



CENTRE DIRECCIONAL DE
CERDANYOLA DEL VALLÈS

**ESTUDI DE BIOGÀS EN PROFUNDITAT A
L'EXTERIOR DEL DIPÒSIT ELENA
I DISSENY D'UNA BARRERA DE PROTECCIÓ**

MAIG DE 2014

Tubkal
INGENIERIA S.L.

C/ Juan Gamper nº 25 08014 BARCELONA
Tel 933 229 346 Fax 933 226 197 e-mail tubkal@tubkal.com



ESTUDI DE BIOGÀS EN PROFUNDITAT A L'EXTERIOR DEL DIPÒSIT ELENA I DISSENY D'UNA BARRERA DE PROTECCIÓ

ÍNDEX

RESUM EXECUTIU

1.	ANTECEDENTS	1
2.	SITUACIÓ	2
3.	DESCRIPCIÓ DE LES FEINES	2
3.1	Mesures d'emissió superficial	3
3.1.1	Mesures directes d'emissió de metà	3
3.1.2	Mesures de flux de biogàs	3
3.2	Supervisió de la perforació i instal·lació de piezòmetres – captadors d'1"	4
3.3	Primera campanya de mesures	5
3.4	Supervisió de la perforació i instal·lació de piezòmetres – captadors de 2"	6
3.5	Segona campanya de mesures	6
3.6	Assaigs.....	7
3.7	Altres	8
4.	RESULTATS OBTINGUTS I VALORACIONS.....	9
4.1	Emissions superficials.....	9
4.1.1	Singularitats.....	9
4.1.2	Mesures directes d'emissió de metà	10
4.1.3	Mesures de flux de biogàs	10
4.2	Característiques del medi	12
4.3	Qualitat de l'aire del subsòl en l'àrea d'estudi.....	13
4.3.1	Biogàs	13
4.3.2	COV.....	16
4.4	Valoracions	16
5.	CONCLUSIONS.....	18
6.	PROPOSTA DE MESURES DE SEGURETAT I CONTROL.....	18
6.1	Mesures proposades a l'àrea de màxima prioritat	18
6.2	Mesures proposades a l'àrea vulnerable	19
7.	DESCRIPCIÓ DE LES MESURES PROPOSADES.....	19
7.1	Àrea de màxima prioritat	19
7.1.1	Pantalla impermeable i ventilació de la franja de terreny interior	19
7.1.2	Eliminació del biogàs acumulat al subsòl	20
7.1.3	Xarxa de control	20
7.1.4	Programa inicial de vigilància i control	21
7.2	Àrea vulnerable	21
7.3	Cronograma	22
7.4	Pressupost (PEC, sense IVA)	22



FIGURES

Figura 1	Ubicació i àrea d'estudi
Figura 2	Emissions superficials
Figura 3	Ubicació de piezòmetres – captadors
Figura 4	Talls geològics – hidrogeològics
Figura 5	Gruixos de reblerts i dipòsits quaternaris
Figura 6	Qualitat de l'aire del subsòl
Figura 7	Àrees de risc
Figura 8	Proposta de mesures de vigilància i protecció

ANNEXOS

Annex 1	Reportatge fotogràfic
Annex 2	Dades d'emissions: mesures superficials i campanes de flux
Annex 3	Fitxes dels sondeigs i piezòmetres – captadors
Annex 4	Dades de qualitat dels piezòmetres – captadors
	Figura A4.1 - Dades de qualitat campanya 3-4/03/14
	Figura A4.2 - Dades de qualitat campanya 17-18/03/14
	Figura A4.3 - Dades de qualitat purgues
Annex 5	Dades dels assaigs
Annex 6	Dades de nivell i conductivitat
	Figura A6.1 – Nivells d'aigua
	Figura A6.2 – Conductivitat
	Figura A6.3 – Isobates base quaternari
Annex 7	Dades meteorològiques



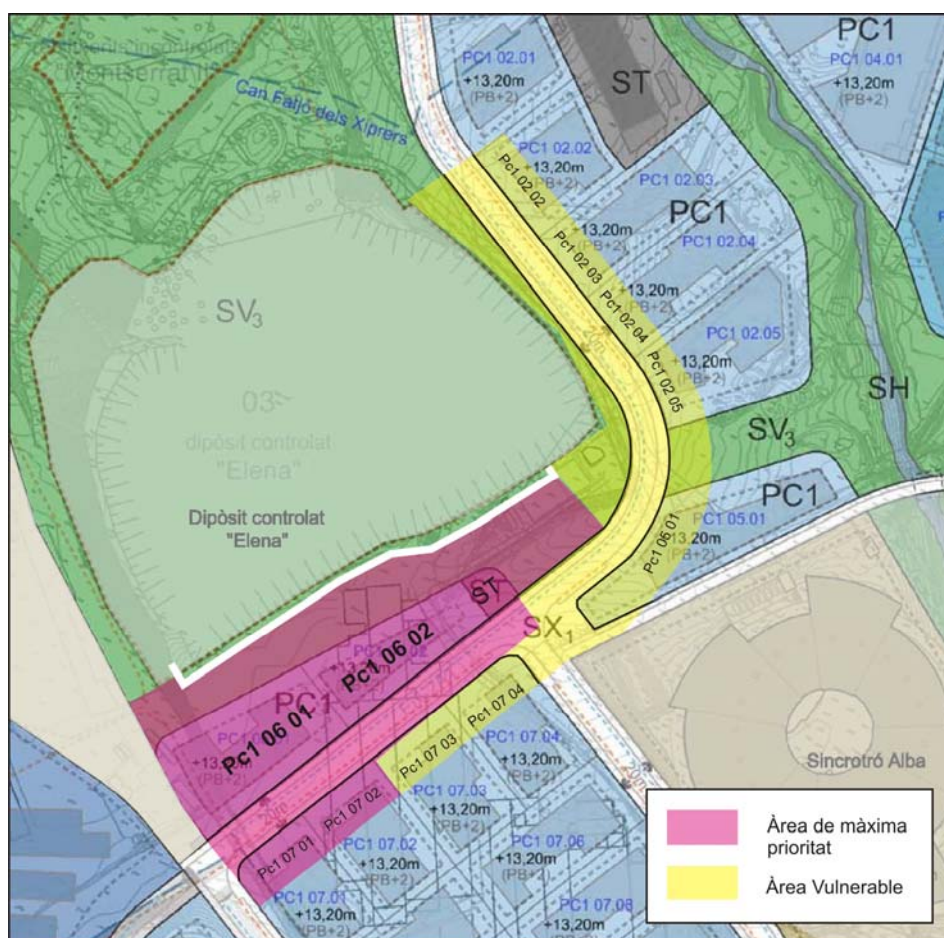
ESTUDI DE BIOGÀS EN PROFUNDITAT A L'EXTERIOR DEL DIPÒSIT ELENA I DISSENY D'UNA BARRERA DE PROTECCIÓ

RESUM EXECUTIU

L'estudi realitzat permet afirmar que el subsòl d'algunes parcel·les del Pla Director que envolten al dipòsit Elena, presenta biogàs (CH_4) en concentracions que suposen un risc per a les activitats previstes.

En base a les concentracions de CH_4 observades, es diferencien dues àrees de sensibilitat diferent.

- **Àrea de màxima prioritat**, amb risc d'atmosferes explosives. Inclou les parcel·les PC1.06.01, PC1.06.02, ST, PC1.07.01 i PC1.07.02. El contingut de CH_4 al subsòl se situa per sobre del LEL (5% en CH_4), que és el límit inferior de mescla explosiva.
- **Àrea vulnerable**. Inclou les parcel·les PC1.02.02, PC1.02.03, PC1.02.04, PC1.02.05, PC1.05.01, PC1.07.03 i PC1.07.04. El contingut de CH_4 al subsòl està per sota del LEL, però són àrees molt sensibles tant per la seva vulnerabilitat litològica del sòl com per la proximitat dels edificis a les zones afectades.





Mesures proposades a l'àrea de màxima prioritat

TUBKAL entén que el risc al que està exposat aquest lateral SE obliga a prendre mesures de protecció, independentment de la eficàcia en la gestió del biogàs a l'interior del dipòsit Elena. Aquesta afirmació es basa en que, encara i fent una gestió excel·lent, qualsevol imprevist que impedeixi un bombament continu pot posar en greu risc els edificis propers.

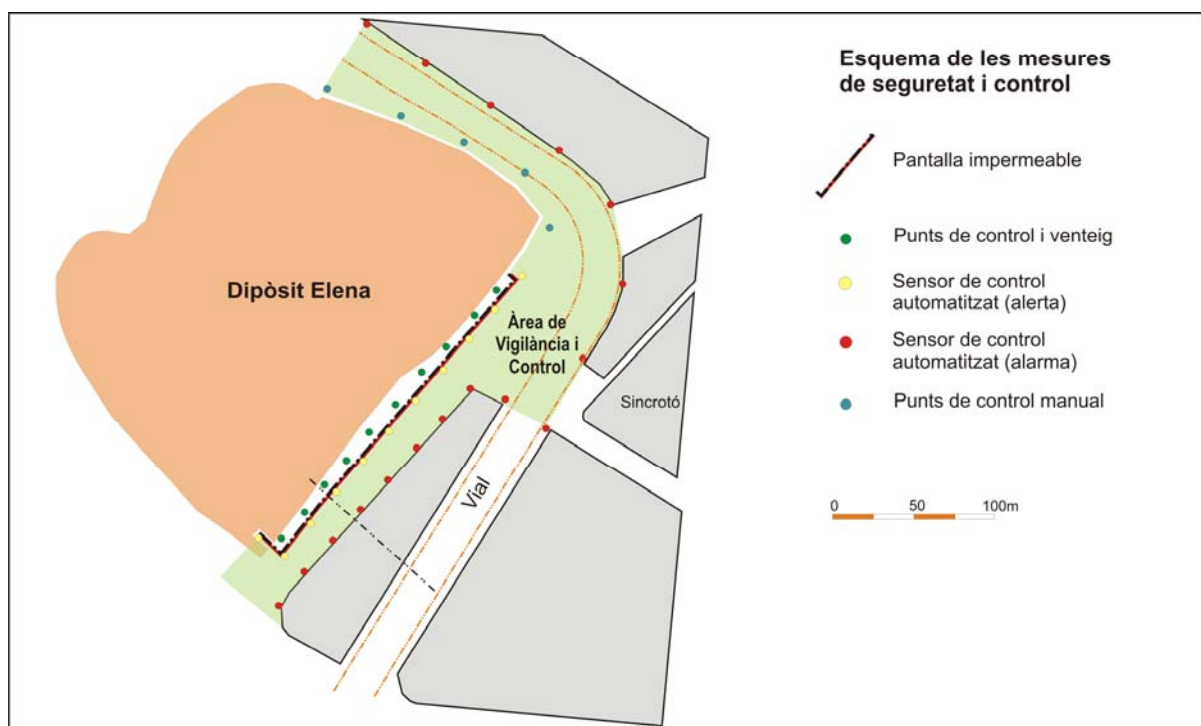
Les mesures proposades per a la protecció d'aquesta àrea són, per ordre:

- a) Construcció d'una pantalla impermeable.
- b) Eliminació del biogàs acumulat al subsòl. El disseny de les tasques de bombament ha de considerar que aquesta operació haurà d'assolir dos objectius: l'eliminació del biogàs acumulat i l'avaluació de l'eficiència de la pantalla.
- c) Mesures actives, xarxa de control. Disseny i posada en marxa d'una xarxa de punts de control amb automatismes, que permetin alertar i actuar, evitant que les concentracions de CH₄ al subsòl superin els límits de seguretat establerts.

Mesures proposades a l'àrea vulnerable

Tot i no haver detectat concentracions de CH₄ per sobre del LEL en aquestes parcel·les, TUBKAL considera que en aquesta àrea s'han d'instal·lar punts de control de la concentració de CH₄ en el subsòl per (a) la seva vulnerabilitat, per l'elevada permeabilitat del medi i la seva proximitat al dipòsit i (b) les incerteses associades als efectes que produiran les futures obres, que impermeabilitzaran gran part de la superfície propera al dipòsit, fins ara ben airejades.

Si durant el període de control d'1 any i per les raons que siguin, s'observés un augment significatiu del CH₄ en el subsòl, es podria plantejar la construcció d'una rasa d'aïreació o venteig de 2-3 m de fondària en les proximitats del dipòsit, al llarg del seu perímetre NE.





ESTUDI DE BIOGÀS EN PROFUNDITAT A L'EXTERIOR DEL DIPÒSIT ELENA I DISSENY D'UNA BARRERA DE PROTECCIÓ

1. ANTECEDENTS

En el marc dels treballs “Pla de Vigilància Ambiental a l'Àmbit 1 - 3er any (2012)” a Cerdanyola es va detectar increments de metà (CH_4) molt significatius en alguna de les cubetes de reblert de l'Àmbit 1 més properes al dipòsit Elena, fonamentalment en el sector SW del dipòsit (Avi Nord – Incecosa) quan durant les proves realitzades als mateixos piezòmetres l'any 2008 no es va detectar presència de CH_4 .

Davant la possibilitat que el CH_4 detectat pogués provenir del dipòsit Elena, es van realitzar mesures i proves als seus piezòmetres de control de les aigües subterrànies, detectant concentracions de metà en 5 dels 6 piezòmetres (del 2% al 60%), i un cabal de sortida de biogàs d'1,5 m^3/h en un d'ells

Davant les evidències de pèrdues de biogàs del dipòsit Elena, el febrer de 2013 es va encarregar un estudi termogràfic, que va discriminar les zones exteriors al dipòsit que presentaven temperatures a la superfície del sòl molt superiors a les normals per l'època i hora de la termografia. Amb posterioritat es va realitzar un estudi d'emissions de biogàs en superfície a l'entorn del dipòsit Elena, sobre tot en aquelles zones assenyalades per l'estudi termogràfic, i que va evidenciar la presència de biogàs en superfície, focalitzat a la zona alta del dipòsit i just en el contacte entre la làmina impermeabilitzant i el terreny circumdant.

Posteriorment les feines d'“Actualització de l'AQR i replanteig d'accions correctores per a la recuperació ambiental de Montserrat 2” de l'any 2013 també van mostrar la migració de CH_4 des del dipòsit vers aquesta zona.

Degut a l'obligació que té l'INCASOL (un dels dos socis del Centre Direccional de Cerdanyola, juntament amb l'Ajuntament) d'acomplir els pactes signats amb l'empresa SILC Immobles, el Consorci ha redactat i licitat el “*Projecte d'Urbanització dels eixos 2A i 2C en l'àmbit del Pla Parcial del Centre Direccional de Cerdanyola del Vallès*” amb l'objectiu de que estigui completament executat abans de 30 d'octubre de 2014.

Per altra banda, davant la problemàtica de la sortida de biogàs del dipòsit Elena, aquest Consorci ha adoptat mesures de preventives que afecten al planejament que actualment s'està tramitant, separant les parcel·les de la banda sud del dipòsit, quedant les parcel·les a més 25 m de distància del mateix, i pel què fa al projecte, adoptant mesures constructives que ventilen i protegeixen els serveis del vial 2A.



Malgrat les mesures adoptades a nivell de planejament i de projecte, aquest Consorci pretén garantir que la sortida de biogàs del dipòsit Elena no afecti als usos previstos al dipòsit i el seu entorn, en concret a les parcel·les i vial previstos.

En data 31/01/2014, el Consorci ha adjudicat a TUBKAL INGENIERIA S.L. (TUBKAL en endavant) l'estudi sobre la presència de biogàs en profunditat a l'exterior del dipòsit Elena i el disseny, si s'escau, de mesures eficaces que garanteixin la total seguretat de parcel·les i vial front al risc d'explosivitat, amb l'objectiu final de que aquestes estiguin implementades abans de que el vial es posi en servei i les parcel·les puguin ser comercialitzades.

En aquest document es descriuen els treballs realitzats, es valoren els resultats obtinguts i es proposen les mesures preventives i correctives que es recomana implementar.

2. SITUACIÓ

El dipòsit Elena forma part del complex de cubetes excavades a la zona anomenada "Àmbit 1" per a la extracció minera d'argiles d'edat miocena. A finals del any 2011 l'antiga argilera Elena es va emplenar amb residus de rebuig dels Ecoparcs, constituint un dipòsit controlat de Classe II amb restriccions.

La base de la cubeta Elena està constituïda doncs pels materials miocens explotats per l'activitat minera. Envoltant la cubeta Elena hi ha les cubetes Montserrat II (al NW) i Avi Nord (al SW), mentre que als límits NE i SE la cubeta Elena està envoltada per terreny natural. Veure ubicació al plànol de situació de la Figura 1.

Per aquest motiu l'estudi i pel planejament urbanístic previst, les feines s'han limitat a aquests límits naturals de la cubeta Elena i al límit sud del dipòsit Avi Nord.

S'ha utilitzat com a referència per la ubicació de les àrees investigades a l'estudi les fabricques d'INCECOSA (a l'Avi Nord, al SW de l'Elena) i de SUGRANYES (al SE de l'Elena). Veure ubicació a la Figura 1.

3. DESCRIPCIÓ DE LES FEINES

Les feines realitzades i que es descriuen en aquest capítol són, resumidament:

- Campanya de mesures d'emissió superficial de CH₄.
- Direcció tècnica de les perforacions a testimoni continu i instal·lació de piezòmetres – captadors de vapor d'1".
- Mesures de camp i ubicació dels captadors de vapor de 2".
- Direcció tècnica de les perforacions a testimoni continu i instal·lació de captadors de vapor de 2".
- Mesures de camp.
- Assajos de buit, assajos esglaonats de cabal i test de recuperació de la depressió.
- Aplicació de noves tecnologies i sistemes per a la detecció automatitzada de CH₄.
- Valoració de resultats i proposta d'alternatives de solucions tècniques. Disseny de la barrera de gasos.



3.1 Mesures d'emissió superficial

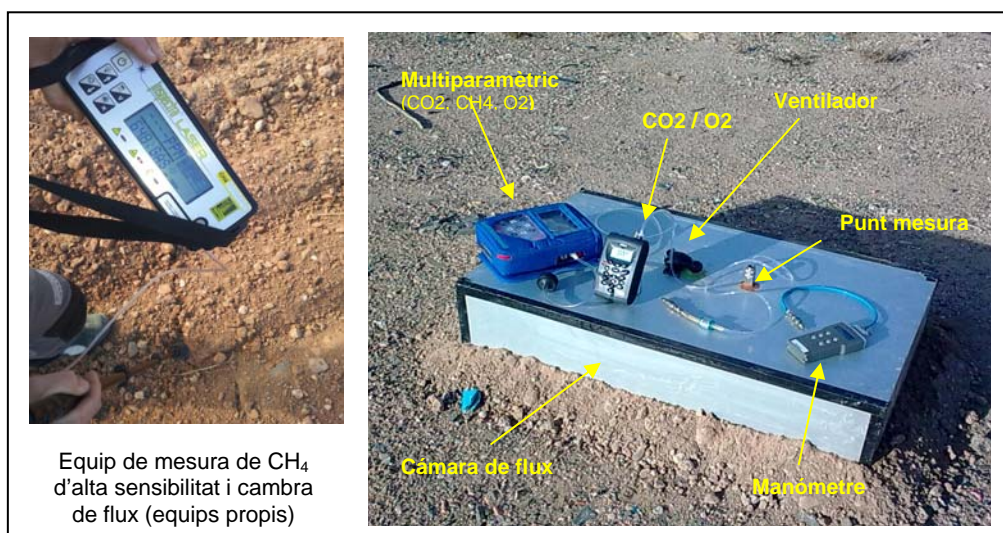
3.1.1 Mesures directes d'emissió de metà

Entre els dies 12 i 13/02/14 s'han fet 311 mesures directes in-situ de l'emissió de CH₄ (CH₄) en l'àrea d'estudi amb un equip d'alta precisió (ppmv)¹, referenciant els punts mitjançant GPS². La majoria de les mesures s'han repartit en la superfície a valorar (273), incloent també singularitats observades durant les feines (38). Veure ubicació dels punts de mesura en la Figura 2 i dades obtingudes a l'Annex 2.

3.1.2 Mesures de flux de biogàs

El dia 21/02/14 s'han fet mesures del flux de biogàs emès superficialment en 5 punts mitjançant cambra de flux tipus estàtic (*limba*). Veure ubicació dels punts de mesura en la Figura 2 i dades obtingudes a les fitxes de l'Annex 2.

A la cambra s'ha mesurat la pressió interna, la temperatura i la qualitat de l'aire acumulat (CH₄, CO₂, O₂, H₂S i COV amb PID)³, fins a condicions de saturació⁴. Durant els assaigs s'han controlat les condicions atmosfèriques⁵. Els punts de mesura s'han georeferenciat també amb GPS.



¹ Portable Laser Gas Methane Analyser, TDL-500.

² GPS HOLUX trek 130 TwoNav Sportiva.

³ Els equips de mesura han estat els següents:

- Analitzador de gasos G150 per CO₂ (0-10.000 ppmv ±1,5%) i O₂ (0-100% ±1,5%)
- Analitzador de gasos BIOGASCHECK per CO₂ (0-100% ±1%), CH₄ (0-100% ±1%) i O₂ (0-25% ±1%).
- Analitzador de gasos INSPECTRA LASER per CH₄ (1 ppmv – 100%).
- Manòmetre diferencial (0-40 mbar ± 0,01 mbar)

⁴ El procediment per a la realització de les mesures ha estat el següent:

- Instal·lació cambra en superfície, preferiblement plana i sense vegetació, segellant costats amb terra.
- De forma periòdica, presa mostres d'aire de la cambra mitjançant bomba baix cabal i mesura CH₄, O₂ i CO₂. Abans mesura, accionament ventilador en interior per facilitar mescla components.
- Control pressió relativa cambra, temperatura ambient i pressió atmosfèrica.

⁵ Pressió atmosfèrica i temperatura amb baròmetre i termòmetre. També s'han recopilat dades meteorològiques en l'E.M. de Sabadell i Cerdanyola Centre (veure dades en l'Annex 7).



3.2 Supervisió de la perforació⁶ i instal·lació de piezòmetres – captadors d'1”

Entre els dies 12/02/14 i 13/01/14, personal tècnic de TUBKAL ha supervisat en camp i en continu la primera campanya de perforació i instal·lació de piezòmetres - captadors d'1” d'entre 3 i 20 m de fondària, amb un total de 389 ml en 47 punts (E1 a E47)

Els primers 24 punts (E1 a E24) s'han ubicat de forma homogènia en el perímetre de l'àrea d'estudi més proper al dipòsit Elena. Segons la informació de base, les observacions de camp i les mesures realitzades, s'han ubicat 23 punts addicionals (E55 a E47) en zones d'interès; com per exemple al llarg d'una segona línia de punts al sector N-NE a l'altre costat del vial previst en aquesta zona o bé al llarg d'una segona i tercera línia de punts al sector E-SE tant abans com després del citat vial.

En la següent taula es resumeixen les dades principals dels piezòmetres - captadors construïts.

Punt	Dia perforació	UTM -X	UTM-Y	UTM-Z (ref tap)	Fondària (m)	Tipus (q,t)*	Ranurat (m)	Nivell (m)
E1	13/02/14	425.473,177	4.593.551,004	127,422	8,0	q	2-8	No
E2	12/02/14	425.495,444	4.593.540,096	125,994	20,0	t	7-20	Sí
E3	13/02/14	425.517,445	4.593.532,777	125,038	6,0	q	2-6	No
E4	18/02/14	425.539,612	4.593.520,590	124,693	13,0	t	7-13	Sí
E5	19/02/14	425.563,632	4.593.510,956	123,844	5,0	q	2-5	No
E6	19/02/14	425.587,240	4.593.499,490	122,048	15,0	t	8-15	Sí
E7	19/02/14	425.609,304	4.593.483,663	121,077	6,0	q	2-6	No
E8	13/02/14	425.593,805	4.593.415,350	115,569	15,0	t	5-15	Sí
E9	14/02/14	425.575,273	4.593.384,173	114,867	5,0	q	2-5	No
E10	19/02/14	425.556,649	4.593.367,015	114,120	7,0	q	2-7	No
E11	20/02/14	425.535,223	4.593.351,621	114,028	13,0	t	8-13	Sí
E12	20/02/14	425.521,362	4.593.331,652	112,017	5,0	q	1-4	No
E13	14-17/02/14	425.515,544	4.593.309,299	110,912	15,0	t	7-15	Sí
E14	18/02/14	425.601,139	4.593.427,531	116,917	5,0	t	2-5	Sí
E15	14/02/14	425.500,142	4.593.291,918	111,004	6,0	q	1-6	Sí
E16	14/02/14	425.486,818	4.593.273,357	110,967	6,0	q	2-6	Sí
E17	14/02/14	425.476,167	4.593.244,494	111,023	5,5	q	1.5-5.5	Sí
E18	17/02/14	425.457,397	4.593.236,826	115,967	8,0	q	2-8	No
E19	17/02/14	425.442,609	4.593.211,206	116,039	6,0	t	2-6	No
E20	17/02/14	425.414,400	4.593.200,900	116,000	15,0	t	8-15	No
E21	18/02/14	425.381,700	4.593.203,300	116,000	6,0	q	1-6	No
E22	20/02/14	425.360,500	4.593.209,700	116,000	4,0	q	1-4	No
E23	27/02/14	425.320,500	4.593.211,700	116,000	15,0	t	1-4	No
E24	20/02/14	425.296,200	4.593.218,200	116,000	4,0	t	1-4	No
E25	21/02/14	425.506,423	4.593.574,176	124,884	7,0	q	2-7	No
E26	21/02/14	425.563,356	4.593.543,675	123,651	7,0	q	2-7	No
E27	21/02/14	425.586,653	4.593.531,173	122,141	15,0	t	8-15	Sí
E28	24/02/14	425.618,704	4.593.516,018	119,913	6,0	q	2-6	No
E29	24/02/14	425.661,906	4.593.470,814	117,564	5,0	q	2-5	No
E30	24/02/14	425.662,222	4.593.411,406	115,011	4,0	t	2-4	No
E31	24/02/14	425.614,177	4.593.401,726	114,899	15,0	t	8-15	Sí

⁶ El Consorci ha contractat directament la perforació de sondeigs i posterior instal·lació.



Punt	Dia perforació	UTM -X	UTM-Y	UTM-Z (ref tap)	Fondària (m)	Tipus (q,t)*	Ranurat (m)	Nivell (m)
E32	24/02/14	425.597,503	4.593.372,463	114,210	7,0	q	2-7	No
E33	25/02/14	425.582,506	4.593.346,977	113,168	9,0	q	2-9	Sí
E34	25/02/14	425.560,842	4.593.326,343	110,456	9,0	t	4-9	Sí
E35	25/02/14	425.537,618	4.593.304,609	110,764	6,0	t	2-6	Sí
E36	25/02/14	425.517,253	4.593.258,140	110,353	12,0	t	7-12	Sí
E37	26/02/14	425.501,507	4.593.246,424	110,525	8,0	q	1-8	Sí
E38	25/02/14	425.501,247	4.593.222,236	111,450	4,0	q	1-4	Sí
E39	25/02/14	425.519,892	4.593.230,561	110,908	6,0	q	1-6	Sí
E40	26/02/14	425.450,368	4.593.569,801	128,326	4,0	q	1-4	No
E41	27/02/14	425.540,150	4.593.243,665	110,055	8,5	q	1-8	Sí
E42	27/02/14	425.627,479	4.593.426,200	116,090	4,0	t	1-4	No
E43	27/02/14	425.643,969	4.593.372,819	112,964	6,0	q	1-6	No
E44	27/02/14	425.627,800	4.593.346,947	111,360	8,0	q	1-8	No
E45	10/03/14	425.535,000	4.593.560,500	124,300	14	t	8-14	Sí
E46	13/03/14	425.570,900	4.593.217,300	109,800	8	q	1-8	Sí
E47	13/03/14	425.558,800	4.593.196,700	109,800	3	q	1-3	Sí

* Nota. El tipus de punt s'ha diferenciat entre reblert – quaternari (q) o terciari (t).

Veure ubicació dels piezòmetres - captadors en la Figura 3. Veure fitxes de perforació i instal·lació, junt amb les fotografies dels testimonis extrets, a l'Annex 3. Veure perfils hidrogeològics interpretats en les Figures 4a a 4f.

3.3 Primera campanya de mesures

Un cop instal·lats els captadors de vapor d'1", s'han fet diferents campanyes de lectura de gasos majoritaris (CH₄, CO₂, O₂) i pressió relativa (mbar).

La primera campanya completa de mesures s'ha fet els dies 3 i 4/03/14 als 58 punts existents, en la que també s'ha inclòs la lectura de COV⁸.



Les lectures s'han realitzat de manera passiva (estàtica)⁹ en el capçal dels piezòmetres - captadors, així com en altres punts, amb un total d'unes 130 lectures.

Veure dades obtingudes en l'Annex 4 i la Figura A4.1 del mateix Annex 4.

⁷ El Consorci ha fet directament les lectures dels nivells d'aigua en els piezòmetres un cop instal·lats.

⁸ Els dies 3 i 4/06/14 feia molt vent pel que les mesures de pressió relativa han estat molt dificultoses o impossibles, sobre tot en els punts del terciari.

⁹ Les mesures en condicions estàtiques s'han fet a través de capçal estanc a cada punt, tant la pressió interna mitjançant manòmetre, com la qualitat de l'aire de l'espai de cap mitjançant bomba de mostreig de cabal constant i tub de mostreig de Tefló® per a mesura a 1-2 m de fondària.



3.4 Supervisió de la perforació¹⁰ i instal·lació de piezòmetres – captadors de 2”

Entre els dies 10 i 14/03/14, personal tècnic de TUBKAL ha supervisat en camp i en continu la primera campanya de perforació i instal·lació de piezòmetres - captadors de 2” d’entre 8 i 13 m de fondària, amb un total de 121 ml en 11 punts (E50 a E60).

Els punts s’han situat de forma consensuada amb el Consorci, en funció dels resultats obtinguts en la primera campanya de mesures, dels objectius de coneixement perseguits així com altres criteris relacionats amb el medi i l’entorn de risc.

En la següent taula es resumeixen les característiques principals dels captadors - piezòmetres construïts.

Punt	Dia perforació	UTM -X	UTM-Y	UTM-Z (ref tap)	Fondària (m)	Tipus (q,t)*	Ranurat (m)	Nivell (m)
E50	11/03/14	425.499,2	4.593.538,8	127,100	9,0	t	6-9	No
E51	11/03/14	425.503,1	4.593.537,5	126,900	12,0	t	9-12	No
E52	11/03/14	425.506,9	4.593.536,2	126,700	14,0 ¹¹	t	6-9	Sí
E53	10/03/14	425.550,0	4.593.517,1	124,400	9,0	t	6-9	No
E54	10/03/14	425.575,8	4.593.505,0	123,400	12,0	t	9-12	Sí
E55	12/03/14	425.525,3	4.593.313,8	111,000	11,0	t	9-11	No
E56	12/03/14	425.523,3	4.593.307,7	111,000	13,0	t	11-13	No
E57	12/03/14	425.482,8	4.593.237,0	111,000	13,0	t	11-13	Sí
E58	13/03/14	425.579,2	4.593.197,5	109,400	8,0	q	1-8	Sí
E59	14/03/14	425.630,1	4.593.400,8	111,957	10,0	t	5-10	No
E60	14/03/14	425.653,3	4.593.393,2	114,100	10,0	t	5-10	No

* Nota. El tipus de punt s’ha diferenciat entre reblert – quaternari (q) o terciari (t).

Veure ubicació dels piezòmetres - captadors en la Figura 3. Veure fitxes de perforació i instal·lació, junt amb les fotografies dels testimonis extrets, a l’Annex 3. Veure perfils hidrogeològics interpretatius en les Figures 4a a 4f.

3.5 Segona campanya de mesures¹²

Un cop instal·lats els captadors de vapor de 2”, entre els dies 17 i 18/03/14 s’ha fet una segona campanya de lectura de gasos majoritaris, explosivitat, COV i pressió relativa¹³.

Les lectures s’han realitzat primer de manera passiva (condicions estàtiques) en el capçal dels piezòmetres - captadors de vapor (75 punts) i posteriorment, després de la seva purga mitjançant bombament d’aire del subsòl¹⁴ (56 punts) per tal de garantir que la lectura realitzada és representativa dels trams permeables monitoritzats.

Veure dades obtingudes en l’Annex 4 i a les Figura A4.2 i A4.3 del mateix Annex 4.

¹⁰ També el Consorci ha contractat directament la perforació de sondeigs i posterior instal·lació.

¹¹ Perforat fins a 14 m i instal·lat fins a 9 m per a evitar la entrada d’aigua subterrània.

¹² El Consorci ha fet directament les lectures dels nivells d’aigua en els piezòmetres un cop instal·lats.

¹³ Donat no s’ha detectat continguts significatius i mantinguts de COV, no s’ha pres mostra d’aire del subsòl per a la seva anàlisi a laboratori.

¹⁴ Per als punts que presenten suficient permeabilitat, s’ha bombat de l’ordre d’1 m³ d’aire del subsòl. Per a punts amb baixa permeabilitat (i baix cabal), la purga ha estat menor, de l’ordre de 100-200 l. En qualsevol cas, el volum extret és suficient per a la purga del captador.



D'altra banda:

- El dia 25/04/14 s'han fet mesures del cabal d'emissió de biogàs en 9 punts que presentaven pressió positiva.
- El dia 12/05/14 s'han fet treballs per a comprovar les mesures de qualitat en 2 punts del terciari, E4 i E53; mitjançant l'excavació del tram de quaternari superficial, l'acondicionament de cada captador per a garantir la seva estanquitat i la realització de diferents mesures (tant el dia 12/05/14 com el dia 14/05/14).

Les dades obtingudes s'inclouen en el mateix Annex 4.

3.6 Assaigs

Entre els dies 1 i 10/04/14 s'han fet assaigs de diferent naturalesa i durada a diferents piezòmetres – captadors. En concret s'han fet:

- Assaigs de mesura de qualitat en l'espai de cap amb recirculació¹⁵, per tal de verificar les dades de qualitat mesurades en punts del terciari, on s'han observat pics i fluctuacions.
- Assaigs de bombament a baix cabal d'aire del subsòl per tal de valorar la mobilitat dels gasos en punts del tram terciari.
- Assaigs de buit per a valorar els radis d'influència, en punts del terciari i del quaternari.

A més, les purgues descrites en l'apartat 2.5 s'han executat com a assaigs breus de bombament d'aire del subsòl, mesurant el cabal extret i la depressió aplicada; amb aquestes dades s'ha estimat la permeabilitat pneumàtica per a cada punt. Durant la mateixa fase de purgues, s'han fet també assaigs esglaonats de cabal per tal d'obtenir la corba del medi i valorar igualment la permeabilitat pneumàtica a cada punt.

A la següent taula es resumeixen els assaigs realitzats. Veure dades obtingudes en l'Annex 5.

Punt	Dia	Tipus d'assaig	Durada
Tots (57)	17-18/03/14	Assaig breu bombament (purga)	Fins a 15 min
21 punts	17-18/03/14	Assaig esglaonat	Fins a 15 min
E31	7/04/14	Assaig bombament baix cabal	60 min
		Assaig de buit (radi)	10 min
	10/04/14	Assaig bombament baix cabal	50 min
E35	7/04/14	Assaig bombament baix cabal	55 min
		Assaig de buit (radi)	5 min
E50	02/04/14	Mesura en recirculació	15 min
		Assaig bombament baix cabal	50 min
		Assaig de buit (radi)	10 min
E51	01/04/14	Mesura en recirculació	15 min
		Assaig bombament baix cabal	60 min

¹⁵ Les mesures en estàtic de qualitat a l'espai de cap es fan a través de capçal estanc i connector ràpid. Donat els equips tenen una bomba d'aspiració, la pròpia mesura suposa un bombament, tot i que de baix cabal; en el cas dels punts del terciari, aquest cabal pot ser significatiu donada la baixa permeabilitat del medi. Una forma per a no distorsionar el medi durant la mesura és recirculant l'aire bombat per l'equip de mesura al propi captador – piezòmetre, tot en condicions estàtiques.



Punt	Dia	Tipus d'assaig	Durada
E52	02/04/14	Mesura en recirculació	15 min
		Assaig bombament baix cabal	60 min
		Assaig de buit (radi)	15 min
E55	07/04/14	Mesura en recirculació	10 min
		Assaig bombament baix cabal	50 min
		Assaig de buit (radi)	5 min
E56	02/04/14	Mesura en recirculació	25 min
		Assaig bombament baix cabal	50 min
		Assaig de buit (radi)	10 min
E3	08/04/14	Assaig de buit (radi)	25 min
E37	08/04/14	Assaig de buit (radi)	55 min
E32	10/04/14	Assaig de buit (radi)	60 min



3.7 Altres

Entre els dies 17/02/14 i 19/03/14 s'han fet diverses mesures del nivell de l'aigua subterrània en els punts que han assolit un nivell d'aigua. Tanmateix, el dia 19/03/14 s'han fet perfils de conductivitat en 21 punts, amb sensor tipus *data-loggers*.

Veure dades obtingudes en l'Annex 6.



4. **RESULTATS OBTINGUTS I VALORACIONS**

4.1 **Emissions superficials**

4.1.1 **Singularitats**

Durant les feines de camp, s'han observat algunes singularitats on s'ha fet mesures directes de CH₄ (38 punts)¹⁶.

Veure Annex 2 amb les dades obtingudes i Figura 2 on s'han ubicat les principals observacions i mesures singulars de camp. Veure reportatge fotogràfic a l'Annex.

Les singularitats s'ubiquen fonamentalment en la zona de l'antiga bassa de pluvials (al NE de l'Elena) i en punts associats al dren al S del dipòsit. En qualsevol cas, d'aquestes 38 singularitats, només en 7 punts se superen els 1.000 ppmv en CH₄, dels quals:

- En 4 les mesures són superiors als 10.000 ppmv en CH₄ (1% del LEL¹⁷).
- En 1 d'elles (tub dren de pluvials de la capa de segellat de l'Elena, al Sud del dipòsit), se supera el 5% en CH₄ (LEL).

Comparant les dades amb les de fa un any, s'observa en general una disminució de les lectures:

- **Zona NE (antiga bassa de pluvials).**
 - o A principis de l'any 2013 es van observar vàries esquerdes i forats en el formigó que envoltava l'antiga bassa de pluvials a l'E del dipòsit i un forat al talús sota la làmina de la bassa, en ambdós casos amb valors de CH₄ de fins al 41%; en una arqueta en aquesta zona es va arribar a mesurar 6% de CH₄ així com esquerdes amb valors superiors a 1-2% de CH₄.
 - o Aquest any 2014 la lectura màxima ha estat del 3% de CH₄ (base de la plataforma de formigó), estant la resta de mesures en punts singulars per sota de l'1%.
- **Zona SE (tub dren de pluvials capa de segellat, Sugranyes).**
 - o A principis de l'any 2013 es va mesurar 3,5% en CH₄ en una arqueta d'aquesta zona, punt en el que s'ha mesurat 1.500 ppmv aquest any 2014.
 - o No obstant, en el punt tub dren de pluvials passa el contrari: l'any 2013 es van mesurar 5.500 ppmv de CH₄ i aquest any 2014 la lectura és de 44%.

¹⁶ De les singularitats observades es remarquen les següents mesures:

Descripció	CH4 (ppmv)	Descripció	CH4 (ppmv)
Base plataforma formigó (antiga bassa)	30.000	Esquerda talús (antiga bassa)	1.600
Sota làmina (antiga bassa)	8.800	Forat E (antiga bassa)	1.450
Sota làmina (antiga bassa)	4.020	Tub dren (Sud Elena)	436.000
Sota làmina (antiga bassa)	2.800	Grava dren (Sud Elena)	11.000
Sota làmina (antiga bassa - S)	1.912	Arqueta (Sud Elena)	1.500
Sota làmina (antiga bassa)	1.300	Forat Estaca (NE Elena)	8.150

En la taula no s'han inclòs les mesures en els capçals dels piezòmetres del dipòsit (Pz). En la resta de punts singulars no inclosos en aquesta taula les lectures han estat força més baixes.

¹⁷ LEL: Límit Inferior d'Explosivitat, que és del 5% en CH₄.



- Zona S-SW (fàbrica d'INCECOSA).
 - o A principis de l'any 2013 es van observar esquerdes i forats en el camí i la zona d'emmagatzematge de totxanes de la fàbrica d'INCECOSA, on les mesures de CH₄ també van ser altes: en 2 punts el contingut de CH₄ estava entre 5% i 15% i en 4 entre 15% i 70% .
 - o Aquest any 2014, les lectures de CH₄ no superen els 100 ppmv, a excepció d'un punt amb un valor del 2,2%.

4.1.2 Mesures directes d'emissió de metà

Traient les singularitats descrites en l'apartat anterior, de les 273 mesures directes realitzades en la superfície estudiada, en 13 punts se superen els 1.000 ppmv en CH₄, dels que en 2 se superen 10.000 ppmv (1% del LEL); en cap cas s'assoleix el 5% en CH₄ (LEL).

Veure taula completa de resultats a l'Annex 2 i interpretació en l'espai de les lectures directes de CH₄ en la superfície del terreny en la Figura 2.

4.1.3 Mesures de flux de biogàs

Segons les dades obtingudes, a 4 de les 5 campanes instal·lades en l'àrea d'estudi¹⁸:

- La qualitat de l'aire acumulat a les campanes indica continguts molt baixos de biogàs (CH₄ < 335 ppmv i CO₂ < 897 ppmv), amb composicions pràcticament atmosfèriques.
- Les emissions de biogàs calculades se situen entre 0,0007 i 0,0022 Nm³/m².dia (equivalents a 7 a 22 Nm³/Ha.dia).
- Aquests cabals d'emissió (febrer de 2014) són més d'un ordre de magnitud inferiors respecte les estimades fa un any (gener de 2013) en les mateixes zones.

La cinquena campana (denominada C10.1) s'ha situat sobre la singularitat més rellevant observada en camp en la zona d'estudi (esquerdes superficials), àrea en la que les mesures directes indicaven emissions superiors a 10.000 ppmv en CH₄. A aquesta campana:

- La qualitat de l'aire acumulat a les campanes indica la presència de biogàs (15% de CH₄ i 10% de CO₂), amb una qualitat que pot formar mesclades inflamables¹⁹.
- Les emissions de biogàs serien en aquest punt de l'ordre de 0,24 Nm³/m².dia.

Veure fitxes individuals per campana a l'Annex 2 i resum de resultats a la taula següent. Veure ubicació de les campanes a la Figura 2.

¹⁸ Campanes 05.1, 12.1, 13.1 i 17.1.

¹⁹ El metà és el constituent del biogàs que pot suposar un major risc d'explosió; el LEL (Límit Inferior d'Explosivitat) és del 5%v i el UEL (Límit Superior d'Explosivitat) del 15%v. Les explosions són menys probables dins d'un dipòsit perquè la concentració de metà al biogàs és generalment molt alta; però si el biogàs migra, el metà es dilueix i pot trobar-se dins del rang d'explosivitat. L'oxigen també es un component important en una potencial explosió; dins del dipòsit no hi ha pràcticament oxigen per les pròpies condicions anaeròbies necessàries per a la producció de metà, però en la superfície o en l'entorn del dipòsit sí hi ha suficient oxigen per a una explosió.



Punt	Data	CH ₄ sup* (ppmv)	O ₂ (%)	CH ₄ (ppmv)	CO ₂ (ppmv)	N ₂ ** (%)	CH ₄ /CH ₄ +CO ₂	Emissions*** (Nm ³ /m ² .dia)	Ubicació campana
Campana 05.1	21/02/14	136 / 220 / 139 / 125	20,9%	208	897	79,1%	24%	<0,0016	Sector NE de l'Elena
Campana 12.1	21/02/14	531 / 8,9 / 45,6 / 59,3	20,9%	334	397	79,1%	46%	<0,0009	Al S de l'Elena
Campana 10.1	21/02/14	2.451 / 13.430 / 4.786	14,9%	14,8%	10,3%	11,0%	60%	0,24	Sobre esquerdes superficials (~Pz2)
Campana 13.1	21/02/14	19,9 / 68,3 / 383	20,9%	95,6	465	79,1%	17%	<0,0022	A l'E de l'Elena (antiga bassa)
Campana 17.1	21/02/14	6,3 / 5,4 / 5,6	20,9%	36,5	362	79,1%	7%	<0,0007	Al SE de l'antiga bassa de pluvials

* Mesura directa d'emissió de CH₄ a la superfície del terra en ppmv (equip INSPECTRA).

** Derivat com a resta del O₂, CH₄ i CO₂.

*** Emissió de biogàs expressada en condicions normals (P=1 atm i T= 273,15 K) i suposant una composició del biogàs de 50%:50% (CH₄: CO₂). Entre parèntesi els resultats per a campanes sobre punts singulars.

Notes:

- La campana 05.1 no es va poder situar en el mateix lloc que la campana 05 de l'any 2013, pel que es va desplaçar uns 100 m a l'est. Les campanes 12.1, 13.1 i 17.1 se situen aproximadament al mateix lloc que les campanes 12, 13 i 17 de l'any 2013.
- La campana 10.1 se situa sobre una singularitat, pel que no és comparable amb la 10 de l'any 2013.
- Les campanes 10.1 i 12.1 se situen sobre el mateix terreny que a l'any 2013, mentre que les campanes 5.1, 13.1 i 17.1 se situen sobre zones ja condicionades superficialment per les obres.
- Les dades històriques d'emissions en campanes en l'àrea d'estudi del febrer de 2013 són les següents:

Punt	Data	CH ₄ sup (ppmv)	O ₂ (%)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	N ₂ (%)	CH ₄ /CH ₄ +CO ₂	Emissions (Nm ³ /m ² .dia)	Ubicació campana
Campana 05	11/02/13	1.263	20,6%	0,69%	0,41%	78,3%	62%	0,062	Fora dipòsit (N), sobre terra
Campana 12	13/02/13	3.120	17,9%	7,60%	4,90%	69,6%	61%	0,414	Fora dipòsit (S), sota talús
Campana 10	13/02/13	81	20,9%	0,01%	0,04%	79,1%	15%	0,005	Fora dipòsit (S), sota talús
Campana 13	13/02/13	590	20,9%	0,14%	0,14%	78,8%	50%	0,026	Fora dipòsit (NE), sota talús, entre basses
Campana 17	14/02/13	15	20,9%	0,00%	0,14%	79,0%	1%	<0,001	Fora dipòsit (NE)



4.2 Característiques del medi

Les unitats geològiques que envolten el dipòsit Elena en ordre d'antiguitat són:

- Materials miocens (terciari). Constituïts per argiles llimoses i lutites margoses amb intercalacions puntuals de sorres i graves. Aquests materials formen part del rebliment neogen de fossa Vallès-Penedés. La seva permeabilitat és a grans trets molt baixa.
- Dipòsits col·luvials d'edat quaternària. Associats als torrents de la zona, estan formats per alternances de sorres i llims amb graves. Conformen unitats de poca entitat. Presenten una major permeabilitat que els materials terciaris per estar poc compactats.
- Reblerts antròpics. Dins d'aquests es diferencien:
 - Els reblerts de terres, runes i residus de diversa tipologia i en diferent proporció de les cubetes Montserrat II i Avi Nord.
 - Reblerts associats a l'activitat de l'empresa SUGRANYES al S del dipòsit Elena, dels quals a aquest estudi s'ha determinat la seva morfologia i extensió. Estan constituïts per runes, argiles i sorres en diferent proporció.
 - Reblerts d'escassa entitat disposats al marge NE de l'Elena per moviments de terres associats a les activitats de la zona.

La permeabilitat d'aquests materials es elevada però, degut a la heterogeneïtat dels dipòsits, pot presentar major variació que les unitats anteriors.

Tenint en compte que tants els materials quaternari s.s. com els rebliments són permeables i permeten el pas del biogàs, per simplificació, s'agrupen i consideren com una sola unitat de materials quaternaris, diferenciant aquests del substrat terciari.

De manera resumida, la seva distribució és la següent:

- En el sector NE, de forma generalitzada hi ha entre 2 i 3 m de material quaternari o de rebliment, i petites depressions d'uns 6 m de profunditat al N i a l'E de l'Elena (veure Figura 4.a)
- En el sector E - antiga bassa de pluvials, hi ha entre 5 i 7 m de material de rebliment al lloc on hi havia la bassa i al costat d'aquesta hi ha una depressió quaternària associada a un torrent amb un gruix màxim observat d'uns 8 m (veure Figures 4b, 4c i 4e).
- En el sector SE - Sugranyes s'ha reconegut una cubeta d'uns 70 m d'amplada i uns 100 m de llarg omplerta amb materials antròpics (totxanes) i argiles amb una profunditat màxima observada d'uns 7 m (veure Figures 4b a 4d).

A la Figura 5 es mostra la distribució de les àrees de reblerts al voltant del dipòsit Elena. Als perfils de les Figures 4a a 4f, es mostra la disposició en profunditat d'aquestes unitats²⁰.

²⁰ Les obres del "Projecte d'Urbanització dels eixos 2A i 2C en l'àmbit del Pla Parcial del Centre Direccional de Cerdanyola del Vallès" que es porten a terme a la zona estan modificant lleugerament aquests materials, i per tant, al plànol de la Figura 5 es representen les cotes de la base de les unitats de rebliment i dels dipòsits col·luvials.



A la taula següent es presenten els valors de la permeabilitat a la zona no saturada estimats a partir de les dades de bombament d'aire (purgats)²¹.

Sector	Materials	K (m/dia)
Sector NE	Quaternari	2 – 10
	Terciari	0,03 – 0,13
Sector E (antiga bassa pluvials)	Quaternari	1 - 5
	Terciari	0,06 – 0,29
Sector SE (Sugranyes)	Quaternari	10 – 200
	Terciari	0,11
Sector Incecosa	Quaternari	30 - 60
	Terciari	0,5 – 0,9

Pel que fa a les aigües subterrànies:

- Al sector NE els dipòsits quaternaris estan secs, només hi ha aigua a alguns dels punts perforats al terciari i els nivells no mostren una relació clara entre ells; es tracta de nivells locals associats a capes sorrenques de poca extensió.
- Al sector SE
 - Al quaternari de la zona de Sugranyes hi ha un nivell d'aigua continu estabilitzat a una cota 107,9 msnm. La recuperació d'aquest nivell es pràcticament immediata i es pot reconèixer a tots els punts ubicats al reblert.
 - Els nivells del terciari sembla que estan estabilitzats al voltant de la cota 105,5 msnm. La recuperació dels nivells a aquests punts ha estat lenta, d'entre 20 i 30 dies. La permeabilitat deduïda de les dades de la recuperació és de $2,3 \times 10^{-5} - 6,6 \times 10^{-5}$ m/d (punts E11, E13, E31 i E33).
 - Segons les dades del present estudi, l'Avi Nord i la cubeta de Sugaranyes comparteixen el mateix el nivell que es situa aproximadament a 108,1 msnm. Aquesta dada permet corroborar l'indicat a estudis previs pel que fa a la connexió hidràulica entre els dos dipòsits.

La conductivitat mesurada a les aigües del terciari varia entre 700 i 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valors dins del rang establert a estudis previs per l'àrea que envolta l'Àmbit 1. Al quaternari de la zona de Sugranyes els valors mesurats son d'entre 1.700 i 3.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, superiors al costat de l'Avi Nord (punt E17) i disminuint al allunyar-se d'aquesta zona.

4.3 Qualitat de l'aire del subsòl en l'àrea d'estudi

4.3.1 Biogàs

i) Distribució de CH₄

Amb les dades obtingudes al març de 2014, s'ha delimitat en superfície l'afecció per biogàs en l'àrea d'estudi, tant en el tram quaternari o de reblert com en el tram terciari subjacent. Veure interpretació en superfície de les dades en la Figura 6.

²¹ No s'han contemplat valors anòmals o que generen dubtes per la seva disposició o construcció (E35, S2, E23 o E24).



- En el sector NE:
 - En els punts de control situats en les immediacions del dipòsit es detecten concentracions altes de CH₄ i es mesura pressió positiva, tant per als punts del quaternari com per als del terciari. En aquesta zona:
 - Els valors de CH₄ en els punts del quaternari (>50%) són superiors que en els del terciari, on hi ha més variabilitat de resultats²², tot i que amb continguts també alts.
 - S'ha mesurat un cabal d'emissió de biogàs²³ de 40 l/h de CH₄ en 1 punt del quaternari (E7).
 - L'afecció de CH₄ no s'ha delimitat en fondària en el terciari²⁴.
 - En la segona línia de punts de mesura, situada a uns 30-50 m de distància de la làmina del dipòsit Elena, els valors en CH₄ no superen els 100 ppmv. És a dir, **la presència de biogàs i de CH₄ és menyspreable (< 100 ppmv) a l'altre costat del vial, tant en el tram quaternari superficial com en el terciari.**
 - Remarcar l'evolució del punt S1, situat a 20 m del dipòsit, sobre la traça del vial, en el que històricament es va detectar fins a 17% en CH₄ (juliol 2013) i amb valors actuals entre 0,1% i 2,0% (març 2014).
- En el sector E - antiga bassa de pluvials:
 - En els punts de control situats en les immediacions del dipòsit es detecten concentracions altes de CH₄ i es mesura pressió positiva, amb major presència de biogàs en els punts del quaternari. En aquesta zona:
 - Es mesuren cabals d'emissió de biogàs superiors als 100 l/h en 3 punts del quaternari (E9, E10 i E12).
 - L'afecció de CH₄ no s'ha delimitat en fondària en el terciari²⁵.
 - Entre el dipòsit Elena i el vial:
 - En el tram quaternari, les mesures de CH₄ són encara elevades (>10%), mesurant un cabal d'emissió de biogàs al 50% de CH₄ de 8 l/h (E32).
 - En el tram terciari, les mesures són baixes (<500 ppmv), a excepció del punt E31²⁶ on, en condicions estàtiques, es mesura fins al 7% de CH₄.

²² En molts dels punts de control del tram de terciari les mesures han mostrat pics inicials en les lectures de CH₄ i fluctuacions importants dels continguts en les diferents campanyes al llarg del temps.

²³ El cabal d'emissió de biogàs és sempre a més del 50% de CH₄.

²⁴ Mentre les dades a l'E51 indiquen valors de CH₄ < 1% entre 10 i 12 m de fondària (cota 112-114 msnm aproximadament), les dades al punt E54 mostren continguts de fins al 6% en el tram entre 9 i 12 m de fondària (cota 110-113 msnm).

²⁵ Tot i que en el punt E14, amb el tram de mesura entre 112 i 115 msnm (2-5 m de fondària), les mesures de CH₄ són baixes (<0,1%); no hi ha altres punts amb dades fiables, doncs l'E11 i l'E8 tenen el nivell d'aigua per sobre el tram de filtre. En aquests 2 darrers punts, més profunds, les mesures de CH₄ mostren fluctuacions importants (fins al 37% en el cas de l'E11).



- Els valors en CH₄ no superen els 100 ppmv a una distància de 75 m del dipòsit Elena, tant en quaternari com en terciari. És a dir, **la presència de biogàs (i CH₄) és menyspreable (<100 ppmv) a l'altre costat del vial.**
- En el sector SE - Sugranyes:
 - En els punts de control situats en les immediacions del dipòsit es detecten concentracions altes de CH₄ i pressió positiva, amb major presència de biogàs en els punts del quaternari. En aquesta zona:
 - Es mesuren cabals d'emissió de biogàs superiors a 450 l/h en 2 punts del quaternari (E15 i E16)²⁷.
 - L'afecció de CH₄ s'ha delimitat en fondària en el terciari a una cota de 102 msnm²⁸.
 - L'afecció en el terciari queda delimitada a una distància màxima de 75 m (S2), possiblement inferior als 30-40 m²⁹. En aquesta zona també cal indicar les lectures de CH₄ del E36 (7% al 19%), tot i que es tracta d'un punt que no es pot assajar ni mesurar adequadament, doncs el nivell se situa per sobre del tram ranurat.
 - **L'afecció no queda delimitada en el tram quaternari – reblert**, tot i mesures de CH₄ inferiors a 500 ppmv a 2 punts situats a uns 100 m de distància (E47 i E58), en un punt proper (E46) es mesuren valors del 5%³⁰. No obstant, cal indicar que, amb l'excavació de feta en aquesta zona durant la construcció del vial, les lectures posterior de CH₄ han disminuït ràpidament (0,2% en el mateix E46).
- En el sector S – Incecosa, totes les dades obtingudes en la zona d'estudi (entre 40 m i 150 m de distància del dipòsit), indiquen que **no hi ha afecció per biogàs ni al quaternari ni al terciari**. Recordem, no obstant, que en punts de control més propers (SC01 i SC02, a uns 25 m de distància i ambdós en el tram de reblerts) les mesures de CH₄ són altes (>30-50%).

Finalment, indicar que aquestes valoracions s'han fonamentat en les dades obtingudes durant el mes de març de 2014. Per assegurar la situació descrita, seria recomanable dur a terme més campanyes de mesures al llarg del temps³¹.

²⁶ En el punt E31 les lectures de CH₄ en estàtic fluctuen entre 2% i 7%. Després de la purga o el bombament, els valors disminueixen fins al 0% (<100 ppmv) però mesures posteriors indiquen l'acumulació de CH₄ fins a valors en %.

²⁷ Cabal que disminueix en un punt més allunyat: 100 l/h en E37 a 30-40 m de distància del dipòsit.

²⁸ Veure les dades en els punts E55 (tram 100-102 msnm) i E56 (tram 98-100 msnm), amb valors que no superen l'1% en CH₄.

²⁹ En la zona de reblerts amb presència d'aigua de Sugranyes, els punts de control del terciari més propers al dipòsit, E36 i E57, han quedat inutilitzats per a fer mesures, doncs el nivell de l'aigua se situa per sobre del tram de filtre. Fora de la zona de reblerts amb aigua, però propers, les dades en punts del terciari indiquen que l'afecció queda delimitada a una distància d'uns 30-40 m del dipòsit (veure dades dels punts E35, E55 i E56).

³⁰ En aquesta zona, la migració horitzontal pot ser superior gràcies a l'elevada permeabilitat del reblert i al poc tram no saturat existent (el nivell de l'aigua està al voltant dels 2 m de fondària).

³¹ Algunes campanyes haurien de fer-se en condicions desfavorables (disminució de pressió atmosfèrica, pluja recent, aturada de la desgasificació en l'Elena, etc.)



ii) Altres consideracions

ii.1) *Dades històriques*

En la majoria de punts en els que es disposa de dades històriques (S1, S2, Pz's, etc.) s'observa una certa disminució de les lectures de CH₄. Veure dades i gràfiques d'evolució en l'Annex 4.

És de remarcar l'evolució en el punt S1, situat al NE del dipòsit a uns 20 m de distància, en el que es van detectar valors de fins al 17% en CH₄ el juliol de 2013 per disminuir posteriorment fins als continguts actuals entre 0,1% i 2,0%.

ii.2) *Mesures de qualitat en punts del terciari*

En molts punts del terciari s'han obtingut lectures de CH₄ que mostren fluctuacions importants i, en molts casos, pics elevats a l'inici de les mesures en estàtic. És per això que s'han fet treballs complementaris per valorar la representativitat d'aquestes mesures. Els resultats obtinguts corroboren la presència de CH₄ en el tram terciari però no s'han aclarit les raons que porten a tals fluctuacions³².

4.3.2 COV

En general, les mesures de COV en l'espai del cap de captadors i piezòmetres donen lectures baixes, inferiors en la majoria dels casos a 50-100 ppmv. Les mesures de COV en l'aire extret en els assaigs de bombament també són baixes (< 50 ppmv), donant taxes de mobilització també molt reduïdes (<< 0,5 l/dia).

4.4 Valoracions

En resum, les principals valoracions que es desprenen dels resultats obtinguts són:

- El biogàs produït al dipòsit Elena migra cap a l'exterior afectant el subsòl de tota la zona estudiada³³.
- La major part del biogàs emès pel dipòsit Elena migra pels trams superficials i permeables del quaternari o de reblert antròpic; però també es detecta la presència de biogàs en el tram terciari subjacent.

³² En concret:

- S'han fet mesures en estàtic amb la recirculació de l'aire extret per a la pròpia bomba de l'equip de mesura. Els resultats indiquen que:
 - o Es manté la detecció de pics inicials de la lectura de CH₄ per disminuir ràpidament a valors estabilitzats, més baixos; procés que es deu a l'estratificació dels gasos en el propi captador – piezòmetre, acumulant-se el CH₄ en el tram superficial per densitat.
 - o En general els valors de CH₄ estabilitzats obtinguts en la mesura amb recirculació se situen finalment en el rang mig de mesures obtingudes prèviament en condicions estàtiques i sense recirculació.
- S'han fet noves mesures en 2 punts del terciari, eliminant prèviament el tram de quaternari – reblert superficial. Les noves mesures de qualitat indiquen la presència de CH₄ que ha de provenir, sense cap tipus de dubte, del tram terciari.

³³ Treballs anteriors ("Actualització de l'AQR i replanteig d'accions correctores per a la recuperació ambiental de Montserrat 2" i "Pla de Vigilància Ambiental a l'Àmbit 1. Tercer any") ja van mostrar la migració de biogàs des del dipòsit Elena vers els sectors N-NO (Montserrat 2) i SO (Avi Nord – Incecosa).



- En la majoria dels punts de la franja més propera al dipòsit, a uns 10 m de l'anclatge de la làmina, tant del tram quaternari – reblert com del terciari, es detecta pressió positiva i concentracions per sobre del 5% en CH₄ (LEL), sovint per sobre del 50%. En aquesta franja es mesuren cabals d'emissió en el tram quaternari entre 10 i 600 l/h, en funció de la zona.
- L'afecció per CH₄ (i la migració de biogàs) en el lateral NE del dipòsit Elena queda delimitada a uns 40 m de distància; en el sector de l'antiga bassa de pluvials se situa a uns 75 m i a la zona Sugranyes sobrepassa els 100 m en el tram de reblert antròpic.

Aquestes valoracions s'han fonamentat en les dades obtingudes durant el mes de març de 2014. Per assegurar la situació descrita, és recomanable dur a terme més campanyes de mesures al llarg del temps. A més, la migració del biogàs i conseqüentment els riscos associats poden canviar per diverses raons, com poden ser les pròpies obres i infraestructures a executar (impermeabilitzacions en superfície, rasses, etc.) o bé aturades del bombament de biogàs al dipòsit.

Finalment, si es consideren les normatives als Estats Units³⁴, les concentracions de CH₄ detectades en l'exterior de l'Elena superen amb escreix els criteris establerts per al límit del dipòsit; segons aquestes normatives, l'explotador o el propietari ha de fer les actuacions necessàries per a reduir-les.

³⁴ A la normativa Federal Americana (<http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2013-title40-vol26/pdf/CFR-2013-title40-vol26-part258.pdf>) en l'apartat 258.23 de Control de gasos explosius, especifica que els propietaris o operadors de tot dipòsit han d'assegurar que:

- 1) La concentració de gas CH₄ generat per la instal·lació no superi el 25% del LEL per CH₄ en les estructures de les instal·lacions, és a dir, 1,25% de CH₄.
- 2) La concentració de metà no pot superar el LEL per CH₄ (5%) en el límit de la propietat de les instal·lacions.

Si els límits a dalt referits són superats per al CH₄, el propietari o l'operador haurà de:

- 1) Prendre immediatament totes les mesures necessàries per garantir la protecció de la salut humana i ho notificarà a l'autoritat competent.
- 2) Dins dels 7 dies de la detecció, col·locar al registre d'operació els nivells de gas CH₄ detectats i una descripció de les mesures adoptades per a protegir la salut humana.
- 3) Dins els 60 dies de la detecció, implementar el pla de sanejament per les sortides de gas CH₄, aportar una còpia del pla en el registre d'operacions i notificar a l'autoritat competent que el pla ha estat implementat. El pla ha de descriure la naturalesa i l'abast del problema i el sanejament proposat.

En una guia de l'estat de Califòrnia (http://www.dtsc.ca.gov/Schools/upload/SMBRP_SCHOOLS_Methane.pdf), s'indica per al metà (secció 2.2), ja sigui detectat a sota els fonaments de l'edifici o a dins el mateix:

- 1) Un nivell d'advertència en 1.000 ppmv en CH₄, a partir del qual recomana investigar en el subsòl l'extensió, font i litologia del terreny.
- 2) Un nivell d'alerta el 10% del LEL (0,5% del CH₄ o 5.000 ppmv), per tal de tenir un marge de seguretat. Si supera aquest nivell cal emprendre accions correctores.
- 3) Una pressió de 7 mbars a partir de la qual també cal major investigació al subsòl.

En una altra guia, aquest cop de l'estat de New Jersey (http://www.nj.gov/dep/srp/guidance/vaporintrusion/vig_main.pdf) s'analitza la mobilització a l'exterior de CH₄ generat en dipòsits i estableix (apartat 3.1.4.2) un límit del 25% LEL (1,25% de metà) al límit de la propietat de les instal·lacions del dipòsit, a partir del qual cal actuar bombejant biogàs.



5. **CONCLUSIONS**

L'estudi realitzat permet afirmar que el subsòl d'algunes parcel·les del Pla Director que envolten al dipòsit Elena, presenta biogàs (CH₄) en concentracions que suposen un risc per a les activitats previstes.

En base a les concentracions de CH₄ observades, es diferencien dues àrees de sensibilitat diferent. Veure Figura 7.

- **Àrea de màxima prioritat**, amb risc d'atmosferes explosives. Inclou les parcel·les PC1.06.01, PC1.06.02, ST, PC1.07.01 i PC1.07.02. El contingut de CH₄ al subsòl se situa per sobre del LEL (5% en CH₄), que és el límit inferior de mescla explosiva.
- **Àrea vulnerable**. Inclou les parcel·les PC1.02.02, PC1.02.03, PC1.02.04, PC1.02.05, PC1.05.01, PC1.07.03 i PC1.07.04. El contingut de CH₄ al subsòl està per sota del LEL, però són àrees molt sensibles tant per la seva vulnerabilitat litològica del sòl com per la proximitat dels edificis a les zones afectades.

6. **PROPOSTA DE MESURES DE SEGURETAT I CONTROL**

6.1 **Mesures proposades a l'àrea de màxima prioritat**

TUBKAL entén que el risc al que està exposat aquest lateral SE obliga a prendre mesures de protecció, independentment de la eficàcia en la gestió del biogàs a l'interior del dipòsit Elena. Aquesta afirmació es basa en que, encara i fent una gestió excel·lent, qualsevol imprevist que impedeixi un bombament continu pot posar en greu risc els edificis més propers.

Les mesures proposades per a la protecció³⁵ d'aquesta àrea són, per ordre:

³⁵ Les barreres de protecció en el medi poden ser actives o passives.

Les **mesures actives** inclouen fonamentalment el bombament d'aire del subsòl mitjançant l'aplicació de buit o bé la injecció d'aire atmosfèric una sobrepressió al medi. L'actuació es pot fer a través de captadors verticals o de rases horitzontals, dispositius connectats mitjançant canonades a una unitat de buit o bufador. Per interrompre la migració del biogàs, la instal·lació s'ha de dissenyar considerant la fondària màxima de l'afecció i el radi d'influència o captació que s'assoleix en les condicions finals d'operació. Amb totes les mesures actives cal considerar el risc que suposa la seva aturada degut, per exemple, a un tall del subministrament elèctric. Apart del consum energètic, requereixen un manteniment continu per a la seva correcta operació. A més, en el cas de bombament, caldrà contemplar la correcta gestió de l'efluent emès.

Les **mesures passives** inclouen, fonamentalment, les barreres verticals impermeables o el venteig.

- La barrera vertical impermeable és una paret que aïlla. Pot ser de ciment o ciment-bentonita, metàl·lica, de materials polimèrics, etc. En una barrera vertical, caldrà valorar el potencial redireccionament del flux de gas al voltant del seu extrem, o fins i tot sota la mateixa.
- El venteig passiu es pot fer també a través de captadors o de rases; no obstant, la seva eficiència és poc controlable per una sèrie de raons: (i) no es pot determinar de forma fiable el radi d'influència, punt crític en el cas d'optar pel venteig amb captadors, (ii) el seu funcionament pot ser molt variable en funció de les condicions meteorològiques (variacions de pressió atmosfèrica, efectes de la pluja, etc.) i (iii) no és immediat avaluar la importància relativa dels processos d'advecció respecte els de la difusió en la migració lateral del gas. És per això que és una alternativa que sovint es contempla conjuntament amb una barrera vertical.

Amb les mesures passives no hi ha consum elèctric ni manteniment, només un control de la seva efectivitat.



- d) **Construcció d'una pantalla impermeable.**
- e) **Eliminació del biogàs acumulat al subsòl.** El disseny de les tasques de bombament ha de considerar que aquesta operació haurà d'assolir dos objectius: l'eliminació del biogàs acumulat i l'avaluació de l'eficiència de la pantalla.
- f) **Mesures actives, xarxa de control.** Disseny i posada en marxa d'una xarxa de punts de control amb automatismes, que permetin alertar i actuar, evitant que les concentracions de CH₄ al subsòl superin els límits de seguretat establerts.

6.2 Mesures proposades a l'àrea vulnerable

Tot i no haver detectat concentracions de CH₄ per sobre del LEL en aquestes parcel·les, TUBKAL considera que en aquesta àrea s'han d'instal·lar punts de control de la concentració de CH₄ en el subsòl per:

- La seva vulnerabilitat, per l'elevada permeabilitat del medi i la seva proximitat al dipòsit.
- Les incerteses associades als efectes que produiran les futures obres, que impermeabilitzaran gran part de la superfície propera al dipòsit, fins ara ben airejades.

Si durant el període de control d'1 any i per les raons que siguin, s'observés un augment significatiu del contingut de CH₄ en el subsòl, es podria plantejar la construcció d'una rasa d'aïreació o venteig de 2-3 m de fondària en les proximitats del dipòsit, al llarg de tot el seu perímetre NE.

7. DESCRIPCIÓ DE LES MESURES PROPOSADES

7.1 Àrea de màxima prioritat

7.1.1 **Pantalla impermeable i ventilació de la franja de terreny interior**

La barrera impermeable serà una pantalla plàstica de ciment – bentonita.

Tindrà la traça i les característiques resumides en la Figura 8a i 8b. Serà de 255 ml de longitud i fondària variable, entre 7 i de 12 m i una amplada de 0,45m, amb una superfície total de 2.885 m².

Caldrà solucionar en la fase de disseny constructiu, previ a l'obra, alguns detalls d'importància que solucionin els aspectes específics de la mateixa, doncs les pantalles estàndards no estan pensades per biogàs sinó per aigua.

Entre el dipòsit i la pantalla es construirà 10 sondeigs (a una distància d'uns 20 m entre ells), que es configuraran com a:

- Punts de control del cabal i qualitat del biogàs.



- Punts de descompressió i de venteig passiu de biogàs³⁶.

Els punts de control s'instal·laran en el tram de reblert (de 3 a 5 m de fondària), amb canonada de suficient diàmetre (mínim de 100 mm) per tal d'optimitzar el venteig i amb un capçal adequat per a la seva funció de control i d'emissió.

7.1.2 Eliminació del biogàs acumulat al subsòl

Després de la construcció de la barrera, caldrà eliminar el CH₄ acumulat en el subsòl en la zona exterior de la mateixa i fer assaigs de comprovació de l'eficiència de la pantalla.

Aquesta descontaminació es farà mitjançant bombament en uns 25 punts distribuïts a tota l'àrea exterior de la barrera. S'utilitzaran els 20 punts descrits en el capítol següent de xarxa de control, així com d'altres ja existents o bé de nova construcció.

Les feines es poden fer en un termini de 1-2 mesos, mitjançant equips portàtils o fixos, dimensionats pels cabals i depressions que siguin més eficients i comprovant posteriorment que ni hi hagi repunts dels continguts de CH₄.

Un cop el contingut de CH₄ sigui suficientment baix, es faran assaigs per a comprovar l'efectivitat (impermeabilitat) de la barrera. Bàsicament aquesta operació es realitzarà mitjançant un bombeig controlat i un seguiment acurat de la qualitat de l'aire extret en els punts situats prop de la barrera.

7.1.3 Xarxa de control

El dispositiu de vigilància i control entre la barrera i les primeres edificacions (PC1.06.01, PC1.06.02, ST) estarà constituït per dues línies de punts amb diferents objectius. Veure Figura 8a.

- Una primera línia denominada xarxa de d'alerta amb 11 punts situats en les immediacions de la barrera, a una distància entre ells d'uns 25 m. Es tracta de punts de control actius, doncs permetran:
 - Mesurar la qualitat de l'aire del subsòl (CH₄) per avaluar l'efectivitat de la barrera al llarg del temps.
 - Actuar en cas necessari per bombament de l'aire del subsòl.
- Una segona línia denominada xarxa d'alarma amb 9 punts situats ja en les immediacions de les edificacions, que permetin la mesura de la qualitat de l'aire del subsòl (CH₄).

En tots aquests punts s'instal·larà un sistema automatitzat d'alarmes (senyors de CH₄).

A nivell constructiu, els punts de control s'instal·laran en el tram de reblert (de 3 a 7 m de fondària) i amb suficient diàmetre per tal d'optimitzar el bombeig en cas necessari.

El sensor de CH₄ s'instal·larà dins de cada punt, ubicat en la part superior del tram ranurat, i el quadre de control s'instal·larà en una arqueta adequada, des d'on sortirà el cablejat.

³⁶ Que facilitaran l'emissió del biogàs en períodes d'impermeabilització de la superfície entre del dipòsit i la barrera; per exemple, en episodis de pluja.



7.1.4 Programa inicial de vigilància i control

Posteriorment es recomana la implantació d'un programa inicial de vigilància de l'evolució de la qualitat de l'aire subsòl al llarg d'1 any per avaluar l'efectivitat de la barrera i el bon funcionament del sistema automatitzat d'alarmes.

Aquest programa inclourà la mesura mensual de:

- Pressió, qualitat i cabal emès en els punts de venteig (10 punts)
- Qualitat als punts de la xarxa d'alerta i d'alarma (20 punts).

El programa ha d'incloure també mesures en altres captadors o piezòmetres previs que no s'hagin destruït i que siguin d'interès. Entre d'altres, es controlarà la qualitat (CH_4) en els captadors – piezòmetres a l'entorn immediat del dipòsit per controlar, si es considera adient, la qualitat de l'aire del subsòl en el límit de l'Elena i l'acompliment dels criteris internacionalment establerts (1,25% de CH_4 a l'estat de New Jersey). També seria recomanable mesurar la qualitat (CH_4) dels serveis del vial 2A per verificar l'eficàcia de les mesures correctores adoptades.

Finalment, el dispositiu automatitzat d'alarma haurà de ser suficient per identificar i comunicar qualsevol anomalia en quant a la presència de CH_4 en el subsòl. El programa de vigilància haurà de contemplar:

- Protocols d'actuació en funció de les alarmes que puguin tenir lloc. Aquestes pautes d'actuació s'hauran de fonamentar en dades reals d'assaigs en els punts de control a construir.
- El manteniment i calibració periòdic del dispositiu automatitzat d'alarmes.

7.2 Àrea vulnerable

Es proposa la instal·lació d'una xarxa d'alarma en les immediacions de les futures edificacions, en concret en les 8 arquetes de serveis d'1,5 m de fondària que preveu construir el Consorci en la franja exterior del vial. Veure Figura 8a. Aquests punts aprofiten els mecanismes de drenatge de protecció de les conduccions contra els gasos, inclosos en el projecte constructiu del Consorci. Actualment ja s'estan instal·lant els passadors de cables de comunicació entre les arquetes i les pilones de ventilació.

De forma anàloga a allò descrit en el capítol anterior, és necessària la implantació d'un programa inicial de vigilància de l'evolució de la qualitat de l'aire subsòl al llarg d'1 any per assegurar la situació actual de no risc i el bon funcionament del sistema automatitzat d'alarmes. Aquest programa inclourà la mesura mensual de qualitat (CH_4) en els punts de la xarxa d'alarma i en altres captadors o piezòmetres previs que no s'hagin destruït i que siguin d'interès. Entre d'altres, es controlarà la qualitat (CH_4) en els captadors – piezòmetres a l'entorn immediat del dipòsit per avaluar l'acompliment dels criteris internacionalment establerts (1,25% de CH_4 en l'estat de New Jersey).

Finalment, de la mateixa forma que s'ha descrit en l'apartat anterior, el pla posterior de vigilància el dispositiu automatitzat haurà de contemplar els conseqüents protocols d'actuació així com feines periòdiques de manteniment i calibració.



7.3 Cronograma

Actuació	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Any 1	+Any 1
Barrera vertical								
Construcció xarxa control i alerta								
Neteja CH ₄ i assaigs efectivitat								
Inst. automatitzada alarmes								
Programa de seguiment inicial								
Manteniment instal·lació alarmes								

7.4 Pressupost (PEC, sense IVA)

Partida	Alçat	Comentaris
Barrera vertical	440.000 €	Inclou: - Transport maquinària i batidora - Construcció pantalla bentonita - Perforació i instal·lació de punts de control - venteig - Retroexcavadora de recolzament - Direcció en camp No inclou vials accés maquinàries, gestió de les terres excavades ni les obres de protecció de la pantalla en l'accés al dipòsit Elena.
Xarxa d'alerta i d'alarma	37.000 €	Inclou: - Transport maquinària - Construcció completa punts de control - Construcció d'arqueta adequada per automatismes - Direcció en camp
Eliminació CH ₄	28.000 €	Inclou: - Lloguer d'instal·lació de bombament i gasoil - Tècnic en camp No inclou seguretat
Dispositiu automatitzat d'alarma	47.000 €	Inclou: - Sensòrica i arqueta protecció - Unitat central - Rasa i cablejat No inclou la connexió elèctrica
Imprevists	35.000 €	
Enginyeria	85.000 €	Cal tenir en compte un pressupost d'enginyeria anterior a la fase d'obra que abordi totes les tasques necessàries per dissenyar els mecanismes específics de la barrera i altres detalls a calcular per als sistemes de protecció i vigilància proposats.
Programa seguiment any 1	24.000 €	Inclou visites mensuals per a la presa de dades, amb un total previst d'unes 650 mesures.
TOTAL (sense IVA)	696.000 €	

El manteniment i calibració del sistema automatitzat s'estima de l'ordre de 7.500 €/any, que inclou visites trimestrals de calibració així com manteniment de sensors.

TUBKAL INGENIERIA, S.L.
Barcelona, maig de 2014