

Magda Piqué Bosch

**SISTEMA DE MESURA DE COVs PER AL MONITORATGE DE
LA QUALITAT DE L'AIRE INTERIOR I EXTERIOR EN
PACIENTS PEDIÀTRICS AMB MALALTIES RESPIRATÒRIES**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit pel Dr. Eduard Llobet Valero

i Dra. Noelia Ramírez González

Grau d'Enginyeria Biomèdica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2024

Agraïments

M'agradaria expressar el meu més sincer agraïment a tots els que m'han acompanyat en la realització d'aquest treball.

Vull agrair especialment als meus tutors, el Dr. Eduard Llobet Valero i a la Dr. Noèlia Ramírez González, per la seva guia, pel suport constant i pels consells al llarg de tot el desenvolupament del projecte. També vull destacar i agrair la col·laboració, ajuda i confiança que han dipositat en el projecte els dos nens participants en l'experiment.

Finalment, vull agrair de tot cor el suport de la meva família i de la meva parella.

A tots vosaltres, moltes gràcies.

Resum

(Català) Aquest Treball de Fi de Grau es basa en el desenvolupament d'un dispositiu capaç de mesurar Compostos Orgànics Volàtils (COVs) per al monitoratge de l'exposició ambiental de pacients pediàtrics amb malalties respiratòries. A més, es realitza un estudi sobre la qualitat de l'aire al Camp de Tarragona i com aquesta contaminació ambiental afecta a la salut. També s'ha dut a terme un estudi dels diferents tipus de sensors disponibles al mercat per mesurar els COVs, seleccionant el més adequat per a aquest dispositiu. Finalment, s'ha desenvolupat una aplicació mòbil per facilitar el control del dispositiu i el recull de dades en temps real, assegurant una interfície fàcil i intuïtiva per a l'usuari. El dispositiu ha estat provat en diferents ambients, realitzant-se assaigs amb dos infants diagnosticats amb asma. Les proves han revelat variacions en els nivells de COVs segons els diferents entorns que freqüenten. Aquest monitoratge pot tenir un impacte positiu en la qualitat de vida dels pacients, ja que reduir l'exposició als contaminants atmosfèrics pot ajudar al control de les malalties respiratòries.

(Español) Este Trabajo de Fin de Grado se basa en el desarrollo de un dispositivo capaz de medir Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) para la monitorización de la exposición ambiental de pacientes pediátricos con enfermedades respiratorias. Además, se realiza un estudio sobre la calidad del aire en el Camp de Tarragona y cómo esta contaminación ambiental afecta a la salud. También se ha llevado a cabo un estudio de los distintos tipos de sensores disponibles en el mercado para medir los COVs, seleccionando el más adecuado para este dispositivo. Por último, se ha desarrollado una aplicación móvil para facilitar el control del dispositivo y la recopilación de datos en tiempo real, asegurando una interfaz fácil e intuitiva para el usuario. El dispositivo ha sido probado en diferentes ambientes, realizándose ensayos con dos niños diagnosticados con asma. Las pruebas han revelado variaciones en los niveles de COVs según los diferentes entornos que frecuentan. Esta monitorización puede tener un impacto positivo en la calidad de vida de los pacientes, ya que reducir la exposición a los contaminantes atmosféricos puede ayudar al control de las enfermedades respiratorias.

(English) This Final Degree Project is based on the development of a device capable of measuring Volatile Organic Compounds (VOCs) for monitoring the environmental exposure of pediatric patients with respiratory diseases. Additionally, it includes a study on air quality in the Camp de Tarragona region and how this environmental pollution affects health. An extensive review of the different types of sensors available on the market for measuring VOCs was also conducted, selecting the most suitable one for this device. Finally, a mobile application was developed to facilitate device control and real-time data collection, ensuring an easy and intuitive user interface. The device was tested in various environments, with trials conducted on two children diagnosed with asthma. The tests revealed variations in VOCs levels depending on the different environments they frequented. This monitoring can positively impact patients' quality of life, as reducing exposure to atmospheric pollutants can help control respiratory diseases.

Índex

1. Introducció	14
1.1. Context i antecedents.....	14
1.2. Objectius.....	14
1.3. Estructura del document.....	15
2. Marc teòric	16
2.1. Malalties respiratòries en pacients pediàtrics	16
2.1.1. <i>Impacte de la contaminació atmosfèrica en la salut dels infants</i>	16
2.1.2. <i>Importància del monitoratge individual dels pacients pediàtrics</i>	17
2.2. Qualitat de l'aire en l'entorn de la regió del Camp de Tarragona	18
2.2.1. <i>Característiques de l'entorn estudiat</i>	18
2.3. Compostos Orgànics Volàtils (COVs).....	19
2.3.1. <i>Nivells recomanats i legislats de COVs</i>	21
2.3.2. <i>COVs i la salut dels pacients pediàtrics</i>	22
2.4. Tecnologies de mesura utilitzades per sensors comercials per la detecció de COVs.....	24
3. Disseny i desenvolupament del dispositiu.....	28
3.1. Estudi tècnic dels diferents sensors de COVs	28
3.2. Mòdul utilitzat, ESP32	31
3.2.1. <i>Connectivitat SGP30 i ESP32</i>	33
3.3. Materials utilitzats i muntatge del dispositiu	34
3.3.1. <i>Bateria recargable 3,7 V 2400 mAh</i>	35
3.3.2. <i>Caixa Foradada, Dispositiu final</i>	36
4. Processat de dades	38
4.1. Desenvolupament del codi en IDE <i>Arduino</i>	38
4.1.1. <i>Llibreries</i>	38
4.1.2. <i>Definicions i inicialitzacions</i>	39
4.1.3. <i>void setup()</i>	39
4.1.4. <i>void loop()</i>	39

4.2.	Desenvolupament de l'Aplicació Mòbil	40
4.2.1.	<i>Estructura de l'Aplicació.....</i>	40
4.2.2.	<i>Part visual</i>	41
4.2.3.	<i>Programació per blocs.....</i>	41
4.3.	Google Sheets / Form.....	44
4.4.	Mesures realitzades en diferents entorns	45
4.4.1.	<i>Mesures de TCOVs en una caixa amb acetona.....</i>	45
4.4.2.	<i>Mesures de TCOVs del CRAI (Centre de Recursos per a l'Aprenentatge i la Investigació) del Campus Sescelades, URV.....</i>	47
4.4.3.	<i>Mesures de TCOVs en una cuina exposada a butà (C₄H₁₀)</i>	49
4.4.4.	<i>Mesures de TCOVs del fum del tabac</i>	51
5.	Dades clíniques dels pacients pediàtrics	53
6.	Proves i resultats	55
6.1.	Resultats COV001.....	56
6.2.	Resultats COV002.....	59
7.	Pressupost.....	62
8.	Conclusions i línies futures del projecte	63
9.	Referències i Webgrafia	65
10.	Annexos	68
10.1.	Codi ESP32 – SGP30.....	68
10.2.	Anàlisi de TCOVs a 0,25 ml Acetona 100%	69
10.3.	Formulari per als pacients pediàtrics	70
10.4.	Manual d'instruccions bàsic per al pacient pediàtric	73
10.5.	Taula	80
10.6.	Resultats dels formularis del projecte	81
10.6.1.	<i>Participant COV001.....</i>	81
10.6.2.	<i>Participant COV002.....</i>	84
10.7.	Resultats taules	87

10.7.1.	<i>Participant COV001</i>	87
10.7.2.	<i>Participant COV002</i>	88

Llistat d'acrònims

ADC	Analog-to-Digital Converter
AEMA	Agència Europea del Medi Ambient
APP	Aplicació
CAN	Controller Area Network
COSVs	Compostos Orgànics Semi Volàtils
COVs	Compostos Orgànics Volàtils
COVVs	Compostos Orgànics molt Volàtils
GPS	Global Positioning System
GPIO	General Purpose Input/Output
GND	Ground
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IAQ	Indoor Air Quality
I2C	Inter-Integrated Circuit
IDE	Integrated Development Environment
MOx	Metal Oxide
NDIR	Non-Dispersive Infrared
OMS	Organització Mundial de la Salut
PID	Photoionization Detector
PTGC	Pla Territorial General de Catalunya
RENFE	Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles
SCL	Serial Clock Line
SDA	Serial Data Line
SPI	Serial Peripheral Interface
TCOVs	Total Compostos Orgànics Volàtils

UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
USEPA	U.S. Environmental Protection Agency
UV	UltraViolada
XVPCA	Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica

Llistat de figures

Figura 2.1. Contracció dels músculs que envolten les vies respiratòries. [8].....	17
Figura 2.2. Smog fotoquímic a la ciutat de Tarragona. [15]	19
Figura 2.3. Diagrama del funcionament d'un sensor de detecció per foto-ionització (PID). [34]	25
Figura 2.4. Diagrama del funcionament d'un sensor electroquímic. [34].....	25
Figura 2.5. Diagrama del funcionament d'un sensor quimioresistiu. [34].....	26
Figura 2.6. Diagrama del funcionament d'un sensor d'infraroigs no dispersius. [35]...	26
Figura 3.1. US082-ZMOD4410EVZ Pmod Board.....	28
Figura 3.2. Digilent Pmod AQS.	29
Figura 3.3. Sensors BME680 i BME688.....	29
Figura 3.4. Sensor SGP30.	30
Figura 3.5. Energia subministrada al sensor SGP30.[36].....	31
Figura 3.6. ESP32 WROOM-32.....	32
Figura 3.7. Diagrama dels pins del ESP32 DEV KIT V1. [37].....	33
Figura 3.8. Funcionament protocol I2C. [38].....	33
Figura 3.9. Diagrama connectivitat SGP30 amb ESP32. [39]	34
Figura 3.10. Mesura del corrent mitjà del dispositiu.....	35
Figura 3.11. Bateria utilitzada 3,7 V 2400 mAh.	36
Figura 3.12. Disseny tridimensional de la caixa foradada.....	37
Figura 3.13. Caixa amb forats pel dispositiu final.....	37
Figura 3.14. Caixa amb els components.....	37
Figura 4.1. Diagrama del processat de dades.	38
Figura 4.2. Diagrama void loop().....	40
Figura 4.3. Logotip de l'App.	41
Figura 4.4. Pantalles de l'App.	41
Figura 4.5. Bloc per inicialitzar la variable global COVs.....	41

Figura 4.6. Bloc per carregar els dispositius Bluetooth.....	42
Figura 4.7. Bloc per connectar-se al dispositiu Bluetooth seleccionat.	42
Figura 4.8. Bloc periòdic per rebre i actualitzar la variable global.	42
Figura 4.9. Bloc del botó desconnectar.	43
Figura 4.10. Bloc sensor d'ubicació.	43
Figura 4.11. Bloc enviar dades.	43
Figura 4.12. Bloc enviament periòdic de les dades.	44
Figura 4.13. Google Sheet on s'envien les dades (BD- SGP30).....	44
Figura 4.14. Muntatge caixa amb 0,5 ml d'acetona 100%.	45
Figura 4.15. Muntatge caixa amb 0,5 ml d'acetona 100%.	45
Figura 4.16. Gràfica Temps-TCOVs (0,5 ml Acetona 100%).	46
Figura 4.17. Muntatge per a poder analitzar els nivells de TCOVs al CRAI (poca afluència).	47
Figura 4.18. Muntatge per a poder analitzar els nivells de TCOVs al CRAI (molta afluència).	47
Figura 4.19. Gràfica Temps-TCOVs (CRAI (poca afluència)).	48
Figura 4.20. Gràfica Temps-TCOVs (CRAI (molta afluència)).	48
Figura 4.21. Muntatge per a poder analitzar la exposició de butà en una cuina de 7 m ²	49
Figura 4.22. Gràfica Temps-TCOVs (C ₄ H ₁₀).....	50
Figura 4.23. Gràfica Temps-TCOVs (fum del tabac).....	51
Figura 6.1. Dispositiu de monitorització i el telèfon mòbil amb l'aplicació instal·lada.	55
Figura 6.2. Gràfic COV001 Exposició TCOVs - Temps DIA 1.	56
Figura 6.3. Gràfic COV001 DIA 1 analitzat.	56
Figura 6.4. Gràfic COV001 Exposició TCOVs - Temps DIA 2	57
Figura 6.5. Gràfic COV001 Exposició TCOVs – Temps DIA 2: 07:57 - 22:00.....	58
Figura 6.6. Gràfic COV001 DIA 2 analitzat.	58
Figura 6.7. Gràfic COV002 Exposició TCOVs - Temps DIA 1.	59
Figura 6.8. Gràfic COV002 Exposició TCOVs - Temps DIA 2.	60

Figura 6.9. Gràfic COV002 DIA 2 analitzat.	60
--	----

Llistat de taules

Taula 2.1. Tipus de COVs segons la seva volatilitat [20]	20
Taula 2.2. Tipus de COVs segons la seva perillositat per la salut [21]	21
Taula 2.3. Classificació dels compostos orgànics volàtils (COVs) segons el seu impacte en funció de la seva concentració en parts per bilió (ppb).	22
Taula 3.1. Característiques tècniques del sensor SGP30.[36]	31
Taula 3.2. Característiques tècniques de ESP32-DEV KIT V1.....	32
Taula 5.1. Resultats formularis.	54
Taula 7.1. Pressupost del prototip.....	62

1. Introducció

1.1. Context i antecedents

Segons l'Organització Mundial de la Salut (OMS), prop del 93% dels infants de tot el món menors de 18 anys respiren aire contaminat per partícules tòxiques i compostos nocius [1], superant en molts casos els límits regulats legalment. Aquesta exposició pot provocar problemes de salut greus, com ho demostren les xifres alarmants del 2016, on 600.000 infants al llarg de tot el món van perdre la vida a causa d'infeccions respiratòries agudes relacionades amb la contaminació atmosfèrica [1].

A Europa, l'Agència Europea del Medi Ambient (AEMA) va publicar l'abril del 2023 dades preocupants que indiquen que la contaminació provoca al voltant de 1.200 morts prematures a l'any en menors de 18 anys [2].

Entre tots els contaminants destaquen els compostos orgànics volàtils (COVs), presents en l'aire que respirem. Els COVs provenen de diverses fonts, com ara els vehicles de combustió, les emissions industrials o dels productes de consum com pintures i productes de neteja. L'exposició als COVs pot causar problemes respiratoris i altres problemes de salut, especialment en infants i nens petits, que tenen un major risc a causa de la seva vulnerabilitat i el seu desenvolupament. És per això, que és important realitzar un monitoratge personalitzat per cada pacient pediàtric per poder saber quina és la seva exposició a COVs al llarg del seu dia a dia.

1.2. Objectius

L'objectiu d'aquest projecte és dissenyar i implementar un dispositiu pel monitoratge individual de l'exposició a COVs en nens i nenes amb malalties respiratòries mesurant al llarg del seu dia les concentracions a les que han estat exposats, amb l'objectiu de prevenir possibles complicacions de salut relacionades amb l'ambient i poder proporcionar un tractament personalitzat i eficaç per a cada pacient.

Per dur a terme aquesta tasca s'abordaran els següents aspectes:

- Contextualització de les malalties respiratòries més comunes en pacients pediàtrics.
- Contextualització de la qualitat de l'aire en l'entorn de la regió del Camp de Tarragona.
- Estudi dels COVs i els efectes perjudicials per a la salut en pacients pediàtrics.
- Estudi dels diferents tipus de sensors i tècniques que existeixen per la detecció de COVs.
- Disseny i implementació d'un dispositiu utilitzant un dels diferents sensors estudiats per el monitoratge individual de pacients infantils amb asma al llarg del seu dia a dia, obtenint les concentracions de COVs a les que han estat exposats durant les seves tasques habituals.

1.3. Estructura del document

L'estructura consta dels següents apartats:

- 1. Introducció.** Es descriu un breu context i antecedents, quins son els objectius principals del projecte i quines tasques s'abordan per dur a terme el treball.
- 2. Marc teòric.** S'introdueixen les malalties respiratòries en pacients pediàtrics, es detalla com afecta la contaminació atmosfèrica en la salut dels infants i concretament s'exposa informació detallada dels COVs.
- 3. Disseny i desenvolupament del dispositiu.** Es descriu exhaustivament el procés de la creació i muntatge del dispositiu. S'explica el funcionament principal i els mòduls i materials emprats.
- 4. Processat de dades.** S'exposa la manera de tractar les dades rebudes pels dispositius per tal de obtenir resultats. Es detalla com s'ha realitzat l'aplicació mòbil per tal de fer un anàlisi posterior.
- 5. Dades clíniques dels pacients pediàtrics.** En aquest punt es descriuen les característiques clíniques dels pacients pediàtrics que han participat en l'experiment. Es proporcionen dades rellevants com l'edat, sexe, diagnòstic de malalties respiratòries i més informació mèdica pertinent que pugui influir en la interpretació dels resultats.
- 6. Proves i resultats.** En aquest capítol s'explica l'experiment realitzat, on dos nens amb asma han portat el dispositiu per mesurar els nivells de COVs durant dos dies. Els resultats mostren les concentracions de COVs als quals han estat exposats durant les seves activitats diàries.
- 7. Pressupost.** Es detalla el cost total del projecte, incloent materials, desenvolupament, i altres despeses associades.
- 8. Conclusions i línies futures del projecte.** Es presenten les conclusions principals extretes dels resultats obtinguts i es proposen possibles línies de treball futures per ampliar o millorar el projecte.
- 9. Bibliografia i Webgrafia.** Es proporciona una llista de les fonts d'informació utilitzades per elaborar el projecte.
- 10. Annexos.** S'adjunten els codis utilitzats al projecte, gràfiques que mostren les mesures de COVs, el manual bàsic del dispositiu proporcionat als participants de l'experiment, els formularis complets pels participants i les taules de monitoratge.

2. Marc teòric

2.1. Malalties respiratòries en pacients pediàtrics

Les malalties respiratòries en pacients pediàtrics, nens menors de 15 anys, estan augmentant bruscament. En els últims anys s'han realitzat estudis per a corroborar l'augment de les malalties respiratòries en nens a causa de la contaminació atmosfèrica.

Segons la Fundació Europea del Pulmó, les investigacions han mostrat que els problemes pulmonars suposen gairebé una quarta part de totes les visites dels nens al pediatre [3].

Quan un nadó neix, hi ha òrgans que encara no han estat totalment desenvolupats i poden requerir temps addicional per madurar i funcionar adequadament. Aquests òrgans inclouen els pulmons, el sistema digestiu, el sistema immunitari i el sistema nerviós central. Tot i que els pulmons estan presents en el moment del naixement, no han completat el seu desenvolupament i necessiten temps per expandir-se i funcionar eficaçment en la seva funció principal, l'intercanvi de gasos. Un pulmó d'un nadó nou té al voltant del 30% al 50% de la dotació final dels alvèols¹ de l'adult [4]. Quan respirem, l'aire passa pels bronquíols fins a arribar als alvèols els quals estan recoberts de capil·lars sanguinis. Aquestes petites estructures permeten l'oxigenació dels teixits del cos i l'eliminació del diòxid de carboni (CO₂), producte de rebuig del metabolisme cel·lular [5]. S'estima que la maduració dels pulmons finalitza dels 2 als 8 anys [4].

D'altra banda, els nens presenten un estat anabòlic² actiu, el que significa que respiren més aire, beuen més aigua i ingereixen més aliment per unitat corporal que els adults, i per tant estan en contacte amb una major exposició ambiental, és a dir, absorbeixen més contaminants [4].

Cal destacar que a més de respirar més de pressa i absorbir més aire, els infants viuen més a prop del terra, on estan respirant a l'alçada dels tubs d'escapament dels vehicles, donant lloc a una major exposició als compostos orgànics volàtils (COVs) i altres contaminants emesos.

És crucial vetllar per un entorn saludable i reduir al màxim la seva exposició als contaminants, ja que això pot tenir un impacte significatiu en la seva salut i benestar a curt i a llarg termini.

2.1.1. *Impacte de la contaminació atmosfèrica en la salut dels infants*

Les partícules contaminants en l'aire poden irritar les vies respiratòries i causar o agreujar malalties com l'asma, la bronquitis, la pneumònia i altres problemes respiratoris. És especialment rellevant el cas dels COVs, ja que la seva volatilitat permet que arribin fins als

¹ Els alvèols són petites estructures en forma de sacs situades a les extremitats dels bronquíols i són essencials per al procés de respiració i l'intercanvi de gasos.

² L'anabolisme és el conjunt de processos d'assimilar els nutrients i convertir-ho en matèria vivent. És la primera fase del metabolisme i s'oposa a catabolisme. [40]

alvèols dels pulmons i al torrent sanguini, incrementant així el risc de danys respiratoris significatius en els nens.

L'asma és la malaltia crònica més freqüent en la infància, però pot aparèixer en qualsevol edat. La prevalença global en el món és d'11,5% en nens de 6 a 7 anys i del 14,1% en nens de 13 a 15 anys [6]. Es deu a la inflamació i la contracció dels músculs que envolten les vies respiratòries i, per tant, dificulten la capacitat respiratòria [7].

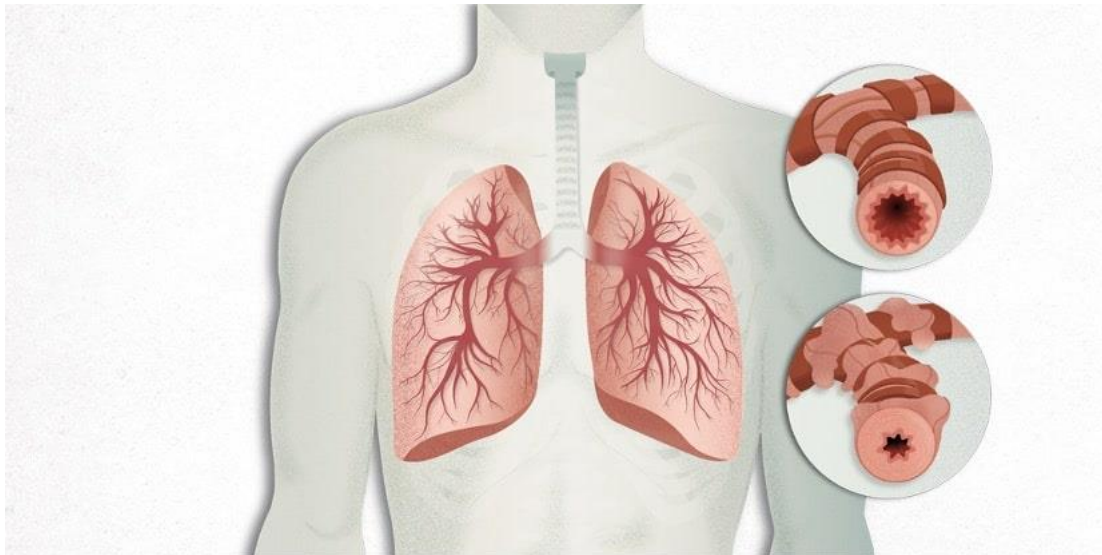


Figura 2.1. Contracció dels músculs que envolten les vies respiratòries. [8]

A escala mundial, fins a un 14% dels nens de 5 a 18 anys tenen asma relacionada amb factors de la contaminació ambiental [1].

2.1.2. Importància del monitoratge individual dels pacients pediàtrics

Per poder tractar i realitzar un seguiment de les malalties, la medicina personalitzada i individualitzada juga un paper molt important. Ja no és un concepte del futur, sinó que s'ha convertit en un element clau en l'atenció sanitària. Aquest enfocament possibilita als pacients accedir a estratègies de prevenció, tractaments i diagnòstics altament específics i precisos, millorant així la seva salut i benestar.

L'exposició als contaminants atmosfèrics al llarg del dia en nens pot variar segons les seves activitats diàries i els entorns demogràfics als quals estiguin exposats és per això que l'objectiu principal d'aquest projecte és dur a terme l'estudi personalitzat en cada pacient pediàtric amb malalties respiratòries per tal que els professionals de la salut puguin obtenir informació sobre l'escenari de l'infant al llarg del seu dia a dia, i així adaptar els seus tractaments i intervencions de manera individual.

Aquest enfocament personalitzat no només millora la gestió de les condicions de salut dels nens, sinó que també pot tenir un impacte positiu en la seva qualitat de vida. Reduir

l'exposició als contaminants atmosfèrics pot ajudar a minimitzar els símptomes de les seves malalties respiratòries.

2.2. Qualitat de l'aire en l'entorn de la regió del Camp de Tarragona

El canvi climàtic i la contaminació atmosfèrica és un tema de l'actualitat que hauria de ser una preocupació per tots nosaltres. La contaminació atmosfèrica es defineix com la presència a l'aire de substàncies en concentracions elevades que són perjudicials tant per a la salut com per al medi ambient [9]. Tarragona uneix la concentració més gran d'indústria química del sud d'Europa i és evident que gairebé tota la contaminació atmosfèrica és antropogènica (produïda per l'acció de l'home).

2.2.1. Característiques de l'entorn estudiat

El Camp de Tarragona constituït per les comarques de l'Alt Camp, Baix Camp, Conca de Barberà, Priorat, Baix Penedès i el Tarragonès, és un àmbit funcional territorial definit pel Pla Territorial General de Catalunya (PTGC). Té una extensió de 2.998 km² i un clima mediterrani. [10]

El procés de la industrialització a Tarragona comença a partir dels anys seixanta i setanta i avui en dia és una de les majors concentracions d'indústria química del sud d'Europa com ja s'ha esmentat anteriorment. A més de les empreses químiques i petroquímiques, Tarragona també conté una incineradora de residus sòlids perillosos i urbans i un important port industrial on l'any passat (2023) va tancar l'any amb 33.030.021 tones en tràfic de mercaderies [11].

El Departament del Medi Ambient i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya posa a disposició dades i documentació recollides a partir de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA) sobre la qualitat de l'aire a partir del 1995 fins ara en qualsevol punt geogràfic de Catalunya proper a una estació. [12]

Dins de la regió del Camp de Tarragona, hi ha 10 estacions, 3 ubicades dins la zona urbana de Tarragona, a la Universitat Laboral, Sant Salvador, i al Parc de la Ciutat, dues a Vila-seca, una a IES Vila-seca i l'altra a l'estació de RENFE, la sisena estació es troba a Constantí, una altra al Morell (deixalleria municipal), al Perafort (Puigdelfí) i finalment l'última a Reus (el Tallapedra). Són punts de mesura dels diferents contaminants, NO₂ (Diòxid de Nitrogen), PM₁₀ i PM_{2,5} (partícules en suspensió), O₃ (Ozó troposfèric), SO₂ (Diòxid de Sofre), CO (Monòxid de Carboni), C₆H₆ (Benzè) i H₂S (Sulfur d'Hidrogen).

Tots ells ens aporten molta informació sobre la qualitat de l'aire. Malauradament, els COVs, exceptuant el benzè, no són avaluats en aquestes estacions, i estudis previs han demostrat que s'ha de tenir en compte altres COVs. [13]

2.3. Compostos Orgànics Volàtils (COVs)

Els compostos orgànics volàtils (COVs), sovint anomenats VOCs (per les seves sigles en anglès), són considerats com una amenaça latent per a la salut humana, la dels animals i les plantes.

Són compostos orgànics formats majoritàriament per carboni, contenen una cadena inferior a dotze, i compostos d'altres elements com el nitrogen, l'oxigen, el sofre, el fluor, el clor o brom. Són els responsables de la generació d'alguns fenòmens com el *smog* fotoquímic (acrònim derivat de les paraules angleses *smoke* – fum i *fog* – boira) que afecta a tot el nucli urbà i també són els responsables de la formació del famós efecte hivernacle. [14]



Figura 2.2. *Smog* fotoquímic a la ciutat de Tarragona. [15]

Es defineixen com a COVs tots aquells compostos que, a 20 °C, tenen una pressió de vapor igual o superior a 0,01 kPa. Hi ha milions de COVs, però els més abundants en l'aire són el metà, el toluè, el n-butà, l'i-pentà, l'età, el benzè, el n-pentà, el propà i l'etilè [16]. Gairebé tots es troben a temperatura ambient en estat gasós. Les concentracions de COVs en l'atmosfera es mesuren normalment en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o mg/m^3 , però en el cas dels microsensors que analitzen COVs en ppm “parts per milió”. Però no es mesura el volum de molècules petites sinó la concentració.

L'origen d'aquests compostos pot ser biològic, a causa de la descomposició de matèria orgànica (principalment hidrocarburs, terpens, èsters, carbonils, etc.), olis vegetals o saponines, o bé antropogènic, a causa de les emissions industrials o domèstiques, les emissions dels vehicles, del sector energètic, l'ús de productes químics, fum del tabac, tintorereries i bugaderies, dissolvents industrials, pintures, vernissos, indústria cosmètica, farmacèutica, arts gràfiques, etc. [17]

En les erupcions volcàniques també es produeixen emissions massives de compostos orgànics volàtils procedents de fonts geològiques. [18]

Alguns compostos passen a l'atmosfera a causa de la seva evaporació. En l'atmosfera existeixen milions de gasos per tal que sigui possible la vida, però hi ha gasos que a una quantitat superior de la normal poden ser perjudicials per a la salut. A l'atmosfera es poden diferenciar 5 capes, la capa de la troposfera, és la més pròxima a la superfície terrestre, seguidament es troba l'estratosfera, a continuació la mesosfera, la termosfera i finalment l'exosfera.

En l'exosfera, a uns 25 km d'altura de la superfície de la terra, existeix una capa d'ozó, O₃, una molècula amb 3 àtoms d'oxigen, que ens protegeix de les radiacions ultraviolades produïdes pel sol. Ara bé, quan es produeix un excés d'ozó en la capa de la troposfera, la més pròxima a la terra, llavors és quan aquest ozó pot ser perjudicial per la salut.

L'ozó present en la troposfera, s'anomena com el seu nom indica, ozó troposfèric, considerat un contaminant ambiental secundari. La generació d'aquesta molècula no és directa, no s'emet per cap font contaminant, sinó que, es genera a partir de la combinació d'altres molècules a través de reaccions fotoquímiques. Un precursor per excel·lència són els COVs [19].

Els COVs es poden classificar segons molts criteris, segons la seva mida, segons els seus efectes i segons la seva volatilitat, és a dir la tendència a què una substància té a vaporitzar-se, els que s'evaporen més ràpidament són més perillosos. [20]

Segons les seves característiques volàtils els COVs es classifiquen de la següent manera:

Tipus	Exemples de compostos	Punt d'ebullició °C
Compostos orgànics molt volàtils (COVVs)	Propà, butà, clorur de metil	0 a 50-100
Compostos orgànics volàtils (COVs)	formaldehid, toluè, acetona, alcohol isopropílic	50-100 a 240-260
Compostos orgànics semivolàtils (COSVs)	pesticides, plastificants	240-260 a 380-400

Taula 2.1. Tipus de COVs segons la seva volatilitat [20]

Els **compostos orgànics molt volàtils** (COVVs) són els més perillosos. Aquesta classe com es pot observar en la taula conté propà, butà, clor de metil etc.

Els **compostos orgànics volàtils** (COVs) són menys perillosos que els anteriors. Inclouen el clorur de vinil, el tetraclorur de carboni, el toluè, l'acetona, l'alcohol isopropílic, l'hexanal, el disulfur de carboni, entre altres que s'han anat mencionant.

Finalment, els **compostos orgànics semivolàtils** (COSVs) són compostos amb un menor pes molecular i menys punt d'ebullició que els COVs. Són menys probables de què s'evaporin a temperatura ambient, però no vol dir que no siguin perillosos. [20]

Els COVs també es poden classificar segons els seus efectes nocius en la salut i en el medi ambient:

Tipus	Exemples de compostos
Compostos extremadament perillosos per la salut	benzè, clorur de vinil i 1,2 dicloroetà.
Compostos de Classe A : poden causar danys significatius al medi ambient	acetaldehid, anilina, tricloroetilè, etc.
Compostos de Classe B : tenen menor impacte en el medi ambient	acetona i etanol

Taula 2.2. Tipus de COVs segons la seva perillositat per la salut [21]

Un grup d'investigadors es va centrar en la recollida de concentracions de COVs l'any 2009, amb mostres extretes des de maig fins a octubre del 2007 des de 6 llocs estratègics dels voltants de la petroquímica de Tarragona, on van determinar 65 nivells de COVs, molts d'ells precursors d'ozó. En una investigació posterior, un any després, els mateixos investigadors van tornar a obtenir dades des dels mateixos llocs, identificant l'i-pentà i l'etilbenzè com els compostos més abundants, a més de detectar xilens, estirè i toluè. [22]

2.3.1. Nivells recomanats i legislats de COVs

La Unió Europea ha establert diferents legislacions per tal de regular i disminuir les emissions de COVs. A Espanya la transposició d'aquestes legislacions s'estableixen en diferents Reials Decrets. [23]

Reial Decret 117/2003: Estableix uns límits en les emissions de COVs produïdes en determinades instal·lacions, com a les fàbriques de pintures, petroquímiques, vernissos i en certes indústries on s'apliquen. [23]

Reial Decret 227/2006: limita el contingut de COVs en determinades pintures de decoració i productes per al repintat de vehicles. [23]

Per regular les emissions de COVs en gasolineres s'han establert 3 Reials Decrets, Reial Decret 2102/1996, Reial Decret 1437/2002 i Reial Decret: 455/2012. [23]

És important destacar que aquests decrets i legislacions estan considerablement endarrerits i haurien de ser actualitzats per estar en línia amb els avenços i necessitats ambientals actuals.

Els límits que estableixen les normatives anteriors fan referència a situacions o protocols molt concrets. A més, depenen de cada compost específic. Per tant, no s'ha establert cap limitació que pugui utilitzar-se generalitzada per als COVs. [24]

Tot i així, s'ha establert una classificació en la taula següent, tot i que aquesta no està legislada.

COVs	Impacte
< 300 ppb	Baix
300 – 500 ppb	Acceptable
> 500 ppb	Alt

Taula 2.3. Classificació dels compostos orgànics volàtils (COVs) segons el seu impacte en funció de la seva concentració en parts per bilió (ppb).

2.3.2. COVs i la salut dels pacients pediàtrics

Els compostos orgànics volàtils (COVs) poden tenir diversos efectes nocius per a la salut, aquests dependran de la naturalesa de cada compost i del grau d'exposició.

És un tema preocupant la concentració de COVs a la que els infants estan exposats. Un estudi realitzat a la ciutat de Minneapolis, en l'estat de Minnesota, Estats Units, es va analitzar la concentració d'onze COVs en una mostra de sang de 150 nens i es va comprovar que la concentració d'aquests compostos va ser major que la dels adults incloent fumadors. [25]

Un nen passa la major part del temps a l'escola i a casa, és a dir, en espais interiors. En aquests ambients, les concentracions de COVs són més elevades que a l'exterior [14]. Esmentades anteriorment les fonts d'aquests contaminants, s'ha demostrat que una de les principals fonts dels COVs en espais interiors és la infiltració dels COVs provinents de l'exterior [26].

Els efectes en la salut poden ser tant a curt com a llarg termini, es pot estar exposat a aquests compostos mitjançant la inhalació o bé pel contacte directe a través de la pell. L'exposició més preocupant és la inhalació, ja que com s'ha explicat els pulmons són la via principal de distribució dels gasos inhalats al torrent sanguini.

Els símptomes més predominants a curt i a llarg termini, són:

A curt termini:

- Irritació dels ulls, la gola i el nas.

- Nàusees i vòmits.
- Mal de cap.
- Reaccions al·lèrgiques i inflamació.
- Marejos.
- Malestar estomacal i intestinal.
- Fatiga.
- Erupcions cutànies.

A llarg termini:

- Malalties en el sistema respiratori.
- Problemes al fetge.
- Problemes als ronyons.
- Afectació en el sistema nerviós central.
- Afectació al sistema reproductor.
- Possibles afectacions al sistema digestiu.

A més dels efectes a curt i llarg termini, l'exposició també pot estar associada a un augment del risc de desenvolupar càncer, específicament la leucèmia i altres malalties hematològiques malignes [27]. Compostos com el benzè, 1,3-butadiè [28], el tricloroetilè, el tetracloroetilè, l'1,2-dibromoetà, l'etilbenzè, el tetraclorur de carboni i el cloroform són els compostos orgànics volàtils més cancerígens [14]. Un dels únics articles que s'ha realitzat respecte als riscos cancerígens i no cancerígens que planteja la inhalació de COVs en persones que viuen prop de l'entorn químic/petroquímic s'ha dut a terme al Camp de Tarragona. On han trobat un risc global de càncer de 3,3 casos per cada 10.000 persones exposades a aquests compostos superant així els límits recomanats per l'OMS i la USEPA. [14]

Un grup de recerca de Taiwan, van realitzar un estudi epidemiològic centrat a investigar la salut respiratòria en les escoles. Van demostrar que els nens que vivien en una zona petroquímica tenien més prevalença d'asma i altres símptomes respiratoris. [29]

El mateix grup de recerca, va dur a terme un altre estudi amb 6 grups de nens de diferents zones (1 zona rural, 2 zones urbanes, i 3 àrees properes a la petroquímica). Els nens que vivien a l'àrea propera a la petroquímica com s'esperava, tenien més símptomes respiratoris, van mostrar més sibilàncies, asma, rinitis al·lèrgica, sinusitis i bronquitis. [29]

A l'Argentina, van investigar l'efecte de l'exposició de COVs sobre la salut en nens de 6 a 12 anys. Hi havia dos grups a comparar, nens que vivien a ambients urbans, exposats al tràfic i a la contaminació industrial, i nens que vivien en l'ambient rural. Altre cop, com era d'esperar, els nens que residien a la zona urbana i, per tant, exposats a major contaminació

de COVs i altres partícules, tenien una major prevalença d'asma, exacerbacions d'asma, símptomes respiratoris i una capacitat inferior pulmonar. [30]

Anteriorment esmentats els efectes nocius de l'ozó troposfèric, s'ha demostrat que aquesta molècula en estar en abundància i a una altura mínima de la superfície de la terra, disminueix la capacitat pulmonar sobretot en infants amb asma, ja que actua com a un fort oxidant.

Un estudi realitzat a la regió del Camp de Tarragona durant el 2014, va examinar la prevalença dels símptomes respiratoris i l'asma en nens de (6-7 anys) i de (13-14 anys). Els pacients pediàtrics que vivien a prop de la regió petroquímica van mostrar un augment significativament superior d'hospitalitzacions per problemes respiratoris i tos nocturna en comparació amb els infants que vivien més lluny d'aquesta zona. Per tant, estaria relacionada a l'exposició a curt termini. [31]

A més d'afectar a la salut respiratòria dels nens, un estudi realitzat als Estats Units d'Amèrica des del 2015 al 2017, va voler investigar sobre la relació entre la qualitat de l'aire interior de les aules dels col·legis amb el rendiment acadèmic dels alumnes. Les mesures de diferents compostos i partícules es duien a terme en les aules plenes i buides. Quan les classes estaven ocupades, la major part dels compostos varen ser, diòxid de carboni (CO₂), formaldehid i partícules en suspensió. Quan les aules estaven buides, destacava una major quantitat d'ozó (O₃), monòxid de carboni (CO), diòxid de nitrogen i COVs. Van recollir dades sobre el rendiment acadèmic dels nens. Van concloure que hi havia una gran correlació entre la productivitat de l'alumne i la qualitat de l'aire, molt associada a la ventilació de l'aula. [32]

En les últimes dècades s'han realitzat diferents estudis sobre els nivells dels contaminants atmosfèrics de la regió, però manquen més investigacions sobre la correlació que provoquen aquests contaminants en la salut humana. [28]

Amb els estudis analitzats en aquest projecte, es pot afirmar que l'exposició a COVs juntament amb altres contaminants atmosfèrics, pot afectar la salut respiratòria dels pacients pediàtrics.

2.4. Tecnologies de mesura utilitzades per sensors comercials per la detecció de COVs

Una vegada realitzat l'estudi dels COVs i els seus efectes en la salut sobretot en nens, cal estudiar les diferents tecnologies per tal d'analitzar i realitzar un monitoratge d'aquests compostos.

Primerament, tenim els **sensors de detecció per foto-ionització (PID)**. Són dispositius especialitzats en la detecció de baixes concentracions de COVs. Funcionen mitjançant l'ús d'una font de llum ultraviolada (UV) d'alta energia per ionitzar les molècules de gas en el medi ambient. És a dir, quan la llum UV interacciona amb les molècules de gas, genera ions positius i negatius, les ionitza. [33]

Això fa que es generi un corrent iònic i el sensor el mesura. Aquest corrent és proporcional a la concentració de COVs presents en l'ambient.

La quantitat d'energia requerida perquè una molècula s'ionitzi es coneix com a potencial d'ionització (PI). Per tant, per a una detecció eficaç dels COVs, l'energia de la font de llum ultraviolada ha de ser més gran que el PI de les molècules que es volen detectar.

Tot i que ofereixen una detecció precisa, cal destacar que aquests sensors de PID tendeixen a ser costosos.

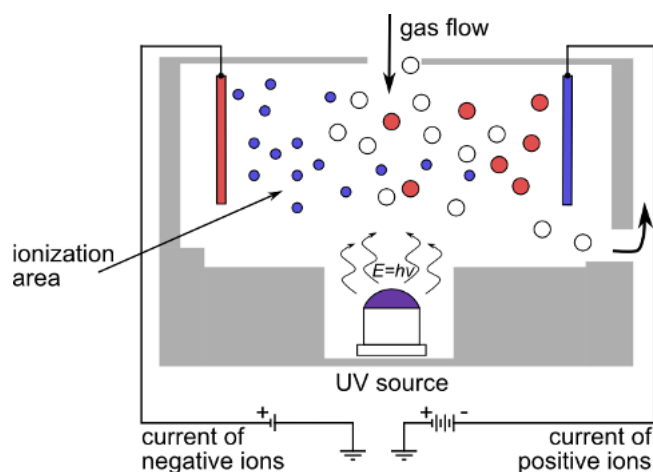


Figura 2.3. Diagrama del funcionament d'un sensor de detecció per foto-ionització (PID). [34]

En el cas dels **sensors electroquímics** funcionen mitjançant reaccions químiques en superfícies electroquímiques. Quan el gas entra en contacte amb l'elèctrode, es produeixen reaccions d'oxidació o reducció, generant un corrent elèctric. Aquest corrent és proporcional a la concentració de gas, en aquest cas de COVs. Aquests sensors ofereixen sensibilitat i selectivitat, però poden veure's afectats per factors ambientals com la humitat i la temperatura, i requereixen calibració periòdica per mantenir la seva precisió. [34]

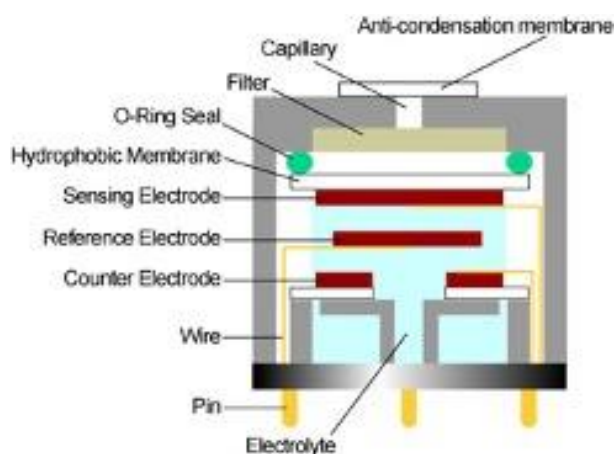


Figura 2.4. Diagrama del funcionament d'un sensor electroquímic. [34]

Un altre tipus de sensors són els **sensors quimiorresistius**, són aquells sensors que detecten gasos a partir de les variacions de la seva resistència elèctrica. Estan formats per un material sensible que canvia la seva resistència quan entra en contacte amb un gas produint unes

reaccions químiques d'oxidació i reducció que alteren la seva conductivitat. Els **semiconductors d'òxid metàl·lic (MOx)** són una variant dels sensors quimioresistius. Aquests sensors estan compostos per un material sensible, com ara l'òxid d'estany o l'òxid de zinc, que canvia la seva conductivitat elèctrica quan interactua amb els gasos. [34] Són àmpliament utilitzats, ja que ofereixen una detecció sensible i precisa de diversos gasos contaminants, com ara els compostos orgànics volàtils (COVs), el monòxid de carboni (CO) i el diòxid de nitrogen (NO₂), entre altres. Solen ser molt sensibles però poc selectius.

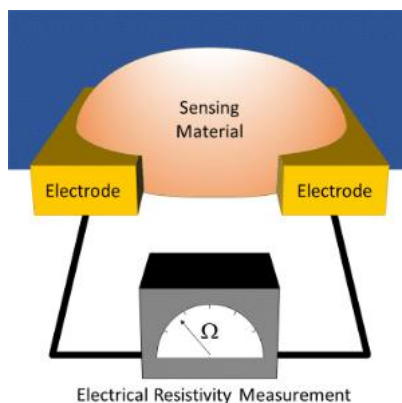


Figura 2.5. Diagrama del funcionament d'un sensor quimioresistiu. [34]

Els **sensors d'infraroigs no dispersius (NDIR)**, detecten les concentracions de gas mesurant l'absorció de raigs infrarojos de les molècules de gas a una longitud d'ona específica. Aquesta absorció és característica per a cada gas, permetent una detecció precisa i fiable. Actualment els dispositius NDIR s'utilitzen majoritàriament en la detecció de CO₂. [35]

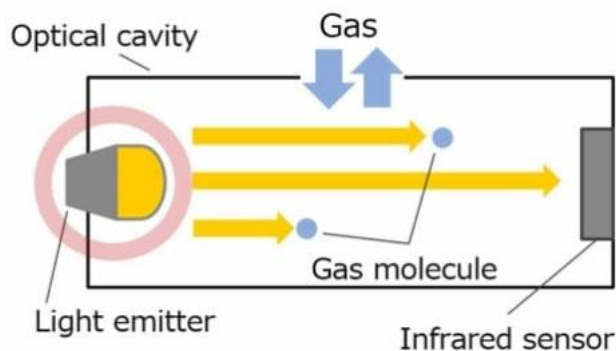


Figura 2.6. Diagrama del funcionament d'un sensor d'infraroigs no dispersius. [35]

Finalment, existeixen els sensors que contenen la tecnologia de **gas multi píxel**, aquests incorporen diversos elements sensorials sovint d'òxid metàl·lic, coneguts com a "píxels", en una única plataforma. Aquests píxels estan dissenyats per a detectar gasos específics i poden ser configurats per a detectar diversos tipus de contaminants. Normalment aquesta

aproximació porta associada la utilització de tècniques de reconeixement de patrons per processar la informació multivariant subministrada pels sensors.

3. Disseny i desenvolupament del dispositiu

El dispositiu implementat per a la monitorització de Compostos Orgànics Volàtils (COVs) en pacients pediàtrics amb asma consisteix en una caixeta de dimensions específiques, que es pot penjar a la motxilla del nen mitjançant un mosquetó. Aquest dispositiu alberga un sensor de COVs integrat que recopila de manera contínua dades sobre els nivells d'exposició als COVs als quals està sotmès el pacient.

El sensor està dissenyat per detectar una àmplia gamma de COVs, tenint en compte els contaminants ambientals que poden desencadenar episodis d'asma. Les dades recollides s'emmagatzemen automàticament a través del protocol HTTP en un document accessible en qualsevol moment. A més, per a un anàlisi més precís, també es registraran les dades de latitud, longitud i altitud obtingudes del GPS del dispositiu mòbil del pacient.

Per tal d'assegurar la selecció del sensor més adequat per al dispositiu, s'ha dut a terme una comparativa entre cinc sensors disponibles al mercat. Els sensors triats són el **ZMO4410**, **PmodAQS**, **BME680**, **BME688** i **SGP30**.

3.1. Estudi tècnic dels diferents sensors de COVs

Aquests sensors han estat triats no només per la seva reputació com a productes de qualitat, sinó també per la seva relativa accessibilitat econòmica, un factor crucial per a la viabilitat del projecte. Però alguns d'ells es van haver de descartar per la seva complexitat a l'hora d'obtenir les dades.

El sensor **ZMO4410** va ser un dels primers candidats a implementar en el dispositiu. El fabricant d'aquest sensor és *Renesas* i està dissenyat per tal de poder detectar COVs, controlar la qualitat de l'aire interior (IAQ) i el nivell de diòxid de carboni estimat (eCO_2). Malauradament, no és compatible amb microcontroladors com *l'Arduino*, *l'ESP32* o *Raspberry Pi Pico*, ja que requereix una placa de programació específica del fabricant. Per tant, s'ha descartat aquest sensor, tot i ser econòmic, per la seva elevada despesa en la placa necessària.



Figura 3.1. US082-ZMOD4410EVZ Pmod Board.

El sensor **PmodAQS** va ser considerat com una opció, però, igual que el sensor anterior, es va presentar el mateix inconvenient, requereix una placa de programació específica del fabricant. Això significa que no és compatible amb microcontroladors com *l'Arduino*,

l'ESP32 o *Raspberry Pi Pico*, limitant la seva utilitat en el projecte. Així doncs, malgrat les seves característiques positives, es va decidir descartar-lo per buscar una solució més versàtil i adaptable a les necessitats del projecte.



Figura 3.2. Digilent Pmod AQS.

Els sensors **BME680** i **BME688** són sensors de gasos per la monitorització ambiental que ofereixen la capacitat de mesurar múltiples paràmetres ambientals en un únic dispositiu. Aquests paràmetres inclouen la temperatura, la humitat, la pressió baromètrica i la qualitat de l'aire, incloent-hi la detecció de gasos orgànics volàtils (COVs). No obstant això, és important assenyalar que els valors específics de COVs no es proporcionen directament pels sensors BME680 i BME688, sinó que estan integrats en el paràmetre general de qualitat de l'aire que els sensors mesuren. Això significa que els valors de COVs són interpretats a través d'aquest paràmetre de qualitat de l'aire, i no es proporcionen com a lectures individuals.



Figura 3.3. Sensors BME680 i BME688.

Finalment el sensor **SGP30** es pot utilitzar per mesurar la qualitat de l'aire, especialment en el que es refereix a la detecció de compostos orgànics volàtils (COVs) i diòxid de carboni (CO₂). A diferència dels sensors BME680 i BME688, el SGP30 està especialitzat en la detecció específica de COVs i CO₂, i ofereix lectures individuals per aquests gasos.

Per tant, ha estat l'escollit per a la implementació del dispositiu, atès que proporciona la capacitat necessària per a un monitoratge precís dels contaminants ambientals d'interès, en aquest cas els COVs.

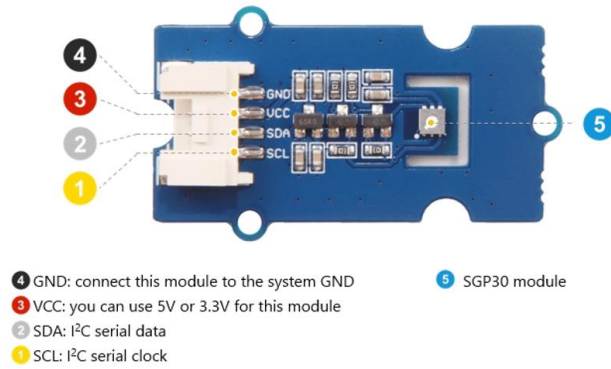


Figura 3.4. Sensor SGP30.

A continuació s'especifiquen diferents característiques.

<i>Característiques i especificacions tècniques del SGP30</i>	
Sensor de gas multi píxel	
Interfície I2C amb senyals de sortida TCOVs i CO2eq	
Baix consum d'energia	
Alimentació: 3,3 V / 5 V	
Rang de sortida: TVOC → 0 ppb a 60000 ppb ³ CO2eq → 400 ppm a 60000 ppm ⁴	
Resolució:	
TVOC	0 - 2008 ppb / 1 ppb
	2008 - 11110 ppb / 6 ppb
	11110 - 60000 ppb / 32 ppb

³ ppb: Parts per bilió americans, és una unitat de mesura utilitzada per la concentració de substàncies. Fa referència a la quantitat d'unitats d'una determinada substància present per cada mil milions d'unitats en el conjunt. [41]

⁴ ppm: Parts per milió, és una unitat de mesura utilitzada per la concentració de substàncies. Fa referència a la quantitat d'unitats d'una determinada substància present per cada un milió d'unitats en el conjunt.

CO ₂ eq	400 - 1479 ppm / 1 ppm
	1479 - 5144 ppm / 3 ppm
	5144 - 17597 ppm / 9 ppm
	17597 - 60000 ppm / 31 ppm

Taula 3.1. Característiques tècniques del sensor SGP30.[36]

El voltatge de funcionament típic del *SGP30* és de 1,8 V. S'utilitza un xip de conversió de potència *XC6206P182MR* per proporcionar una tensió de 3,3 V estable. [36]

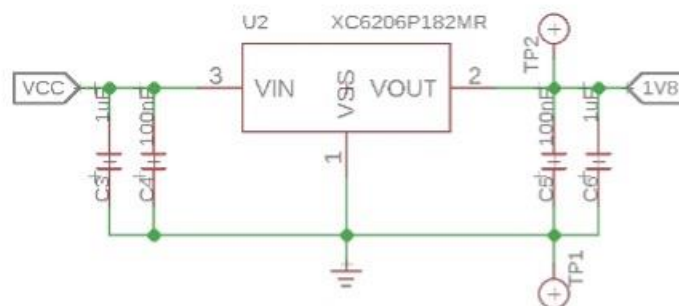


Figura 3.5. Energia subministrada al sensor SGP30.[36]

El sensor és compatible amb les plataformes *Arduino*, *ESP32* i *Raspberry Pi*. En aquesta ocasió, s'ha optat per utilitzar la placa *ESP32* per programar el sensor. És rellevant assenyalar que el sensor ja ha estat calibrat de fàbrica tot i que abans d'integrar el sensor en el dispositiu, s'han dut a terme proves per verificar els valors obtinguts en diferents entorns.

3.2. Mòdul utilitzat, ESP32

S'ha escollit el mòdul *ESP32* per controlar el dispositiu mitjançant Bluetooth. Aquesta elecció es deu a la seva connectivitat integrada, la potència de processament i la flexibilitat de desenvolupament. L'*ESP32* ofereix una solució robusta i versàtil per a les necessitats de control i comunicació a través de Bluetooth.

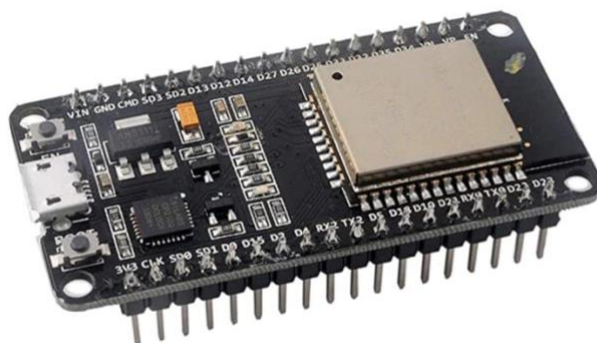


Figura 3.6. ESP32 WROOM-32

S'utilitza Bluetooth per poder obtenir els valors de COVs i enviar-los a una aplicació mòbil per al seu posterior tractament.

Les característiques tècniques més rellevants de la placa de desenvolupament *ESP32-DEV KIT V1* es detallen a continuació.

Característiques tècniques del <i>ESP32-DEV KIT V1</i>	
Microcontrolador	ESP32 (Dual-core Xtensa LX6, 240 MHz)
Connectivitat	Wi-Fi i Bluetooth
Pins d'entrada/sortida (GPIO)	38 pins GPIO (entrada/sortida)
Ports analògics	18 ports ADC (12 bits)
Ports de comunicació USB	1x micro USB per a alimentació i programació
Tensió d'alimentació	3,3 V (potencialment amb la capacitat d'acceptar 5 V)
Interfícies de comunicació	UART, SPI, I2C, I2C, CAN, Ethernet

Taula 3.2. Característiques tècniques de ESP32-DEV KIT V1.

Seguidament podem observar detalladament les sortides i entrades de la placa *ESP32 DEV KIT V1*.

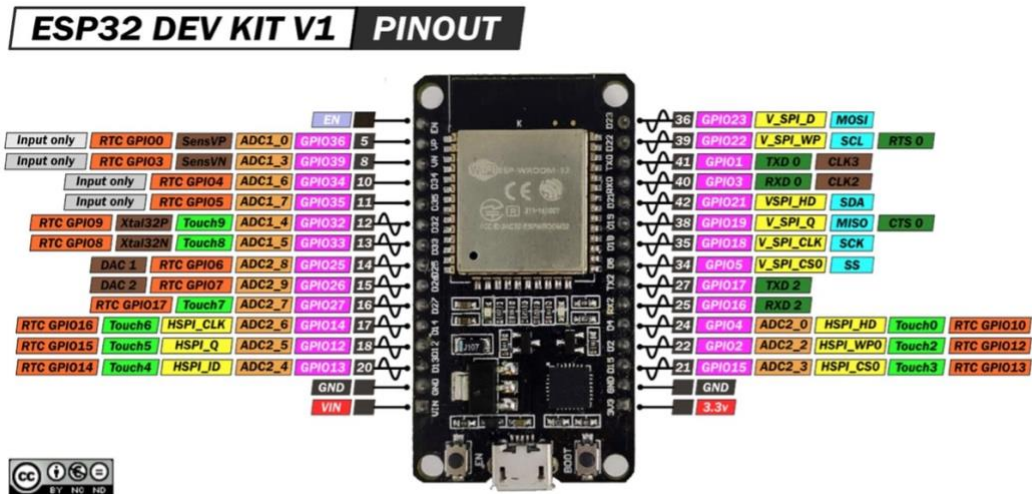


Figura 3.7. Diagrama dels pins del ESP32 DEV KIT V1. [37]

3.2.1. Connectivitat SGP30 i ESP32

Mitjançant el protocol **I2C**, la placa *ESP32* pot enviar comandes al sensor SGP30 per a sol·licitar lectures dels valors de COVs i altres paràmetres ambientals.

El protocol I2C, o *Inter-Integrated Circuit*, és un protocol de comunicació sèrie bidireccional que es fa servir per connectar diversos dispositius electrònics en un bus de comunicació. Aquest protocol permet la transmissió de dades entre els dispositius de manera senzilla i eficient, utilitzant només dues línies de senyal: una línia de dades (SDA) i una línia de rellotge (SCL). [38]

La placa *ESP32* actua com a mestre en el bus I2C, mentre que el sensor SGP30 actua com a esclau. Això significa que la placa *ESP32* inicia i controla les comunicacions, enviant comandes al sensor SGP30 per sol·licitar dades o dur a terme altres operacions.

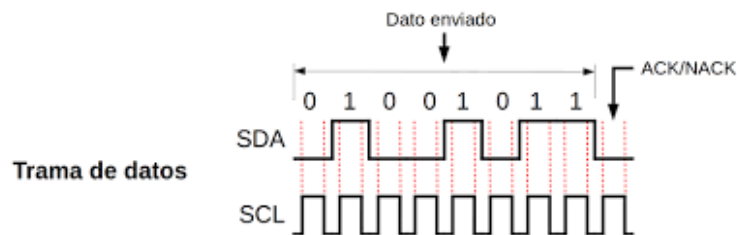


Figura 3.8. Funcionament protocol I2C. [38]

L'*ESP32* compta amb un bus I2C als pins A4 (SDA) i A5 (SCL), aquests pins aniran connectats a les entrades del sensor SCL i SDA corresponents. Tal com podem observar en el diagrama següent.

A continuació, es descriuen els pins utilitzats de la placa.

El **pin 3.3 V** proporciona una alimentació de 3,3 V. És utilitzat per alimentar el sensor ja que requereix aquesta tensió.

El **pin GND** és el terra (Ground) del sistema. Es connecta a la referència de terra per completar els circuits.

El **pin D21** és un dels pins GPIO (General Purpose Input/Output). Pot ser utilitzat com a entrada o sortida digital. En aquest cas, es fa servir com a línia SDA (Serial Data Line) per la comunicació I2C.

El **pin D22** és també un dels pins GPIO i pot ser utilitzat de la mateixa manera que el pin D21, com a entrada o sortida digital. En aquest cas, es fa servir com a línia SCL (Serial Clock Line) per la comunicació I2C.

Finalment el diagrama del muntatge de connexió entre el ESP32 DEV KIT V1 i el sensor SGP30 és el següent.

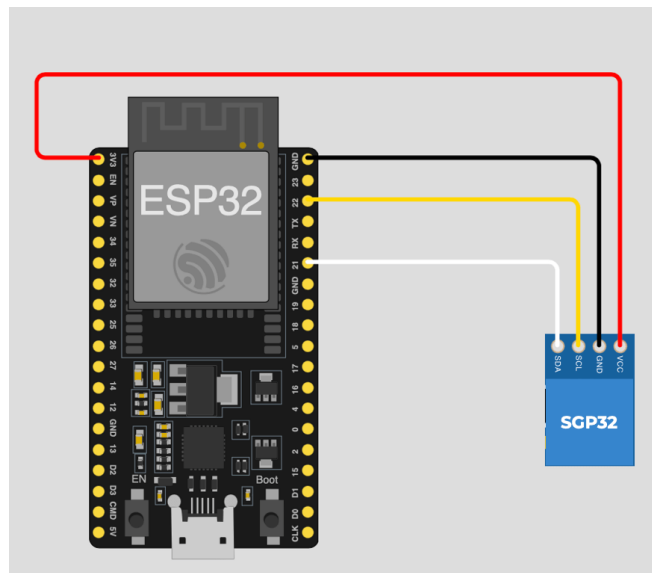


Figura 3.9. Diagrama connectivitat SGP30 amb ESP32. [39]

3.3. Materials utilitzats i muntatge del dispositiu

Per garantir la portabilitat del dispositiu i que sigui un *wearable*, és essencial utilitzar una bateria per alimentar la placa ESP32 juntament amb el sensor SGP30.

Aquests tres components, el sensor SGP30, l'ESP32 i la bateria, es col·loquen dins d'una caixa foradada que es duu a terme amb una impressora 3D, amb dimensions específiques per permetre que l'infant la porti còmodament. Aquesta caixa es pot fixar a l'exterior de la motxilla del nen, lligar-la amb un mosquetó al cinturó o col·locar-la en un lloc estratègic per garantir que estigui en contacte amb l'aire ambiental allà on es trobi el nen. Això assegura que el sensor pugui capturar amb precisió les lectures dels COVs i altres paràmetres ambientals mentre el nen es mou lliurement.

3.3.1. Bateria recargable 3,7 V 2400 mAh

Per tal d'escollir la bateria adequada per tenir el dispositiu alimentat durant 24 hores, s'ha mesurat el consum mitjà. Aquest consum mitjà, com es pot veure en la figura següent, és de 96 mA – 100 mA.

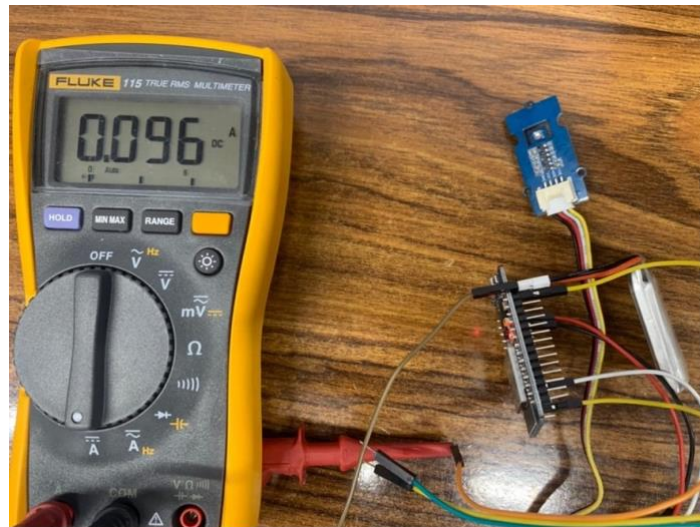


Figura 3.10. Mesura del corrent mitjà del dispositiu.

Com que no s'utilitza un mòdul Bluetooth de Low Energy, s'ha observat que el consum mitjà és elevat. Si volem que el sensor funcioni durant 24 hores necessitem una bateria amb una capacitat adequada.

El dispositiu utilitza una tensió de 3,7 V i té un consum mitjà de 100 mA. La potència consumida pel dispositiu es pot calcular amb la fórmula:

$$P = V * I \quad (1)$$

On:

- P és la potència en watts (W).
- V és la tensió en volts (V).
- I és el corrent en amperes (A).

Per al dispositiu:

$$P = 3,7 V * 0,1 A = 0,37 W \quad (2)$$

Per calcular la capacitat necessària de la bateria per a 24 hores de funcionament, utilitzem la següent fórmula:

$$\text{Capacitat (mAh)} = \frac{P \cdot T}{V} \quad (3)$$

On:

- P és la potència en watts (W).
- T és la temps en hores (h).
- V és la tensió en volts (V).

Substituint els valors coneguts:

$$\text{Capacitat (mAh)} = \frac{0,37 \text{ W} \cdot 24 \text{ h}}{3,7 \text{ V}} \quad (4)$$

Finalment:

$$\text{Capacitat (mAh)} = \frac{8,88 \text{ Wh}}{3,7 \text{ V}} \approx 2400 \text{ mAh} \quad (5)$$

Per tant, necessitem una bateria amb una capacitat d'aproximadament **2400 mAh** per assegurar que el dispositiu pugui estar operatiu durant 24 hores amb un consum mitjà de 100 mA.

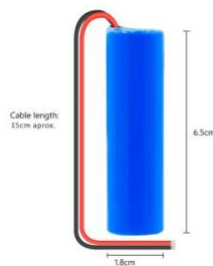


Figura 3.11. Bateria utilitzada 3,7 V 2400 mAh.

3.3.2. Caixa Foradada, Dispositiu final

En primer lloc, s'han pres les dimensions dels tres mòduls agrupats (sensor SGP30, ESP32 i la bateria) per garantir que la caixa tindrà les dimensions adequades per allotjar tots els components de manera compacta i segura.

Seguidament, s'ha dissenyat el model tridimensional de la caixa utilitzant un programa informàtic anomenat Shapr3D, tenint en compte les dimensions dels mòduls i altres consideracions com els connectors, els botons d'accés i els orificis per a la ventilació.

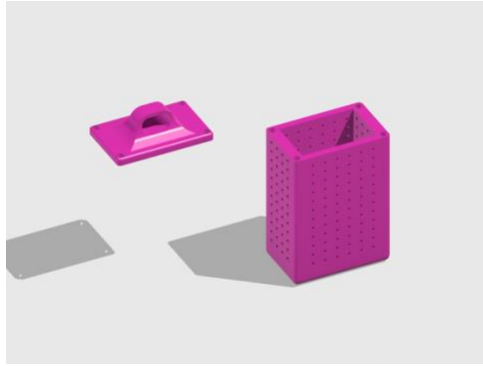


Figura 3.12. Disseny tridimensional de la caixa foradada.

Un cop completat el disseny, es procedeix a la impressió de la caixa utilitzant una impressora 3D. S'han fet servir materials durables i adequats per a l'ús previst, assegurant-se que la caixa sigui prou resistent per protegir els components interns.



Figura 3.13. Caixa amb forats pel dispositiu final.

Finalment, es duu a terme una prova de muntatge per verificar que tots els components s'ajusten correctament dins de la caixa i que els connectors i els orificis són accessibles i funcionen com s'ha previst.



Figura 3.14. Caixa amb els components.

4. Processat de dades

Després d'explicar la connectivitat i el protocol utilitzat per rebre les dades de TCOVs, aquest capítol detalla el procés d'enviament d'aquestes dades a l'aplicació mòbil implementada amb *App Inventor*. A més, es descriu com es transmeten les dades a través del protocol HTTP a un full de càlcul de Google Sheets per emmagatzemar-les de manera organitzada, incloent-hi les dades de TCOVs, longitud, latitud i altitud per saber en tot moment on s'han registrat els nivells.

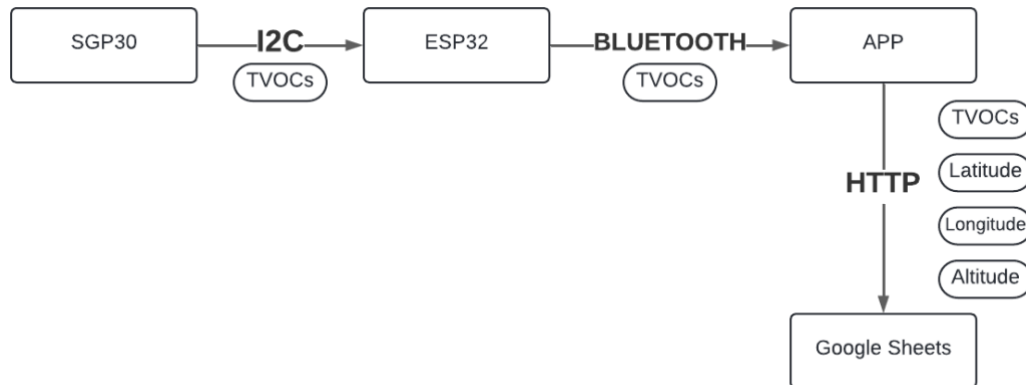


Figura 4.1. Diagrama del processat de dades.

L'ESP32 és compatible amb una àmplia gamma de llenguatges de programació, C/C++, MicroPython o inclús JavaScript. L'entorn de desenvolupament integrat més utilitzat per programar l'ESP32 del dispositiu és l'Arduino IDE. Aquest entorn es programa amb C/C++ i proporciona una interfície fàcil d'utilitzar. L'Arduino IDE amb l'ESP32 ofereix una gran quantitat de llibreries específiques, que simplifiquen el desenvolupament d'una àmplia gamma d'aplicacions i projectes. Per tant, s'ha optat per aquest entorn de desenvolupament.

4.1. Desenvolupament del codi en IDE *Arduino*

Les llibreries, definicions, inicialitzacions, el *setup* i el *loop* són elements clau en la programació amb Arduino.

4.1.1. Llibreries

Les llibreries són conjunts de codi definit que contenen funcions i classes que faciliten la programació d'*Arduino*. En el codi s'utilitzen dues llibreries:

- **BluetoothSerial.h:** Aquesta llibreria permet la comunicació Bluetooth amb dispositius externs, com un telèfon o un ordinador.
- **Adafruit_SGP30.h:** Aquesta llibreria facilita la interfície amb el sensor SGP30.

4.1.2. Definicions i inicialitzacions

Es defineixen diferents paràmetres i s'inicialitzen variables utilitzades en el codi.

S'inicialitza el nom del dispositiu Bluetooth, **DEVICE_NAME**, com a “ESP32_SGP30”. Aquest nom es fa servir per identificar el dispositiu.

```
#define DEVICE_NAME "ESP32_SGP30"
```

Es crea un objecte de la classe **SGP30 (sgp)**, que es fa servir per interactuar amb el sensor de compostos orgànics volàtils SGP30. Aquest objecte permet inicialitzar el sensor, llegir les dades de TVOCs.

```
Adafruit_SGP30 sgp;
```

A continuació, es crea un objecte de la classe **BluetoothSerial** que facilita la comunicació bidireccional a través de Bluetooth entre l'Arduino i altres dispositius, i ofereix un conjunt de funcions per gestionar i controlar el flux de dades de manera eficient i fiable.

```
BluetoothSerial SerialBT;
```

4.1.3. void setup()

La funció **void setup()** és una funció definida en Arduino que s'executa una sola vegada al començament del programa. És utilitzada per configurar l'entorn i els recursos del microcontrolador abans de l'inici del *loop()* principal.

En el codi que es troba a l'*annex 10.1* es pot observar com dins de la funció de *setup()* s'inicialitza la comunicació sèrie, es configura la comunicació Bluetooth i s'inicialitza el sensor.

4.1.4. void loop()

La funció **void loop()** s'executa repetidament després de la inicialització (*setup()*). En aquest cas, dins del *loop()* es transmet les lectures dels nivells de TCOVs.

S'utilitza la funció **IAQmeasure()** de l'objecte **sgp** i es crida per obtenir les lectures dels nivells de TCOVs. Si la mesura falla (**IAQmeasure()** retorna **false**), s'imprimeix un missatge d'error pel port sèrie i es retorna a la funció, evitant qualsevol operació posterior fins que es torni a cridar **loop()**.

Seguidament, si (**IAQmeasure()** retorna **true**) el valor de TCOVs (en parts per milió, ppb) es mostra pel port sèrie.

Finalment, amb un *delay* de 10 segons, es transmet el valor de TCOVs via Bluetooth utilitzant **SerialBT.print()**, on **SerialBT** és l'objecte responsable de la comunicació Bluetooth.

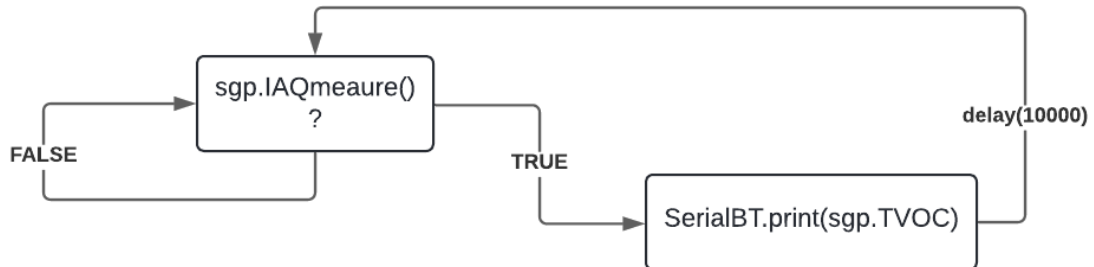


Figura 4.2. Diagrama void loop().

4.2. Desenvolupament de l'Aplicació Mòbil

L'App Inventor ha estat la plataforma de desenvolupament d'aplicacions mòbils escollida per tal de crear l'aplicació i poder rebre i visualitzar les dades.

Gràcies a la seva interfície gràfica molt intuïtiva, s'ha pogut realitzar una aplicació mitjançant blocs de construcció visuals cosa que ha facilitat molt el temps d'implementació.

4.2.1. Estructura de l'Aplicació

L'aplicació té una única pantalla. Aquesta pantalla mostra un botó per connectar el dispositiu a través de Bluetooth, "CONNECT". Quan es prem aquest botó, apareix una llista dels dispositius Bluetooth disponibles en aquell moment.

S'ha de seleccionar el dispositiu anomenat ESP32_SGP30. Si aquest es connecta correctament, apareixerà un botó que diu "DISCONNECT".

A continuació, cada 10 segons es mostraran els nivells de TCOVs que el dispositiu estigui llegint, així com la latitud, longitud i altitud d'on es troba el dispositiu mòbil.

L'aplicació automàticament va enviant les dades a través del protocol HTTP a un Google Sheets definit.

4.2.2. Part visual



Figura 4.3. Logotip de l'App.



Figura 4.4. Pantalles de l'App.

Per tal d'entendre el funcionament de l'aplicació en el següent apartat es detalla cada un dels blocs implementats.

4.2.3. Programació per blocs

S'inicialitza la variable global "COVs" amb una cadena buida. Aquesta variable s'utilitza per emmagatzemar els nivells de TCOVs llegits del dispositiu ESP32_SGP30.



Figura 4.5. Bloc per inicialitzar la variable global COVs.

Abans de seleccionar un dispositiu de la llista, es carreguen els noms i adreces dels dispositius Bluetooth disponibles al selector.

```

when SelectorDeLista1 .BeforePicking
do set SelectorDeLista1 . Elements to ClienteBluetooth1 . AddressesAndNames
    
```

Figura 4.6. Bloc per carregar els dispositius Bluetooth.

Després de seleccionar un dispositiu de la llista, s'intenta connectar al dispositiu seleccionat. Si la connexió és exitosa, s'actualitza els elements del selector, es fa visible el botó de desconnexió "DISCONNECT" i s'oculta el selector de la llista, és a dir el botó "CONNECT".

```

when SelectorDeLista1 .AfterPicking
do if call ClienteBluetooth1 .Connect
    address SelectorDeLista1 . Selection
then set SelectorDeLista1 . Elements to ClienteBluetooth1 . AddressesAndNames
     set Disconnect . Visible to true
     set SelectorDeLista1 . Visible to false
    
```

Figura 4.7. Bloc per connectar-se al dispositiu Bluetooth seleccionat.

El següent bloc s'executa periòdicament (cada 10 segons) gràcies a un temporitzador. Si hi ha dades disponibles per rebre, les llegeix i actualitza la variable global "COVs" amb el text rebut. Després, s'actualitza la interfície per mostrar els nivells de TCOVs llegits per pantalla.

```

when Reloj1 .Timer
do if ClienteBluetooth1 . IsConnected
then if call ClienteBluetooth1 .BytesAvailableToReceive > 0
    then set global COVs to call ClienteBluetooth1 .ReceiveText
        numberOfBytes call ClienteBluetooth1 .BytesAvailableToReceive
    set COVSDADES . Text to get global COVs
    
```

Figura 4.8. Bloc periòdic per rebre i actualitzar la variable global.

Quan es fa clic al botó de desconnexió, es desconnecta del dispositiu Bluetooth, es fa visible el selector de dispositius, s'oculta el botó de desconnexió i s'eliminen els textos de les etiquetes que mostraven dades.

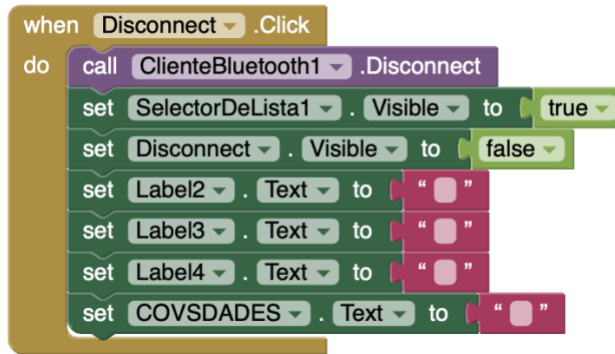


Figura 4.9. Bloc del botó desconnectar.

Quan el GPS del telèfon detecta un canvi d'ubicació, s'actualitzen les etiquetes que mostren la latitud, longitud i altitud amb la nova ubicació.

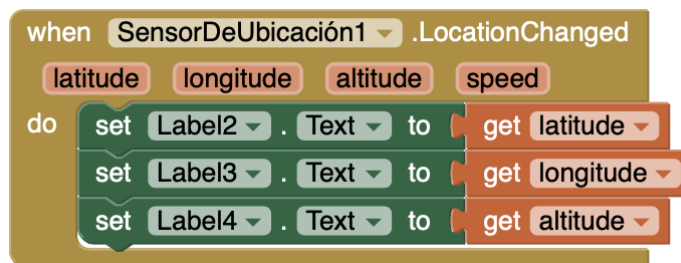


Figura 4.10. Bloc sensor d'ubicació.

Finalment, es configuren els encapçalaments de la petició HTTP per enviar dades a Google Forms, especificant el tipus de contingut com "application/x-www-form-urlencoded". S'estableix l'URL de Google Forms i s'envia una petició POST amb les dades recollides: els nivells de TCOVs, la latitud, la longitud i l'altitud del dispositiu.

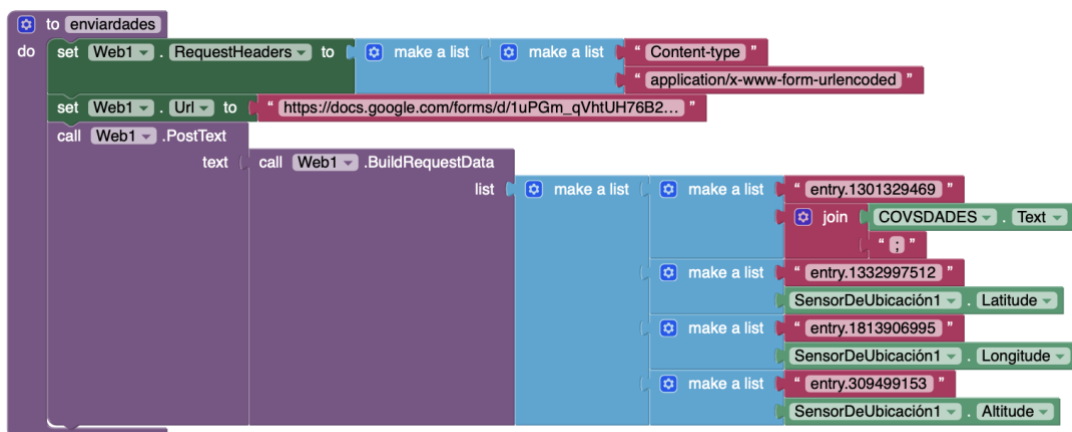


Figura 4.11. Bloc enviar dades.

HTTP (Hypertext Transfer Protocol) és el protocol utilitzat per transferir informació a través d'Internet. La petició POST s'utilitza per enviar dades del dispositiu a un servidor web (en aquest cas, Google Forms). Aquesta petició permet enviar dades en el cos del missatge, a diferència de la petició GET que les envia en l'URL.

Per acabar, aquest temporitzador (cada 10 segons) crida la funció “enviardades” per enviar les dades recollides.



Figura 4.12. Bloc enviament periòdic de les dades.

4.3. Google Sheets / Form

Automàticament les dades, cada 10 segons es van escrivint en aquest Google Sheet.

	A	B	C	D	E
1	Marca de temps	Value	Latitud	Longitud	Altitud
2	5/11/2024 20:05:10		100	41.1391	1.25269
3	5/11/2024 20:05:20		120	41.1391	1.25269
4	5/12/2024 20:05:30		110	41.1391	1.25269
5	5/13/2024 20:05:40		115	41.1391	1.25269
6	5/14/2024 20:05:50		100	41.1391	1.25269
7	5/15/2024 20:06:00		110	41.1391	1.25269
8	5/16/2024 20:05:10		100	41.1391	1.25269
9	5/17/2024 20:06:20		100	41.1391	1.25269
10	5/11/2024 20:06:30		100	41.1391	1.25269
11	5/11/2024 20:06:40		100	41.1391	1.25269

Figura 4.13. Google Sheet on s'envien les dades (BD- SGP30).

4.4. Mesures realitzades en diferents entorns

Per tal d'obtenir una fiabilitat en les dades que s'obtidran del dispositiu que portarà l'infant amb malalties respiratòries, s'han realitzat diferents mesures de TCOVs en diferents ambients.

4.4.1. Mesures de TCOVs en una caixa amb acetona

L'objectiu principal d'aquest experiment és quantificar i analitzar els nivells de TCOVs després de l'exposició a 0,5 ml d'acetona al 100%. Això permet obtenir dades sobre la dinàmica de l'evaporació i dispersió d'aquest compost en l'aire.

Procediment

S'ha utilitzat una caixa esterilitzada per aïllar l'experiment i evitar qualsevol contaminació externa. Dins d'aquesta caixa, s'ha afegit 0,5 ml d'acetona al 100%, una quantitat seleccionada per obtenir una concentració inicial significativa de TCOVs.

Immediatament després d'afegir l'acetona, s'ha iniciat la mesura dels nivells de TCOVs.

Muntatge



Figura 4.14. Muntatge caixa amb 0,5 ml d'acetona 100%.

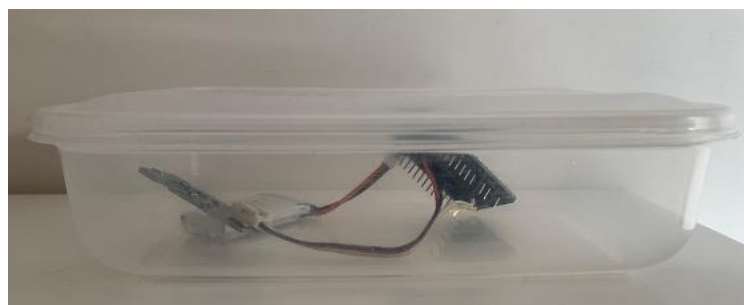


Figura 4.15. Muntatge caixa amb 0,5 ml d'acetona 100%.

Dades obtingudes

El següent gràfic es mostra l'evolució dels nivells de TCOVs en parts per bilió americana (ppb) (es corresponen a parts per mil milions) en funció del temps, després de l'exposició a 0,5 ml d'acetona al 100%.

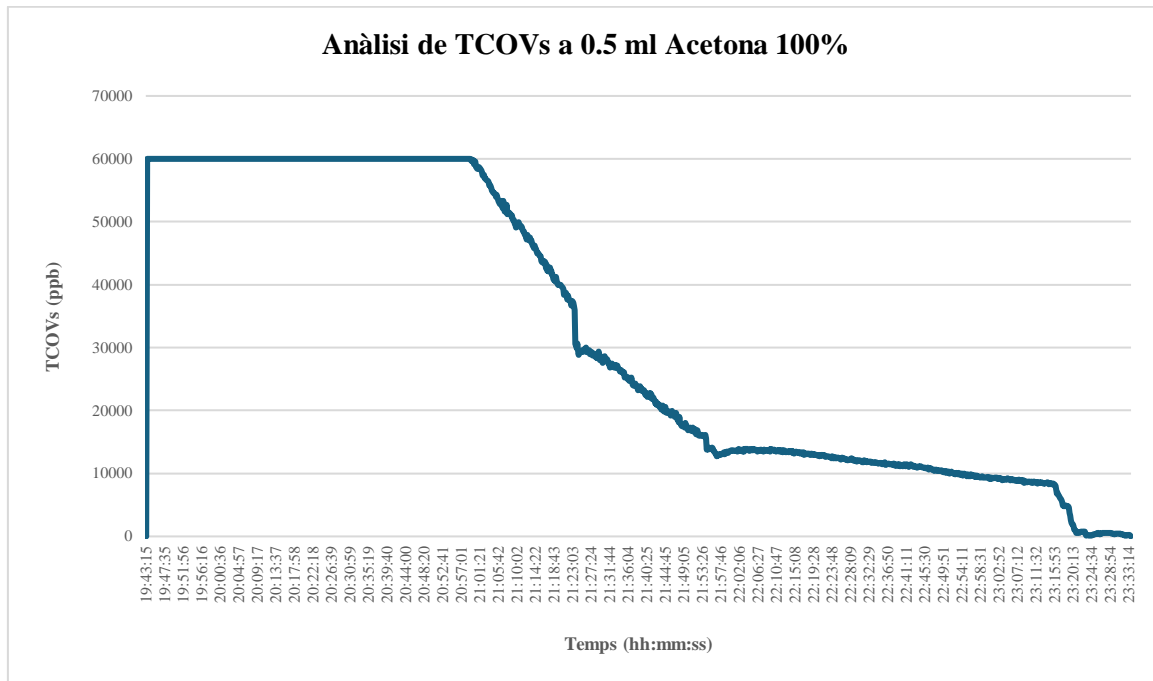


Figura 4.16. Gràfica Temps-TCOVs (0,5 ml Acetona 100%).

Comentaris

- A les **19:43:15**, els nivells de TCOVs es troben al seu màxim, 60000 ppb.

S'obté una resposta fixa deguda a la fase on queda acetona líquida. Aquesta es va evaporant fent que la concentració en fase gas sigui molt alta i el sensor està saturat (la seva resposta és màxima).

- Aproximadament una hora i quinze minuts després, al voltant de les **21:00**, es comença a observar una caiguda significativa en els nivells de TCOVs.

Quan tota l'acetona en fase líquida ha desaparegut ja no hi ha més aportació d'acetona, com que la caixa té fuites, l'acetona en estat gas va marxant i el sensor mostra cada vegada menys concentració dins la capsula.

- A les **21:30:22**, els nivells de TCOVs mostren una disminució més gradual i més lenta que l'anterior.

També s'ha dut a terme un anàlisi de TCOVs exposat a 0,25 ml d'Acetona 100%. Els resultats es troben a l'*annex 10.2*.

4.4.2. *Mesures de TCOVs del CRAI (Centre de Recursos per a l'Aprenentatge i la Investigació) del Campus Sescelades, URV*

L'objectiu principal d'aquest experiment és quantificar i analitzar els nivells de TCOVs a la biblioteca de la universitat durant períodes de molta aflluència de persones i períodes de poca aflluència. L'experiment es realitza a la sala situada a la part inferior de la biblioteca, que està equipada amb taules per a treball en grup.

Muntatge



Figura 4.17. Muntatge per a poder analitzar els nivells de TCOVs al CRAI (poca aflluència).



Figura 4.18. Muntatge per a poder analitzar els nivells de TCOVs al CRAI (molta aflluència).

Dades obtingudes

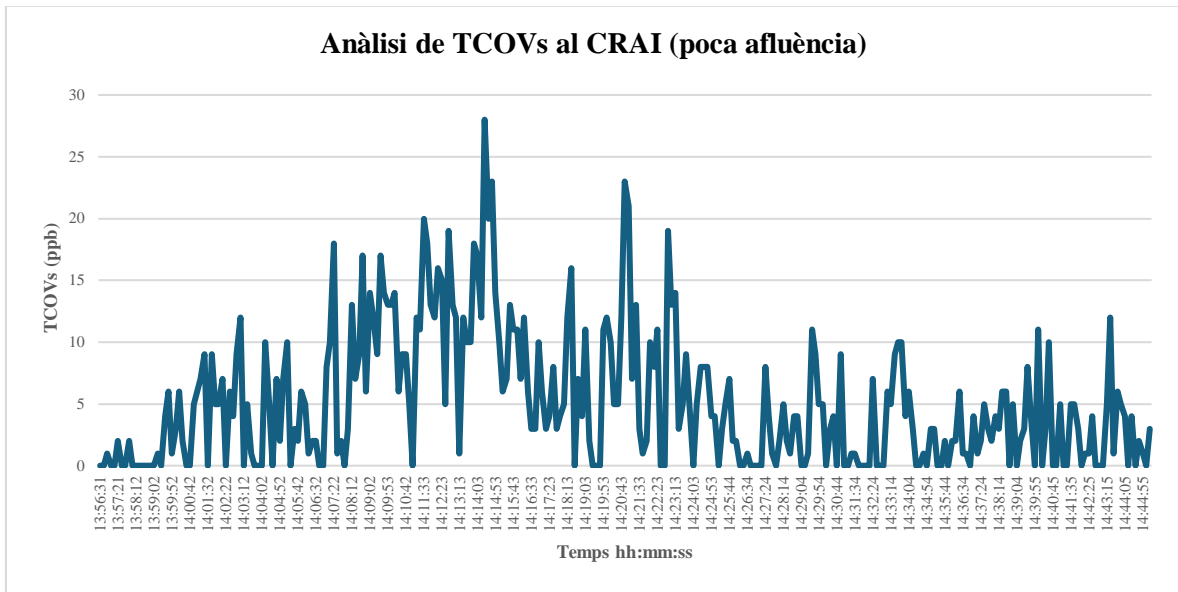


Figura 4.19. Gràfica Temps-TCOVs (CRAI (poca aflluència)).

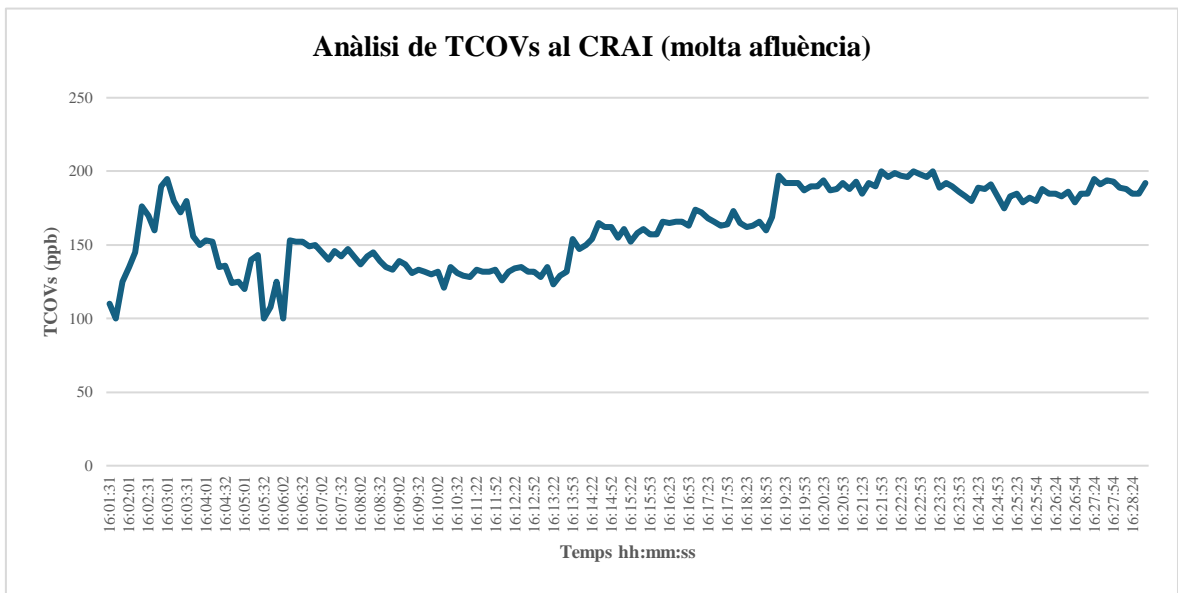


Figura 4.20. Gràfica Temps-TCOVs (CRAI (molta aflluència)).

Comentaris

Podem observar com les mesures obtingudes amb poca a aflluència són com a màxim de 28 ppb, en canvi quan hi ha molta aflluència a la biblioteca de la universitat, els valor màxim obtingut és de 195 ppb.

4.4.3. Mesures de TCOVs en una cuina exposada a butà (C_4H_{10})

Aquest procediment permet analitzar l'impacte de l'ús de C_4H_{10} en la qualitat de l'aire d'una cuina tancada i els efectes de la ventilació posterior.

Procediment

Per recrear una situació real i quotidiana, s'han mesurat els nivells de TCOVs cada 10 segons durant una hora i mitja mentre es cuinava en una cuina de 7 m² amb fogons de butà un pit de pollastre. A continuació es detallen els passos seguits durant l'experiment.

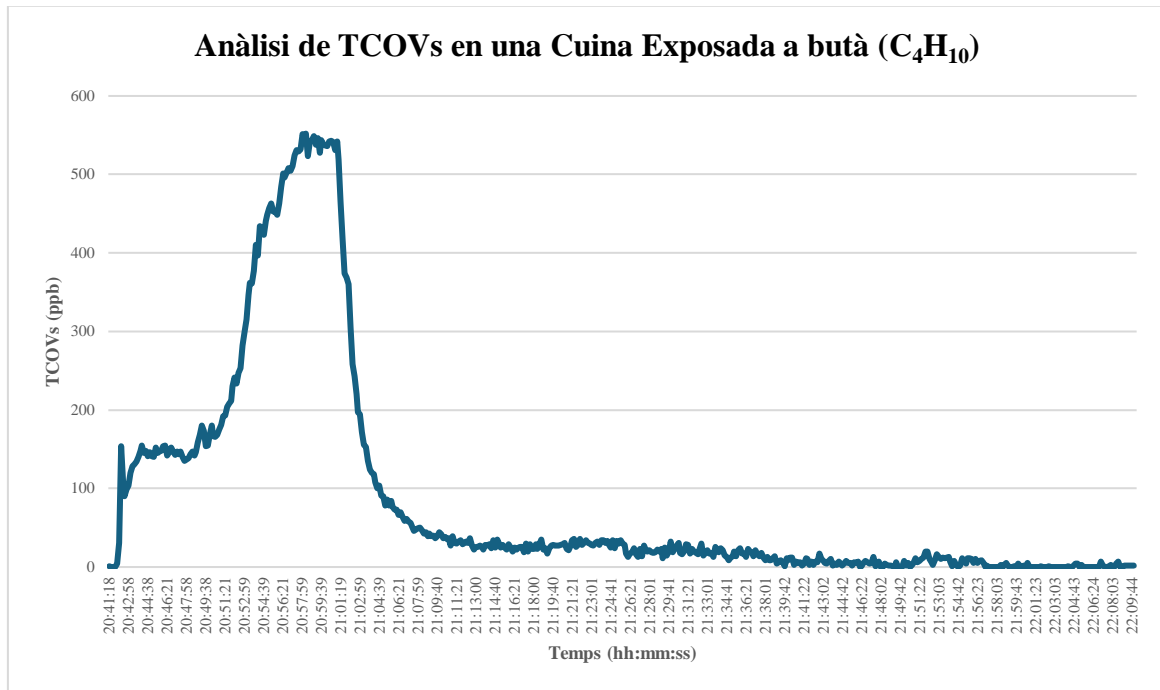
- 20:41:18: Es va entrar a la cuina i es van començar a mesurar les dades. La porta i la finestra estaven tancades.
- 20:42:08: Es va encendre un fogó de butà.
- 20:49:21: Es va posar la paella amb el pit de pollastre al fogó.
- 20:53:41: Es va apagar el fogó.
- 21:00:21: Es van obrir la finestra i la porta.
- 22:09:24: Es va finalitzar la mesura dels nivells de TCOVs.

Muntatge



Figura 4.21. Muntatge per a poder analitzar la exposició de butà en una cuina de 7 m².

Dades obtingudes

Figura 4.22. Gràfica Temps-TCOVs (C₄H₁₀).

Comentaris

1. Inici de les mesures (20:41:18):

- Els nivells de TCOVs comencen en valors baixos mentre la porta i la finestra estan tancades.
- Durant aquest període inicial, els nivells de TCOVs es mantenen relativament constants.

2. Encès del fogó (20:42:08):

- Es pot observar un augment gradual dels nivells de TCOVs després d'encendre el fogó de butà.
- Aquest increment es deu a la combustió del butà, que allibera compostos orgànics volàtils a l'aire.

3. Col·locació de la paella amb el pit de pollastre (20:49:21):

- Hi ha un augment significatiu en els nivells de TCOVs mentre es cuina el pit de pollastre.

4. Apagat del fogó (20:53:41):

- Va augmentant gradualment els nivells de TCOVs.
- Els nivells de TCOVs arriben al seu màxim (aproximadament 550 ppb).

5. Obertura de la finestra i la porta (21:00:21):

- L'obertura de la finestra i la porta provoca una disminució ràpida dels nivells de TCOVs.
- L'aire fresc que entra a la cuina ajuda a dispersar els compostos orgànics volàtils acumulats.

6. Finalització de les mesures (22:09:24):

- Els nivells de TCOVs continuen disminuint i s'estabilitzen en valors baixos després d'una hora de ventilació.
- Això indica que la ventilació és efectiva per reduir els nivells de TCOVs en la cuina.

El gràfic demostra clarament com les activitats de cuina amb fogons de butà incrementen els nivells de TCOVs en una cuina tancada. També es pot observar que la ventilació adequada és essencial per reduir aquests nivells de manera efectiva.

4.4.4. Mesures de TCOVs del fum del tabac

Per posar a prova el sensor, també s'ha analitzat l'exposició al fum del tabac a l'aire lliure, ubicant el sensor a 60 cm de la cigarreta.

Dades obtingudes

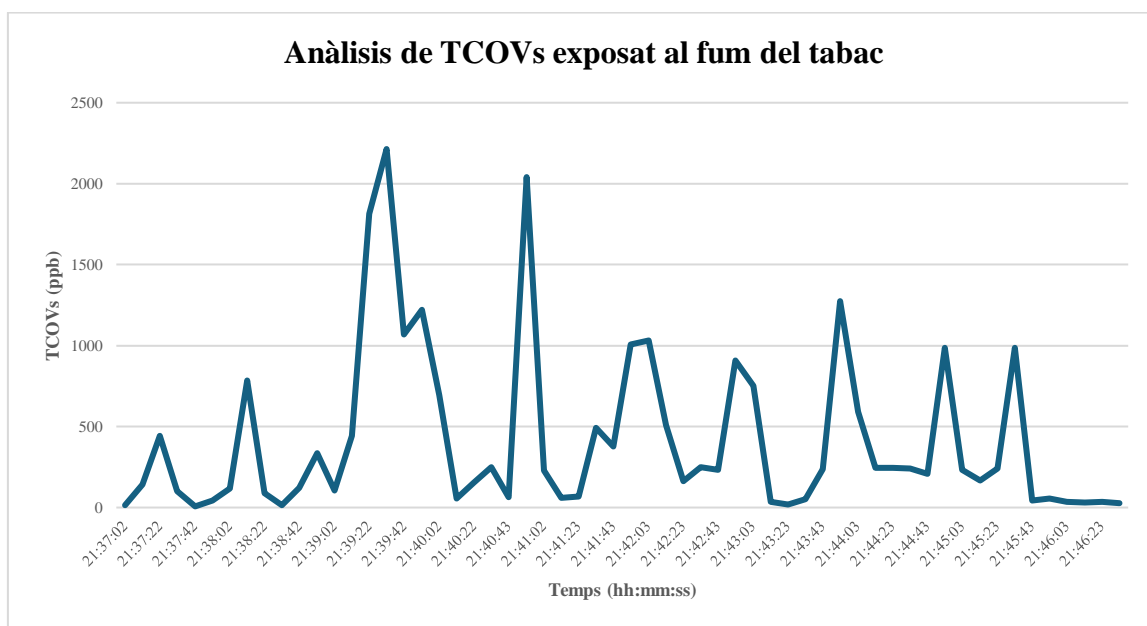


Figura 4.23. Gràfica Temps-TCOVs (fum del tabac).

Comentaris

Les dades del gràfic indiquen que els nivells de TCOVs varien de manera significativa al llarg del temps. A l'inici del període d'observació, els TCOVs comencen en valors baixos però experimenten diversos pics pronunciats, arribant a valors per sobre de 2000 ppb. Aquests pics coincideixen amb les calades de la cigarreta.

Aquest comportament confirma la sensibilitat del sensor per detectar canvis en la presència de compostos orgànics volàtils associats amb el fum del tabac en un entorn a l'aire lliure.

5. Dades clíniques dels pacients pediàtrics

Finalment, un cop desenvolupat el dispositiu, es procedeix a monitoritzar dos nens amb malalties respiratòries infantils per observar la seva exposició diària als compostos orgànics volàtils (COVs). Aquest experiment forma part del projecte titulat **OnBREATHE**: “Monitorització personal de la qualitat de l'aire i digitalització de dades per al seguiment de malalties cròniques respiratòries”, amb referència PMPTA22/00028 i la referència del Comitè Ètic d'Investigació de l'Institut d'Investigació Sanitària Pere i Virgili 097/2023.

Abans de començar la monitorització, s'ha proporcionat als pacients pediàtrics un formulari per recollir informació inicial (*annex 10.3*), un manual d'instruccions molt bàsic per utilitzar el dispositiu (*annex 10.4*) i una taula per registrar manualment el seu recorregut diari i qualsevol símptoma respiratori (*annex 10.5*).

Aquest formulari inclou preguntes sobre l'edat del nen, el tipus d'ambient en què viu, la malaltia respiratòria concreta que pateix, el mitjà de desplaçament que utilitza, el nombre d'habitants a la llar, si hi ha presència de fumadors a la llar, la medicació establerta i el tipus d'exercici físic que realitza.

Aquesta informació és crucial per entendre les circumstàncies particulars de cada pacient i identificar possibles factors de risc o situacions que puguin influir en la seva exposició als COVs.

Els formularis complets es troben en l'*annex 10.6* però a la taula següent s'exposen els resultats dels dos formularis.

Resultats formularis dels participants		
	Participants	
	COV001	COV002
Edat	12	14
Gènere	Masculí	Masculí
Població	Cambrils	Tarragona
Ambients exteriors freqüentats	Entorns urbans	Entorns urbans
Ambients interiors freqüentats	Habitatge i Centre escolar	Habitatge i Centre escolar
Desplaçaments realitzats	Caminant i transport públic	Transport públic
Total d'adults que habiten a l'habitatge	2	2
Total de menors que habiten a l'habitatge (incloent el participant)	1	1
Total de mascotes domèstiques	0	1 (conill)
Total d'habitants a l'habitatge fumadors	0	1
Total de cigarretes que es fumen a l'habitatge al llarg del dia	-	0

DADES CLÍNiques DELS PACIENTS PEDIÀTRICS

Total de cigarretes que es fumen fora de l'habitatge al llarg del dia	-	15
El participant ha estat exposat al fum del tabac?	No	No
Patologia respiratòria	Asma al·lèrgica	Asma
Medicació	No	No
Quants dies a la setmana realitza exercici físic	3	4
Entorn en que s'ubica l'habitatge habitual	Urbà	Urbà
Tipus d'habitatge	Pis	Pis
Total de finestres que donen al carrer principal	7	0
Extensió de l'habitatge	155 m ²	126 m ²
Durant la monitorització s'han utilitzat espelmes o ambientadors a l'habitatge?	No	No

Taula 5.1. Resultats formularis.

6. Proves i resultats

L'experiment ha consistit en el monitoratge de dos nens amb malalties respiratòries utilitzant el dispositiu realitzat en aquest projecte per tal d'observar en tot moment les concentracions de TCOVs a les quals han estat exposats durant les seves activitats diàries. Els participants han portat el telèfon mòbil amb l'aplicació instal·lada i la caixeta en una ronyonera, tal com es mostra a la figura següent.



Figura 6.1. Dispositiu de monitorització i el telèfon mòbil amb l'aplicació instal·lada.

Segons les anotacions del participant a la taula proporcionada, que es troba a l'*annex 10.7.1*, es pot saber on han estat en diferents moments (a casa, a l'escola, caminant, a l'autobús...). A partir d'aquestes dades, podem analitzar el gràfics següents correlacionant els valors obtinguts amb els llocs visitats.

6.1. Resultats COV001

El participant COV001, diagnosticat amb asma al·lèrgica, ha portat el dispositiu durant dos dies. Les dades presentades en el següent gràfic mostren l'evolució de l'exposició a TCOVs des de la tarda del dia 22/05/2024 fins a primera hora del matí del 23/05/2024.

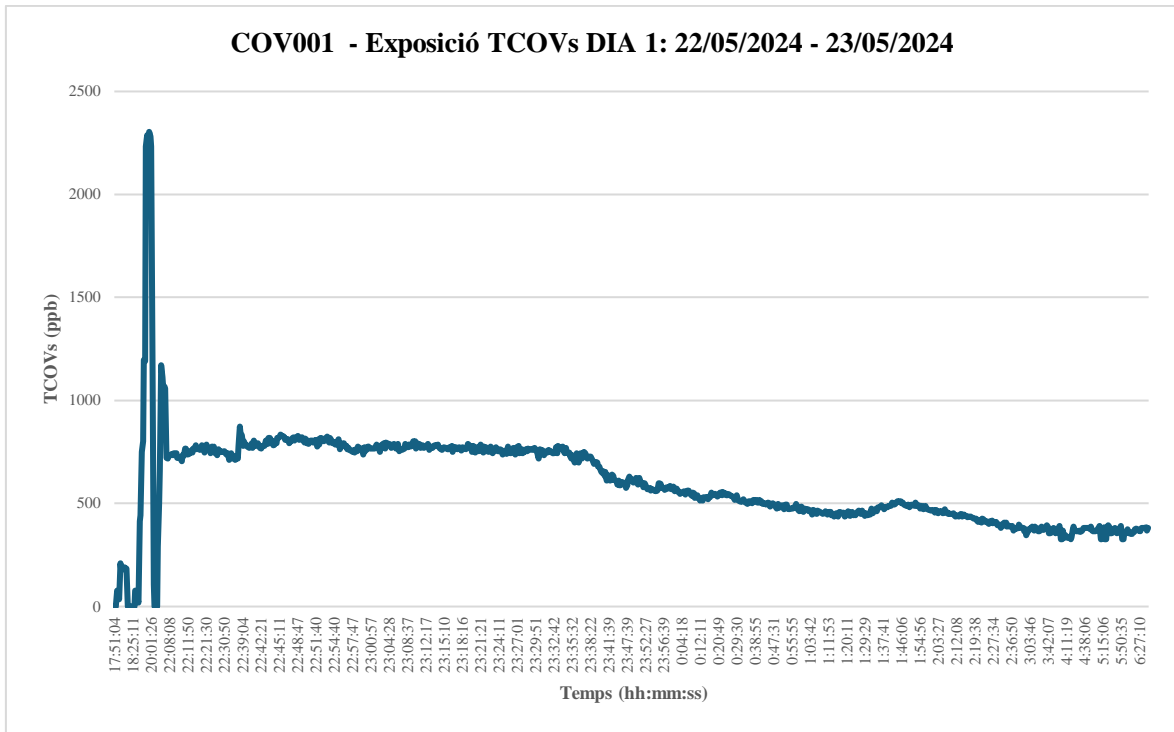


Figura 6.2. Gràfic COV001 Exposició TCOVs - Temps DIA 1.

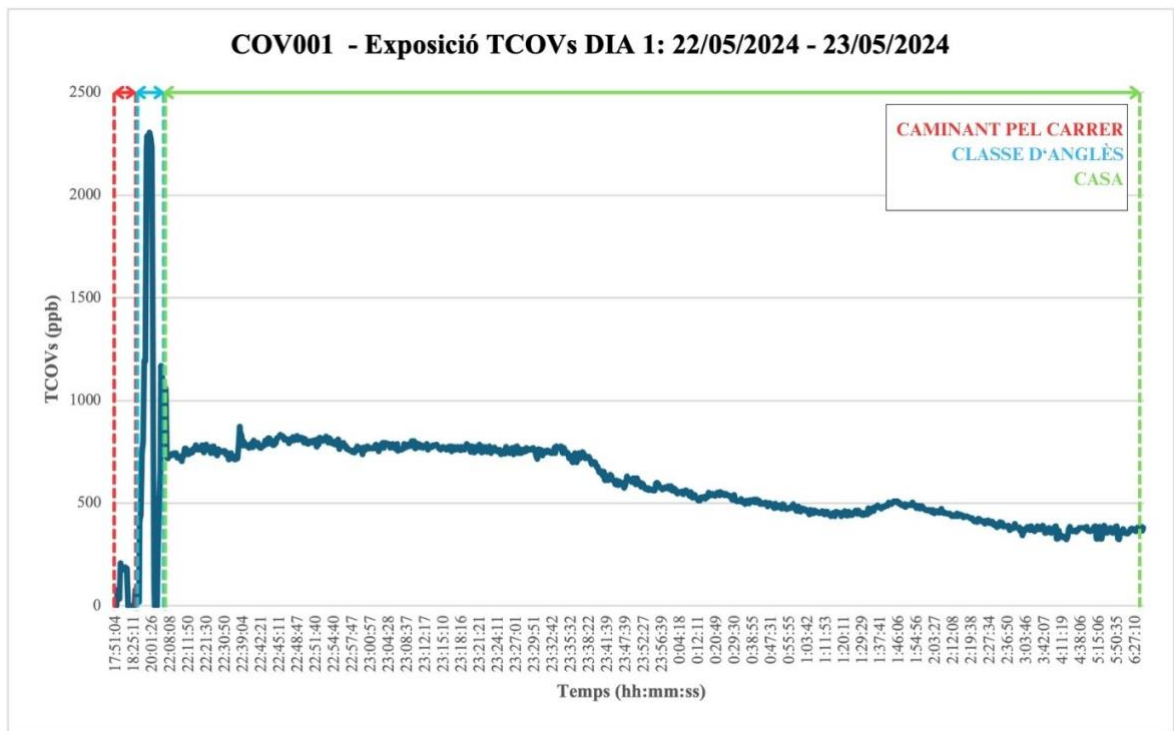


Figura 6.3. Gràfic COV001 DIA 1 analitzat.

Al gràfic podem observar una clara diferència entre els valors mesurats mentre el participant està caminant pel carrer, a la classe d'anglès, o al seu domicili. Els nivells de TCOVs són més elevats a la classe d'anglès (fins a un màxim de 2400 ppb), en entorns interiors hi ha una major concentració de compostos orgànics volàtils, degut a l'acumulació de substàncies alliberades per materials com la pintura, els mobles i els productes de neteja.

Quan el participant està caminant pel carrer, els valors de TCOVs són molt baixos (10 - 100 ppb). Com s'ha esmentat en el marc teòric, els valors de TCOVs sovint són menors en espais exteriors que en interiors. Els valors mesurats al domicili (800 – 480 ppb) són més baixos que a la classe, però més alts que quan es camina pel carrer.

Segons la classificació de l'impacte sobre la salut humana en funció de la quantitat de COVs (ppb), que es pot observar a la *taula 2.3*, tant al seu domicili com a la classe d'anglès l'impacte sobre el participant és (> 500 ppb), la qual cosa indica un impacte elevat sobre la salut del participant.

En el següent gràfic es mostra els resultats obtinguts del dia 2 monitoritzant el primer participant.

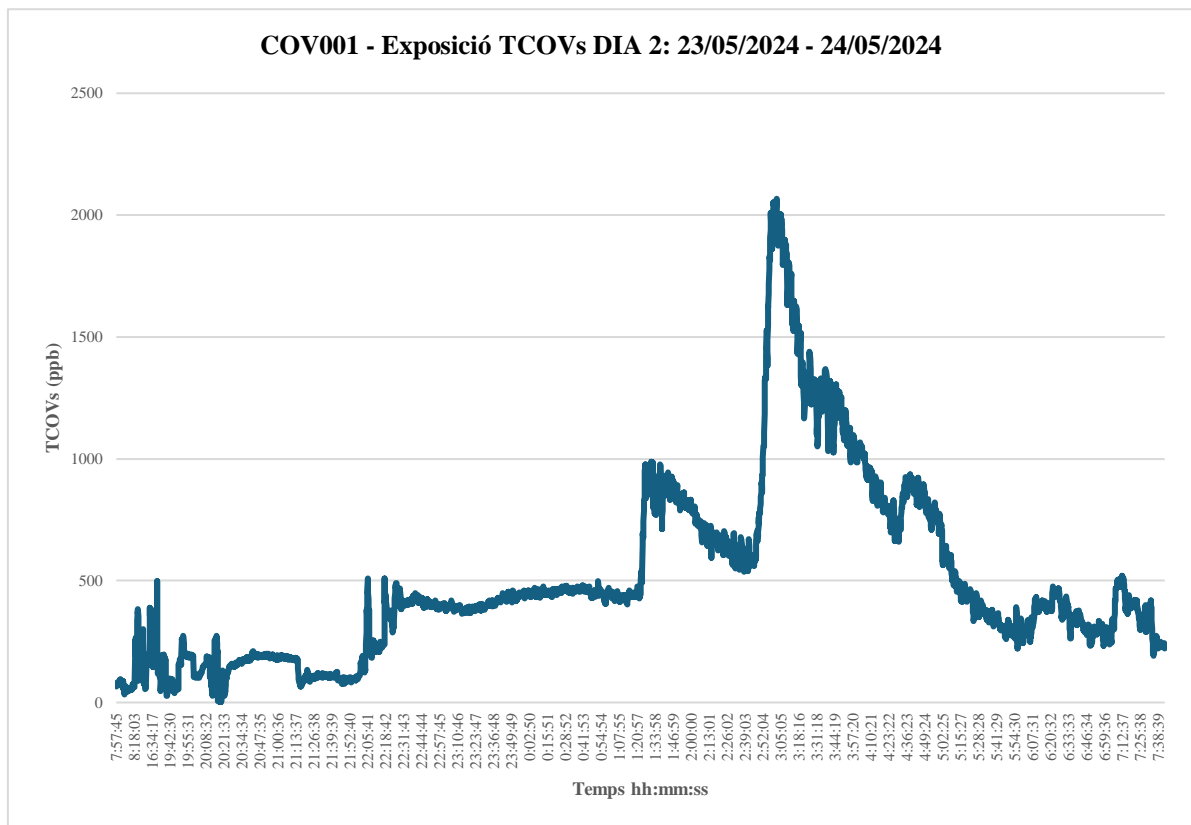


Figura 6.4. Gràfic COV001 Exposició TCOVs - Temps DIA 2 .

Si ens fixem en el tram de 7:57 a 22:00 del gràfic anterior obtenim el següent gràfic.

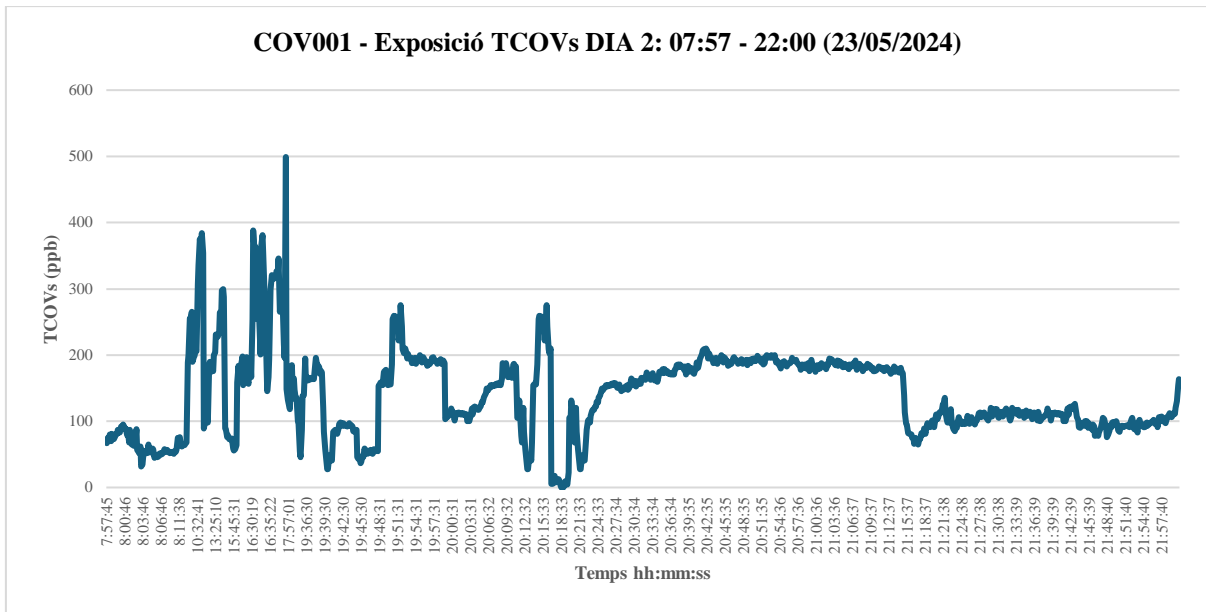


Figura 6.5. Gràfic COV001 Exposició TCOVs – Temps DIA 2: 07:57 - 22:00.

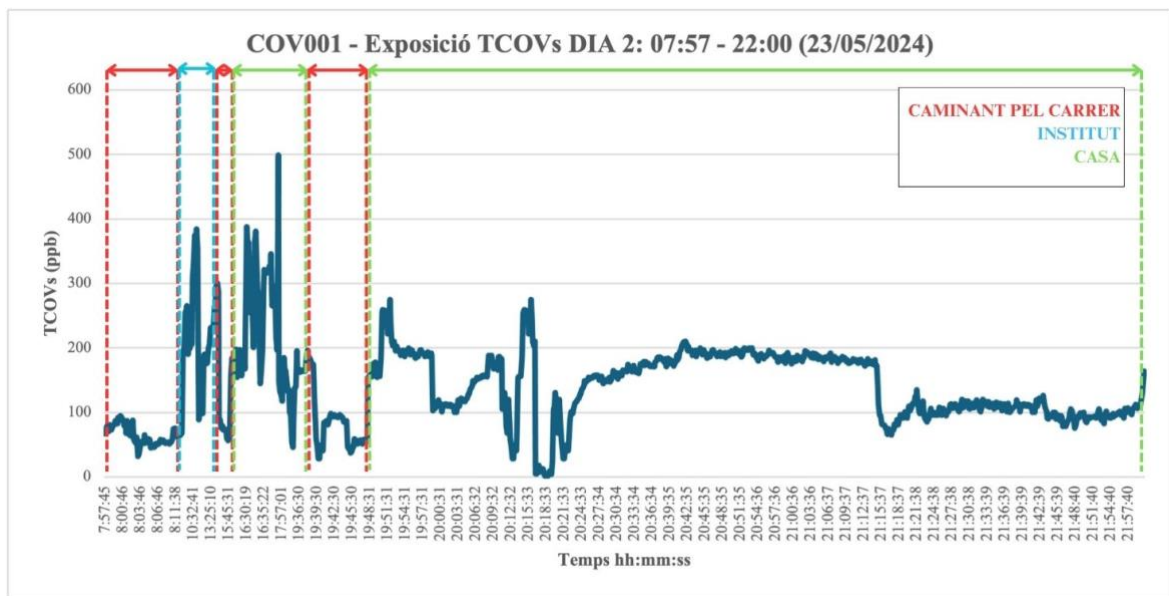


Figura 6.6. Gràfic COV001 DIA 2 analitzat.

Els nivells de TCOVs quan el participant està caminant pel carrer altre cop són baixos, (< 100 ppb) segons la *taula* 2.3. l'impacte sobre la salut és molt baix. La variació de mesures obtingudes pot ser degut a l'exposició esporàdica a fonts de contaminació com ara el trànsit o altres fonts de COVs. Quan el participant està a l'institut, els nivells de TCOVs són significativament més elevats.

Per tant, el gràfic mostra clarament que els nivells de TCOVs són més elevats a l'institut en comparació amb altres entorns. Els valors mesurats a casa són més baixos que a l'institut, però encara mostren un cert nivell de TCOVs.

A partir de la 1 de la matinada, en el dormitori del participant, les mesures superen els 1000 ppb i fins i tot arriben als 2000 ppb, com es mostra clarament a la *figura 6.4*. Aquest nivell d'exposició suggereix la presència d'una font significativa de contaminació a l'interior de l'habitatge durant aquest període de temps, el qual és clarament perjudicial per a la salut del participant.

6.2. Resultats COV002

Les dades del gràfic següent del participant 2 s'han mesurat al seu domicili.

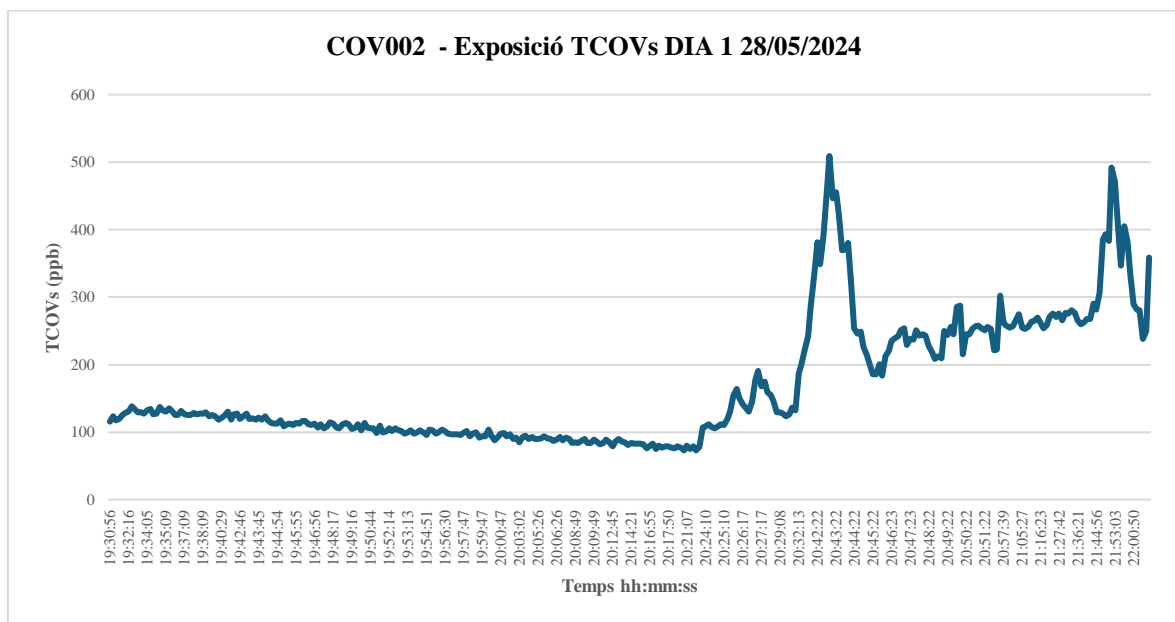


Figura 6.7. Gràfic COV002 Exposició TCOVs - Temps DIA 1.

Els canvis en la concentració de TCOVs que s'observen al gràfic poden estar relacionats amb diverses activitats o fonts a l'interior de la casa, com ara cuinar, ús de productes de neteja, ventilació, fumar al balcó del domicili, o altres activitats que poden influir en els nivells de compostos orgànics volàtils. Els pics destacats podrien coincidir amb activitats específiques que generen aquests compostos en grans quantitats. No obstant això, els nivells d'exposició, tot i ser elevats, no presenten un risc significatiu per al participant, segons l'avaluació de l'impacte (*taula 2.3.*).

En el següent gràfic mostra els resultats obtinguts del dia 2 monitoritzant el segon participant.

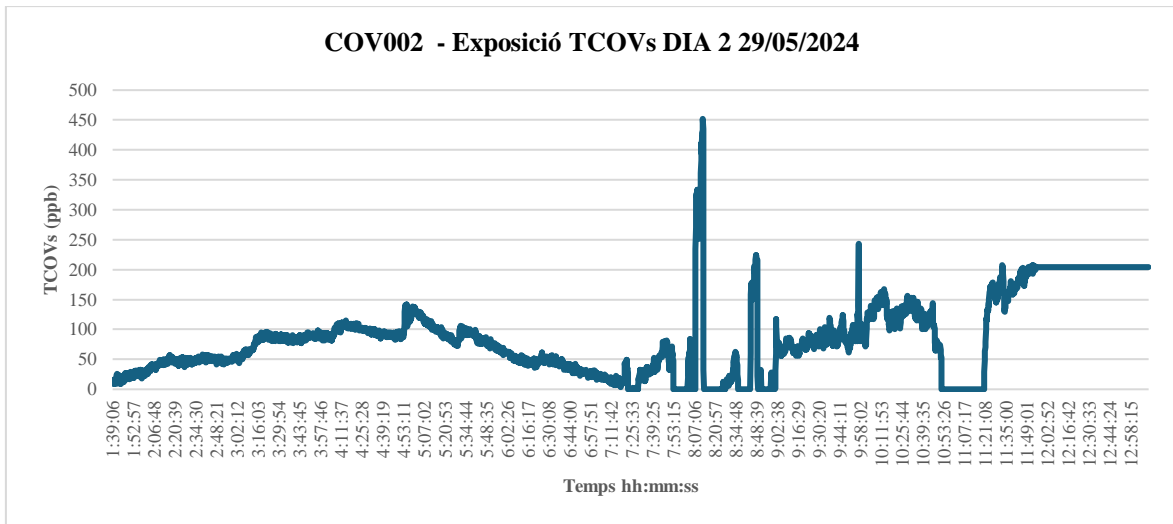


Figura 6.8. Gràfic COV002 Exposició TCOVs - Temps DIA 2.

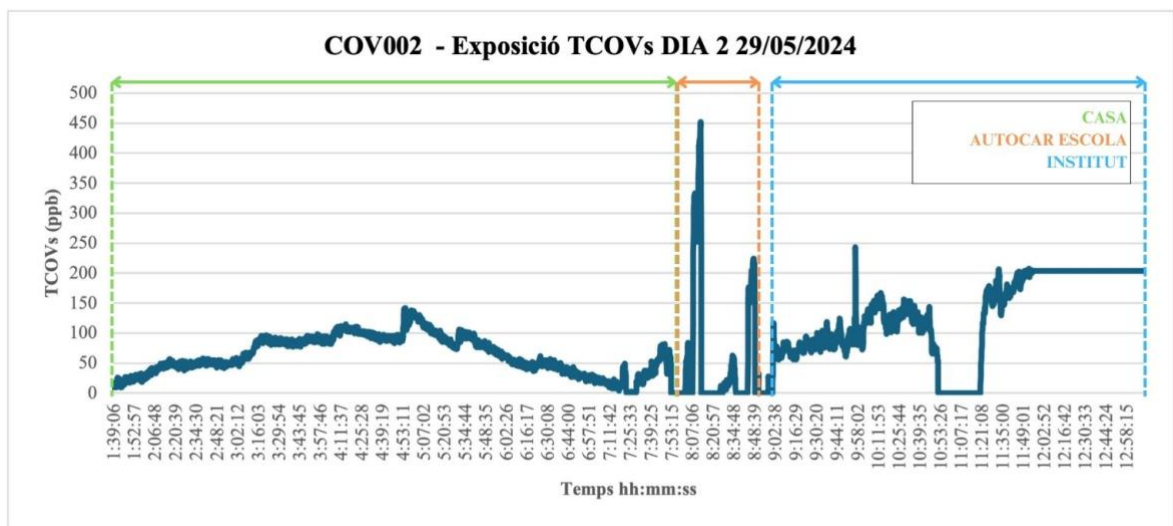


Figura 6.9. Gràfic COV002 DIA 2 analitzat.

Durant el seguiment del segon participant, es pot observar que durant la nit i la matinada, els nivells de TCOVs romanen baixos, sense superar els 150 ppb. No obstant això, es detecta un canvi considerable quan el participant puja a l'autobús escolar. Els nivells de TCOVs, al voltant de 450 ppb, poden indicar la presència de contaminació interna a l'autocar, possiblement originada per materials interiors o sistemes de ventilació insuficients.

Amb el segon participant, s'han experimentat algunes dificultats amb la recopilació de dades. El segon dia, a les 11:35 hores, el sensor no actualitzava les dades, com es pot observar en el gràfic, on el valor es manté constant en aquest moment.

Amb aquest experiment, s'ha demostrat l'exposició a COVs en diferents ambients i com els valors obtinguts varien significativament segons l'entorn. S'han analitzat ambients com el camí a l'escola a l'aire lliure, el transport públic, el domicili familiar, i l'escola.

Els períodes de recollida de dades sobre els dos participants són diferents, però es pot observar una similitud en els patrons d'exposició en els diferents ambients freqüentats. Els resultats mostren que els nivells de COVs són majors tant a l'escola com a casa per a ambdós participants.

Encara cal dur a terme un estudi més exhaustiu per comprendre per què alguns valors de COVs són molt elevats mentre els nens dormen, especialment en el primer participant, on els nivells superen els 2000 ppb. Seria important avaluar diversos factors com les condicions del domicili, la ventilació, i si les finestres estaven obertes durant el procés de mesura per obtenir una comprensió més completa dels factors que influeixen en aquests nivells elevats de COVs.

Per obtenir resultats més concloents i generals, seria molt beneficiós ampliar l'estudi a un grup més gran de participants. Això permetria validar els resultats obtinguts i proporcionar una comprensió més robusta de l'exposició als COVs en pacients pediàtrics amb malalties respiratòries.

7. Pressupost

Tenint en compte tots els mòduls i materials utilitzats en aquest capítol s'exposa el pressupost.

Quantitat	Model	Preu unitari	Subtotal
1	ESP32	10,59 €	10,59 €
1	Sensor SGP30	19,58 €	19,58 €
1	Bateria 3.7 V	6,24 €	6,24 €
1	Caixa foradada (Impressora 3D)	5,00 €	5,00 €
TOTAL			41,41 €

Taula 7.1. Pressupost del prototip.

8. Conclusions i línies futures del projecte

Els objectius establerts per al projecte final de carrera s'han assolit amb èxit. S'ha aconseguit contextualitzar les malalties respiratòries més freqüents en pacients pediàtrics, així com contextualitzar la qualitat de l'aire a la regió del Camp de Tarragona. S'han abordat les implicacions perjudicials dels COVs en la salut dels pacients pediàtrics i s'han explorat diverses tecnologies de sensors i tècniques per a la detecció d'aquests compostos. A més, s'ha desenvolupat i implementat un dispositiu que utilitza un sensor multi-píxel per a la detecció de concentracions de COVs, juntament amb un sistema de comunicació Bluetooth que facilita la lectura de les mesures a través d'un dispositiu mòbil.

Un cop el dispositiu s'ha posat a prova en diferents ambients, la transmissió de dades ha estat exitosa i s'han observat els diversos canvis de concentració en els diferents entorns. No obstant això, durant les proves realitzades amb els dos pacients pediàtrics, s'han experimentat algunes dificultats. Pel primer pacient, el dispositiu ha funcionat perfectament; en canvi, en el cas del segon pacient, s'han detectat moments en què el sensor no ha detectat els compostos desitjats, arribant fins i tot a saturar-se a un valor fix i sense possibilitat de tornar a calibrar. A més, s'ha observat que el sensor no es connectava en alguns moments, afectant la recollida de dades.

Per a futures investigacions, seria crucial investigar a fons les possibles causes de les interrupcions en la connexió del sensor i implementar mesures per millorar la seva connectivitat, assegurant una transmissió de dades més robusta i fiable. A més, seria molt beneficiós ampliar l'estudi a un grup més gran de nens per validar els resultats obtinguts i proporcionar una comprensió més completa de l'exposició als COVs en pacients pediàtrics amb malalties respiratòries.

En conclusió, s'han obtingut els resultats esperats, ja que s'han observat múltiples canvis en els nivells de COVs en diferents entorns quotidians dels pacients pediàtrics. A llarg termini, aquesta informació pot ser fonamental per a la prevenció de l'exposició dels pacients a aquests compostos nocius, destacant la importància d'aquest dispositiu com a eina de monitoratge.

9. Referències i Webgrafia

- [1] «Organització Mundial de la Salut ». Consulta: 1 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.who.int/es/news/item/29-10-2018-more-than-90-of-the-world's-children-breathe-toxic-air-every-day>
- [2] «Agencia Europea de Medio Ambiente». Consulta: 5 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.eea.europa.eu/es>
- [3] «Fundació Europea del Pulmó ». Consulta: 5 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://europeanlung.org/es/information-hub/lung-conditions/enfermedades-pulmonares-en-ninos/>.
- [4] T. Gavidia, J. Pronczuk, i P. D. Sly, «Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños. Carga global de las enfermedades respiratorias pediátricas ligada al ambiente Environmental impacts on the respiratory health of children: Global burden of paediatric respiratory diseases linked to the environment».
- [5] «Alvèols Viquipèdia», Consulta: 11 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Alvèol>
- [6] B. Ortiz Giraldo, J. Uribe Macías, i J. Jaramillo Gómez, *Aspectos claves: pediatría hospitalaria (2a. ed.)*, Fondo Editorial CIB. 2020.
- [7] «Organización Mundial de la Salud Asma». Consulta: 11 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/asthma>.
- [8] «Asma Hosptial Clínic». Consulta: 6 maig 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/enfermedades/asma/causas-y-factores-de-riesgo>
- [9] «Contaminació Atmosfèrica», Consulta: 5 març 2024. [En línia]. Disponible a: https://ca.wikipedia.org/wiki/Contaminació_atmosfèrica.
- [10] «Camp de Tarragona ». Consulta: 10 març 2024. [En línia]. Disponible a: https://ca.wikipedia.org/wiki/Camp_de_Tarragona
- [11] «Port de Tarragona». Consulta: 9 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.porttarragona.cat/ca/autoritat-portuaria-tarragona/comunicacio-premsa/notes-premsa/item/3501-port-tarragona-tanca-el-2023-amb-mes-de-33-milions-de-tones>.
- [12] «Informes anuals de la Qualitat del Aire a Catalunya». Consulta: 5 març 2024. [En línia]. Disponible a: https://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laire/avaluacio/avaluacio_qualitat_aire_catalunya_altres/Informes/
- [13] «Qualitat de l'aire actual Generalitat de Catalunya». Consulta: 5 març 2024. [En línia]. Disponible a: https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laire/vols-saber-que-respires/.
- [14] N. Ramírez, A. Cuadras, E. Rovira, F. Borrull, i R. M. Marcé, «Chronic risk assessment of exposure to volatile organic compounds in the atmosphere near the largest Mediterranean industrial site», *Environ Int*, vol. 39, núm. 1, p. 200-209, 2012, doi: 10.1016/j.envint.2011.11.002.

-
- [15] «L'smog fotoquímic al Camp de Tarragona». Consulta: 22 abril 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.urv.cat/html/consellsocial/PSecundaria/CD%20Premis%202006-07/consell/c03.htm>
- [16] «Ministerio para la Transformación Ecológica». Consulta: 10 març 2024. [En línia]. Disponible a: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/compuestos_organicos_volatiles.html.
- [17] «Compostos Orgànics Volàtils Viquipèdia». Consulta: 11 març 2024. [En línia]. Disponible a: https://ca.wikipedia.org/wiki/Compost_organic_volatil.
- [18] J. Romeu, S. Jimenez, i R. Capdevila, «SAM; Suport a la gestió Ambiental en el Municipi 2004», *03/2004*, p. 77-81.
- [19] «Ozó troposfèric, un contaminant secundari». Consulta: 12 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://piksel-web.cimne.com/2022/05/18/ozo-troposferic-un-contaminant-secundari/>.
- [20] E. David i V. C. Niculescu, «Volatile organic compounds (Vocs) as environmental pollutants: Occurrence and mitigation using nanomaterials», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, núm. 24. 2021. doi: 10.3390/ijerph182413147.
- [21] «Clasificación de los COVs, según su peligrosidad», Consulta: 19 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.barin.es/actualidad/2021/que-son-covs/>
- [22] M. R. Ras, R. M. Marcé, i F. Borull, «Characterization of ozone precursor volatile organic compounds in urban atmospheres and around the petrochemical industry in the Tarragona region», *Science of the Total Environment*, vol. 407, núm. 14, 2009, doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.04.001.
- [23] «Calidad y evaluación ambiental - Gobierno de España». Consulta: 6 maig 2024. [En línia]. Disponible a: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/compuestos_organicos_volatiles.html
- [24] «Los COVs en construcción». Consulta: 6 maig 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.slowstudio.es/research/los-cov-en-construccion>
- [25] K. Sexton *et al.*, «Children's exposure to volatile organic compounds as determined by longitudinal measurements in blood», *Environ Health Perspect*, vol. 113, núm. 3, p. 342-349, març 2005, doi: 10.1289/ehp.7412.
- [26] A. Esplugues *et al.*, «Indoor and outdoor air concentrations of BTEX and determinants in a cohort of one-year old children in Valencia, Spain», *Science of the Total Environment*, vol. 409, núm. 1, 2010, doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.09.039.
- [27] J. L. Domingo, M. Marquès, M. Nadal, i M. Schuhmacher, «Health risks for the population living near petrochemical industrial complexes. 1. Cancer risks: A review of the scientific literature», *Environmental Research*, vol. 186. 2020. doi: 10.1016/j.envres.2020.109495.
- [28] J. Rovira, M. Nadal, M. Schuhmacher, i J. L. Domingo, «Environmental impact and human health risks of air pollutants near a large chemical/petrochemical complex:

-
- Case study in Tarragona, Spain», *Science of the Total Environment*, vol. 787. Elsevier B.V., 15 setembre 2021. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.147550.
- [29] M. Marquès, J. L. Domingo, M. Nadal, i M. Schuhmacher, «Health risks for the population living near petrochemical industrial complexes. 2. Adverse health outcomes other than cancer», *Science of the Total Environment*, vol. 730. 2020. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139122.
- [30] F. A. Wichmann *et al.*, «Increased asthma and respiratory symptoms in children exposed to petrochemical pollution», *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, vol. 123, núm. 3, p. 632-638, març 2009, doi: 10.1016/j.jaci.2008.09.052.
- [31] E. Rovira *et al.*, «Asthma, respiratory symptoms and lung function in children living near a petrochemical site», *Environ Res*, vol. 133, p. 156-163, 2014, doi: 10.1016/j.envres.2014.05.022.
- [32] A. Kabirikopaei, J. Lau, J. Nord, i J. Bovaird, «Identifying the K-12 classrooms' indoor air quality factors that affect student academic performance», 2021.
- [33] «Tecnología del detector de fotoionización (PID)». Consulta: 19 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.crowcon.com/es/pid-technology/>
- [34] «Gas Detection Technologies». Consulta: 21 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://vocsens.com/gas-detection-technologies-an-overview/>
- [35] «What is NDIR?». Consulta: 21 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.akm.com/eu/en/products/co2-sensor/tutorial/what-is-ndir/>
- [36] «WikiSeedStudio». Consulta: 13 maig 2024. [En línia]. Disponible a: https://wiki.seeedstudio.com/Grove-VOC_and_eCO2_Gas_Sensor-SGP30/
- [37] «ESP32 DEV KIT V1». Consulta: 4 maig 2024. [En línia]. Disponible a: <https://mischianti.org/doi-esp32-dev-kit-v1-high-resolution-pinout-and-specs/>
- [38] «I2C Protocol». Consulta: 15 maig 2024. [En línia]. Disponible a: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/comunicacion-i2c-con-arduino/>
- [39] «Arduino Nano 33». Consulta: 13 maig 2024. [En línia]. Disponible a: <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano-33-ble>
- [40] «Anabolisme». Consulta: 4 maig 2024. [En línia]. Disponible a: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Anabolisme>
- [41] «Wikipedia - Partes por billón». Consulta: 13 maig 2024. [En línia]. Disponible a: https://es.wikipedia.org/wiki/Partes_por_billón

10. Annexos

10.1. Codi ESP32 – SGP30

```

#include <BluetoothSerial.h>
#include "Adafruit_SGP30.h"

// Defineix el nom del dispositiu Bluetooth
#define DEVICE_NAME "ESP32_SGP30"

// Es crea un objecte per interactuar amb el sensor SGP30
Adafruit_SGP30 sgp;

// S'inicialitza l'objecte BluetoothSerial
BluetoothSerial SerialBT;

void setup() {
  // S'inicialitza la comunicació sèrie a 9600 bps
  Serial.begin(9600);

  // Espera fins que la comunicació sèrie estigui llesta
  while (!Serial) {
    delay(10);
  }

  // S'inicialitza la comunicació Bluetooth amb el nom definit
  SerialBT.begin(DEVICE_NAME);

  // Es comprova si el sensor SGP30 s'ha inicialitzat correctament
  if (!sgp.begin()) {
    // Si no s'ha pogut inicialitzar, es mostra un missatge d'error
    Serial.println("No s'ha pogut inicialitzar el sensor SGP30.");
  } else {
    // Si s'ha inicialitzat correctament, es mostra un missatge de
confirmació
    Serial.println("Sensor SGP30 inicialitzat correctament.");
  }
}

void loop() {
  // Es realitza una mesura de la qualitat de l'aire
  if (!sgp.IAQmeasure()) {
    // Si hi ha un error en la mesura, mostra un missatge d'error
    Serial.println("Error al realitzar la medició del aire.");
    return; // Retorna i no fa res més fins al següent loop
  }

  // Es mostra la lectura de TVOC en ppb (parts per mil milions)
  Serial.print("TVOC: ");
  Serial.print(sgp.TVOC);
  Serial.println(" ppb");

  // S'envia la lectura de TVOC per Bluetooth
  SerialBT.print(sgp.TVOC);
  SerialBT.print(",");

  // Espera 10 segons abans de realitzar una nova mesura
  delay(10000);
}

```

10.2. Anàlisi de TCOVs a 0,25 ml Acetona 100%

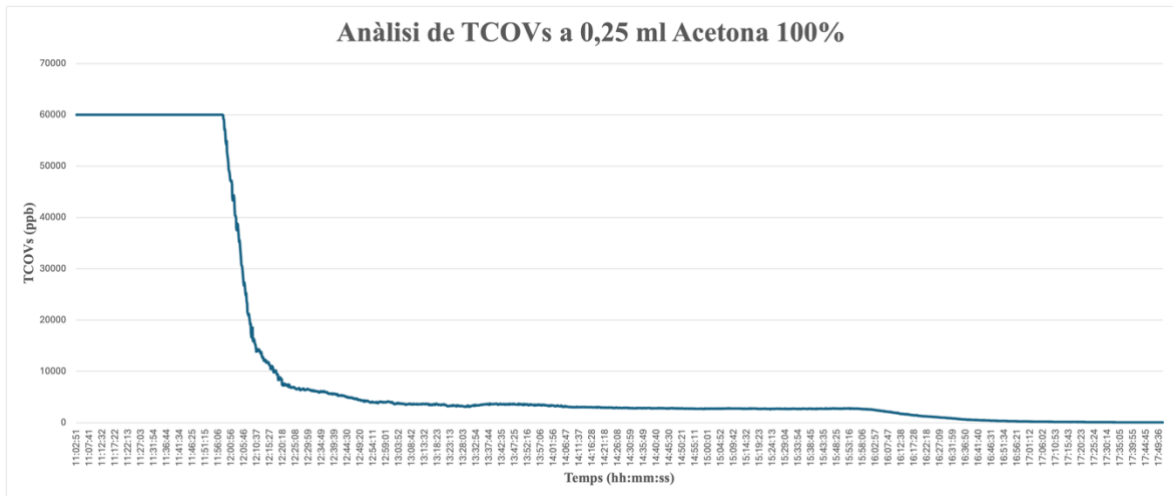


Figura xx. Gràfica Temps-TCOVs (0,25 ml Acetona 100%).

10.3. Formulari per als pacients pediàtrics



Cuestionario
Versión 1 de 21/05/2024
Página 1 de 3

CUESTIONARIO DEL PROYECTO "COVs"

A continuación, se mostrarán una serie de preguntas sobre los datos del/la menor participante y su exposición durante el tiempo que ha llevado la caja que analiza compuestos orgánicos volátiles (COVs). Por favor, tómese el tiempo necesario para leer y contestar las preguntas, sus respuestas nos ayudarán a comprender mejor los datos obtenidos.

DATOS SOBRE EL/LA PARTICIPANTE

INFORMACIÓN GENERAL BÁSICA
Nombre y apellidos del/la menor:
Edad:
Género: Femenino / Masculino / NA (No Aplica)
Peso (Kg):
Altura (cm):
Población:

DATOS SOBRE LA EXPOSICIÓN DEL/LA PARTICIPANTE

Por favor indique si el/la participante se ha quitado el dispositivo (caja) durante la monitorización. (Indicar el número global de horas en las que ha realizado alguna actividad sin llevar puesta la caja)

¿Qué tipo de ambientes exteriores ha sido el más frecuentado por el/la participante? (Puede seleccionar más de 1 opción)

1. Entornos urbanos (ciudades, poblaciones con tránsito rodado)
2. Entornos suburbanos (urbanizaciones o poblaciones con escaso tránsito rodado)
3. Entornos naturales sin tránsito rodado (bosques, montañas, playas, etc.)
4. Otro _____

¿Qué tipo de ambientes interiores ha sido el más frecuentado por el/la participante? (Puede seleccionar más de 1 opción)

1. Vivienda
2. Centro escolar
3. Ocio (restaurantes, cines, etc.)
4. Otro _____

¿Cómo realiza la mayoría de sus desplazamientos? (Puede seleccionar más de 1 opción)

1. Andando
2. En coche
3. En transporte público
4. Otro _____

<p>¿Cuántos adultos viven en la vivienda habitual del/la participante? 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / Más de 6</p>
<p>¿Cuántos menores de edad viven en la vivienda habitual (<u>incluido/a el/la participante</u>)? 0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / Más de 6</p>
<p>¿Cuántas mascotas domésticas viven en su vivienda? 0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / Más de 6</p>
<p>En caso de mascotas domésticas, ¿de qué tipo son? (Se pueden seleccionar varias opciones) Perro / Gato / Roedores / Peces / Reptiles / Otros:</p>
<p>¿Algún habitante de su vivienda es fumador/a? Sí / No</p>
<p>En caso afirmativo, ¿cuántos/as fumadores/as hay en la vivienda?: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7</p>
<p>En caso de convivir con fumadores/as, ¿cuántos cigarrillos fuman al día <u>dentro</u> de la <u>vivienda</u>? (Indicar el promedio de <u>cigarrillos diarios</u>)</p>
<p>En caso de convivir con fumadores/as, ¿cuántos cigarrillos fuman al día <u>fuera</u> de la <u>vivienda</u>? (Indicar el promedio de <u>cigarrillos diarios</u>)</p>
<p>En caso de convivir con fumadores/as, ¿estos fuman en presencia del/la participante? Sí / No</p>
<p>¿El/la participante ha estado en otros ambientes interiores o exteriores en los que se haya fumado en su presencia? Sí / No</p>
<p>Valore la exposición al humo de tabaco del/la participante durante el muestreo (0 no expuesto/a; 10 exposición muy alta) 0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10</p>
<p>¿El/la participante sufre alguna patología respiratoria? Sí / No</p>
<p>En caso afirmativo, ¿de qué tipo de patología se trata?</p>
<p>¿El/la participante está tomando actualmente algún medicamento de forma crónica? Sí / No / NA (No Aplica)</p>
<p>En caso afirmativo, por favor indíquenos la medicación</p>
<p>¿Cuántos días por semana realiza una hora o más de ejercicio físico? Menos de 1 vez / 2 / 3 / 4 / Más de 5 veces</p>

DATOS SOBRE LA VIVIENDA DEL/LA PARTICIPANTE
Entorno en el que se ubica la vivienda habitual

1. Urbano (ej. Ciudad, barrio)
2. Residencial (ej. Urbanización, pueblo)
3. Rural (ej. Masía)
4. Otro:

Tipo de vivienda: Piso / Casa / Otro:

En caso de ser un piso, ¿Cuántas ventanas o puertas exteriores de su piso dan a la calle principal?

0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / Más de 7 veces / Otro:

Especifique el número de habitaciones y la extensión aproximada de la vivienda (menos cuadrados)

Núm. Habitaciones _____

 Extensión vivienda _____ m²
Intensidad de tránsito rodado de la vía en la que se encuentra la vivienda (0 = muy poca intensidad; 10 = intensidad muy alta)

0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10

Durante la monitorización, ¿se han utilizado velas, incienso o ambientadores en la vivienda?

Sí / No / Otro:

En caso afirmativo, ¿Cuántas veces se han utilizado?

1 / 2 / 3 / 4 / 5 / Más de 6 veces / Otro:

¡GRACIAS POR VUESTRA PARTICIPACIÓN!

Queremos agradecerles la participación en este estudio, así como el tiempo dedicado. En caso de duda o curiosidad, pueden ponerse en contacto con nosotros a través del correo electrónico.

magda.pique@estudiants.urv.cat

noelia.ramirez@iispv.cat

10.4. Manual d'instruccions bàsic per al pacient pediàtric



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI



IISPV
INSTITUT
D'INVESTIGACIÓ
SANITÀRIA
PERE VIRGILI

Treball de Final de Grau
Estudiant: Magda Piqué

MANUAL D'INSTRUCCIONS CAIXA COVs

DESCRIPCIÓ DELS COMPONENTS:

1. SENSOR SGP30 + MÒDUL ESP32



2. BATERIA



3. CAIXETA



PROCEDIMENTS:**CANVI DE BATERIA:**

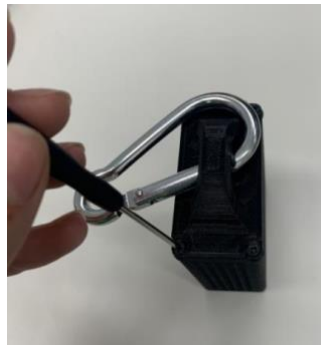
*Si observem que ja no hi ha una llum vermella a la caixa, vol dir que s'ha acabat la bateria. Al kit hi ha dues bateries perquè mentre una està en ús, l'altra es pugui carregar.

1) CARREGAR LA BATERIA

La bateria es connecta a través d'un cable USB.

**2) CANVI DE BATERIA**

1. DESTORNILLAR ELS 4 TORNILLETS (EL TRONAVÍS ÉS A LA CAIXA DEL KIT PREPARAT)

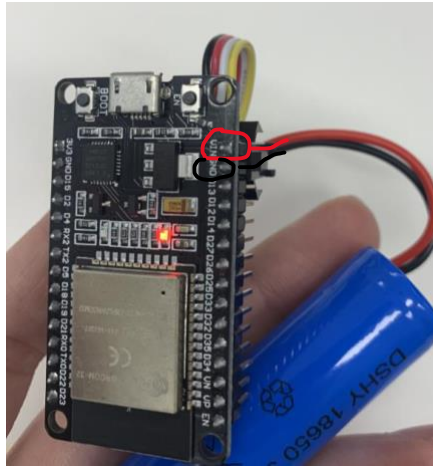


Treball de Final de Grau
Estudiant: Magda Piqué

2. EXTREURE ELS 3 COMPONENTS DE LA CAIXA (ESP32 + SGP30 +
BATERIA)



3. DESCONNECTAR LA BATERIA



Per desconnectar la bateria només cal estirar i pressionar del connector negre.

4. CONNECTAR LA BATERIA CARREGADA

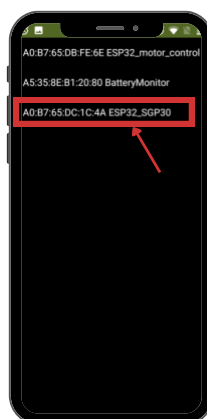
El cable vermell □ VIN (extrem “1a posició”)

El cable negre □ GND (“2a posició”)

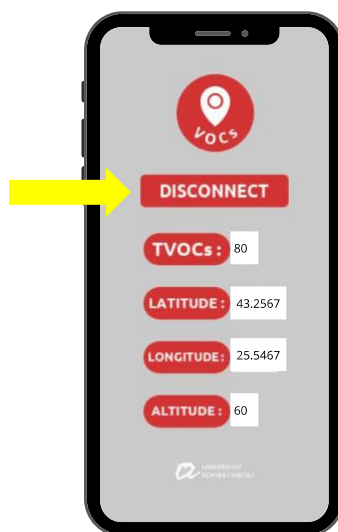
3) INTRODUIR ELS TRES COMPONENTS A LA CAIXA

*Important que alhora d'introduir els components a la caixa, el sensor (placa blava) estigui mirant cap a fora.



APLICACIÓ:**1) FER "CLICK" A CONNECT****2) CONNECTAR-SE AL DISPOSITIU QUE POSI **ESP32_SGP30****

**3) PER SABER SI ESTÀ CONNECTAT, EL BOTÓ DE "CONNECT"
DESAPAREIXERÀ I ES MOSTRARÀ "DISCONNECT".**





UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI



IISPV
INSTITUT
D'INVESTIGACIÓ
SANITÀRIA
PERE VIRGILI

Treball de Final de Grau
Estudiant: Magda Piqué

PROTOCOL:

- És important que la caixa **estigui en contacte amb l'aire ambiental**, és a dir, no ha d'estar dins d'un recipient o bossa tancada.
- La caixa **no ha d'estar en contacte amb l'aigua**.
- Assegura't que la caixa estigui en un **lloc estable** per evitar caigudes o danys.
- Mantingues la **caixa lluny de fonts de calor o llum solar** directa.
- **Revisa regularment l'estat de la bateria** i canvia-la quan sigui necessari.
- Neteja la caixa només amb un drap sec; **no utilitzis productes químics** ni líquids de neteja.

10.5. Taula

DIÀ: _/_/_

- A l'hora indicada, marca amb una creu si et trobes en un ambient **exterior o interior**.
- A la casella de **ON?** indica si estàs a casa, a l'escola, al cotxe, al autobús, o fins i tot caminant pel carrer.
- Si et sents fatigat, et costa respirar, tens tos, perceps una olor diferent o notes l'ambient carregat, anota-ho a la casella d'**observacions**.

HORA	INTERIOR	EXTERIOR	ON?	OBSERVACIONS FÀSIQUES
7:00 - 7:30				
7:30 - 8:00				
8:00 - 8:30				
8:30 - 9:00				
9:00 - 9:30				
9:30 - 10:00				
10:00 - 10:30				
10:30 - 11:00				
11:00 - 11:30				
11:30 - 12:00				
12:00 - 12:30				
12:30 - 13:00				
13:00 - 13:30				
13:30 - 14:00				
14:00 - 14:30				
14:30 - 15:00				
15:00 - 15:30				
15:30 - 16:00				
16:00 - 16:30				
16:30 - 17:00				
17:00 - 17:30				
17:30 - 18:00				
18:00 - 18:30				
18:30 - 19:00				
19:00 - 19:30				

DIÀ: _/_/_

19:30 - 20:00				
20:00 - 20:30				
20:30 - 21:00				
21:00 - 21:30				
21:30 - 22:00				
22:00 - 22:30				
22:30 - 23:00				

10.6. Resultats dels formularis del projecte

10.6.1. Participant COV001



Questionari
Versión 1 de 21/05/2024
Página 1 de 3

CUESTIONARIO DEL PROYECTO "COVs"

A continuación, se mostrarán una serie de preguntas sobre los datos del/la menor participante y su exposición durante el tiempo que ha llevado la caja que analiza compuestos orgánicos volátiles (COVs). Por favor, tómese el tiempo necesario para leer y contestar las preguntas, sus respuestas nos ayudarán a comprender mejor los datos obtenidos.

DATOS SOBRE EL/LA PARTICIPANTE

INFORMACIÓN GENERAL BÁSICA	
Nombre y apellidos del/la menor:	COV001
Edad:	12
Género: Femenino / <u>Masculino</u> / NA (No Aplica)	
Peso (Kg):	
Altura (cm):	
Población:	

DATOS SOBRE LA EXPOSICIÓN DEL/LA PARTICIPANTE

Por favor indique si el/la participante se ha <u>quitado el dispositivo (caja)</u> durante la monitorización. (Indicar el <u>número global de horas</u> en las que ha realizado alguna actividad sin llevar puesta la caja)
¿Qué tipo de ambientes exteriores ha sido el más frecuentado por el/la participante? (Puede seleccionar más de 1 opción)
<input checked="" type="checkbox"/> 1. Entornos urbanos (ciudades, poblaciones con tránsito rodado) <input type="checkbox"/> 2. Entornos suburbanos (urbanizaciones o poblaciones con escaso tránsito rodado) <input type="checkbox"/> 3. Entornos naturales sin tránsito rodado (bosques, montañas, playas, etc.) <input type="checkbox"/> 4. Otro _____
¿Qué tipo de ambientes interiores ha sido el más frecuentado por el/la participante? (Puede seleccionar más de 1 opción)
<input checked="" type="checkbox"/> 1. Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> 2. Centro escolar <input type="checkbox"/> 3. Ocio (restaurantes, cines, etc.) <input type="checkbox"/> 4. Otro _____
¿Cómo realiza la mayoría de sus desplazamientos? (Puede seleccionar más de 1 opción)
<input checked="" type="checkbox"/> 1. Andando <input checked="" type="checkbox"/> 2. En coche <input type="checkbox"/> 3. En transporte público <input type="checkbox"/> 4. Otro _____

<p>¿Cuántos adultos viven en la vivienda habitual del/la participante? 1 <input checked="" type="checkbox"/> / 3 / 4 / 5 / Más de 6</p>
<p>¿Cuántos menores de edad viven en la vivienda habitual (<u>incluido/a el/la participante</u>)? 0 <input checked="" type="checkbox"/> / 2 / 3 / 4 / 5 / Más de 6</p>
<p>¿Cuántas mascotas domésticas viven en su vivienda? <input checked="" type="checkbox"/> / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / Más de 6</p>
<p>En caso de mascotas domésticas, ¿de qué tipo son? (Se pueden seleccionar varias opciones) Perro / Gato / Roedores / Peces / Reptiles / Otros:</p>
<p>¿Algún habitante de su vivienda es fumador/a? Sí / <input checked="" type="checkbox"/> No</p>
<p>En caso afirmativo, ¿cuántos/las fumadores/as hay en la vivienda?: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7</p>
<p>En caso de convivir con fumadores/as, ¿cuántos cigarrillos fuman al día <u>dentro</u> de la vivienda? (Indicar el promedio de <u>cigarrillos diarios</u>)</p>
<p>En caso de convivir con fumadores/as, ¿cuántos cigarrillos fuman al día <u>fuera</u> de la vivienda? (Indicar el promedio de <u>cigarrillos diarios</u>)</p>
<p>En caso de convivir con fumadores/as, ¿estos fuman en presencia del/la participante? Sí / No</p>
<p>¿El/la participante ha estado en otros ambientes interiores o exteriores en los que se haya fumado en su presencia? Sí / <input checked="" type="checkbox"/> No</p>
<p>Valore la exposición al humo de tabaco del/la participante durante el muestreo (0 no expuesto/a; 10 exposición muy alta) <input checked="" type="checkbox"/> / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10</p>
<p>¿El/la participante sufre alguna patología respiratoria? <input checked="" type="checkbox"/> Sí / No</p>
<p>En caso afirmativo, ¿de qué tipo de patología se trata? <i>Asma alérgica.</i></p>
<p>¿El/la participante está tomando actualmente algún medicamento de forma crónica? Sí / <input checked="" type="checkbox"/> No / NA (No Aplica)</p>
<p>En caso afirmativo, por favor indiquenos la medicación</p>
<p>¿Cuántos días por semana realiza una hora o más de ejercicio físico? Menos de 1 vez / 2 <input checked="" type="checkbox"/> / 4 / Más de 5 veces</p>

DATOS SOBRE LA VIVIENDA DEL/LA PARTICIPANTE

Entorno en el que se ubica la vivienda habitual <input checked="" type="checkbox"/> 1. Urbano (ej. Ciudad, barrio) <input type="checkbox"/> 2. Residencial (ej. Urbanización, pueblo) <input type="checkbox"/> 3. Rural (ej. Masía) <input type="checkbox"/> 4. Otro:
Tipo de vivienda: <input checked="" type="checkbox"/> Piso / Casa / Otro: En caso de ser un piso, ¿Cuántas ventanas o puertas exteriores de su piso dan a la <u>calle principal</u> ? 0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / Más de 7 veces / Otro: 2 <i>través "veces"</i>
Especifique el número de habitaciones y la extensión aproximada de la vivienda (menos cuadrados) Núm. Habitaciones <u>3 dormitorios + 2 baños + cocina + comedor + terraza</u> Extensión vivienda <u>155</u> m ²
Intensidad de tránsito rodado de la vía en la que se encuentra la vivienda (0 = muy poca intensidad; 10 = intensidad muy alta) 0 / 1 / <input checked="" type="checkbox"/> 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10
Durante la monitorización, ¿se han utilizado velas, incienso o ambientadores en la vivienda? Sí / <input checked="" type="checkbox"/> No / Otro:
En caso afirmativo, ¿Cuántas veces se han utilizado? 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / Más de 6 veces / Otro:

¡GRACIAS POR VUESTRA PARTICIPACIÓN!

Queremos agradecerles la participación en este estudio, así como el tiempo dedicado. En caso de duda o curiosidad, pueden ponerse en contacto con nosotros a través del correo electrónico.

maqda.pique@estudiants.urv.cat

noelia.ramirez@ispv.cat

10.6.2. Participant COV002



Cuestionario
Versión 1 de 21/05/2024
Página 1 de 3

CUESTIONARIO DEL PROYECTO "COVs"

A continuación, se mostrarán una serie de preguntas sobre los datos del/la menor participante y su exposición durante el tiempo que ha llevado la caja que analiza compuestos orgánicos volátiles (COVs). Por favor, tómese el tiempo necesario para leer y contestar las preguntas, sus respuestas nos ayudarán a comprender mejor los datos obtenidos.

DATOS SOBRE EL/LA PARTICIPANTE

INFORMACIÓN GENERAL BÁSICA	
Nombre y apellidos del/la menor:	XXXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX
Edad:	14
Género:	Femenino / <u>Masculino</u> / NA (No Aplica)
Peso (Kg):	
Altura (cm):	
Población:	TARRAGONA

COV002

DATOS SOBRE LA EXPOSICIÓN DEL/LA PARTICIPANTE

Por favor indique si el/la participante se ha <u>quitado el dispositivo (caja)</u> durante la monitorización. (Indicar el <u>número global de horas</u> en las que ha realizado alguna actividad sin llevar puesta la caja)
¿Qué tipo de ambientes exteriores ha sido el más frecuentado por el/la participante? (Puede seleccionar más de 1 opción)
<ol style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> 1. Entornos urbanos (ciudades, poblaciones con tránsito rodado) <input type="radio"/> 2. Entornos suburbanos (urbanizaciones o poblaciones con escaso tránsito rodado) <input type="radio"/> 3. Entornos naturales sin tránsito rodado (bosques, montañas, playas, etc.) <input type="radio"/> 4. Otro _____
¿Qué tipo de ambientes interiores ha sido el más frecuentado por el/la participante? (Puede seleccionar más de 1 opción)
<ol style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> 1. Vivienda <input checked="" type="radio"/> 2. Centro escolar <input type="radio"/> 3. Ocio (restaurantes, cines, etc.) <input type="radio"/> 4. Otro _____
¿Cómo realiza la mayoría de sus desplazamientos? (Puede seleccionar más de 1 opción)
<ol style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> 1. Andando <input type="radio"/> 2. En coche <input checked="" type="radio"/> 3. En transporte público <input type="radio"/> 4. Otro _____

<p>¿Cuántos adultos viven en la vivienda habitual del/la participante? 1 <input checked="" type="radio"/> 2 / 3 / 4 / 5 / Más de 6</p> <p>¿Cuántos menores de edad viven en la vivienda habitual (<u>incluido/a el/la participante</u>)? 0 / <input checked="" type="radio"/> 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / Más de 6</p> <p>¿Cuántas mascotas domésticas viven en su vivienda? 0 / <input checked="" type="radio"/> 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / Más de 6</p> <p>En caso de mascotas domésticas, ¿de qué tipo son? (Se pueden seleccionar varias opciones) Perro / Gato / Roedores / Peces / Reptiles / Otros: <u>CONEJO</u></p>
<p>¿Algún habitante de su vivienda es fumador/a? <input checked="" type="radio"/> Sí / No</p> <p>En caso afirmativo, ¿cuántos/as fumadores/as hay en la vivienda?: <input checked="" type="radio"/> 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7</p> <p>En caso de convivir con fumadores/as, ¿cuántos cigarrillos fuman al día <u>dentro</u> de la vivienda? (Indicar el promedio de <u>cigarrillos diarios</u>) <u>0</u></p> <p>En caso de convivir con fumadores/as, ¿cuántos cigarrillos fuman al día <u>fuera</u> de la vivienda? (Indicar el promedio de <u>cigarrillos diarios</u>) <u>15</u></p> <p>En caso de convivir con fumadores/as, ¿estos fuman en presencia del/la participante? <input checked="" type="radio"/> Sí / No</p> <p>¿El/la participante ha estado en otros ambientes interiores o exteriores en los que se haya fumado en su presencia? <input checked="" type="radio"/> Sí / <input type="radio"/> No</p> <p>Valore la exposición al humo de tabaco del/la participante durante el muestreo (0 no expuesto/a; 10 exposición muy alta) <input checked="" type="radio"/> 0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10</p>
<p>¿El/la participante sufre alguna patología respiratoria? <input checked="" type="radio"/> Sí / No</p> <p>En caso afirmativo, ¿de qué tipo de patología se trata? <u>ASMA</u></p>
<p>¿El/la participante está tomando actualmente algún medicamento de forma crónica? Sí / <input checked="" type="radio"/> No / NA (No Aplica)</p> <p>En caso afirmativo, por favor indíquenos la medicación</p>
<p>¿Cuántos días por semana realiza una hora o más de ejercicio físico? Menos de 1 vez / 2 / 3 / <input checked="" type="radio"/> 4 / Más de 5 veces</p>

DATOS SOBRE LA VIVIENDA DEL/LA PARTICIPANTE

Entorno en el que se ubica la vivienda habitual <input checked="" type="radio"/> 1. Urbano (ej. Ciudad, barrio) <input type="radio"/> 2. Residencial (ej. Urbanización, pueblo) <input type="radio"/> 3. Rural (ej. Masía) <input type="radio"/> 4. Otro:
Tipo de vivienda: <input checked="" type="radio"/> Piso / Casa / Otro: En caso de ser un piso, ¿Cuántas ventanas o puertas exteriores de su piso dan a la <u>calle principal</u>? <input checked="" type="radio"/> 0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / Más de 7 veces / Otro:
Especifique el número de habitaciones y la extensión aproximada de la vivienda (menos cuadrados) Núm. Habitaciones <u>4</u> Extensión vivienda <u>126</u> m ²
Intensidad de tránsito rodado de la vía en la que se encuentra la vivienda (0 = muy poca intensidad; 10 = intensidad muy alta) 0 / 1 / 2 / 3 / <input checked="" type="radio"/> 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10
Durante la monitorización, ¿se han utilizado velas, incienso o ambientadores en la vivienda? Si / <input checked="" type="radio"/> No / Otro:
En caso afirmativo, ¿Cuántas veces se han utilizado? 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / Más de 6 veces / Otro:

¡GRACIAS POR VUESTRA PARTICIPACIÓN!

Queremos agradecerles la participación en este estudio, así como el tiempo dedicado. En caso de duda o curiosidad, pueden ponerse en contacto con nosotros a través del correo electrónico.

maqda.pique@estudiants.urv.cat

noelia.ramirez@iispv.cat

10.7. Resultats taules

10.7.1. Participant COV001

DIA: 22/05/2024

- A l'hora indicada, marca amb una creu si et trobes en un ambient exterior o interior.
- A la casella de "ON?" indica si estàs a casa, a l'escola, al cotxe, a l'autobús, o fins i tot caminant pel carrer.
- Si et sents fatigat, et costa respirar, tens tos, perceps una olor diferent o notes l'ambient carregat, anota-ho a la casella d'observacions.

HORA	INTERIOR	EXTERIOR	ON?	OBSERVACIONS FÍSQUES
7:00 - 7:30				
7:30 - 8:00				
8:00 - 8:30				
8:30 - 9:00				
9:00 - 9:30				
9:30 - 10:00				
10:00 - 10:30				
10:30 - 11:00				
11:00 - 11:30				
11:30 - 12:00				
12:00 - 12:30				
12:30 - 13:00				
13:00 - 13:30				
13:30 - 14:00				
14:00 - 14:30				
14:30 - 15:00				
15:00 - 15:30				
15:30 - 16:00				
16:00 - 16:30				
16:30 - 17:00	→ X			Reforg, classe
17:00 - 17:30	X			Pe long classe
17:30 - 18:00		X		Passant pel carrer.
18:00 - 18:30		X		" "
18:30 - 19:00	X			Class anglès
19:00 - 19:30	X			" "
19:30 - 20:00	X			
20:00 - 20:30	X			Anglès classe
20:30 - 21:00	X			A casa
21:00 - 21:30	X			
21:30 - 22:00	X			
22:00 - 22:30	X			
22:30 - 23:00	X			

DIA: 23/05/2024

- A l'hora indicada, marca amb una creu si et trobes en un ambient exterior o interior.
- A la casella de "ON?" indica si estàs a casa, a l'escola, al cotxe, a l'autobús, o fins i tot caminant pel carrer.
- Si et sents fatigat, et costa respirar, tens tos, perceps una olor diferent o notes l'ambient carregat, anota-ho a la casella d'observacions.

HORA	INTERIOR	EXTERIOR	ON?	OBSERVACIONS FÍSQUES
7:00 - 7:30	X			
7:30 - 8:00	X			
8:00 - 8:30	X	X		(S'HA QUEIXAT SENSE ATERCIÀ) CANVIEM A LES 8:40
8:30 - 9:00	X			Passant cap a l'institut
9:00 - 9:30				Classe, institut
9:30 - 10:00				
10:00 - 10:30				
10:30 - 11:00				
11:00 - 11:30				
11:30 - 12:00		X		
12:00 - 12:30	X			Parti Classe
12:30 - 13:00				
13:00 - 13:30				
13:30 - 14:00				
14:00 - 14:30				
14:30 - 15:00				
15:00 - 15:30		X		
15:30 - 16:00	X			Caminant a casa
16:00 - 16:30				
16:30 - 17:00				
17:00 - 17:30				
17:30 - 18:00				
18:00 - 18:30		X		Passant.
18:30 - 19:00				
19:00 - 19:30				

19:30 - 20:00				
20:00 - 20:30	X		CASA	
20:30 - 21:00				
21:00 - 21:30				
21:30 - 22:00				
22:00 - 22:30				
22:30 - 23:00				

10.7.2. Participant COV002

DIA: 18/07/17

19:30 - 20:00	X		CASA	CAP MESSENYABLE
20:00 - 20:30	X		"	"
20:30 - 21:00	X		"	"
21:00 - 21:30	X		"	"
21:30 - 22:00	X		"	"
22:00 - 22:30	X		"	"
22:30 - 23:00	X		"	"

↓
07:00

CASA / DORMITORI

DIA: 20/07/17

- A l'hora indicada, marca amb una creu si et trobes en un ambient exterior o interior.
- A la casella de "ON?" indica si estàs a casa, a l'escola, al cotxe, a l'autobús, o fins i tot caminant pel carrer.
- Si et sents fatigat, et costa respirar, tens tos, perceps una olor diferent o notes l'ambient carregat, anota-ho a la casella d'observacions.

HORA	INTERIOR	EXTERIOR	ON?	OBSERVACIONS FÍSQUES
7:00 - 7:30	X		CASA	CAP
7:30 - 8:00	X		CASA	"
8:00 - 8:30	X		AJUTAR A ESCOLA	"
8:30 - 9:00	X		" ESCOLA	"
9:00 - 9:30	X		ESCOLA	"
9:30 - 10:00	X		"	"
10:00 - 10:30	X		"	"
10:30 - 11:00	X		"	"
11:00 - 11:30	X		"	"
11:30 - 12:00	X		"	"
12:00 - 12:30	X		"	"
12:30 - 13:00	X		"	"
13:00 - 13:30	X		"	"
13:30 - 14:00	X		"	"
14:00 - 14:30	X		"	"
14:30 - 15:00	X		"	"
15:00 - 15:30	X		"	"
15:30 - 16:00	X		"	"
16:00 - 16:30	X		"	"
16:30 - 17:00				
17:00 - 17:30				
17:30 - 18:00				
18:00 - 18:30				
18:30 - 19:00				
19:00 - 19:30				

