

Estación Integral Evaluadora de Factores Ambientales

Autor: Depetris, Leonardo

Estudiante de Ingeniería Electrónica en UTN Facultad
Regional San Francisco
E-mail: leodepetris@gmail.com

Autor: Pipino, Hugo

Estudiante de Ingeniería Electrónica en UTN Facultad
Regional San Francisco
E-mail: hugopipino@gmail.com

Resumen—

La importancia de controlar y mejorar las condiciones ambientales radica en que afecta directamente la salud humana, como así también la seguridad de personas, bienes e instalaciones; es por ello, que este prototipo pretende mantener un control de ciertas magnitudes físicas y químicas útiles para determinar la ergonomía en el trabajo, que son: temperatura, humedad, iluminación, ruido y monóxido de carbono.

La implementación de dicho dispositivo nos permite medir, con un grado de exactitud aceptable, todas las magnitudes mencionadas, contando con la posibilidad de extraer ciertos módulos para permitir mediciones en puntos específicos comunicados mediante una red inalámbrica, contando con una visualización en PC. A futuro, se espera que este prototipo pueda comandar accionadores para evitar incidentes, por ejemplo: accionar una válvula de ventilación en el caso que se detecte un nivel excesivo de monóxido de carbono. De acuerdo a lo estipulado, el dispositivo cumple con los requerimientos de alcance y exactitud requeridos, a excepción del módulo encargado de determinar el nivel de ruido (decibelímetro), el cual se encuentra aún en etapa de mejoras.

Palabras clave: *sensores, riesgos de trabajo, medición, contrastación de instrumental, redes.*

I. INTRODUCCIÓN

El marco teórico para basar el desarrollo del prototipo mencionado surge como solución a la problemática relacionada con los accidentes laborales y/o enfermedades profesionales; es por ello que se ideó un dispositivo de bajo costo que fuese capaz de ayudar a las personas, ya sea asegurando su bienestar o bien efectuando las correcciones necesarias. Luego de investigar las exigencias legales, se desarrolló un dispositivo teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Temperatura: En todas las cuestiones relativas a condiciones climáticas debe tenerse en cuenta que ha de aspirarse al estado de equilibrio térmico respecto al cuerpo de las personas que trabajan. Esto significa que la cantidad de calor liberada por el cuerpo a causa de los procesos metabólicos necesarios para la

vida y la energía debida al trabajo debe traspasarse al ambiente. Las condiciones climáticas en el puesto de trabajo deben adaptarse a las necesidades corporales y al grado de actividad [5].

Luz e Iluminación: La luz artificial al igual que la luz natural debe proporcionar una iluminación suficiente con una uniformidad relativamente buena (distribución por los distintos puntos) y sin que deslumbre. Es preferible disponer siempre de luz natural aunque debe evitarse la radiación de calor debida a la luz solar directa. En las salas de trabajo que no dispongan de luz natural o donde las autoridades la hayan prohibido por aumentar los riesgos de accidente, debe existir iluminación de emergencia [5].

Monóxido de carbono: asfixiante químico, es una sustancia con la que la hemoglobina sanguínea muestra mayor afinidad que con el oxígeno (cerca de 200 veces más); dando como resultado un compuesto, carboxihemoglobina, que es una sustancia muy estable que impide el intercambio vital de oxígeno y dióxido de carbono a través de la hemoglobina en la sangre. Además, está el hecho de que su presencia es difícilmente detectable sin instrumentos; y aunque algunos de los contaminantes con los que puede encontrarse poseen olores, en sí es inodoro, incoloro, insípido y no irritante; por lo que ninguno de los sentidos es capaz de advertir de éste a la víctima [1] [2].

Ruido: generalmente se define como un sonido desagradable, no deseado, perjudicial, perturbador o dañino para quien lo percibe. La exposición a este agente físico durante un largo periodo de tiempo puede provocar una pérdida permanente de la audición, perjudicar la capacidad de trabajar perturbando la concentración o dificultar las comunicaciones y señales de alarma [4].

II. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

La parte central de nuestro prototipo está compuesta por un microcontrolador PIC 18F2550 [10]. El mismo fue programado en "C", utilizando el programador Pickit3 como soporte de hardware y el software MPLAB IDE v8.91 como

entorno de programación. También fue necesario el uso del software Proteus Isis 7 como simulador.

Se eligió la utilización de un teclado provisto con 6 teclas para seleccionar cada función, un display LCD para la visualización de los resultados y la utilización de módulos X-Bee para realizar la comunicación inalámbrica entre los dispositivos. En diagrama en bloques, tenemos un esquema como el mostrado en la Fig. 1.

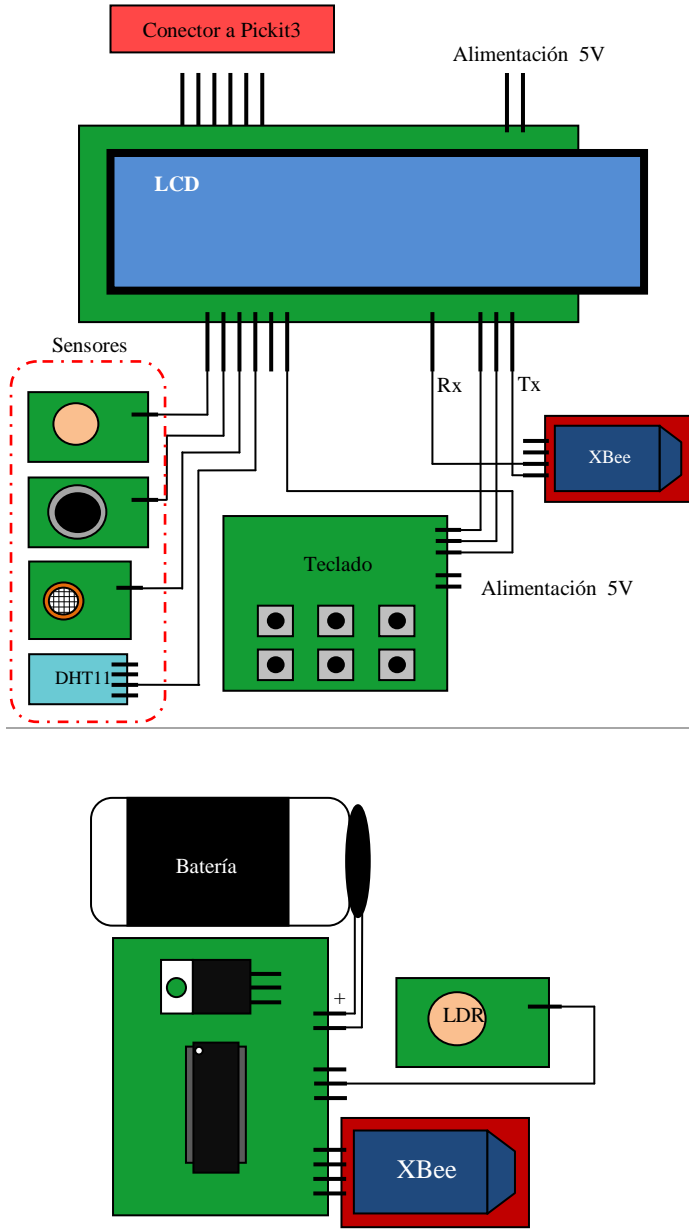


Fig. 1. Esquemas de diseño: a) nodo principal; b) nodo auxiliar (ejemplo).

El funcionamiento del circuito gira entorno del microcontrolador, encargado de realizar el manejo del display LCD, utilizando la parte baja del puerto C para las líneas de control del mismo y la parte baja del puerto B para el manejo de datos. Dada la disponibilidad de entradas, se utiliza la parte baja del puerto A para ingresar los datos de cada sensor

simultáneamente, siendo seleccionada la visualización mediante el teclado. La calibración de cada una de las magnitudes se realiza tanto por software (cálculos matemáticos), como por hardware a través de presets que se hallan junto a cada uno de los sensores. El prototipo utiliza las líneas TX y RX para realizar una transmisión serie, siendo dichos datos los que luego se transmiten inalámbricamente mediante el uso de los módulos X-Bee. En la Fig. 2, vemos el diagrama de flujo del software desarrollado.

Por otro lado, como se muestra en la Fig. 3, el teclado está compuesto por seis pulsadores conectados a una lógica combinacional para generar un código binario en tres de las entradas del microcontrolador.

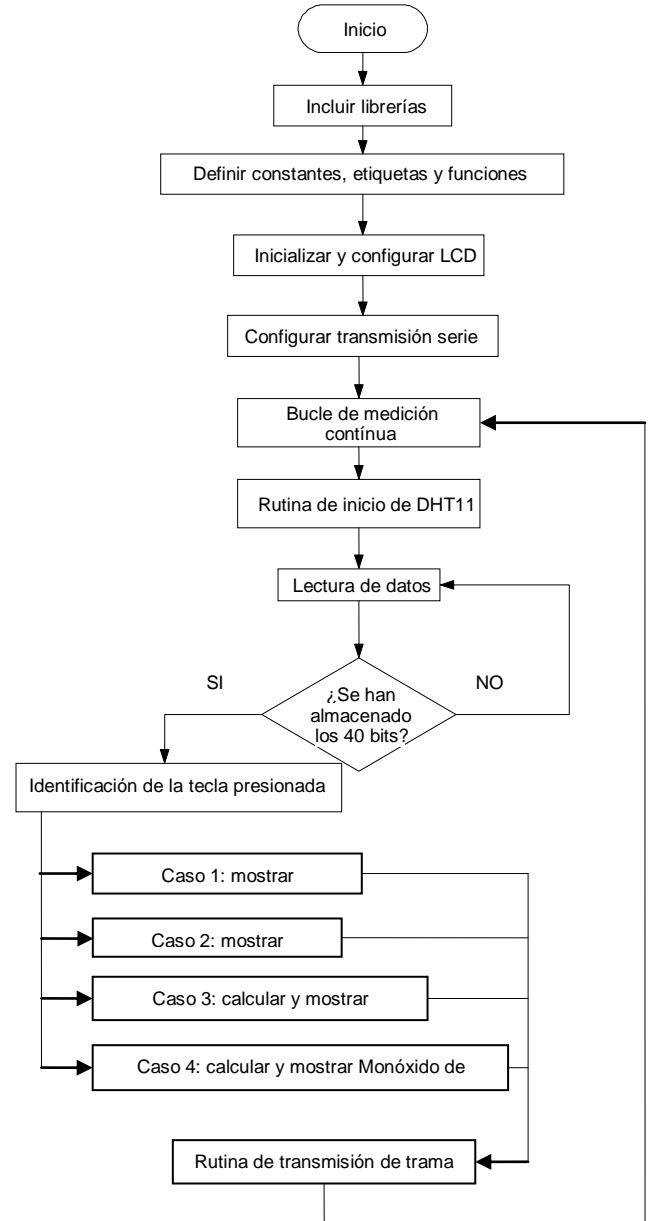


Fig. 2. Diagrama en bloques del software.

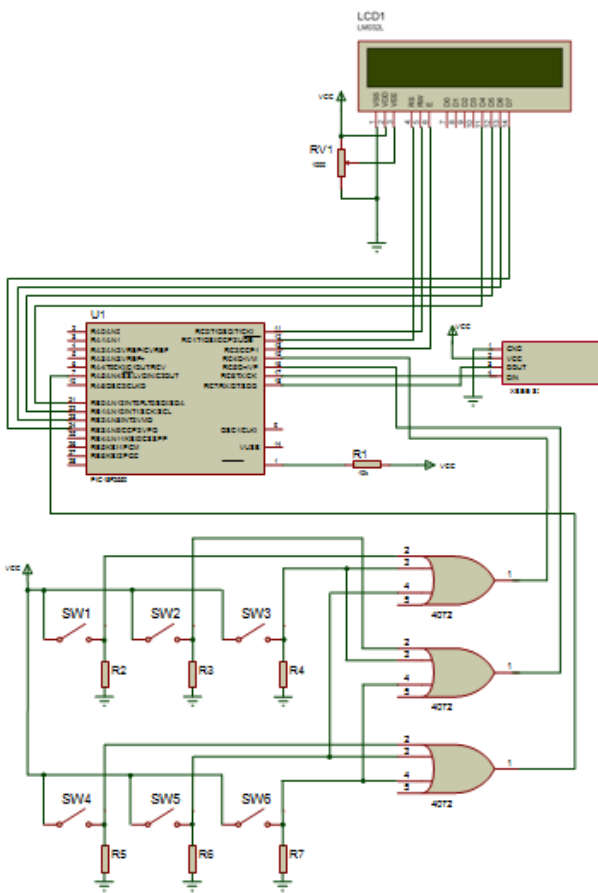


Fig. 3. Esquema de circuitos.



Fig. 4. Prototipo implementado.

Una vez asegurado el funcionamiento de las mediciones, uso del teclado y visualización en el LCD, se procedió a la realización de la red Zig-Bee API.

El motivo de la realización de dicha red, está dado por la necesidad de realizar mediciones en puntos aislados o móviles, mientras que se lleve un control desde un sector de monitoreo

de la planta. La característica de inalámbrica proporciona mayor libertad de movimientos y al configurarse como red se expanden los límites de alcance de las mismas.

Para esto, se utilizaron cuatro módulos X-Bee, configurados de la siguiente manera:

- **Coordinador:** es el responsable de iniciar la red Zig-Bee. Al arrancar, el coordinador mide la energía en cada uno de los canales y elige el más silencioso. Toda red necesita si y solo si un único dispositivo coordinador, en nuestro caso teniéndolo conectado en la PC, permitiendo la visualización de los resultados (ingresando los datos vía USB, y utilizando el software Labview para la decodificación de la trama recibida, como se verá luego).
- **Router:** son dispositivos capaces de actuar como buffers para otros, y pueden ser coordinadores de un pequeño grupo de éstos. Los end-devices siempre entregan los mensajes a su coordinador (un router o el coordinador de la red Zig-Bee), quien a su vez almacena los mensajes para éstos hasta tanto no despierten y lo contacten, momento en el cual se los entrega. Los routers son los encargados de derivar las tramas hacia otros routers para que puedan llegar a su destino final. La red efectuada está configurada con dos routers (nodos auxiliares de medición), permitiendo un mayor alcance total.
- **End-devices:** son dispositivos con funcionalidad reducida, los cuales tienen permitido dormir periódicamente. Para esto, se asocian a un router al cual reportan periódicamente. Estos dispositivos carecen de funcionalidad de routing y siempre entregan sus mensajes a su coordinador (un router o el coordinador de la red Zig-Bee) [6].

Por lo anterior, la red queda conformada por una topología como la de la Fig. 5.

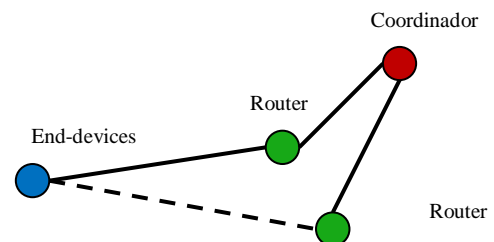


Fig. 5. Topología de red.

Una vez configurados los módulos X-Bee se diseñó una visualización de los datos transmitidos utilizando el software Labview (Fig. 6). Labview es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo que utilizan el lenguaje C o BASIC. Sin embargo, emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques. Dado los requerimientos impuestos, el programa debía obtener los datos presentes en el puerto USB, almacenar la trama y decodificar

los datos presentes en la misma, que consisten en identificar la dirección del nodo que envía los datos e interpretar la medición obtenida. Esto fue posible mediante el driver de adquisición de datos de Labview y realizando sucesivos truncamientos y manipuleos de la trama recibida.

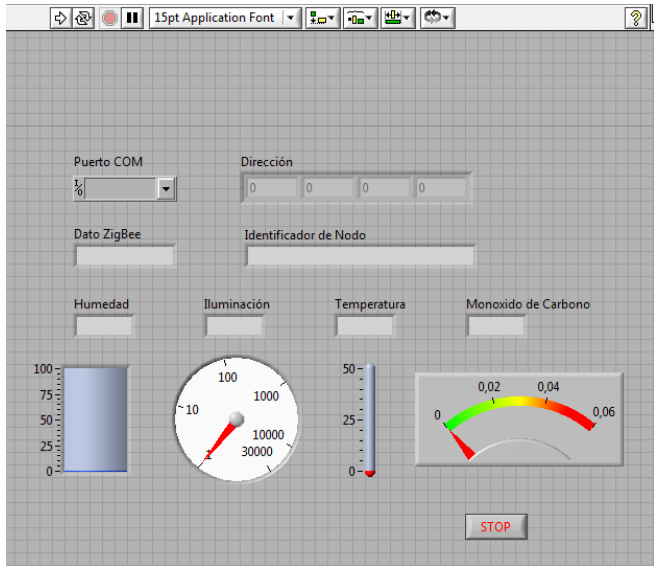


Fig. 6. Visualización de las mediciones mediante Labview.

III. MEDICIONES Y RESULTADOS

Como se observa en la Fig. 7, el consumo de los dispositivos es reducido, permitiendo su utilización con baterías, aunque dadas las aplicaciones de cada uno de ellos, es conveniente utilizar el dispositivo multímetro con transformador a la red eléctrica, ya que de ésta forma puede estar en funcionamiento continuo sin ocasionar un consumo apreciable en el domicilio o industria donde se instale. Por otro lado, los dispositivo auxiliares de medición inalámbrica tienen un consumo aproximado de 50 mA (no gráficoado), que al conectarse a una simple batería de 9V proporcionaría un uso continuo aproximado de 80 hs, dado que las variables objeto de medición no presentan cambios continuos significativos, es posible realizar muestreos periódicos, aumentando así la autonomía del mismo a más de un año.

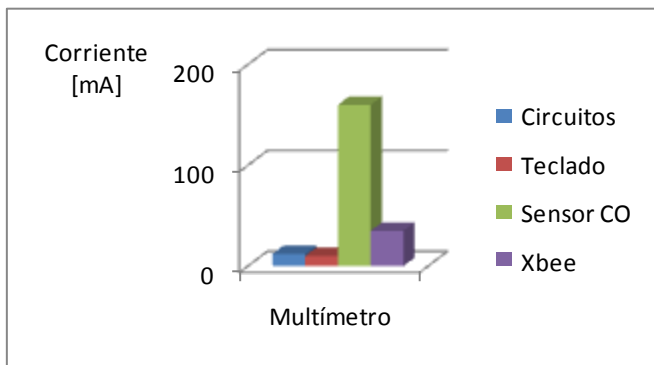
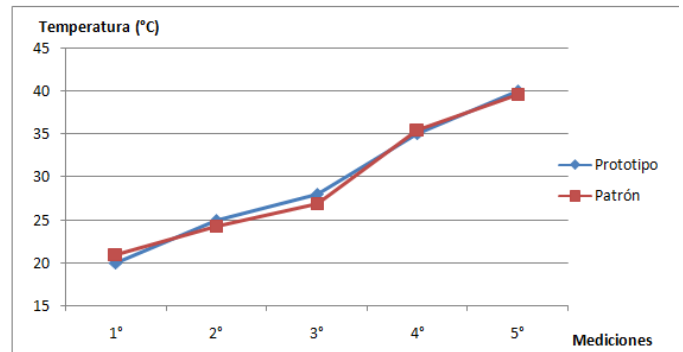


Fig. 7. Gráfico de consumos.

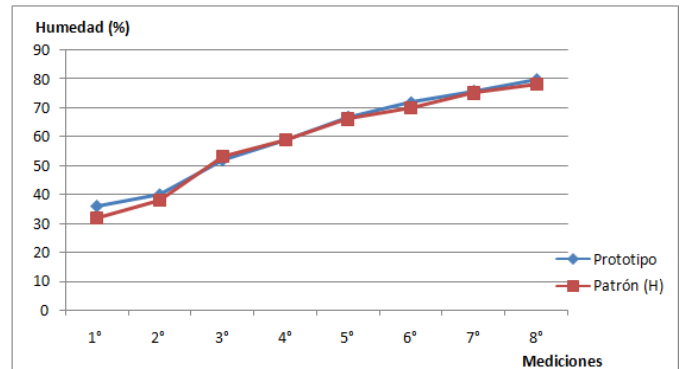
Para asegurar el adecuado funcionamiento del prototipo es necesario realizar una contrastación, o sea comparar el prototipo con un instrumento perfectamente calibrado (patrón) para poder conocer los errores del primero, ya que existen ciertos errores sistemáticos como pueden ser alinealidades en la respuesta, y/o errores aleatorios producto de la tolerancia de los componentes empleados para la fabricación. Se debe contrastar periódicamente todos los instrumentos de medida para saber el error con que se trabaja y si es posible corregirlo; Las normas de calidad (por ejemplo las ISO) exigen la contrastación de todos los instrumentos de medida indicando: los datos del instrumento patrón, número de serie del mismo, fabricante, clase, etc. Además se debe llevar registro escrito de las contrastaciones y sus resultados [7].

Dado que el prototipo realiza mediciones de varias magnitudes fue necesario realizar contrastaciones para cada una de ellas, a continuación (Fig. 8) mencionamos el instrumento utilizado como patrón y graficamos los resultados obtenidos.

Instrumento patrón de temperatura: *Termómetro Ambiental Checktemp 1. Marca: Hanna Instruments*. Dado que ambos están especialmente diseñados como termómetros ambientales el rango aproximado de medición es de 20°C a 50°C.

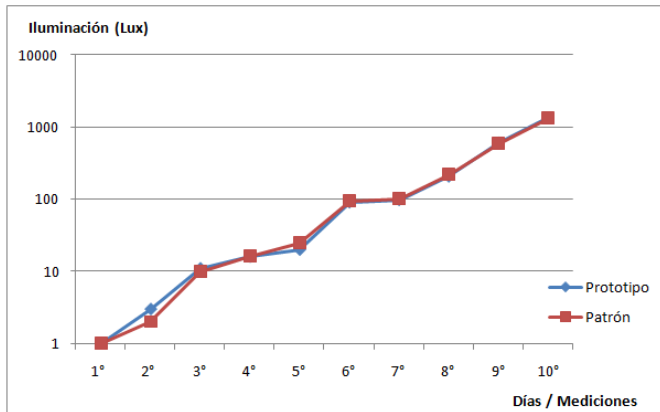


Instrumento patrón de humedad: *Higrómetro Analógico de control de humedad en violines. Marca: Stradella MV1414A*.



Como nota adicional, además de poseer buena linealidad de respuesta, el dispositivo utilizado como higrómetro presenta una respuesta más rápida que el instrumento patrón.

Instrumento patrón de iluminación: *Medidor Digital de Luz. Modelo 401025. Marca: Extech Instruments.*



Cabe aclarar, que la escala está dada con eje vertical logarítmico, para facilitar la visualización.

Patrón de monóxido de carbono: Inspección Técnica Vehicular (ITV) – Vecor S.R.L. San Francisco.

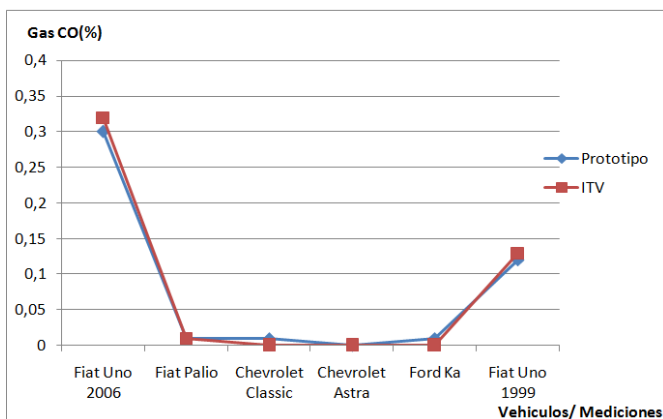


Fig. 8. Curvas de contrastación.

Como se aprecia en las curvas, se observó buena linealidad en la respuesta de la mayoría de las magnitudes físicas; siendo descartada, por el momento, la medición de ruido debido al incremento del error al aumentar la distancia de la fuente emisora de ruido.

A continuación se muestra una tabla con los correspondientes rangos de medida y exactitud obtenida.

Tabla 1: Resumen de características de los instrumentos.

Magnitud	Rango	Exactitud
Temperatura	0 a 50 °C	± (5% + 1 dígito)
Humedad	20 a 90 %	± (5% + 1 dígito)
Iluminación	0 a 10.000 lux	± (9% + 1 dígito)
Monóxido de C.	0.00 a 1.00 %	± (8% + 1 dígito)

IV. CONCLUSIONES

Evaluando los resultados obtenidos, concluimos que la utilización del prototipo permite una visión amplia de las variables ambientales en sectores industriales con una exactitud adecuada. De este modo, la utilización del dispositivo podría ayudar en la toma de decisiones convenientes para evitar accidentes y/o enfermedades de distinta índole.

Su característica modular y la comunicación inalámbrica facilitan la medición en puntos remotos y objetos en movimiento, incluso sobre el operario.

V. AGRADECIMIENTOS

A los docente que colaboraron con el proyecto Ing. Jorge Bossio (Medidas Electrónicas II), al Ing. Gerardo Lurgo (Técnicas Digitales III) y al Mg. Ing. Gastón Peretti, por el acompañamiento y apoyo brindado durante la realización del trabajo. A la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Francisco, por suministrar parte del instrumental utilizado para realizar las contrastaciones. A los alumnos Leandro Alegre y Mayco Cervetto. A la Inspección Técnica Vehicular (ITV) Vecor SRL San Francisco, por permitirnos evaluar los automóviles presentes y comparar así el instrumento patrón con el dispositivo realizado.

VI. BIBLIOGRAFÍA Y SITIOS WEB

- [1] C. Ray Asfahl, David W. Rieske. *Seguridad industrial y administración de la salud* – Pearson , 6° Edición 2010.
- [2] Letayf, Jorge. González, Carlos. *Seguridad, Higiene y Control Ambiental* – Mc Graw Hill, 1994.
- [3] Creus, Antonio. Mangosio, Jorge. *Seguridad e Higiene en el Trabajo, un enfoque integral* - ALFAOMEGA, 2011.
- [4] Apunte de cátedra *Higiene, Seguridad y Medio Ambiente*. Ingeniería Electrónica, UTN Facultad Regional San Francisco, 2009.
- [5] Guía práctica para medición de condiciones ambiente – Testo.
- [6] Caprile, Sergio R. *Equisbí Desarrollo de aplicaciones con comunicación remota basadas en módulos Zig-Bee y 802.15.4* – Gran Aldea Editores.
- [7] Apunte de cátedra *Medidas Electrónicas I*. Ingeniería Electrónica, UTN Facultad Regional San Francisco, 2012.
- [8] http://es.wikipedia.org/wiki/Mon%C3%B3xido_de_carbono
- [9] Ley N° 19.587. Higiene y Seguridad Laboral.
- [10] Hoja de datos: microcontrolador PIC 18F2550.