



COMPARATIVA SONORA I DE QUALITAT DE L'AIRE EN UN ESCENARI AMB VEHICLES TÈRMICS I UN AMB VEHICLES ELÈCTRICS

ANTECEDENTS

El mes de novembre de 2013, es va realitzar la tercera edició d'EXPOelèctric Fórmula-e a l'Arc del Triomf de Barcelona.

Els dies 16 i 17 de novembre de 2013, va tenir lloc "l'Electric Vehicle Large Scale Demonstration (EV-LSD)", una demostració única a Europa de com seria una ciutat 100% elèctrica amb comparatives sonores i de qualitat de l'aire.

L'objectiu de la prova, pel que fa al soroll, és fer una comparativa entre el soroll de trànsit emès per vehicles tèrmics i el soroll de trànsit emès per vehicles elèctrics, amb el mateix escenari en ambdós casos.

Pel que fa a la qualitat de l'aire, l'objectiu de la prova va ser fer una comparativa entre els nivells de qualitat de l'aire mesurats en un escenari amb vehicles de combustió (tèrmics) i els mesurats en un escenari amb cotxes elèctrics. Per poder comparar aquests nivells, ambdós escenaris han de ser el més similars possibles tant pel que fa a la situació meteorològica com a la densitat de trànsit.



COMPARATIVA ENTRE EL SOROLL DE TRÀNSIT EMÈS PER VEHICLES TÈRMICS I VEHICLES ELÈCTRICS

METODOLOGIA

Les mesures acústiques d'immissió sonora es van realitzar el 17 de novembre entre les 10:00h i les 14:00h per tècnics del Servei per a la Prevenció de la Contaminació Acústica i Llumínosa del Departament de Territori i Sostenibilitat.

Es van realitzar mesures acústiques abans del dia de la prova, tant del soroll del trànsit, com d'una parada d'autobús i un camió de la brossa. En el cas del soroll de trànsit, la mesura es va realitzar en el mateix punt, un diumenge en la mateixa franja horària que el dia de la prova, i tenint en compte el nombre i la tipologia dels vehicles.

EQUIPS DE MESURAMENT

Els equips utilitzats per a realitzar les mesures acústiques són els següents:

- Sonòmetre: B&K, model 2250, amb numero de sèrie 2579797.
- Calibrador sonor: Brüel & Kjaer, model 4231, amb número de sèrie 1807835.
- Telèmetre: Leica, model Disto A5, amb número de sèrie 1081520788.
- Software de càlcul: B&K, model 7820, amb número de sèrie 1167884, amb la seva clau (USB).
- Software d'extracció de dades BZ 5503: B&K Measurement Partner Suite
- Trípod, PC portàtil amb 3G, cable USB.

El sonòmetre i el calibrador sonor tenen la verificació periòdica conforme els criteris establerts a l'ordre del 16 de desembre de 1998, del Ministeri de Foment, i l'ordre del 30 de juny de 1999, del Departament de Indústria, Comerç i Turisme de la Generalitat de Catalunya.

Abans i després dels mesuraments, s'ha fet una verificació acústica de la cadena de mesurament mitjançant calibrador acústic que ha garantit un marge de desviació no superior a 0,5 dB(A) respecte del valor de referència inicial.



DESCRIPCIÓ DELS MESURAMENTS

Descripció dels punts de mesura

Els mesuraments s'han realitzat al Carrer Roger de Flor de Barcelona, en concret a la vorera de davant del número 26 (entre els Carrers Buenaventura Muñoz i Carrer Almogàvers). El carrer ha estat tallat al trànsit de vehicles durant la prova. Hi ha un únic punt de mesura, tal i com s'indica al plànol, ja que assegura que no hi ha aportació de soroll del trànsit dels carrers adjacents. S'han realitzat mesuraments en ambient exterior a la vorera, a 2 metres de la façana i a 1,5 m d'alçada amb el paravent posat.

A la següent figura es mostra la situació relativa aproximada del punt de mesura i el carrer com a font de soroll a avaluar.

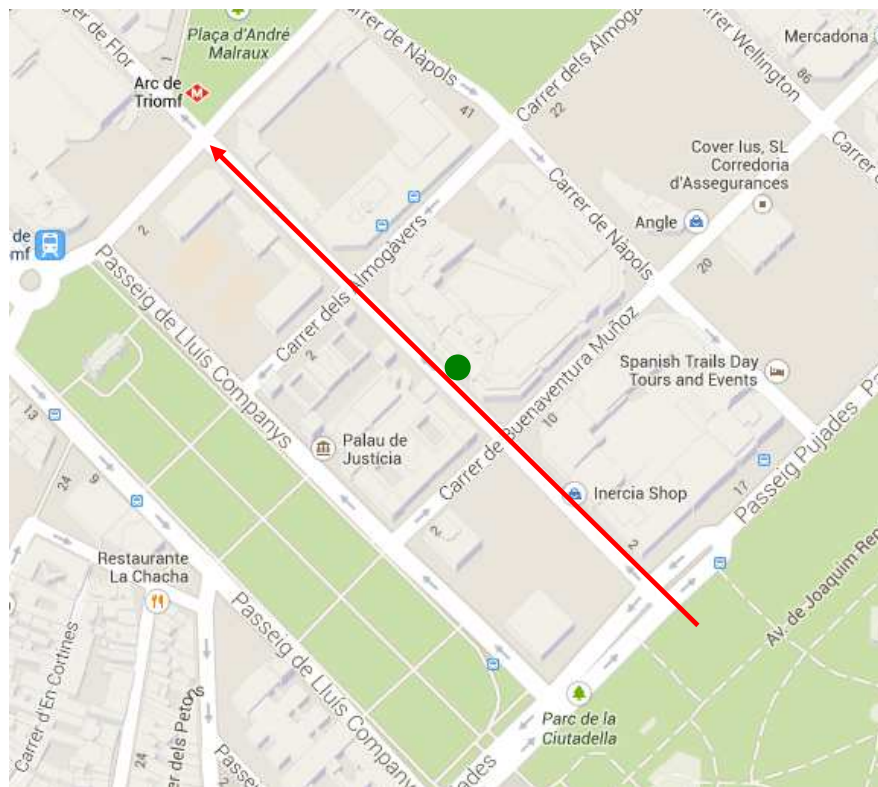


Figura 1: Ubicació del punt de mesura respecte el carrer

Descripció de la font de soroll

Les infraestructures són una font lineal de soroll generat pel trànsit que hi circula i que emet durant les vint-i-quatre hores del dia, ja que a la nit, encara que amb menys intensitat, segueix havent-hi trànsit.



PROCEDIMENT DE MESURA

Lloc i condicions de mesurament

Es van prendre les següents mostres de soroll:

1. Mesura 'in situ' del nivell d'immissió sonora de trànsit habitual (vehicles tèrmics), els dies 13 d'octubre i 1 de novembre (mateix dia de la setmana i horari que el dia de la demostració). Es va fer comptatge de vehicles.
2. Mesura 'in situ' del nivell d'immissió sonora de fons del carrer on es va fer la prova, el mateix dia de la demostració, sense cap vehicle circulant.
3. Mesura 'in situ' del nivell d'immissió sonora de trànsit dels vehicles elèctrics, reproduint el mateix escenari que el de la mesura amb vehicles tèrmics, inclòs comptatge i tipologia de vehicles.
4. Mesura 'in situ' del nivell d'immissió sonora que fa un autobús tèrmic, des de que arriba a la parada fins que marxa. Es va fer en un carrer de les mateixes característiques que el carrer disponible per la prova.
5. Mesura 'in situ' del nivell d'immissió sonora que fa un camió de la brossa tèrmic, des de que arriba al punt del contenidor fins que marxa. Es va fer en un carrer de les mateixes característiques que el carrer disponible per la prova.
6. Mesura 'in situ' del nivell d'immissió sonora que fa un autobús elèctric en les mateixes condicions que les mesures de l'autobús tèrmic.
7. Mesura 'in situ' del nivell d'immissió sonora que fa un camió de recollida de la brossa elèctric, en les mateixes condicions que les mesures del camió de recollida de brossa tèrmic.

El temps de mesura per als assaigs 1 a 3 és de 15 minuts.



En les fotografies següents es pot veure la ubicació del sonòmetre :



Figura 2: Localització del sonòmetre

Condicions meteorològiques

El dia de la prova estava el terra mullat degut a la pluja del dia anterior i del mateix dia de la prova. Com a conseqüència, els nivells obtinguts són superiors als que obtindríem en cas que el terra hagués estat sec.

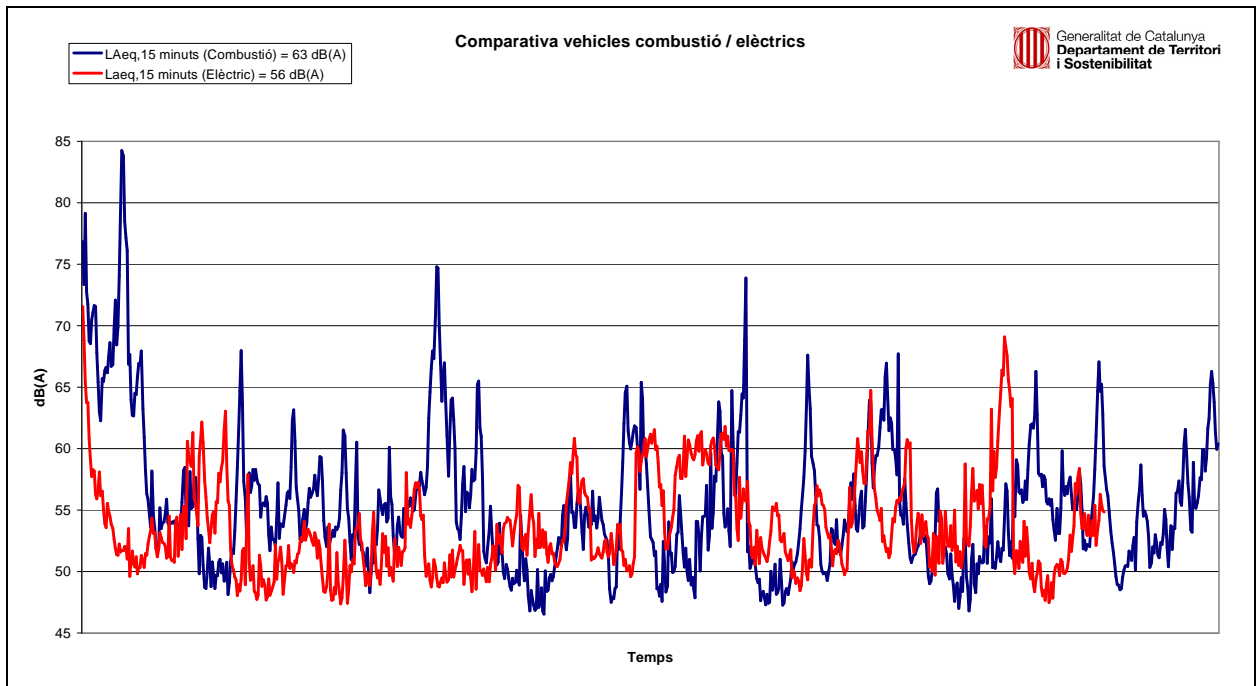
En el moment dels mesurament va haver absència de pluja, però les mesures es van veure totalment afectades per les condicions meteorològiques. Tot i així, la comparativa es va realitzar, atès que no es tracta d'una avaluació oficial, si no que es tracta d'una prova experimental.



RESULTATS

A continuació es mostra la comparativa dels assaigs realitzats:

COMPARATIVA ENTRE EL SOROLL DE TRÀNSIT DELS VEHICLES DE COMBUSTIÓ I ELS ELÈCTRICS



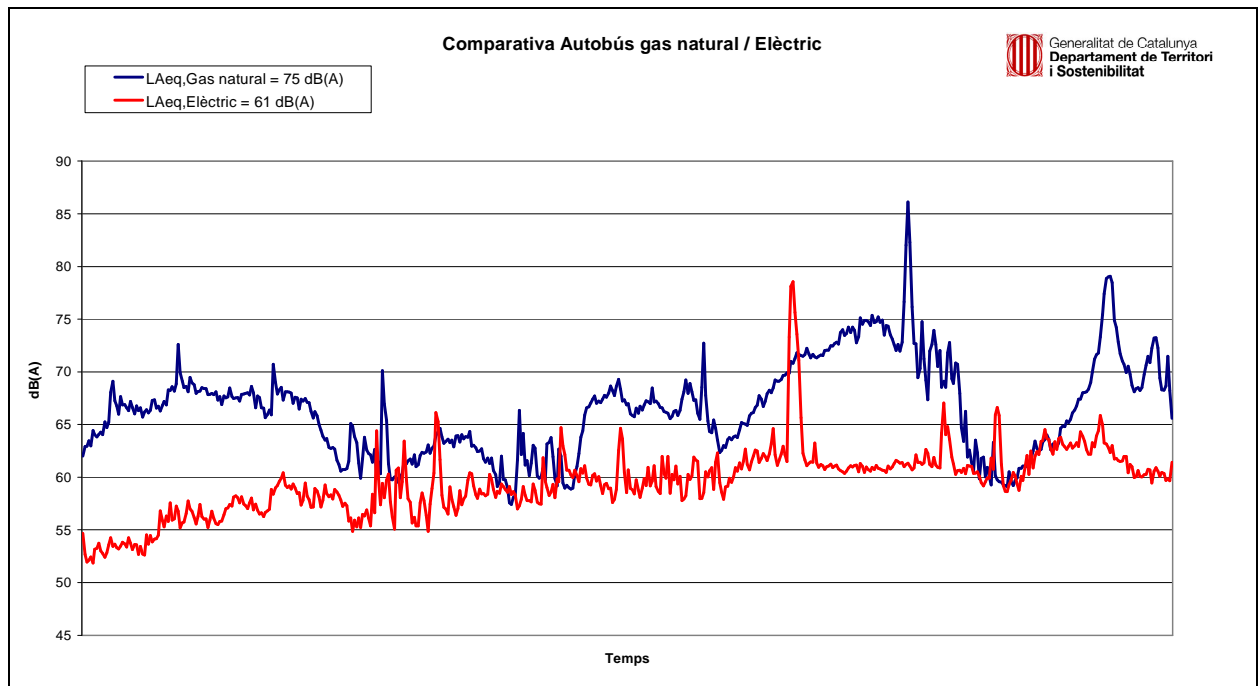
En aquest gràfic, observem l'evolució temporal de 15 minuts de mesurament del nivell d'immissió sonora de trànsit de vehicles tèrmics (color blau) i la mateixa evolució en el cas de vehicles elèctrics (color vermell). En els dos escenaris van haver el mateix nombre i tipologia de vehicles.

El nivell equivalent obtingut en el cas dels vehicles tèrmic és de 63 dB(A) mentre que pels elèctrics és de 56 dB(A). Per tant, podem observar que hi ha una disminució de 7 dB(A) entre els dos tipus de mesuraments.

El soroll residual, també es va mesurar durant 15 minuts el dia de la prova, sense cap vehicle circulant, i el resultat del mesurament va ser de 51 dB(A).



COMPARATIVA ENTRE EL SOROLL PRODUIT PER UN AUTOBÚS DE GAS NATURAL I UN
AUITOBÚS ELÈCTRIC

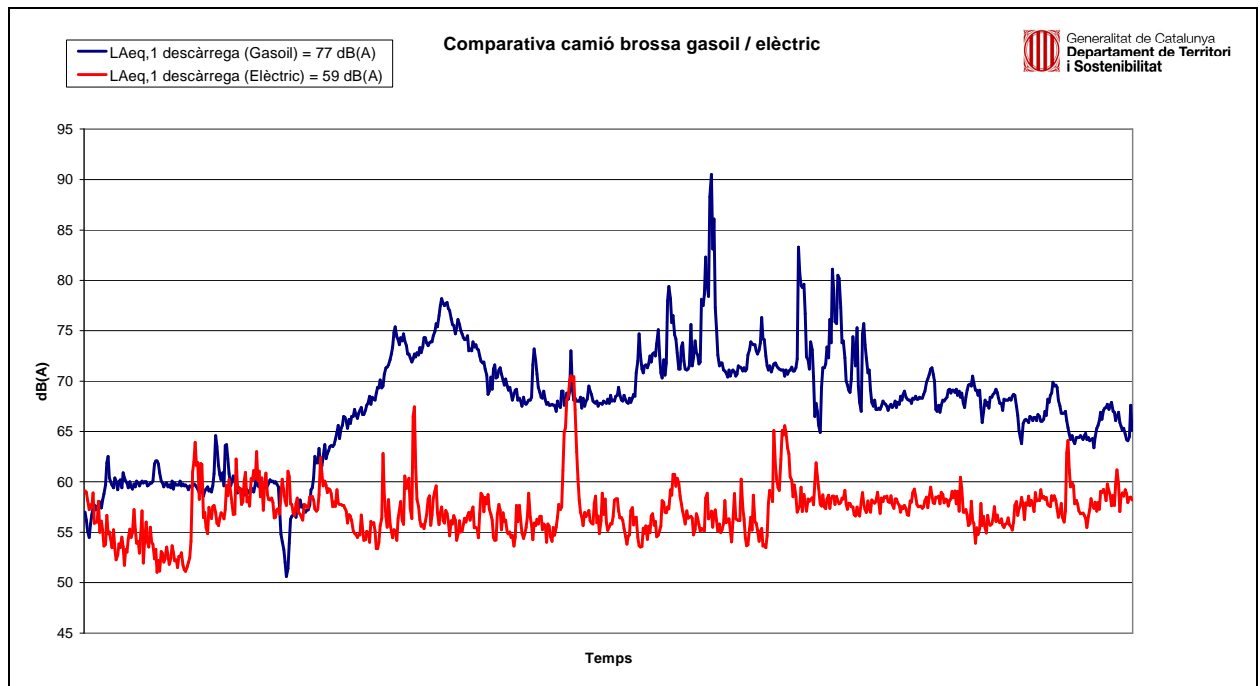


En aquest gràfic, observem la comparativa entre un mesurament de l'arribada, càrrega i descàrrega de persones a la parada i sortida de l'autobús, en color blau el de gas natural i en color vermell l'elèctric.

La disminució obtinguda en el cas de l'autobús és de 14 dB(A), ja que el nivell equivalent de l'autobús de gas natural mesurat és de 75 dB(A) mentre que de l'elèctric és de 61 dB(A).



COMPARATIVA ENTRE EL SOROLL PRODUIT PER UN CAMIÓ DE LA BROSSA DE GASOIL I UN
ELÈCTRIC



Com s'observa en aquest gràfic, pel camió de la brossa, es va fer un mesurament de l'arribada, càrrega i descàrrega de contenidors de la brossa i sortida del camió de la brossa, en color blau el de gasoil i en color vermell l'elèctric.

La disminució obtinguda en el cas del camió de la brossa és de 18 dB(A), ja que el nivell equivalent mesurat de l'autobús de gas natural és de 77 dB(A) mentre que de l'elèctric és de 59 dB(A).



CONCLUSIONS

De la comparació entre els nivells mesurats, es conclou que:

Respecte el soroll de trànsit, la utilització de vehicles elèctrics comporta una disminució del nivell d'immissió sonora de 7 dB(A), fet que equival a disminuir **en més d'un 75% els vehicles** de combustió del carrer.

La disminució de nivell sonor de 14 dB(A) de l'autobús, demostra la millora acústica que aporta l'autobús elèctric davant del de gas natural, sobretot en les arribades i sortides de la parada, obtenint una disminució molt important dels nivells de soroll.

La disminució més gran del nivell d'immissió sonora és la del camió de la brossa elèctric, que decreix 18 dB(A) respecte el tèrmic. Això equivaldria a reduir el soroll fins a una quarta part del que sentim amb un camió de gasoil.



COMPARATIVA ENTRE ELS NIVELLS DE QUALITAT DE L'AIRE EN UN ESCENARI AMB PER VEHICLES TÈRMICS I UN AMB VEHICLES ELÈCTRICS

METODOLOGIA I EQUIPS DE MESURA

Per mesurar els nivells de concentració a l'aire dels diferents contaminants que respirem, és a dir, els nivells d'immissió, es va fer servir una unitat mòbil. Aquesta unitat mòbil és un vehicle equipat amb analitzadors automàtics, que mesuren els següents contaminants: diòxid de sofre (SO₂), monòxid de nitrogen (NO), diòxid de nitrogen (NO₂), ozó, monòxid de carboni (CO), sulfur d'hidrogen (H₂S), partícules en suspensió de diàmetre inferior a 10 micres (PM10) i compostos orgànics volàtils (COV), i captadors manuals, que mesuren els següents contaminants: partícules en suspensió de diàmetre inferior a 10 micres (PM10), níquel (Ni), cadmi (Cd), arsènic (As), plom (Pb) i compostos orgànics volàtils (COV).

Els nivells de concentració a l'aire dels diferents contaminants mesurats durant la prova EV-LSD es comparen gràficament amb els nivells enregistrats durant les mateixes hores del diumenge anterior al dia de la prova.

NORMATIVA DE REFERÈNCIA

Normativa europea

- Directiva 2008/50/CE, de 21 de maig, relativa a la qualitat de l'aire ambient i a una atmosfera més neta a Europa.
- Directiva 2004/107/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 15 de desembre de 2004, relativa a l'arsènic, el cadmi, el mercuri, el níquel i els hidrocarburs aromàtics policíclics.

Normativa estatal

- Llei 34/2007, de 15 de novembre, de qualitat de l'aire i protecció de l'atmosfera (BOE núm. 275, de 16.11.2007).
- Reial decret 102/2011, de 28 de gener, relatiu a la millora de la qualitat de l'aire, que incorpora a la legislació estatal la Directiva Europea 2008/50/CE, de 21 de maig, relativa a la qualitat de l'aire ambient i a una atmosfera més neta a Europa (BOE núm. 25, de 29.01.2010).

Normativa catalana

- Llei 22/1983, de 21 de novembre, de protecció de l'ambient atmosfèric (DOGC núm. 385, de 30.11.1983), modificada per la Llei 7/1989 (DOGC núm. 1153, de 09.06.1989).



- Decret 322/1987, de 23 de setembre, de desplegament de la Llei 22/1983 (DOGC núm. 919, de 25.11.1987).

RESULTATS DE LA CAMPANYA

1. Descripció de la ubicació

La unitat mòbil de vigilància de la contaminació atmosfèrica va estar instal·lada a la cruïlla entre el carrer Roger de Flor i el carrer Almogàvers entre el 7 i el 20 de novembre.



Fig.1: Mapa on s'indica la ubicació de la unitat mòbil de vigilància de la contaminació atmosfèrica entre el 7 i el 20 de novembre.

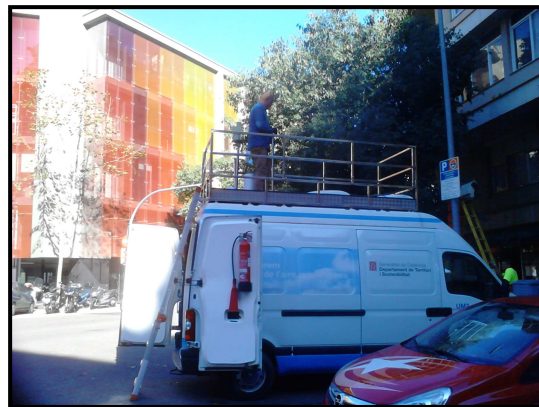




Fig. 2 i 3: Imatges de la unitat mòbil de vigilància de la contaminació atmosfèrica a la cruïlla entre el carrer Roger de Flor i el carrer Almogàvers.

Les coordenades UTM de la ubicació són: x=431664m, y=4582532 m; (Datum: ETRS89, Fus: 31N).
 Es tracta d'una ubicació urbana de trànsit.

2. Condicions meteorològiques

2.1. Condicions meteorològiques durant el període 07/11/13-20/11/13

Durant aquest període la temperatura màxima ha estat de 27°C el dia 08/11/2013 i la mínima de 12°C el dia 16/11/2013. Destaca la presència de calmes (velocitat del vent inferior a 0.5m/s) que es dona en un 39% dels casos. La mitjana del vent ha estat de 0,4m/s amb un direcció de vent predominant del sud. El vent màxim ha estat de 3m/s. S'han enregistrat un total de 94mm de precipitació durant el període de mesurament.

A continuació es presenta un quadre resum de les condicions meteorològiques del període a partir de les dades semi-horàries, així com les roses de vent:

07/11/2013 - 20/11/2013		Màxim	Data	Mínim	Data	Mitjana
		VV (m/s)	3	18/11/2013	0	07/11/2013
TEMP (°C)	27	08/11/2013	12	16/11/2013	18	
HR (%)	98	07/11/2013	19	15/11/2013	67	
PRES (hPa)	1026	14/11/2013	1001	18/11/2013	1018	
PREC* (mm)					94	

* Pluja acumul·lada

Taula 1: Resum de les condicions meteorològiques del període a partir de les dades semi-horàries.

A la primera rosa es mostra el percentatge de temps en què el vent ha estat bufant en cada direcció i a l'altra, les velocitats mitjanes que s'han enregistrat per a cada direcció. Es consideren com a calmes aquelles velocitats de vent inferiors a 0,5 m/s.

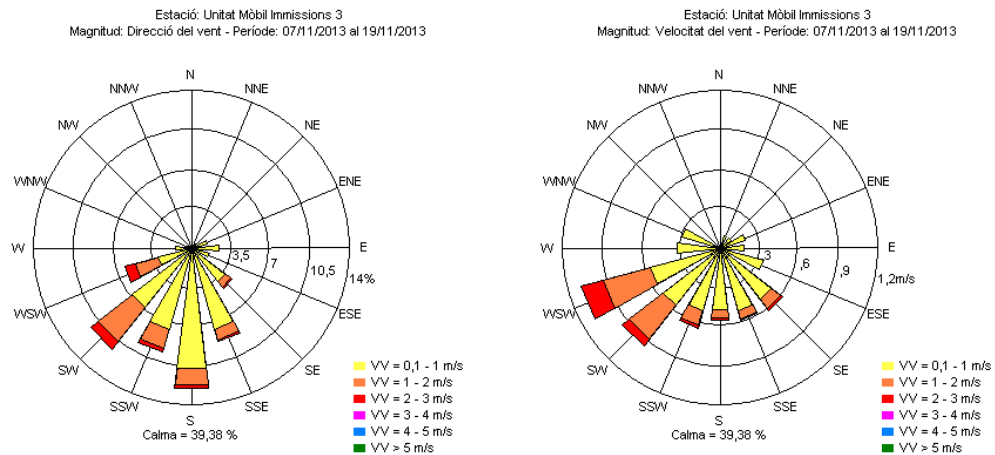


Fig. 3: Rosa de vents en freqüències respecte el total (esquerra) i mòdul amb freqüències de cada categoria (dreta).



En el següent diagrama de barres es representen les dades corresponents a la precipitació acumulada diària en mm durant el període de la campanya.

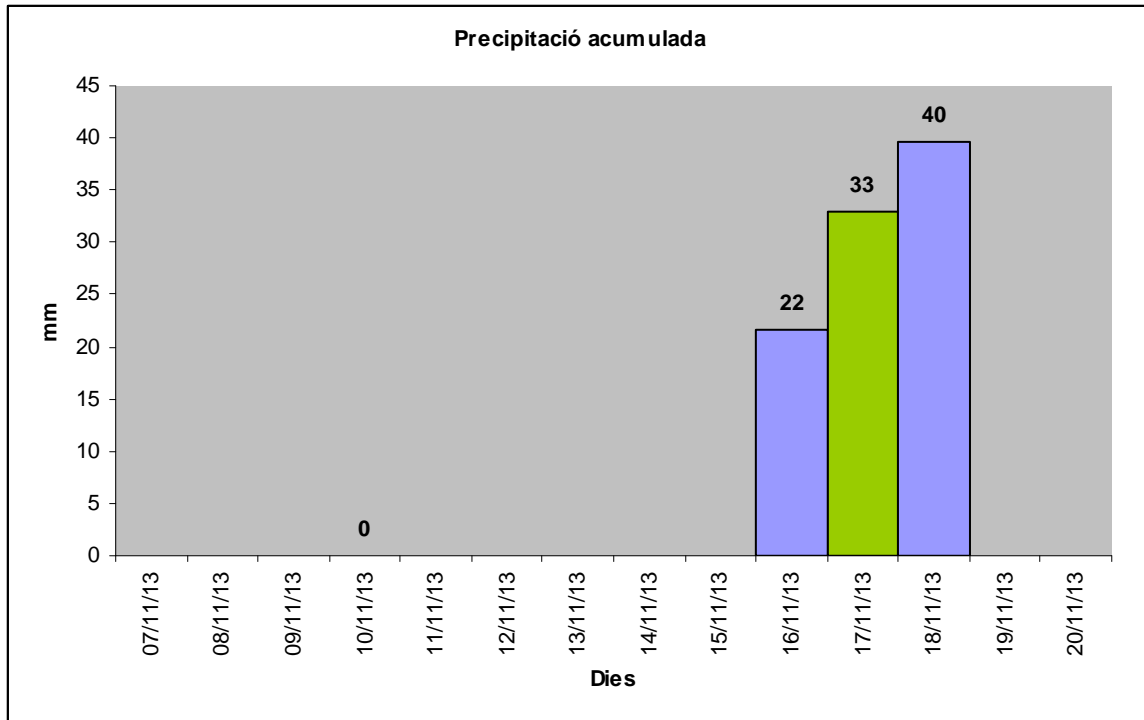


Fig. 4: Evolució de la precipitació diària acumulada durant el període de mostreig.

2.2. Condicions meteorològiques dels dies 10/1/13 i 17/11/13

El diumenge 10 de novembre de 2013 va estar caracteritzat per unes condicions meteorològiques marcades per un vent mitjà de 0,4 m/s i un vent de màxim de 3 m/s, una direcció predominant del sud-oest, una temperatura mitjana de 20°C, una humitat relativa mitjana de 56% i no hi va haver precipitació.

El diumenge 17 de novembre de 2013 va estar caracteritzat per unes condicions meteorològiques marcades per un vent mitjà de 0,3 m/s i un vent de màxim d'1 m/s, una direcció predominant del sud, una temperatura mitjana de 16°C, una humitat relativa mitjana de 89% i una precipitació acumulada de 33mm. Cal esmentar, però, que durant el període de la prova (12:00-14:00h) no va ploure.

Per tant, al comparar els nivells de contaminants mesurats durant el dia de la prova i el diumenge anterior, cal considerar que les condicions meteorològiques no són similars.



3. Nivells d'immissió

3.1. Òxids de nitrogen (NO_x)

Resultats dels dies 10/11/13 i 17/11/13 (prova)

Un dels principals contaminants emesos pels vehicles de combustió són els òxids de nitrogen. És per això que durant la prova es va fer un seguiment més exhaustiu d'aquests contaminants. A continuació es mostra els gràfics comparatiu dels nivells de monòxid de nitrogen (NO) i diòxid de nitrogen (NO₂) del dia de la prova i del diumenge anterior.

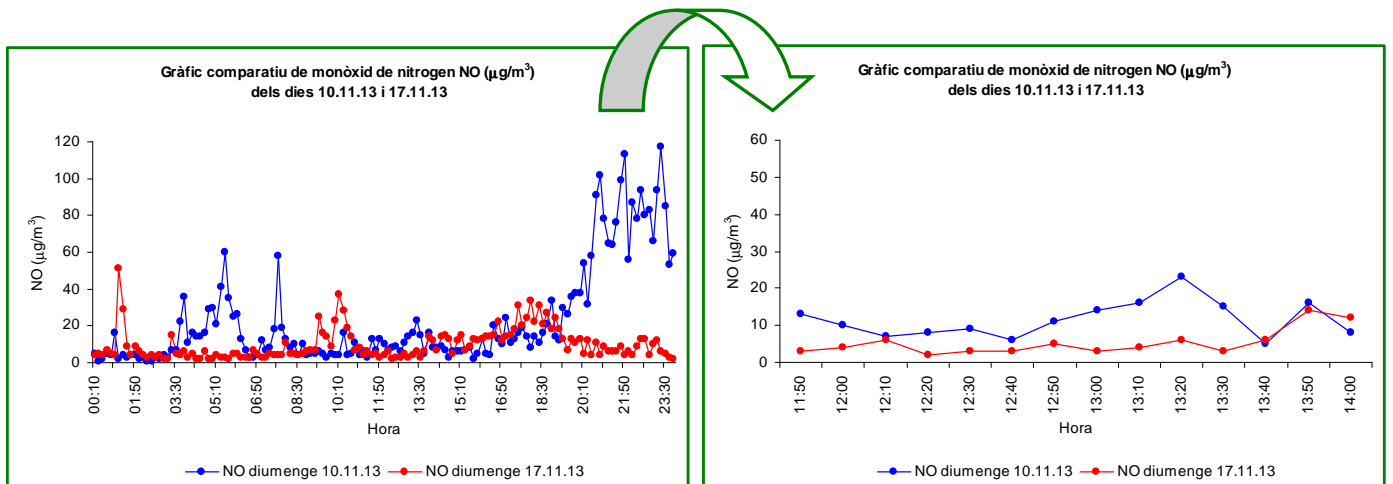


Fig. 5 i 6: Al primer gràfic es mostra una comparativa de l'evolució dels nivells de monòxid de nitrogen, dels dies 10 i 17 de novembre de 2013. Al segon gràfic es mostra la mateixa comparativa però només pel període de la prova (12:00-14:00h).

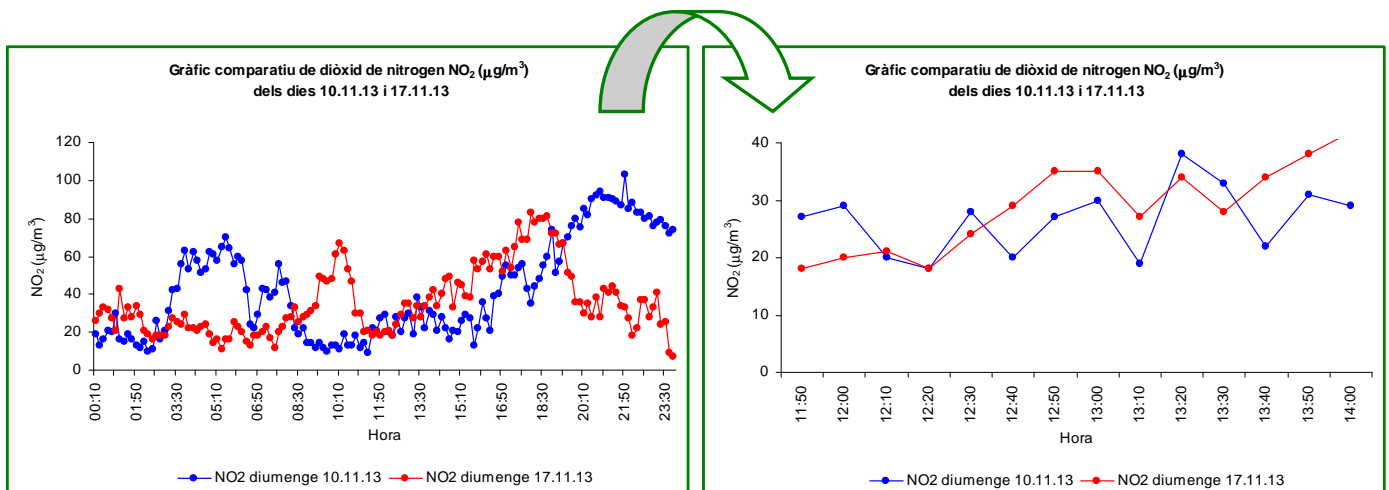


Fig. 7 i 8: Al primer gràfic es mostra una comparativa de l'evolució dels nivells de diòxid de nitrogen, dels dies 10 i 17 de novembre de 2013. Al segon gràfic es mostra la mateixa comparativa però només pel període de la prova (12:00-14:00h).



	Mitjana 10/11/13 12-14h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mitjana 17/11/13 12-14h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valor límit legislat ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Monòxid de nitrogen (NO)	12	5	-
Diòxid de nitrogen (NO₂)	27 ⁽¹⁾	29 ⁽¹⁾	40

(1) És la mitjana del període de la campanya, no l'anual, i per tant no és representativa.

Taula 2: Taula amb les mitjanes de monòxid de nitrogen i diòxid de nitrogen mesurades el 10 i 17 de novembre durant les hores de la prova.

Els nivells de diòxid de nitrogen (NO₂) mesurats entre les 12 i les 14 hores, el dia 17 de novembre, han estat més elevats que els mesurats durant les mateixes hores el diumenge anterior, en canvi els nivells de monòxid de nitrogen (NO) han estat més baixos el dia 17 de novembre que els del dia 10 de novembre. Cal esmentar que l'NO és un bon indicador de les emissions directes del trànsit i que, per tant, indiquen que van ser més baixes durant la prova.

Resultats durant el període de la campanya (07/11/13 - 20/11/13)

Diòxid de nitrogen NO₂ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valors de referència segons Reial decret 102/2011)	
	Mitjana del període	Valor màxim horari
Valor legislat	40	200 ⁽²⁾
Valor mesurat	53 ⁽¹⁾	111

(1) És la mitjana del període de la campanya, no l'anual, i per tant no és representativa.

(2) No podrà superar-se en més de 18 ocasions per any civil.

Taula 3: Resum d'estadístics de NO₂ resultat dels mesuraments realitzats en comparació als valors legiscats. Base elemental de dades horàries en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En relació amb els nivells de diòxid de nitrogen (NO₂) mesurats durant la campanya, no s'ha superat el valor límit horari però sí el valor límit anual. Cal esmentar que el valor mesurat és la mitjana del període de la campanya, no la mitjana anual, i que per tant, no és representativa.

A continuació es mostra un gràfic comparatiu dels nivells d'òxids de nitrogen enregistrats a la unitat mòbil i els mesurats a l'estació més propera de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA) ubicada al Parc de la Ciutadella.



3.2. Diòxid de sofre (SO₂)

	Valors de referència legislativa (Reial decret 102/2011)		
Diòxid de sofre (SO ₂) en µg/m ³	Valor màxim diari ⁽¹⁾	Valor màxim horari ⁽²⁾	Mitjana del període
Valor legislat	125	350	---
Valor mesurat	6	22	3

(1) No podrà superar-se en més de 3 ocasions per any civil

(2) No podrà superar-se en més de 24 ocasions per any civil.

Taula 4: Resum d'estadístics de SO₂ resultat dels mesuraments realitzats en comparació als valors legistats. Base elemental de dades horàries en µg/m³.

En relació amb els nivells de diòxid de sofre (SO₂) mesurats durant la campanya, no s'ha superat cap valor de referència legislativa.

3.3. Sulfur d'hidrogen (H₂S)

	Valors de referència legislativa (Reial decret 102/2011)		
Sulfur d'hidrogen (H ₂ S) en µg/m ³	Valor màxim semihorari	Valor màxim diari	Mitjana del període
Valor legislat	100	40	---
Valor mesurat	4	2	2

Taula 5: Resum d'estadístics de H₂S resultat dels mesuraments realitzats en comparació als valors legistats. Base elemental de dades semi-horàries en µg/m³.

En relació amb els nivells de sulfur d'hidrogen (H₂S) mesurats durant la campanya, no s'ha superat cap valor de referència legislativa.

3.3. Monòxid de carboni (CO)

	Valors de referència legislativa (Reial decret 102/2011)
Monòxid de carboni CO en mg/m ³	Valor màxim 8-horàries mòbils
Valor legislat	10
Valor mesurat	2

Taula 6: Resum d'estadístics de CO resultat dels mesuraments realitzats en comparació als valors legistats. Base elemental de dades horàries en µg/m³.



En relació amb els nivells de monòxid de carboni (CO) mesurats durant la campanya, no s'ha superat el valor de referència legislativa.

3.4. Ozó (O₃)

Ozó (O ₃) en µg/m ³	Valors de referència legislativa (Reial decret 102/2011)	
	Llindar d'informació (valor horari)	Llindar d'alerta (valor horari) ⁽¹⁾
Valor legislat	180	240
Valor mesurat	62	62

(1) S'ha de mesurar o preveure durant tres hores consecutives

Taula 7: Resum d'estadístics de O₃ resultat dels mesuraments realitzats en comparació als valors legiscats.
Base elemental de dades horàries en µg/m³.

En relació amb els nivells d'ozó troposfèric (O₃) mesurats durant la campanya, no s'ha superat cap valor de referència legislativa.



CONCLUSIONS

Per poder realitzar un anàlisi comparatiu entre els nivells de qualitat de l'aire mesurats en un escenari amb vehicles de combustió i els mesurats en un escenari amb cotxes elèctrics, ambdós escenaris han de ser el més similars possibles tant pel que fa a la situació meteorològica com a la densitat de trànsit. Pel que fa a la qualitat de l'aire, s'han comparat els nivells de concentració a l'aire dels òxids de nitrogen mesurats durant la prova EV-LSD (17 de novembre de 2013 entre les 12 i les 14 hores) amb els nivells enregistrats durant les mateixes hores del diumenge anterior (10 de novembre de 2013). Els resultats obtinguts ambdós dies no són comparables pels motius següents:

- Les condicions meteorològiques dels dies 10 i 17 de novembre no van ser similars. Una campanya de mesuraments més llarga hauria fet possible trobar un altre diumenge amb condicions similars a les del dia 17 de novembre.
- El trànsit de vehicles de combustió només va estar tallat en un entorn petit al voltant de la unitat mòbil i, per tant, les emissions d'aquests van afectar a les mesures de qualitat de l'aire durant la prova.
- Per poder observar una baixada més significativa en els nivells de qualitat de l'aire mesurats en l'escenari amb vehicles elèctrics respecte l'escenari amb vehicles de combustió seria necessari realitzar la prova en un carrer més transitat.

La qualitat de l'aire a la zona pels contaminants diòxid de sofre (SO₂), sulfur d'hidrogen (H₂S), ozó (O₃) i monòxid de carboni (CO), avaluats mitjançant la unitat mòbil d'immissions ha estat bona durant el període que s'ha fet la campanya i no s'han superat els objectius de qualitat de l'aire.

En relació amb els nivells de diòxid de nitrogen (NO₂), no s'ha superat el valor límit horari però sí el valor límit anual.

Respecte els nivells de diòxid de nitrogen (NO₂) mesurats entre les 12 i les 14 hores, el dia 17 de novembre, han estat més elevats que els mesurats durant les mateixes hores el diumenge anterior, en canvi els nivells de monòxid de nitrogen (NO) han estat més baixos el dia 17 de novembre que els del dia 10 de novembre. Cal esmentar que l'NO és un bon indicador de les emissions directes del trànsit i que, per tant, indiquen que van ser més baixes durant la prova.

Per altra banda, el gràfic comparatiu dels nivells d'òxids de nitrogen enregistrats a la unitat mòbil i els mesurats a l'estació més propera de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA), ubicada a Barcelona (Ciutadella), mostra que la tendència en l'evolució dels nivells és la mateixa. Tot i això, els nivells d'òxids de nitrogen de la unitat mòbil (punt amb poc trànsit) són més elevats que els enregistrats a l'estació de la XVPCA, que és un punt de mesurament de fons.