Hands-on Science. Science Education. Discovering and understanding the wonders of Nature
© 2021 HSci. ISBN 978-84-8158-841-5

Monitoring of environmental parameters at schools for the improvement of academic performance and airborne diseases control

J Diz-Bugarín[1], JL Rodríguez-Fernández[1], M Rodríguez-Paz[2], A Vilela-González[1], M Martínez-Méndez[1], C Rodríguez-López[2] A Pérez-Rodríguez[3]
[1]IES Escolas Proval, Nigrán, Spain
[2]IES Val Miñor, Nigrán, Spain
[3]Hermes Smart Control, Nigrán, Spain
javier.diz@edu.xunta.gal

Abstract. This paper presents a network of environmental sensors developed for the continuous monitoring of variables like temperature, relative humidity, light and carbon dioxide at high schools in Galicia, Spain. The information provided by the sensors can be transmitted in real time and stored at a server for processing and public diffusion. In particular, the carbon dioxide levels serve as an indicator of the air quality to help prevent diseases transmission and improving the welfare and academic performance of students. The development of the meters has been supported by an innovation project granted by the Government of Galicia.

Keywords. Environmental monitoring, electronic sensors, academic performance, disease control.

1. Introdución

A calidade do aire interior é un factor de gran importancia para o control de enfermidades transmitidas polo aire (como a COVID-19) nos contornos educativos. Por outra banda, un baixo nivel de osíxeno ou un exceso de dióxido de carbono poden provocar deterioro cognitivo [1], fatiga e outros efectos, con graves consecuencias nos resultados académicos dos estudantes, na súa saúde e benestar. Asemade, o rendemento enerxético dos edificios educativos vese fortemente afectado por factores como os horarios excesivos de ventilación e calefacción, ademais doutros intrínsecos como defectos de construción ou mal illamento. Para conseguir un equilibrio entre estas diferentes necesidades é fundamental contar con información completa sobre os parámetros ambientais dos edificios, facendo un gran número de medicións en diferentes puntos durante un amplo intervalo. Todos estes datos deberían estar centralizados e fácilmente accesibles para o seu procesamento posterior.

Para acadar estes obxectivos un equipo de profesores de dous institutos (IES Escolas Proval e IES Val Miñor, Nigrán, España) e a empresa local Hermes Smart Control puxeron en marcha un proxecto cooperativo para o desenvolvemento de medidores electrónicos de variables como temperatura, humidade relativa, niveis de iluminación e dióxido de carbono (Fig. 1). O proxecto iniciouse na actual situación de pandemia de COVID-19, pero vai máis aló deste contexto e busca a mellora da eficiencia enerxética dos centros educativos e o estudo da relación entre o rendemento académico do alumnado e os parámetros ambientais dos edificios. A nosa proposta creará prototipos de medidores que se poderán conectar á rede de datos dos centros educativos e enviará información de forma continua a un servidor (situado en cada centro ou externo). Outros prototipos almacenarán os datos nunha memoria ou tarxeta SD. No mercado hai moitos equipos [2,3] que cumpren estes requisitos, pero son moi caros (sobre todo se está previsto instalalos en todas as aulas) ou teñen sensores de mala calidade. En moitos casos as medicións realízanse en períodos de curta duración e non proporcionan información suficiente para un estudo sistemático das condicións do medio. Os medidores deben ser económicos, fiables, cun número variable de sensores e un procedemento de instalación o suficientemente sinxelo para que o persoal dos centros educativos poida facelo sen ter unha alta cualificación técnica.

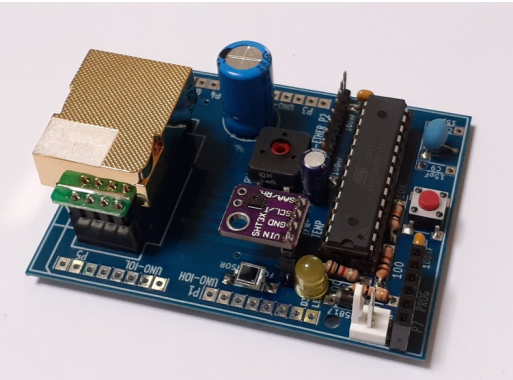

Figura 1. Módulo de sensores do proxecto

Está previsto desenvolver diferentes prototipos que se poidan adaptar a todas as situacións: con e sen interface de rede, pantalla, teclado e tarxeta sd. As placas de control baséanse en microcontroladores Arduino, Raspberry Pi e outros. Todos eles contarán con Hardware e Software de Código Aberto para permitir unha fácil reprodución do proxecto noutras institucións.

2. Antecedentes do Proxecto

As entidades implicadas no proxecto teñen unha ampla experiencia en innovación. O Departamento de Electrónica do IES Escolas Proval ven desenvolvendo durante os últimos anos aplicacións con microcontroladores que xa foron presentadas en congresos internacionais como HSCI ou TAEE [4,5,6]. A modo de exemplo, o instituto deseñou unha estación meteorolóxica electrónica que leva quince anos proporcionando datos. Esta estación continúa coa actividade de investigación meteorolóxica iniciada no centro desde a súa fundación en 1907, e continuada polo profesor Salvador Rodríguez Muñoz desde 1987 como centro asociado do Instituto Nacional de Meteoroloxía. A estación automática proporciona información a través da súa propia páxina web e os datos pódense obter facilmente. Este proxecto recibiu no ano 2007 o 2º Premio á Innovación concedido polo Instituto Enerxético de Galicia (INEGA). A experiencia adquirida no desenvolvemento deste sistema é o punto de partida do proxecto actual, pois a súa estrutura e elementos son similares.

A situación actual da pandemia de COVID-19 motivou que moitos institutos inicien programas de medición da concentración de dióxido de carbono. Un destes centros foi o IES Val Miñor de Nigran (España), que a principios deste curso mercou medidores cuxos datos axudarán na definición das características dos prototipos do proxecto e na súa comprobación.

O socio industrial do proxecto é a empresa Hermes Smart Control con sede no Centro de Negocios do Polígono Porto do Molle en Nigrán. Esta é unha empresa de recente fundación, pero conta cun equipo de I+D altamente cualificado con moitos anos de experiencia en equipos de medida de procesos industriais. A compañía participa en moitos proxectos promovidos por Business Factory Auto (IGAPE, Galicia), o Digital Innovation Hub Industry 4.0 (Castilla-León, España) ou Growth Train (Dinamarca). A presenza desta empresa no proxecto garante a transferencia tecnolóxica dos resultados e proporciona oportunidades de emprego ao alumnado de Formación Profesional do IES Escolas Proval.

3. Obxectivos e Planificación do Proxecto

3.1. Obxectivos do Proxecto

Este proxecto ten moitas aplicacións no ensino científico e tecnolóxico. Entre outros, os principais obxectivos do proxecto son:

- Desenvolvemento de sistemas de medida de diferentes parámetros ambientais con capacidades de adquisición, almacenamento e comunicación de datos.
- Preparación de clases prácticas innovadoras para estudantes de electrónica e tecnoloxía sobre sensores, adquisición de datos, comunicacións e programación.
- Transferencia de tecnoloxía entre centros educativos e empresas para o desenvolvemento de novos sistemas e produtos.
- Mellorar as oportunidades laborais do alumnado mediante a participación nunha experiencia real de I+D+i.
- Adquirir un mellor coñecemento sobre a calidade ambiental e a eficiencia enerxética dos edificios educativos para a implantación de solucións innovadoras.
- Promover o interese do alumnado de todos os niveis polo medio ambiente e a eficiencia enerxética.

3.2. Planificación do Proxecto

O proxecto dividiuse nun conxunto de tarefas que serán asignadas a un equipo de profesores e alumnos de cada centro. Nalgúns casos a mesma tarefa pode ser compartida por dous equipos, o que require un procedemento de coordinación.

© 2021 HSci. ISBN 978-84-8158-841-5

Debido á pandemia de COVID-19 non estaba previsto facer reunións presenciais, en cambio utilizamos diversos medios de comunicación como correo electrónico, grupos de mensaxes e ferramentas de aprendizaxe remota como Moodle ou outras.

As fases do proxecto son:

1) Estudos iniciais e planificación

2) Deseño e construción dos prototipos

3) Instalación dos prototipos e medicións reais

4) Avaliación dos resultados, difusión e transferencia de tecnoloxía.

As tarefas relacionadas co deseño e construción dos prototipos electrónicos estaban previstas inicialmente para os últimos meses do curso 2020-21, servindo de prácticas e pequenos proxectos para o alumnado de FP do IES Escolas Proval. Pero a normativa de ventilación establecida polas autoridades educativas ao inicio do curso obrigou a modificar a programación co fin de obter información sobre a calidade do aire, iniciando estas tarefas a principios de 2021, obtendo as primeiras medicións xa o 19 de febreiro.

As tarefas de difusión e transferencia de tecnoloxía estaban programadas para os últimos meses de 2021, pero tamén se adiantaron polos mesmos motivos. En particular, a empresa socia Hermes iniciou o seu propio desenvolvemento de medidores de dióxido segundo os requisitos das normativas gobernamentais aplicadas a restaurantes e outras empresas.

4. Prototipos Electrónicos

4.1. Medidor Conectado con Arduino

Este medidor foi deseñado para ser compatible coas placas e contorno de programación (IDE) Arduino [7] para facilitar o desenvolvemento de aplicacións. Consta dun microcontrolador Atmega328P-PU conectado a un módulo Ethernet tipo Wiznet W5500 [8] que se ocupa das comunicacións TCP/IP e crea un pequeno servidor web que se pode usar para comprobar os últimos datos adquiridos e para a súa configuración. Escollemos unha conexión por cable (RJ45) en lugar de wifi porque é o que se atopa máis frecuentemente nas aulas e tamén por razóns de fiabilidade. O módulo Ethernet é independente da placa do microcontrolador e conéctase mediante un cable plano IDC-10. Esta configuración permite a utilización de diferentes tipos de módulos dispoñibles no mercado.

A selección dos sensores foi unha parte importante do proceso de deseño. Neste caso intentamos manter un equilibrio entre custo e rendemento, por iso escollemos un sensor de dióxido de carbono NDIR Winsen MH-Z19C [9], un sensor de temperatura e humidade relativa Sensirion SHT30 [10] e un fotodiodo BPW34 para a medida de luz [11]. Este sensor NDIR ten un baixo custo mantendo as boas características desta tecnoloxía de detección.

O prototipo conta cun conector de alimentación usb, o que permite o uso de moitos tipos de fontes de alimentación recicladas de teléfonos móbiles, tabletas ou ordenadores.

Este prototipo non ten pantalla nin teclado para reducir o custo. Os datos pódense consultar conectándose directamente ao micro servidor web do medidor ou na páxina web do proxecto. Na páxina web cada medidor ten o seu propio espazo co mesmo formato, como exemplo para o medidor 1 a ligazón sería: http://codos.meteoproval.es/blog/medidor-1.

Para o medidor deseñamos a nosa propia placa de circuíto impreso (PCB) compatible con placas Arduino Pro-Mini que se pode conectar por usb a un ordenador para programación e depuración. O esquema electrónico do medidor amósase na Figura 2.

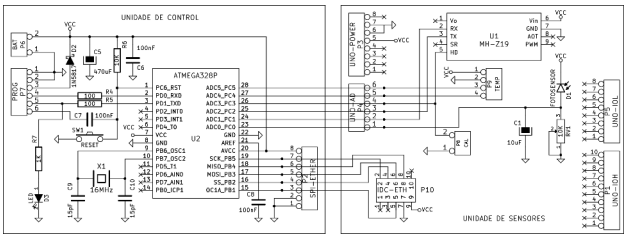

Figura 2. Esquema da Placa de Sensores

A Fig. 3 amosa o trazado de pistas (esquerda) e plano de compoñentes (dereita). O deseño da placa é suficientemente sinxelo para que se poida construír no taller electrónico

do instituto ou enviar os arquivos a un fabricante externo.

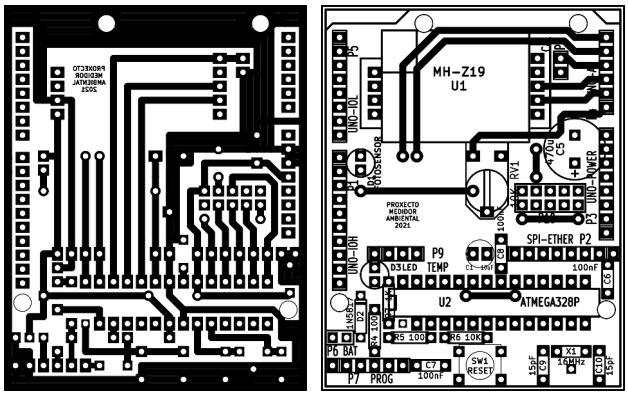

Figura 3. PCB do prototipo: trazado de pistas e plano de compoñentes

Outra opción é montar os compoñentes nunha placa de prototipado ou de tiras, usando o seguinte esquema elaborado con Fritzing (Fig. 4).

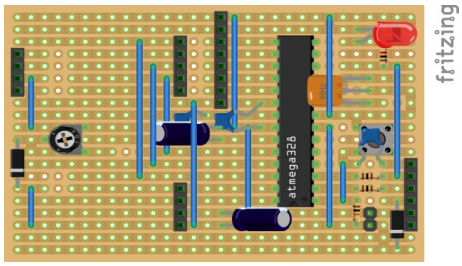

Figura 4. Esquema con placa de tiras

O programa de control da placa fíxose mediante o IDE de Arduino e diferentes bibliotecas para comunicacións por rede e lectura de sensores. O código está dispoñible libremente na páxina web do proxecto [12]. Para o sensor de dióxido de carbono utilizamos a biblioteca MH-Z19 de Jonathan Dempsey [13]. A Fig. 5 amosa unha imaxe do medidor acabado. A caixa foi feita con metacrilato transparente para a parte superior e inferior e unha celosía metálica nos laterais para permitir a circulación continua do aire circundante a través do medidor.

Figura 5. Prototipo finalizado na súa caixa

O deseño e construción dos primeiros prototipos fíxose no IES Escolas Proval coa participación de estudiantes e profesores do Ciclo Superior “Mantemento Electrónico”. A Fig. 6 amosa aos estudiantes durante o proceso de soldadura e montaxe das placas.

Figura 6. Montaxe das primeiras placas no IES Escolas Proval

4.2. Maqueta Didáctica de Ventilación

O obxectivo desta maqueta didáctica é controlar un sistema de ventilación de dúas salas. Un servomotor controla a apertura de dúas válvulas e a velocidade dun extractor de aire. Deste xeito xestiónase o fluxo de aire e polo tanto o tempo no que se ventila a estancia.

Ademais, o sistema presenta localmente unha gráfica das principais variables nunha pantalla táctil de 3,4 polgadas e envía información a un servidor de datos que permitirá estudar o historial dos datos almacenados. Como variables do sistema, medirase a concentración de CO2 de cada sala, a velocidade do extractor e o estado das válvulas de ventilación. A Fig. 7 mostra o conxunto completo do sistema.

© 2021 HSci. ISBN 978-84-8158-841-5

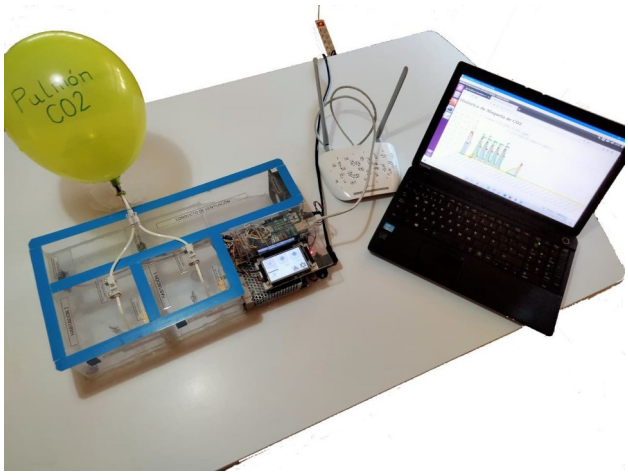

Figura 7. Aspecto da maqueta didáctica

Unha característica interesante do modelo educativo é que o ciclo de control é repetitivo. Se mantemos a válvula de CO2 na mesma posición, a taxa de concentración de CO2 é sempre a mesma. Isto permite probar varios algoritmos de control de velocidade: control on-off (Fig. 8), control proporcional, control PID e outros.

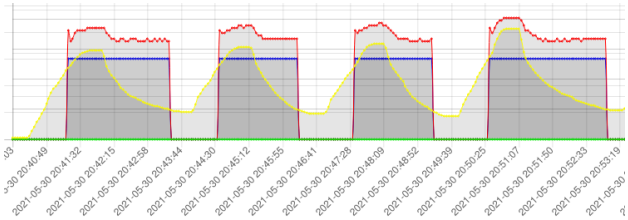

Figura 8. Gráfico do algoritmo de control

O equipo de control elixido é un Arduino Mega 2560 [14]. Ten memoria suficiente para xestionar unha gran cantidade de datos. Tamén permite probar varios escenarios de hardware, o que facilita a escalabilidade do prototipo.

O modelo disporá de comunicación para poder almacenar os datos nun servidor MySQL-Apache que permita visualizar nun gráfico as variables de CO2, a velocidade do motor e o estado das válvulas. Para iso utilizarase unha tarxeta Ethernet Shield. Isto permitirá que o Arduino se conecte á rede do servidor de datos.

Para poder controlar o modelo localmente e poder ver os gráficos, empregarase unha pantalla táctil. Neste caso, empregarase o modelo Nextion Enhanced [15]. Esta pantalla permite actualizar de forma eficiente a medición simultánea de ata catro variables. Ademais, incorpora un reloxo de tempo real (RTC) que mantén a hora mediante unha pila de botón. Isto permite detallar no gráfico a indicación temporal do RTC.

Os sensores de CO2 son do tipo NDIR cun rango de medición entre 400 e 2000 ppm. O modelo é o Winsen MHZ19C [9]. Estes sensores permiten a lectura a través dun enlace serie e dispoñen dun pin de calibración.

O extractor é un ventilador de 12 V do mesmo tipo que se usa para arrefriar equipos informáticos. É un motor que permite controlar a velocidade. Hai que ter especial coidado coa orientación para que expulse o aire correctamente. Tamén conta con sensores de efecto hall que permiten controlar as revolucións e polo tanto a velocidade. A conexión deste tipo de aparellos (Fig. 9) depende do fabricante pero podemos atopar ventiladores con tres ou catro cables.

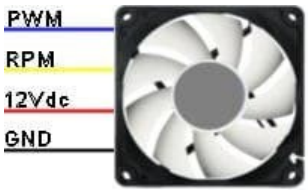

Figura 9. Conexión típica dun ventilador de ordenador

Na figura 10 pódense ver as conexións dos elementos que forman parte do sistema. Un vídeo titorial que mostra as diferentes partes da montaxe e o procedemento de control está dispoñible en lingua galega [16].

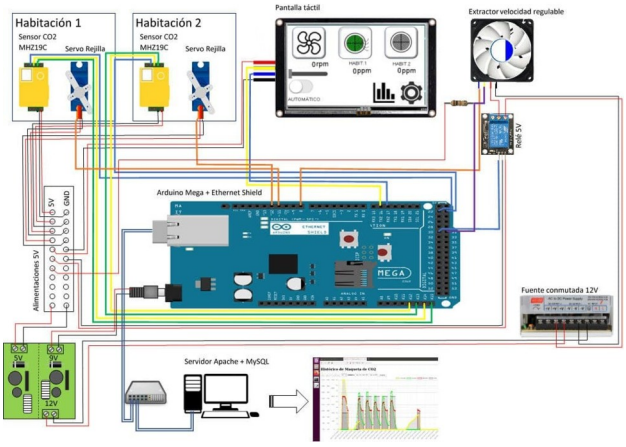

Figura 10. Esquema do sistema de ventilación

O servidor de datos baséase en software libre. O software instalouse nunha versión de

Ubuntu16. A opción de escoller esta versión do sistema operativo débese aos seus baixos requisitos de hardware.

Para almacenar e explotar os datos proporcionados polos sensores do kit Arduino Ethernet Shield, debemos instalar un servidor LAMP. A instalación deste servidor realízase basicamente instalando os paquetes do servidor web Apache, un xestor de bases de datos MySQL e a linguaxe php para habilitar a programacion de gráficos e o acceso a bases de datos.

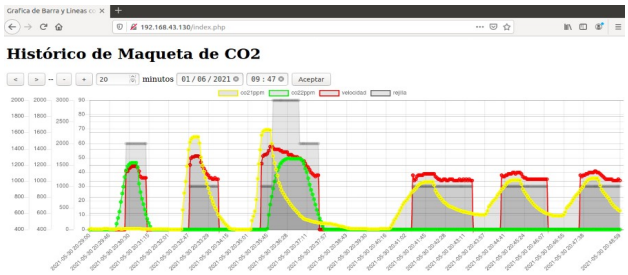

Figura 11. Presentación de datos con servidor LAMP

Desde a páxina de gráficos (Fig. 11) pódese navegar polos datos e presentar unha xanela ampliando ou reducindo o intervalo temporal. Utilizouse o paquete Chart.js para programación de gráficos que permite o seu uso gratuíto baixo a licenza MIT.

4.3. Prototipo Raspberry Pi

O Departamento de Tecnoloxía do IES Escolas Proval está a desenvolver un prototipo baseado nun Raspberry Pi 2 [17]. O uso deste hardware aumenta o custo do medidor de CO2 en comparación coas placas Arduino, pero simplifica a presentación dos datos mediante unha pantalla táctil. O software utilizado foi o contorno de programación para Processing (PDE), que se executa no sistema operativo Raspbian. Os valores proporcionados polo sensor MH-Z19C lense usando a súa saída PWM. Os datos son capturados cunha frecuencia dunha mostra por minuto.

Estes valores envíanse ao servidor interno do centro educativo e tamén ao sitio web de Thingspeak [18]. Unha funcionalidade interesante é o uso dun chat de Telegram para ler a última mensaxe. O usuario deste chat pode enviar comandos desde un teléfono móbil, tableta ou ordenador. Actualmente acepta dous comandos: */Estado* e */Calibracion*. O primeiro comando indica ao sistema que responda co nivel de CO2 e temperatura en tempo real. O segundo comando inicia o procedemento de calibración do sensor. A comunicación bidireccional con Telegram permite a configuración de alarmas de nivel alto ou baixo de CO_2 ou a indicación dun funcionamento anormal do equipo cunhas poucas liñas de código. A figura 12 mostra un exemplo de uso da interface de Telegram.

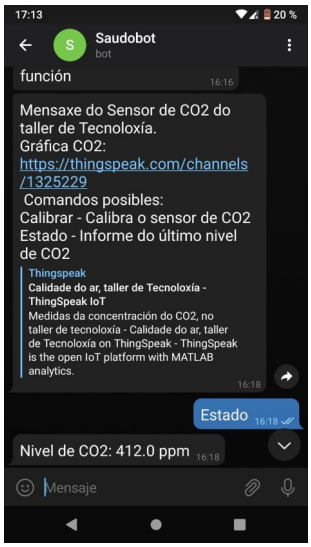

Figura 12. Exemplo de mensaxe Telegram

O uso do sistema operativo Raspbian permite a programación remota do prototipo a través dun cliente VNC. Para a conexión de sensores analóxicos, como o sensor de temperatura LM35, foi necesario utilizar un conversor analóxico a dixital externo, xa que o Raspberry Pi non ten entradas analóxicas. Para este fin utilizamos un circuíto integrado Microchip MCP3208. Este prototipo está instalado no taller de Tecnoloxía do IES Escolas Proval (Fig. 13).

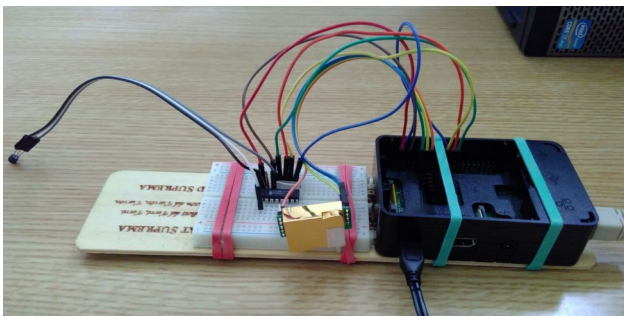

Figura 13. Prototipo Raspberry Pi

4.4. Medidor Hermes Qair

A empresa Hermes Smart Control está a desenvolver o seu propio medidor de dióxido de carbono chamado Qair. O medidor ten unha pantalla que indica o nivel en ppm e un código de tres cores que permite aos usuarios comprobar facilmente o estado cunha ollada rápida. A súa forma lembra unha vieira, a coñecida icona do Camiño de Santiago e tamén símbolo da gastronomía galega. A figura 14 mostra unha imaxe da primeira versión do medidor, que foi presentada aos medios de comunicación en maio de 2021 [19].

Figura 14. Medidor Qair deseñado por Hermes Smart Control

5. Resultados preliminares

Desde as primeiras medicións de febreiro ata xuño instalamos un total de 18 medidores en tres institutos do Val Miñor (IES Escolas Proval, IES Val Miñor e IES Primeiro de Marzo de Baiona). Os datos adquiridos durante estes meses permiten facer unha primeira análise e proporcionar información para as fases posteriores do proxecto.

5.1. Adquisición e análise de datos

Como exemplo dos resultados obtidos presentamos unha análise dos datos obtidos durante unha xornada de exame no IES Escolas Proval. Nesta data (3 de maio) a ventilación foi insuficiente e os niveis de dióxido de carbono acadaron niveis de ata 1680 ppm ás 9:34h, 1610 ppm ás 12:45h e 1213 ás 17:16h. O nivel medio durante a mañá foi de 1005 ppm (8:45-14:30h) e durante a tarde de 813 ppm (16:00-18:10h). Estes datos superaron os valores recomendados e probablemente tivesen un profundo impacto no benestar e no rendemento académico do alumnado. A figura 15 mostra a representación dos niveis de dióxido de carbono nesta data.

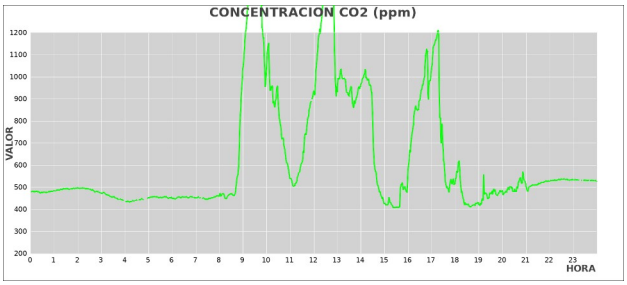

Figura 15. Niveis de CO2 o 3 de maio

5.2. Comparación con medidor de referencia

Unha parte importante do proxecto é a comparación dos prototipos cun medidor de referencia para validar a exactitude das medidas obtidas. Para este fin adquirimos un medidor de dióxido de carbono Extech CO-260 fabricado por FLIR [20]. Este medidor ten un sensor Senseair K30 que ten mellores características que o Winsen MH-Z19C. Os resultados desta comparación están representados na figura 16 (evolución durante un intervalo de 30h) e na figura 17 (correlación entre medidores). Tamén se calcularon os coeficientes de regresión mostrando unha boa coincidencia entre os dous tipos de medidores.

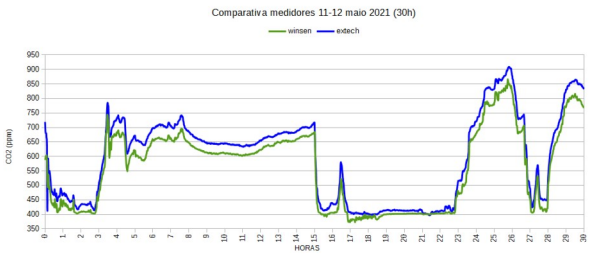

Figura 16. Comparación temporal de medidores

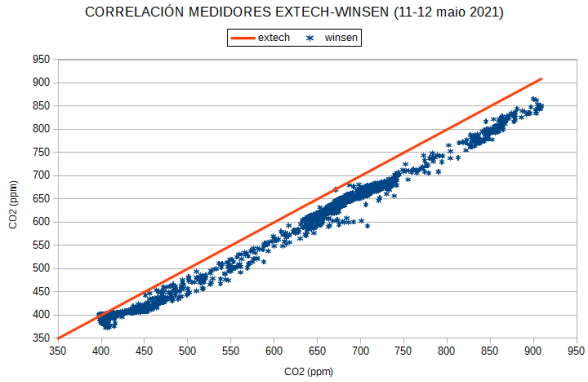

Figure 17. Correlación de datos entre medidores

5.3. Procedemento de calibración

Os sensores NDIR teñen procedementos de calibración automáticos (ABC) ou manuais que se poden escoller segundo o ambiente de traballo. Para este proxecto escollemos a calibración manual porque nunha aula típica non hai garantía de que a renovación do aire alcance o nivel base de 400 ppm. Isto significa que a calibración debe ser revisada polo menos unha vez cada mes (ou cada dúas semanas se é posible).

Cada conxunto de novos medidores foi calibrado antes de colocalos nas aulas. A figura 18 mostra unha representación das medidas obtidas antes e despois do procedemento de calibración, mostrando unha boa converxencia dos valores finais.

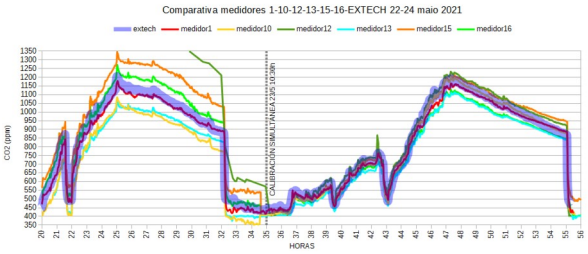

Figura 18. Calibración dos medidores

A figura 19 presenta a calibración dun conxunto de medidores situados na mesma ubicación, con todos os medidores conectados a un mesmo concentrador de rede e enviando datos ao servidor simultaneamente.

Figura 19. Montaxe de calibración

6. Actividades educativas: os ”sentinelas COVID” do Val Miñor

Nos próximos parágrafos presentaremos algunhas das actividades realizadas nas distintas fases do proxecto.

6.1. Introdución

Dende o 13 de marzo de 2020 as institucións educativas españolas tiveron que adaptarse a unha nova situación de “formación remota de emerxencia”. O actual curso 2020-21 foi un éxito non só polas baixas taxas de infección senón pola capacidade de aproveitar esta situación educativa. Un resultado deste esforzo foi a cooperación entre o IES Val Miñor e o IES Escolas Proval e o conxunto de actividades que levamos a cabo, tanto de xeito individual como en conxunto.

No IES Val Miñor este proxecto comezou cos departamentos de Historia e Física, pero durante o curso participaron moitos outros profesores: Bioloxía, Tecnoloxía, Matemáticas, Lingua Galega, Francés e outros.

Algunhas circunstancias impulsaron o desenvolvemento do proxecto: estaba previsto que o alumnado de 1º da ESO traballase en proxectos e o departamento de Física iniciara un estudo de medidas de CO2 con medidores comerciais coa colaboración do profesorado de Xeografía e Historia.

O traballo do alumnado dividiuse en tres temas principais para que o alumnado comprenda a situación actual e o seu contexto histórico: a Globalización, o Cambio Climático e as Pandemias Globais.

- A Globalización: temos programadas actividades para comprender a súa influencia na economía, na política, na cultura...
- Cambio Climático: estudo da meteoroloxía e do clima e a súa influencia na nosa vida.
- Pandemias globais: analizar os “maiores asasinos da historia” que non foron persoas senón virus e bacterias: a peste negra, a gripe española e outros. Tamén se estudará a súa relación coa evolución da poboación mundial a través de actividades como as pirámides de poboación e outras.

6.2. Actividades preliminares

A principios do curso 2020-21 o departamento de Dirección e Física do IES Val Miñor iniciou un programa de análise da

© 2021 HSci. ISBN 978-84-8158-841-5

concentración de dióxido de carbono nas aulas como indicador para adoptar medidas de ventilación durante o horario lectivo. Debido ao elevado custo dos medidores comerciais e o baixo orzamento dos centros educativos, optouse por adquirir un só medidor para un total de 20 aulas e uns 400 alumnos. A solución adoptada foi desprazar periodicamente o medidor de aula en aula. Esta solución non permitía un estudo rigoroso dos datos, atendendo ás condicións ambientais (humidade, temperatura...) e persoas (número, idade, sexo, peso...) que inflúen nas medicións. Despois duns días quedou patente a necesidade de facer medicións periódicas en todos os espazos para contrastar os resultados.

Neste punto xurdiu a proposta de participar no proxecto de innovación co IES Escolas Proval. A instalación de catro novos medidores permitiu facer unha selección de aulas atendendo á súa orientación, número de alumnos e distribución de portas e ventás.

Unha importante achega ao proxecto foi a elaboración de diferentes documentos e materiais para a correcta instalación e condicións de traballo dos medidores. Estes documentos tamén serviron como material didáctico para o alumnado que colaboraba no proxecto.

- MANUAL DE INSTALACIÓN: Condicións físicas da aula e posición do medidor. Como condicións xerais, a metade das fiestras deben estar sempre abertas, as persianas abertas o máximo tempo posible salvo en caso de choiva e a porta sempre aberta. O medidor debe colocarse lonxe da porta ou das fiestras. Se estivese na mesa do profesor, debería estar lonxe do fluxo de aire do ventilador do ordenador e os alumnos (e os profesores) deberían evitar estar preto do medidor. Como broma algúns alumnos dedicáronse a soprarlle ao medidor, pero despois de ver que os datos quedaban rexistrados deixaron de facelo.

- REXISTRO DE DATOS: o alumnado debía elaborar cada día un documento coa seguinte información: número de medidor, aula, nome do responsable, hora, número de alumnos por hora, condicións meteorolóxicas e calquera outra información relacionada coas medicións (Fig. 20).

- KIT DE FERRAMENTAS DE INSTALACIÓN: nun instituto típico non é doado atopar os materiais necesarios para a instalación e conexión dos medidores. Creamos unha "caixa de ferramentas" (Fig. 21) con tesoiras, ataduras (para manter os cables xuntos), cables USB de 5 metros de lonxitude e prolongadores de alimentación (moitas veces as tomas de corrente non están no mellor lugar) e as follas de rexistro de datos. Estes kits colocáronse na sala de profesores, onde hai (case) sempre xente para controlar o material e entregarllo ao alumnado.

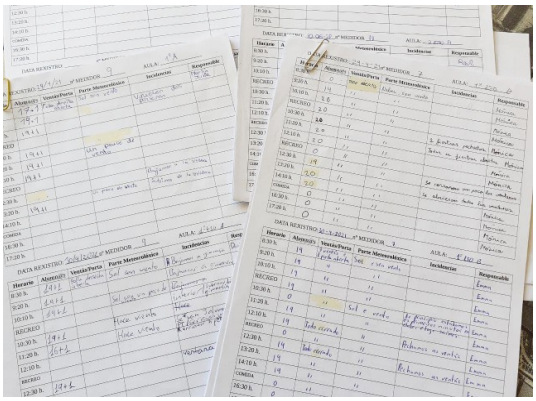

Figura 20. Exemplo de rexistros de datos

Figura 21. Kit de Instalación

6.2. Medidas en aula e calibración

Antes de comezar coas medicións informouse a todo o profesorado mediante mensaxes e carteis nas aulas. Pero a tarefa máis importante antes de comezar foi a selección dos recursos humanos que se

encargarían das medicións: o alumnado, que debería encargarse de coidar os medidores e detectar calquera suceso que poida afectar ás medicións. Sen a súa cooperación a información proporcionada polos medidores carecería de datos importantes para comprender o que estaba a suceder.

O proceso de rexistro de datos, análise e propostas de mellora foi realizado por 25 alumnos de todos os grupos que voluntariamente decidiron participar, aos que queremos agradecer a súa colaboración. Foi necesario crear un horario para asignar días a todos os participantes. Dende entón encargáronse de rexistrar os datos diarios, pasándolle as fichas ao seguinte alumno e ao final da semana entrégandollas ao profesorado. O alumnado tamén controlaba os datos e gráficos almacenados na web do proxecto. Esta información permitiu detectar fallos, necesidade de calibración e bromas dalgúns alumnos que distorsionaban as medicións.

A figura 22 mostra un dos medidores dunha aula do IES Val Miñor.

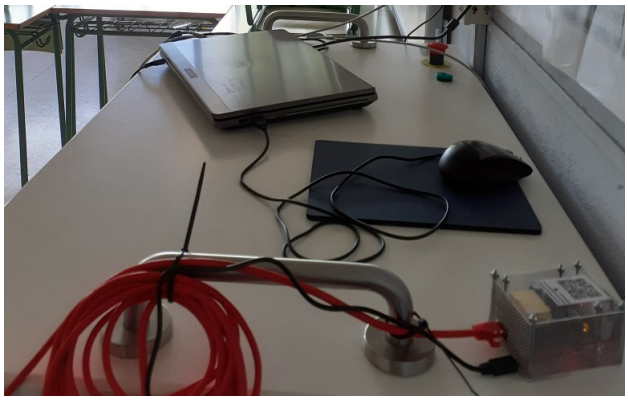

Figura 22. Medidor nunha das aulas

O proceso de calibración dos medidores quedou reservado ao profesorado do proxecto porque necesitaba acceder a datos e características restrinxidas dos medidores. A calibración debe seguir os estritos requisitos indicados polo fabricante dos sensores de dióxido. O medidor debe estar en aire limpo (por exemplo fóra da fiestra), con temperatura constante, sen luz solar directa e sen fluxos de aire nin persoas próximas ao medidor. Todas estas condicións deben manterse durante un tempo mínimo de 15 minutos. Por estes motivos só se pode realizar nos recreos escolares ou pola tarde fóra de horario lectivo.

O medidor debe estar conectado á rede e desde un ordenador debe comprobarse a medida actual ata manter un nivel estable. Neste momento debe activarse a orde de calibración no servidor interno do medidor para iniciar o algoritmo interno. Despois hai que revisar de novo para comprobar que agora o nivel coincide co nivel base atmosférico (sobre 400 ppm). Se hai algún problema, o proceso debe repetirse ata que sexa correcto.

6.4. Actividades finais e resultados

As principais actividades de difusión (congresos, participación en exposicións e feiras científicas) estaban previstas para os últimos meses de 2021 e 2022. No curso actual fixemos un concurso de fotografía en liña que se organizou a través das aulas virtuais de ámbolos dous institutos. O concurso tiña a vantaxe de que todos os alumnos xa estaban rexistrados nas ferramentas en liña e foran formados para utilizar os seus recursos. Houbo pouca participación pero esperamos repetir a experiencia con maior éxito. A información sobre o concurso e os gañadores foi publicada nas páxinas web de ambos os centros [21,22]. Na figura 23 aparece a información no taboleiro de anuncios do IES Val Miñor e na figura 24 aparecen os gañadores do IES Escolas Proval.

Figura 23. Cartel do concurso e fotografías gañadoras

Figura 24. Gañadores no IES Escolas Proval

7. Conclusións

Neste traballo presentamos un proxecto cooperativo realizado por dous institutos españois, IES Escolas Proval e IES Val Miñor e a empresa Hermes Smart Control. O proxecto tivo como obxectivo o desenvolvemento de medidores ambientais con diferentes sensores e capacidades. Algúns prototipos xa están feitos e están a adquirir e almacenar datos para facilitar información sobre a ventilación dos espazos e mellorar o benestar e o rendemento académico do alumnado. A empresa Hermes está a desenvolver o seu propio medidor para restaurantes e outros negocios. No proxecto participaron moitos alumnos dos centros educativos, facéndose responsables dos medidores, dos rexistros de datos e do control das condicións externas. Esta actividade axudoulles a tomar conciencia das súas propias habilidades e a sentirse valorados.

8. Agradecementos

Os autores queren agradecer ao alumnado do Ciclo Superior de Formación Profesional "Mantemento Electrónico" do IES Escolas Proval e ao alumnado da ESO do IES Val Miñor a súa importante contribución ás actividades do proxecto. Tamén á Xunta de Galicia polo financiamento do Proxecto de Innovación da Formación Profesional titulado "Monitorización continua de parámetros físicos para a mellora da calidade ambiental en contornos educativos".

9. Bibliografía

[1] Karnauskas K, Miller S, Schapiro A. Fossil Fuel Combustion Is Driving Indoor CO2 Toward Levels Harmful to Human Cognition. GeoHealth, 2020, 4, 1-8. https://doi.org/10.1029/2019GH000237

[2] https://www.licor.com/env/products/gas_analysis/LI-830_LI-850/

[3] http://www.extech.com/categories/air-quality-meters/carbon-dioxide

[4] Diz-Bugarín J, García-González J, Domínguez J. Modular architecture with microcontroller for advanced electronic practices. TAEE 2012, 92-97, Vigo, Spain, 2012. http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6235415

[5] Diz-Bugarín J, Rodriguez-Paz R, Méndez-López A, Rodríguez-Nieto G. Low cost robotic prototypes with Arduino-compatible control system for technological education. HSCI 2016, 114-118, Brno, Czech Republic, 2016.

[6] Diz-Bugarín J, Rodríguez-Paz R. Arduino-compatible microcontroller module for electronics practices and environmental monitoring. TAEE 2020, 1-6, Porto, Portugal, 2020. doi.org/10.1109/TAEE46915.2020.9163728

[7] https://www.arduino.cc/

[8] https://www.wiznet.io/product-item/w5500/

[9] https://www.winsen-sensor.com/sensors/co2-sensor/

[10] https://www.sensirion.com/en/environmental-sensors/humidity-sensors/digital-humidity-sensors-for-various-applications/

[11] https://www.vishay.com/docs/81521/bpw34.pdf

[12] http://codos.meteoproval.es

[13] https://github.com/WifWaf/MH-Z19

[14] https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3

[15] https://nextion.tech/enhanced-series-introduction/

[16] https://www.youtube.com/watch?v=7U6wkd3-4CU

[17] https://www.raspberrypi.org/

[18] https://thingspeak.com/

[19] https://metropolitano.gal/extra/qair-asi-es-el-medidor-de-co2-made-in-vigo-que-emula-a-una-vieira-mientras-monitoriza-el-aire/

[20] http://www.extech.com/products/CO260

[21] http://www.edu.xunta.gal/centros/iesescolasproval/node/1860

[22] https://www.edu.xunta.gal/centros/iesvalminor/?q=node/1133