la misma plataforma– es posible emular el funcionamiento de un PLC en una PC (la parte de control permite que se utilice una PC para emular a un PLC). Esta solución se configura, programa y mantiene con Simatic Step 7, el ambiente estándar de desarrollo para los PLCs de Siemens. Las funciones de computación y visualización proveen todas las interfases que se necesitan para ver el proceso y modificarlo mediante aplicaciones estándar, tales como Microsoft Excel, Visual Basic o cualquier otro paquete estándar HMI.

*12.6. Producto: SIMATIC PLCSim*

Herramienta de software que permite ejecutar programas de Simatic Step 7 en una PC. Así, se pueden depurar con mayor facilidad los programas antes de ingresarlos a los PLCs, facilitando el proceso de liberación de los sistemas de automatización. También funciona con sistemas Simatic WinCC, lo que permite verificar previamente los programas HMI.

*12.7. Producto: SIMATIC Protool*

Herramienta de software que permite a los operadores visualizar e interactuar con los equipos a través de MMI. Comparte un ambiente de configuración común que permite el transporte de aplicaciones entre un amplio rango de plataformas de hardware, incluyendo Windows CE, Windows 95/98 y NT, así como con la línea de consolas de operador de SIMATIC.

### **13. PROVEEDOR: TA-Engineering Products [54]**

*13.1. Producto: Aimax*

Muy robusto y poderoso en la categoría de MMI, este software opera en la plataforma Microsoft Windows y es capaz de almacenar e integrar datos de múltiples fuentes gracias a la disponibilidad de interfaces para una amplia gama de, PLCs, controladores y dispositivos de entrada/salida. Provee diversas funciones, tales como adquisición de datos, alarmas, gráficas, archivos históricos, etcétera.

Es muy fácil de configurar utilizando interfases estándar de Microsoft Windows basadas en Win32 API y arquitectura de componentes (COM, MFC, OPC). Se cuenta con una librería de cientos de símbolos preconstruidos que facilitan la elaboración de gráficos dinámicos. Conserva compatibilidad plena con la mayoría de los fabricantes de PLCs (Allen-Bradley, Modicon y Siemens, entre otros) y cuenta con una base de datos relacional propietaria que le proporciona

un desempeño mejorado y una gran flexibilidad para el manejo de los datos.

#### **14. PROVEEDOR: Wonderware [55]**

##### *14.1. Producto: FactorySuite 2000*

Consiste en un conjunto de aplicaciones de software industrial orientado hacia las aplicaciones de control y MMI. Los principales componentes de la suite son:

- *Intouch*. Provee una perspectiva integrada de todos los recursos de control e información de la planta. De esta manera, los ingenieros, supervisores, gerentes y operadores pueden visualizar e interactuar con los procesos mediante representaciones gráficas de los mismos.
- *IndustrialSQL Server*. Es una base de datos en tiempo real de alto rendimiento que tiene el propósito de hospedar todos los datos de proceso que se generan en la planta. Combina la fortaleza y la flexibilidad de una base relacional convencional con las particularidades de un sistema de tiempo real. Así, la información correspondiente a los procesos de la planta y la de negocios se integran con facilidad.
- *InControl*. Es un sistema de control de arquitectura abierta que permite diseñar, crear, probar y ejecutar programas de aplicación para controlar los procesos. Mediante esta herramienta se pueden crear soluciones de automatización utilizando una variedad de lenguajes gráficos y de texto. Es compatible con un número muy amplio de interfases para dispositivos de entrada/salida, motores, sensores y muchos otros equipos típicos de la planta.
- *In Track*. Permite a los ingenieros modelar y trazar los recursos críticos de la planta, tales como órdenes de trabajo, materiales, especificaciones de producto, instrucciones de trabajo, equipo y recursos humanos, así como datos de proceso y análisis. Posibilita a los usuarios implementar aplicaciones cliente/servidor que les ayuden a controlar y mejorar sus operaciones de manufactura de manera efectiva.
- *InBatch*. Este administrador de procesos de bache está diseñado para automatizar y proveer una historia completa de los procesos de este tipo. Compatible con la norma S88.01 de ISA para procesos de bache, ayuda a crear recetas con facilidad y rapidez, y luego, simular su ejecución a través de un modelo de proceso, sin necesidad de escribir una sola línea de código.


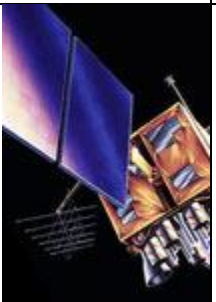
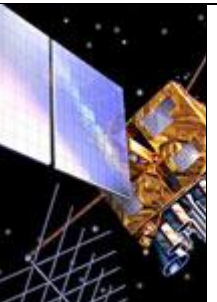
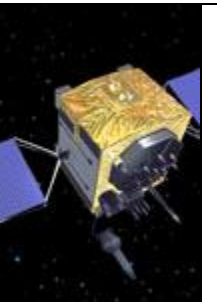
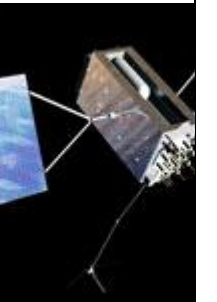
##### *14.2. Producto: SuiteVoyager 1.0*

Este producto es resultado de la reciente estrategia ACT de Wonderware. Desde tal perspectiva, este fabricante tiene el compromiso de desarrollar soluciones de software que ayuden a las empresas a integrar fácilmente los datos en tiempo real que se producen en los procesos de manufactura de la planta con los sistemas de negocios de la misma.

## **ANEXO B: SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)**

## 1. LAS GENERACIONES ACTUALES Y FUTURAS DE SATÉLITES

La constelación GPS es una mezcla de antiguos y nuevos satélites. La siguiente tabla resume las características de las generaciones actuales y futuras de los satélites GPS, incluyendo Bloque II (segunda generación "avanzada"), Bloque IIR ("Reposición"), Bloque IIR (M) ("modernizado"), Bloque IIF (" siga-on "), y el GPS III [33].

LEGACY SATELLITES		MODERNIZED SATELLITES		
				
Block IIA	Block IIR	Block IIR(M)	Block IIF	GPS III
0 operacionales	12 operacionales	7 operacionales	12 operacionales	En producción
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código de Adquisición Gruesa (C / A) en la frecuencia L1 para los usuarios civiles</li> <li>• Código P precisa (Y) en las frecuencias L1 y L2 para los usuarios militares</li> <li>• vida útil de diseño de 7,5 años</li> <li>• Lanzado en 1990-1997</li> <li>• El último dado de baja en 2016</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• código C / A en L1</li> <li>• P (Y) de código en L1 y L2</li> <li>• Monitorización del reloj de a bordo En</li> <li>• vida útil de diseño de 7,5 años</li> <li>• Lanzado en 1997-2004</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las señales heredadas</li> <li>• 2ª señal civil en L2 (L2C)</li> <li>• Las nuevas señales del código M militares para mejorar la resistencia a la mermelada</li> <li>• niveles de potencia flexibles para señales militares</li> <li>• vida útil de diseño de 7,5 años</li> <li>• Lanzado en 2005-2009</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todo Bloque IIR (M) señales</li> <li>• tercera señal civil en la frecuencia L5 (L5)</li> <li>• relojes atómicos avanzada</li> <li>• Mejora de la precisión, intensidad de la señal, y la calidad</li> <li>• vida útil de diseño de 12 años</li> <li>• Lanzado en 2010-2016</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las señales Bloque IIF</li> <li>• 4ª señal civil en L1 (L1C)</li> <li>• una mayor fiabilidad de la señal, la precisión y la integridad</li> <li>• No hay disponibilidad selectiva</li> <li>• Satélites: 11+ reflectores láser; búsqueda y rescate de carga útil</li> <li>• vida útil de diseño de 15 años</li> <li>• Disponible para su lanzamiento en el año 2016</li> </ul>

## 2. APLICACIONES DEL GPS

La índole gratuita, interrumpida y fiable del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) ha permitido a los usuarios de todo el mundo desarrollar cientos de aplicaciones que afectan casi todas las facetas de la vida moderna[56]

### *2.1.1. Agricultura*

La combinación del GPS con los sistemas de información geográfica, GIS, ha hecho posible el desarrollo y aplicación de la 'agricultura de precisión' o de localización específica. Esas tecnologías permiten acoplar datos obtenidos en tiempo real con información sobre posicionamiento, lo que conduce al análisis y el manejo eficientes de gran cantidad de datos geoespaciales. Las aplicaciones en la agricultura de precisión basadas en el GPS se están usando, además, en la planificación de cultivos, el levantamiento de mapas topográficos, muestreo de los suelos, orientación de tractores, exploración de cultivos, aplicaciones de tasa variable y mapas de rendimiento. Además, el GPS permite a los agricultores trabajar en condiciones de baja visibilidad en los campos, por ejemplo con lluvia, polvo, niebla o penumbra[57].

### *2.1.2. Aviación*

Los aviadores de todo el mundo utilizan el GPS para elevar la seguridad y la eficiencia de sus vuelos. Con su precisión, continuidad y cobertura global, el GPS ofrece servicios de navegación por satélite sin obstáculos que satisfacen muchos de los requisitos de los usuarios de la aviación. El posicionamiento y la navegación hacen posible la determinación tridimensional de la posición para todas las fases del vuelo, desde el despegue, el vuelo en ruta y el aterrizaje, hasta el movimiento sobre la superficie del aeropuerto[58].

### *2.1.3. Carreteras y Autopistas*

Se calcula que los retrasos causados por la congestión en autopistas, calles y sistemas de tránsito en todo el mundo acarrearán una menor productividad calculada en cientos de miles de millones de dólares anuales. Otros aspectos negativos de la congestión de tráfico son los daños personales y materiales, la mayor contaminación y el despilfarro de combustible.

La disponibilidad y precisión del GPS resulta en mayor eficiencia y seguridad para los vehículos en las autopistas, calles y sistemas de transporte público en todo el mundo. Muchos de los problemas asociados con la asignación de rutas y el despacho de vehículos comerciales se ven grandemente reducidos, e incluso eliminados por completo, gracias a la ayuda del GPS. Así sucede también con la gestión de los sistemas de transporte público, el personal de mantenimiento de las carreteras y la operación de los vehículos de emergencia[59].

### *2.1.4. Cronometría*

Además de la longitud, latitud y altitud, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) proporciona una cuarta dimensión esencial: la cronometría. Cada satélite de la constelación GPS contiene múltiples relojes atómicos que contribuyen con datos horarios muy precisos a las señales del GPS. Los receptores del GPS descodifican esas señales y sincronizan eficazmente cada receptor con los relojes atómicos. Ello posibilita a los usuarios determinar la hora con una aproximación de hasta cien mil millonésimas de segundo sin necesidad de adquirir los costosos relojes atómicos y operarlos.

La hora sincronizada con precisión es crucial para toda una serie de actividades económicas alrededor del mundo. Los sistemas de comunicación, redes de distribución eléctrica y redes financieras dependen de la hora precisa para sincronizarse y operar con eficiencia. El uso gratuito de la cronometría del GPS ha redundado en ahorros importantes y avances significativos para las compañías que dependen de horas exactas y ha conducido a importantes avances en términos de capacidad[60].

#### 2.1.5. *Espacio*

El GPS está revolucionando y revitalizando la forma como las naciones operan en el espacio, desde los sistemas de orientación para vehículos tripulados pasando por la gestión, seguimiento y control de constelaciones de satélites de comunicaciones, hasta la observación de la Tierra desde el espacio. Entre los beneficios derivados del uso del GPS se incluyen [61]:

- **Soluciones para la navegación:** El GPS proporciona determinaciones orbitales de gran precisión, y mínimo personal de control en tierra, con unidades del GPS con calificación espacial.
- **Soluciones a la orientación:** El GPS sustituye sensores de orientación a bordo con antenas múltiples GPS de bajo costo y algoritmos especializados.
- **Soluciones cronométricas:** El GPS sustituye los relojes atómicos de alto costo para naves con receptores de bajo costo GPS de sincronización precisa.
- **Control de constelaciones:** un solo punto de contacto con el control para mantener en órbita numerosos vehículos espaciales, como satélites de telecomunicaciones.
- **Vuelo en formación:** El GPS posibilita realizar formaciones satelitales precisas con intervención mínima del personal de tierra.
- **Plataformas virtuales:** El GPS ofrece servicios de “mantenimiento” automático de las estaciones y de posiciones relativas para maniobras científicas avanzadas de rastreo, como la interferometría.
- **Seguimiento o rastreo del vehículo lanzado:** El GPS sustituye o aumenta los radares de rastreo con unidades GPS de alta precisión y bajo costo para seguridad de alcance y terminación del vuelo autónomo

#### 2.1.6. *Medio Ambiente*

Para crear un equilibrio entre la preservación del medio ambiente y la satisfacción de las necesidades humanas, es menester contribuir con información actualizada a la formulación de decisiones. El acopio de información precisa y oportuna es uno de los mayores desafíos que enfrentan los gobiernos y las organizaciones privadas responsables de formular esas decisiones. El Sistema de Posicionamiento Global contribuye a satisfacer esa necesidad.

Los sistemas de acopio de datos proporcionan a los que formulan decisiones información descriptiva y datos de posicionamiento exacto acerca de personas, animales y cosas distribuidos en muchos kilómetros a la redonda. La vinculación de la información de posicionamiento con otros tipos de datos nos permite analizar muchos problemas ambientales desde un nuevo ángulo. Los datos de posicionamiento obtenidos con el GPS de una situación particular pueden incorporarse a programas de información geográfica, GIS, lo que permite el análisis simultáneo de aspectos espaciales y otros tipos de información a fin de lograr una comprensión más cabal de cualquier situación que la que se obtendría por medios convencionales[62].

#### *2.1.7. Navegación Marítima*

El GPS ha transformado la forma en que el mundo funciona. El mejor ejemplo de ello son las operaciones marítimas, incluidas las de búsqueda y rescate. El GPS proporciona el método más rápido y preciso para que los marineros puedan navegar, medir su velocidad y determinar su posición en todo el mundo con mayor seguridad y eficiencia[63].

#### *2.1.8. Recreación*

El GPS ha eliminado muchos de los peligros asociados con las actividades recreativas más comunes proporcionando la capacidad de determinar la posición de forma precisa. Los receptores del GPS han ampliado el alcance y el disfrute de las activas al aire libre, simplificado muchos de los problemas tradicionales, como poder mantenerse en el sendero adecuado o regresar al lugar donde la pesca es mejor[64].

#### *2.1.9. Seguridad Pública y Socorro en Casos de Desastre*

El tiempo de respuesta es componente esencial para el éxito de toda operación de rescate. El conocimiento de la ubicación precisa de puntos de referencia, calles, edificios, servicios de emergencia y de los centros de socorro en casos de desastre reduce ese tiempo y ayuda a salvar vidas humanas. Esa información es vital para que los equipos de salvamento y seguridad pública puedan proteger vidas humanas y reducir las pérdidas materiales. El GPS es una tecnología que contribuye a enfrentar esas necesidades[65].

#### *2.1.10. Topografía y Cartografía*

Los topógrafos y cartógrafos figuran entre los primeros en aprovechar el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), ya que hizo aumentar considerablemente la productividad y produjo datos más precisos y fiables. Hoy en día, el GPS es parte vital de las actividades topográficas y cartográficas en todo el mundo[66].

#### *2.1.11. Vías Férreas*

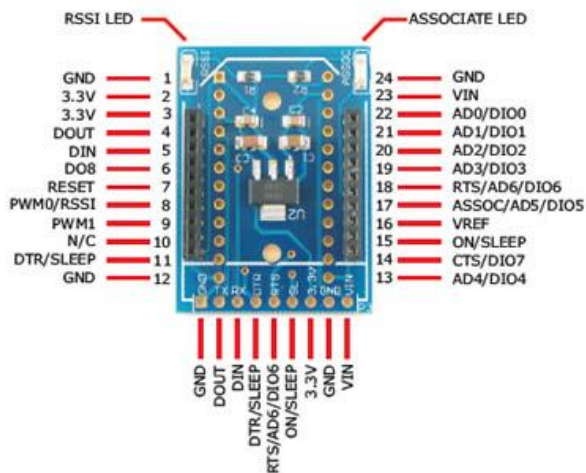
Los sistemas ferroviarios en todo el mundo utilizan el GPS para seguir el desplazamiento de locomotoras, vagones de ferrocarril, vehículos de mantenimiento y equipo periférico en tiempo real. El GPS, al combinarse con otros sensores, computadoras y sistemas de comunicaciones, mejora la seguridad, la protección y la eficacia operativa ferroviarias. La tecnología ayuda a reducir accidentes, demoras y costos de funcionamiento, al tiempo que hace aumentar la capacidad de la vía férrea, la satisfacción de los usuarios y la rentabilidad[67].

## **ANEXO C: MODULOS XBEE**



## 1. XBEE

Los módulos XBee son dispositivos que integran un transmisor - receptor de ZigBee y un procesador en un mismo módulo, lo que le permite a los usuarios desarrollar aplicaciones de manera rápida y sencilla.



## 2. DEFINICIÓN DE ZIGBEE

Zigbee es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas *IEEE\_802.15.4*. Creado por *Zigbee Alliance*, una organización, teóricamente sin ánimo de lucro, de más de 200 grandes empresas (destacan Mitsubishi, Honeywell, Philips, Motorola, Invensys,...), muchas de ellas fabricantes de semiconductores.

Zigbee permite que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar sus comunicaciones inalámbricas. Es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y, sobre todo, domóticos.

Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4GHz. A diferencia de bluetooth no utiliza FHSS (Frequency hopping), sino que realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia, es decir, de un canal. Normalmente puede escogerse un canal de entre 16 posibles. El alcance depende de la potencia de emisión del dispositivo así como el tipo de antenas utilizadas (cerámicas, dipolos, ...) El alcance normal con antena dipolo en visión directa suele ser aproximadamente (tomando como ejemplo el caso de MaxStream, en la versión de 1mW de potencia) de 100m y en interiores de unos 30m. La velocidad de transmisión de datos de una red Zigbee es de hasta 256kbps. Por último decir que una red Zigbee la pueden formar, teóricamente, hasta 65535 equipos, es decir, el protocolo está preparado para poder controlar en la misma red esta cantidad enorme de dispositivos. La realidad es menor, siendo, de todas formas, de miles de equipos[15][19].

## 3. VERSIONES XBEE

Existen diferentes versiones de módulos XBee:

### 3.2. XBee Series 1 (también llamados XBee 802.15.4)

Son la serie más fácil para trabajar, no necesitan ser configurados, pero incluso así se pueden obtener beneficios. Debido a que son fáciles para trabajar, nosotros los recomendamos, especialmente si estás empezando en esto. Para comunicaciones Punto-a-Punto, estos módulos trabajan tan bien como los de la Serie 2, pero sin todo el trabajo de pre configuración previa. Un módulo Serie 1 no dirá Serie 1 en él, pero tampoco lo dirá uno de la Serie 2. Si no lo dice,

entonces el módulo es un Serie 1. El hardware de las Series 1 y las Series 2/2.5/ZB NO SON COMPATIBLES.

### 3.3. XBee Znet 2.5 (Formalmente Series 2)

Retirado – Estos son los divertidos. Los módulos Serie 2 deben ser configurados antes de ser usados. Pueden funcionar en modo Transparente o por medio de comandos API, pero todo esto depende de cual firmware se configure en los módulos. También pueden funcionar en una red mesh, creando unos módulos totalmente configurables e increíbles. Pero también son más difíciles que usar que los de la Serie 1. No existe una forma en que estos módulos sean compatibles con los de la Serie 1. Los módulos Znet 2.5 ya no se venden, pero han sido reemplazados con módulos ZB más compatibles.

### 3.4. ZB (el actual módulo Series2)

Básicamente es el módulo Znet 2.5, pero con un nuevo firmware. Esto significa que también funcionan en modo transparente o por medio de comandos API. También funcionan en redes mesh. Puedes tomar el nuevo firmware y actualizarlo tú mismo. El firmware entre ambos no es compatible (pero es fácilmente intercambiable) por lo que debes elegir cuál firmware deseas usar, y apegarte a éste para crear toda la red.

### 3.5. 2B (el incluso más actual módulo Series2)

Son nuevos módulos que poseen mejoras en el hardware respecto de los de la Serie 2, , mejorando por ejemplo el uso de la potencia. Funcionan con el Firmware del módulo ZB, pero debido al cambio de hardware, ya no pueden funcionar con el firmware del módulo Znet 2.5. Por lo que ten cuidado si agregas uno de estos módulos a una red ya existente que utilice módulos Znet 2.5. Actualmente algunas de nuestras tarjetas son 2B y otras son ZB.

### 3.6. 900MHz

Técnicamente no es una Serie, pero sí es una familia tal como los otros. Estos módulos pueden funcionar con dos diferentes tipos de firmware, el firmware DigiMesh y el firmware Point-to-Multipoint. Digi (quien fabrica los módulos) actualmente vende ambos módulos, el hardware es el mismo, pero con diferentes firmware. OLIMEX solamente vende la versión Point-to-Multipoint, pero el firmware se puede cambiar fácilmente. Estos módulos son más o menos Plug and Play (llegar y usar) pero por supuesto no se podría tener beneficio de todas las grandes características que en el módulo se pueden configurar.

### 3.7. XSC

Son, básicamente, módulos de 900MHz, pero sacrifican velocidad de datos por el alcance. Los módulos 900MHz tienen una velocidad de datos de aproximadamente 156 Kbps (los otros de aproximadamente 250 Kbps), mientras que en los módulos XSC es de alrededor de 10 Kbps. Por otro lado, si se coloca una antena de alta ganancia se puede tener un alcance de alrededor de 24 Km y de 9,6 Km con una antena regular. Estos módulos no requieren configuración externa y tienen otras diferencias incluyendo un set de comandos diferente a los

anteriores por lo que se recomienda revisar con anterioridad la hoja de comandos.