

INFORME N° 2

PROYECTO DE EVALUACION DE GASES Y LIXIVIADOS
EN LOS MICRORRELLENOS DE LIMA

Nombre: Gladys E. Monge Talavera
Fecha: 30 de julio de 1988
Asesor: Ing. Francisco Zepeda Porras
Supervisor directo: Ing. Johnny Ascue Contreras

1. OBJETIVO

Dar a conocer las actividades realizadas en el mes de julio de 1988 en lo referente a la culminación del levantamiento con DIF, toma de muestras alteradas e inalteradas y análisis en laboratorio, así como también la metodología empleada para dicho análisis (Apéndice).

2. DESCRIPCION

En el mes de julio se hicieron las cuadrículas de 10 m x 10 m en el microrrelleno sanitario Campoy, cubriendo un área de 1.62 hectáreas. Se tomaron a la vez los datos de concentración de metano en la interfase suelo-aire en cada punto de las cuadrículas, con lo cual se concluyó el levantamiento con DIF en los microrrelenos sanitarios.

Se realizó también una prueba de la toma de muestras alteradas e inalteradas en el microrrelleno sanitario Huáscar, a 1 m de profundidad. Esta excavación se hizo en una de las celdas más antiguas (24 meses). Posteriormente, se hizo la excavación real a 1 m y 3 m en la misma celda, tomando muestras alteradas e inalteradas, tanto para las pruebas de composición y humedad, como para la prueba de capacidad de campo, densidad y porosidad.

2.1 Concentración de metano en la interfase suelo-aire (CH₄, ppm) - Microrrelleno Sanitario Campoy

Fechas: 14/JUL/88
17/JUL/88

PUNTO N°	CH ₄ (ppm)	PUNTO N°	CH ₄ (ppm)	PUNTO N°	CH ₄ (ppm)	PUNTO N°	CH ₄ (ppm)
1	60	31	100	61	10	91	30
2	100	32	30	62	5,000 (*)	92	50
3	10	33	20	63	15	93	250
4	8	34	25	64	20	94	150
5	5	35	50	65	35	95	15
6	100	36	180	66	40	96	8
7	45	37	70	67	30	97	60
8	30	38	70	68	20	98	25
9	20	39	25	69	50	99	20
10	8	40	30	70	35	100	35
11	160	41	500	71	15	101	10
12	180	42	15	72	15	102	30
13	10	43	40	73	30	103	15
14	100	44	75	74	25	104	8
15	120	45	30	75	25	105	18
16	25	46	55	76	150	106	90
17	90	47	250	77	65	107	50
18	6	48	100	78	35	108	20
19	90	49	600	79	8	109	15
20	45	50	15	80	90	110	100
21	30	51	20	81	50	111	120
22	40	52	20	82	25	112	18
23	60	53	30	83	45	113	150
24	30	54	140	84	15	114	20
25	50	55	20	85	150	115	20
26	80	56	40	86	250	116	25
27	18	57	10	87	190	117	80
28	20	58	450	88	15	118	15
29	20	59	40	89	15	119	20
30	15	60	80	90	25	120	20

PUNTO N°	CH ₄ (ppm)	PUNTO N°	CH ₄ (ppm)	PUNTO N°	CH ₄ (p p m)	PUNTO N°	CH ₄ (ppm)
121	8	141	20	161	15	181	100
122	90	142	15	162	18	182	20
123	20	143	200	163	20	183	150
124	50	144	50	164	28	184	20
125	10	145	80	165	300	185	20
126	20	146	20	166	15	186	30
127	15	147	12	167	150	187	25
128	30	148	25	168	15	188	150
129	7	149	30	169	8	189	40
130	15	150	40	170	70	190	30
131	20	151	20	171	60	191	15
132	15	152	30	172	8		
133	60	153	15	173	20		
134	20	154	150	174	25		
135	45	155	20	175	60		
136	15	156	280	176	15		
137	15	157	10	177	20		
138	20	158	20	178	7		
139	18	159	40	179	30		
140	15	160	40	180	35		

RELLENO SANITARIO CAMPOY

14 y 17 julio de 1988

Eje Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	60	45	120	50	50	55	10	20	8	25	10	18	20	20	80	280	150	20	20
2	100	30	25	80	180	250	450	50	90	30	30	150	50	45	20	10	15	7	30
3	10	20	90	18	70	100	40	35	50	50	15	20	10	15	12	20	8	30	25
4	8	8	6	20	70	600	80	15	25	250	8	20	20	15	25	40	70	35	150
5	5	160	90	20	25	15	10	15	45	150	18	25	15	20	30	40	60	100	40
6	100	180	45	15	30	20	5,000*	30	15	15	90	80	30	18	40	15	8	20	30
7		10	30	100	500	20	15	25	150	8	50	15	7	15	20	18	20	150	15
8		100	40	30	15	30	20	25	250	60	20	20	15	20	30	20	25	20	
9			60	20	40	140	35	150	190	25	15	20	20	15	15	28	60		
10			30	25	75	20	40	65	15	20	100	8	15	200	150	300	15		
11					30	40	30	35	15	35	120	90	60	50	20	15			

(*) Tubo de captación de gas.

2.2 Microrrelleno sanitario Huáscar

Toma de muestras alteradas e inalteradas (prueba)

Fecha: 13 a 16 julio 1988

Se realizó una prueba de la toma de muestras alteradas e inalteradas a 1 m de profundidad. No se pudo continuar con la excavación a 3 m, debido a un desperfecto mecánico del cargador frontal. Las muestras llevadas al laboratorio fueron:

- 2 muestras alteradas a 1 m de profundidad: para las pruebas de composición y humedad inicial.
- 1 muestra inalterada a 1 m de profundidad: para las pruebas de capacidad de campo, humedad final, sólidos volátiles y % cenizas.

2.2.1 Prueba de composición

Se realizó por duplicado, obteniéndose los siguientes resultados:

	<u>M a t e r i a l</u>	% ₁	% ₂
a)	Papel y cartón	8.92	5.78
b)	Trapos	1.75	0.68
c)	Madera y follaje	6.05	3.40
d)	Restos de alimentos	0.48	0.34
e)	Plásticos, caucho y cuero	8.92	7.82
f)	Metales	1.75	2.72
g)	Vidrios	1.08	0.85
h)	Suelo + M.O.D. (*)	69.94	77.72
i)	Huesos	<u>1.11</u>	<u>0.68</u>
		100.00	100.00

(*) M.O.D. - Materia orgánica degradada. Debido a la antigüedad del microrrelleno, se encontró gran cantidad de residuos orgánicos en descomposición, mezclados con suelos, lo cual dificultaba su reconocimiento y separación, por lo cual se decidió considerarlos como un solo punto.

2.2.2 Prueba de humedad

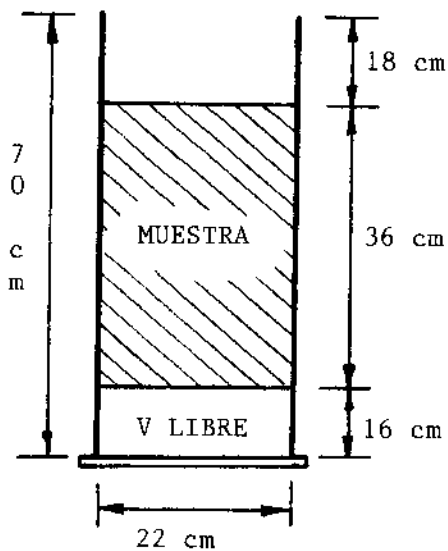
Después de hacer un cuarteo de la muestra, se pesaron tres porciones de aproximadamente 10 g, en cápsulas que fueron llevadas a la estufa, a 105°C, durante unas 5 horas, obteniéndose lo siguiente:

<u>Muestra</u> <u>N°</u>	<u>% H</u>
1	16.49
2	13.36
<u>3</u>	<u>22.67</u>
PROM.	17.51

La marcada diferencia en los resultados se explica por el hecho de ser una muestra bastante heterogénea, y el peso tomado para la prueba de humedad no es una muestra representativa. Así mismo, se recomienda secar por un tiempo más prolongado.

2.2.3 Prueba de capacidad de campo

Esta prueba se realiza en el tubo de captación de muestra inalterada (lisímetro). Inicialmente se agrega agua hasta completa saturación de la muestra, para luego dejar drenar durante 48 hr, y tomar la humedad final.



Masa lisímetro = 23.900 Kg
 Masa lisímetro armado = 25.700 Kg
 Masa lisímetro armado + muestra = 49.800 Kg

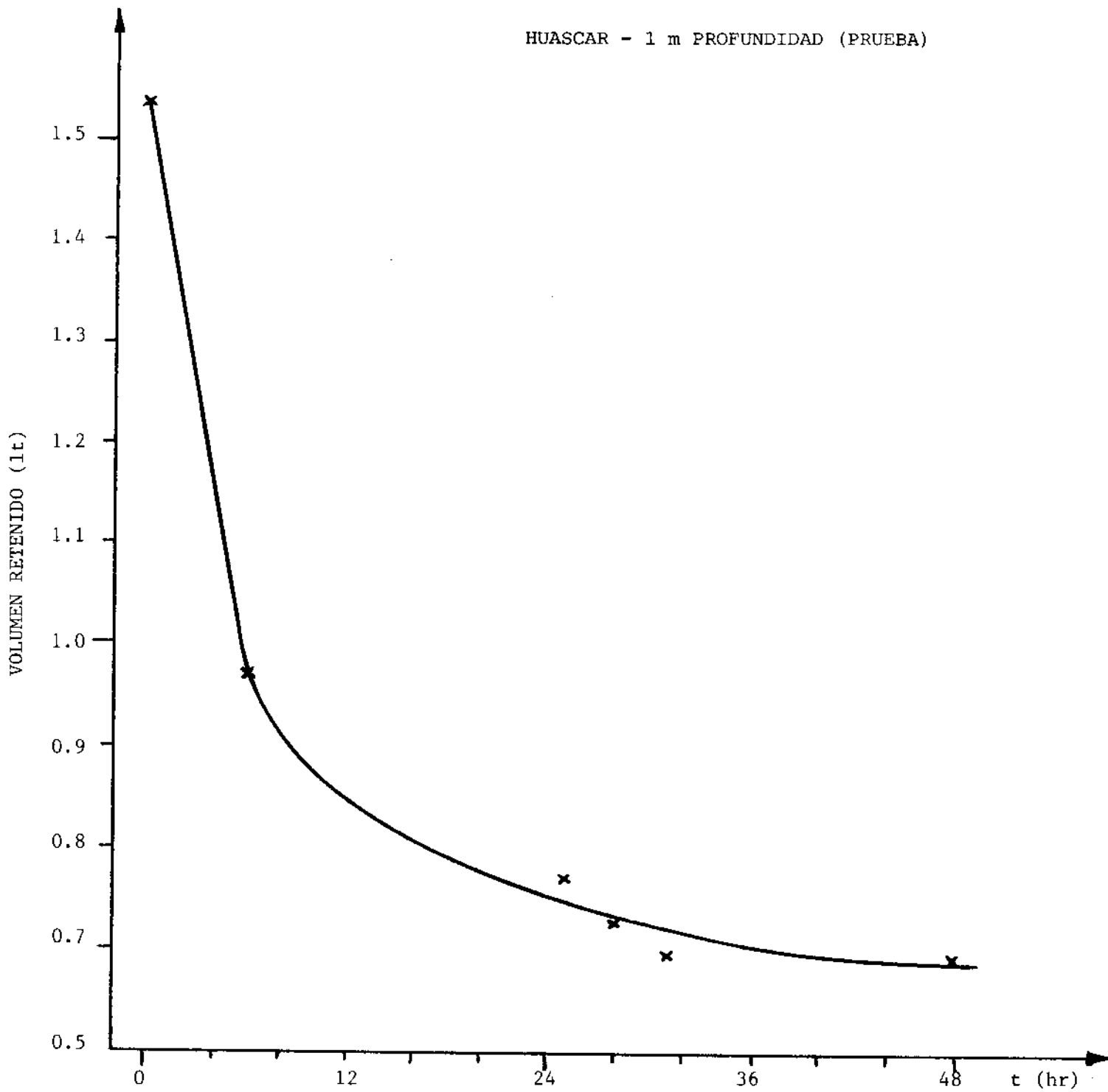
Volumen total de agua agregado = 9.000 lt
 Volumen sobrenadante = 2.980 lt
 Volumen libre = 4.485 lt

Inicio del drenaje. Datos

Tiempo (hr)	0	6	25	28	31	48
V Retirado (lt)	4.485	0.565	0.200	0.083	0.035	0.000
V Retenido (lt)	1.535	0.970	0.770	0.727	0.692	0.692

Volumen total retirado = 5.328 lt
 Volumen total retenido (a las 48 hr) = 0.692 lt

VOLUMEN RETENIDO VS. TIEMPO



Al finalizar las 48 horas fijadas para la captación de lixiviados, se sacó la muestra del lisímetro y se hizo la prueba de composición:

<u>Material</u>	%
a) Papel y cartón	8.71
b) Textiles	2.25
c) Madera	3.37
d) Restos de alimentos	-
e) Plásticos, caucho, cuero	3.37
f) Metales	0.84
g) Vidrios	1.26
h) Suelo + M.O.D.	76.40
i) Huesos	2.25
j) Piedras	5.90
k) Cerámicos	0.98
l) Otros (cabellos, plumas, jebes)	0.28

La prueba de humedad se realizó de dos maneras:

- Tomando muestras de los materiales que retienen humedad, por separado y sacando un promedio ponderado de la humedad con respecto al total de materiales.
- Haciendo una mezcla de todos los materiales húmedos y refiriendo el porcentaje de humedad al total de materiales. Los resultados son:

<u>Material</u>	% H
Papel	40.66
Suelo + M.O.D.	20.96
Textiles	28.15
Madera	31.83
Huesos	26.37
Mezcla 1	33.95
Mezcla 2	33.03

Procedimiento (a): % H = 25.88% > % H prom. = 28.51
Procedimiento (b): % H = 31.14% > % H prom. (b.s.) = 39.98

Nota: La humedad se realizó en cápsulas, originándose el problema anterior. Se decidió preparar mallas de mayor capacidad, para poder captar muestras representativas.

Cálculos

1) DENSIDAD (ρ , Kg/m³)

Se encuentra la densidad de la muestra inalterada, aprovechando los datos del tubo de captación (lisímetro), para acercarse lo más posible a la realidad:

$$\rho = \frac{\text{masa de muestra}}{\text{volumen de muestra}}$$

$$\begin{aligned} * \text{ Masa de muestra} &= \text{masa lisímetro armado + muestra} - \text{masa lisímetro armado} \\ &= 49.800 - 25.700 = 24.100 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Masa de muestra} = 24.100 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} * \text{ Volumen de muestra} &= \pi \times r^2 \times h \\ &= \pi \times (0.11)^2 \times 0.36 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de muestra} = 0.01368 \text{ m}^3$$

$$\therefore \rho = \frac{24.100 \text{ Kg}}{0.01368 \text{ m}^3} = \underline{1.761.7 \text{ Kg/m}^3}$$

2) POROSIDAD

$$\text{a) Porosidad aparente} = \frac{\text{Volumen H}_2\text{O saturación}}{\text{Volumen muestra}} \times 100$$

$$\text{V H}_2\text{O saturac.} = \text{V Total H}_2\text{O} - \text{V sobrenadante} - \text{V libre agregado}$$

$$= 9.000 - 2.980 - 4.485$$

$$\text{V H}_2\text{O saturac.} = 1.535 \text{ lt}$$

$$\text{Porosidad aparente} = \frac{1.535 \text{ lt}}{13.680 \text{ lt}} \times 100$$

$$\text{Porosidad aparente} = 11.22\%$$

$$\text{b) Porosidad real} = \frac{\text{Volumen total H}_2\text{O (saturac. + agua inicial)}}{\text{Volumen de muestra}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{V H}_2\text{O saturac.} &= 1.535 \text{ lt} \\ \text{V H}_2\text{O inicial} &= \% \text{ Hi} \times (\text{masa muestra}) \\ &= 0.1751 \times 24.100 \\ &= 4.2199 \end{aligned}$$

$$\text{Porosidad real} = \frac{(1.535 + 4.2199) \text{ lt}}{13.680 \text{ lt}} \times 100$$

$$\text{Porosidad real} = 42.07\%$$

3) CAPACIDAD DE CAMPO

a) Por análisis de humedad:

$$\begin{aligned} \% \text{ H final (base húmeda)} &= 28.51 \\ \% \text{ H final (base seca)} &= 39.88 \quad \text{-----> C.C.} = 39.88\% \end{aligned}$$

b) Por diferencia de volúmenes:

$$\begin{aligned} \text{Volumen total H}_2\text{O retenida} &= \text{V H}_2\text{O inicial} + \text{V H}_2\text{O retenida (48 hr)} \\ &= 4.2199 + 0.692 \\ &= 4.9119 \text{ lt} = 4.9119 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Masa muestra seca} &= (1 - \% \text{ Hi}) \times (\text{masa muestra}) \\ &= (1 - 0.1751) \times (24.100) \\ &= 19.880 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{C.C.} = \frac{\text{Masa total H}_2\text{O retenida}}{\text{Masa muestra seca}} \times 100$$

$$\text{C.C.} = \frac{4.9119 \text{ Kg}}{19.880 \text{ Kg}} \times 100$$

$$\text{C.C.} = 24.71\%$$

2.2.4 Análisis de sólidos volátiles y cenizas

Esta prueba se realiza, calcinando la muestra a 550°C durante 2 hr y pesando los residuos. Los resultados son:

b) Prueba de humedad

N°	Masa malla (g)	Malla + muestr. húmeda (g)	Malla + muestr. seca (g)	% H mat. húmeda	% H total
1	74.0	433.6	353.7	22.22	19.19
2	75.0	437.6	358.7	21.76	<u>18.80</u>
					18.99

Obs.:

$$\% \text{ H total} = \frac{\% \text{ H mat. húmeda} \times \text{masa mat. húmeda}}{\text{masa total}}$$

Ej. N° 1:

$$\% \text{ H total} = \frac{22.22 \times 28.850}{33.400} = 19.19\%$$

$$\% \text{ H total} = 18.99\%$$

$$\% \text{ H (b.s.)} = 23.45\%$$

c) Prueba de sólidos volátiles y cenizas

N°	Masa cápsula (g)	Cápsula + muestra (g)	Cápsula+muestr. (550°C - g)	% sólidos volátiles	% cenizas
1	41.6090	49.8351	48.8292	12.23	87.77
2	45.4826	58.6887	57.6642	7.76	92.24
3	42.4130	55.3128	53.6907	12.57	87.43
4	42.9267	52.5626	51.2735	<u>13.38</u>	<u>86.62</u>
				11.48	88.52

$$\% \text{ sólidos volátiles} = 11.48$$

$$\% \text{ cenizas} = 88.52$$

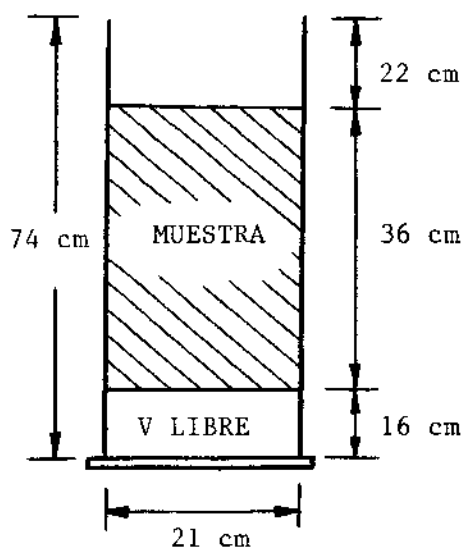
Obs. La muestra contiene gran cantidad de arena mezclada con materia orgánica degradada.

2.3.1.2 Análisis muestra inalterada

Datos:

Masa lisímetro armado+muestra (inicial)	=	37.000 Kg
Masa lisímetro armado+muestra (final, 48 hr)	=	38.200 Kg
Masa H ₂ O retenida	=	1.200 Kg
Masa lisímetro armado	=	20.200 Kg
Masa muestra	=	16.800 Kg
Volumen total H ₂ O agregado	=	6.600 lt
Volumen sobrenadante	=	0.875 lt
Volumen escurrido	=	4.948 lt
Volumen retenido	=	0.777 lt
Volumen lisímetro (para h=16 cm)	=	5.542 lt
Volumen banco soporte	=	1.057 lt
Volumen libre	=	4.485 lt

a) Prueba de densidad (ρ , Kg/m³)



$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa (Kg)}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Masa muestra} = 16.800 \text{ Kg}$$

$$\text{Volumen muestra} = \frac{\pi D^2}{4} \times h$$

$$\text{Volumen muestra} = \frac{\pi (0.21)^2}{4} \times (0.36)$$

$$\text{Volumen muestra} = 0.01247 \text{ m}^3$$

$$\text{Densidad} = \frac{16.800 \text{ Kg}}{0.01247 \text{ m}^3} = 1347.3 \text{ Kg/m}^3$$

$$\underline{\text{Densidad} = 1347.3 \text{ Kg/m}^3}$$

b) Prueba de capacidad de campo

Saturación - Datos:

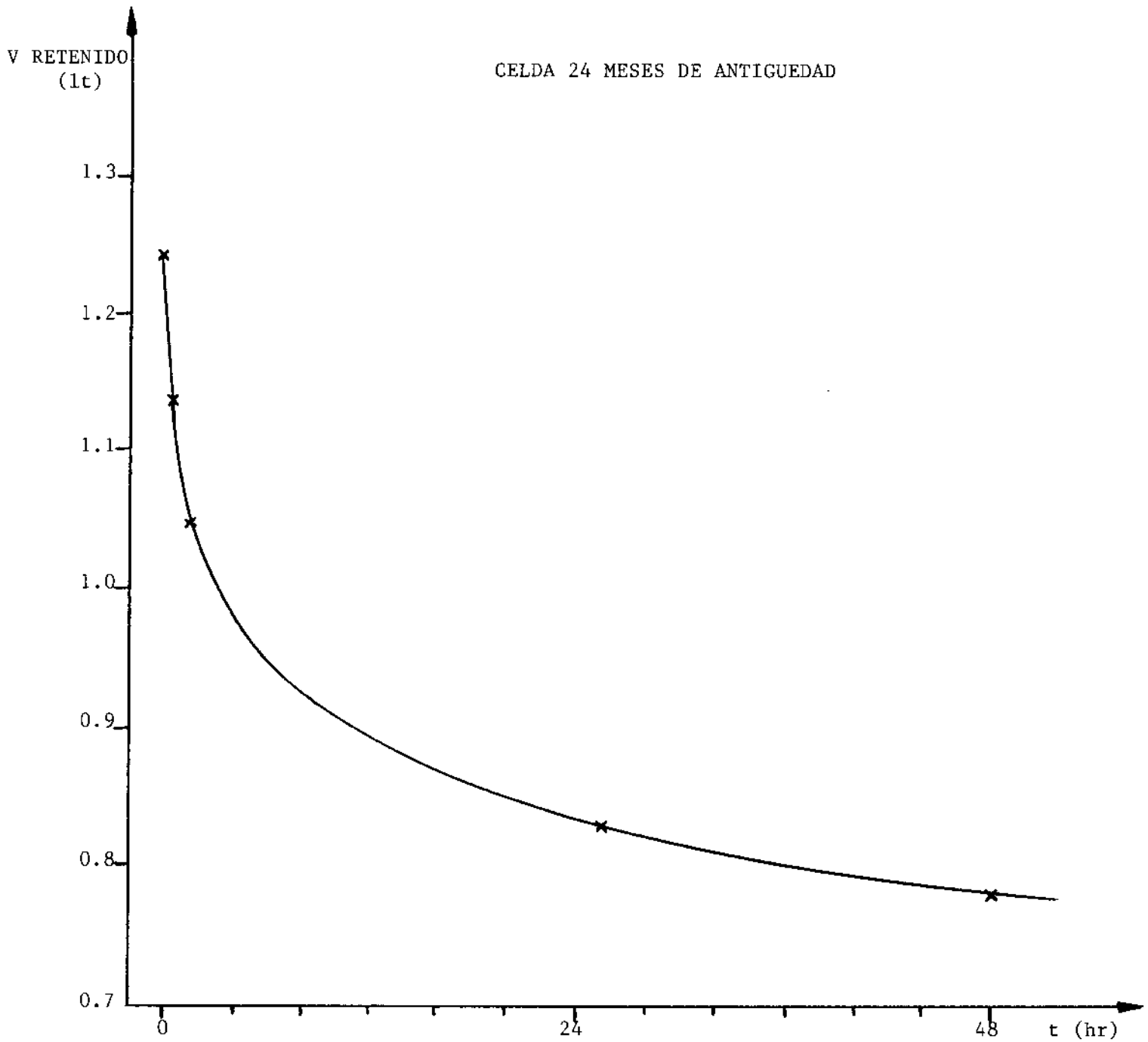
- Volumen total de agua agregado = 6.600 lt
- Volumen sobrenadante = 0.875 lt
- Volumen libre = 4.485 lt

Inicio del drenaje - Datos:

Tiempo (hr)	0	0.5	1.5	20.0	25.5	48.0
Vol. retirado (lt)	4.485	0.105	0.088	0.200	0.020	0.050
pH	8.15	8.15	8.20	8.0	--	8.05
Vol. retirado	1.240	1.135	1.047	0.847	0.827	0.777

VOLUMEN RETENIDO VS. TIEMPO

HUASCAR - 1 m prof.



Cálculos:

I. Por análisis de humedad

Nº	Masa malla (g)	Malla+muest. húmeda (g)	Malla+muest. seca (g)	% H mat. húmeda	% H total
1	60.07	337.7	263.85	26.60	23.83
2	63.80	392.3	305.95	26.89	24.09
3	75.00	475.6	368.80	26.66	23.88
4	76.20	522.7	405.85	<u>26.17</u>	<u>23.44</u>
				26.58	23.81

Masa materia húmeda = 15.050 Kg
Masa materia no húmeda = 1.750
% H total (b.h.) = 23.81
C.C. = % H (b.s.) = 31.25 %

II. Por diferencia de masas

$$C.C. = \frac{\text{Masa total H}_2\text{O}}{\text{Masa muestra seca}} \times 100$$

Masa total H₂O = Masa H₂O retenida + masa H₂O inicial
Masa H₂O retenida = 1.200 Kg
Masa H₂O inicial = % H₁ x masa muestra
= 0.1914 x 16800 = 3.192 Kg
Masa muestra seca = (1 - % H) x masa muestra
= (1 - 0.1914) x 16.800 = 13.608 Kg

$$C.C. = \frac{1.200 + 3.192}{13.608} \times 100$$

C.C. = 32.28 %

III. Por diferencia de volúmenes

Volumen total H₂O = Volumen H₂O retenida + Volumen H₂O inicial
= 0.777 + 3.192 = 3.969

(Asumiendo $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ g/cc}$)

entonces:

$$G.C. = \frac{3.969 \text{ Kg}}{13.608 \text{ Kg}} = 29.17$$

$$\underline{G.C. = 29.17\%}$$

c) Análisis de porosidad

$$* \text{ Porosidad aparente} = \frac{\text{Volumen H}_2\text{O saturac.}}{\text{Volumen muestra}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen H}_2\text{O saturac.} &= \text{Volumen total} - \text{Volumen H}_2\text{O agregado} - \text{Volumen sobren.} - \text{Volumen libre} \\ &= 6.600 - 0.875 - 4.485 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen H}_2\text{O saturac.} = 1.240 \text{ lt}$$

$$\Rightarrow \text{Porosidad aparente} = \frac{1.240}{12.47} \times 100$$

$$\text{Porosidad aparente} = \underline{9.94\%}$$

$$* \text{ Porosidad real} = \frac{\text{Volumen total H}_2\text{O}}{\text{Volumen muestra}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen total H}_2\text{O} &= \text{Volumen H}_2\text{O Saturac.} + \text{Volumen H}_2\text{O inicial} \\ &= 1.240 + 3.192 \\ &= 4.432 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\text{Porosidad real} = \frac{4.432}{12.47} \times 100$$

$$\text{Porosidad real} = \underline{35.54\%}$$

2.3.2 Análisis de muestras alterada e inalterada (a 3 m de profundidad)

2.3.2.1 Análisis de muestra alterada

a) Prueba de composición. - No se realizó. Se asume la misma composición de la muestra a 1 m de profundidad.

b) Prueba de humedad. -

Masa total muestra = 7.500 Kg
 Masa materia no húmeda = 1.850 Kg
 Masa materia húmeda = 5.650 Kg

N°	Masa malla (g)	Malla+muest. húmeda (g)	Malla+muest. seca (g)	% H mat. húmeda	% H total
1	59.4	301.0	268.1	18.54	13.97
2	63.1	312.4	254.3		

% H total = 13.97%
 % H (b.s.) = 16.24%

c) Prueba de sólidos volátiles y cenizas

N°	Masa crisol (g)	Crisol+muest. (g)	Crisol+muest. 550°C (g)	% sólidos volátiles	% cenizas
1	42.6383	54.7840	53.6160	9.62	90.38
2	44.7562	55.7320	54.8460	8.07	91.93
3	42.5613	52.6625	51.5530	8.47	91.53
4	44.5173	55.1112	54.0324	<u>10.18</u>	<u>89.82</u>
				9.08	90.92

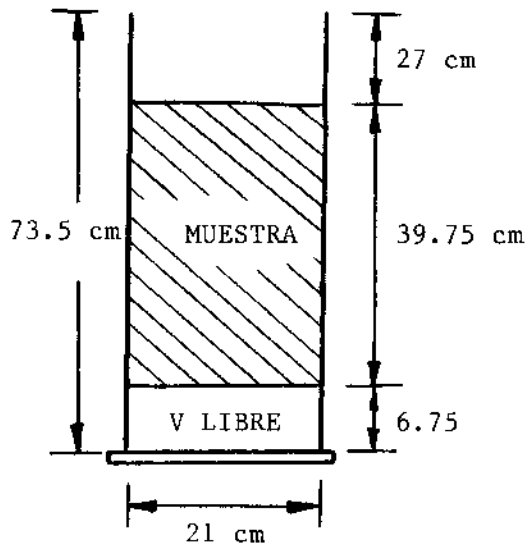
% sólidos volátiles = 9.08
 % cenizas = 90.92

2.3.2.2 Análisis muestra inalterada

Datos:

Masa lisímetro armado + muestra (inicial)	=	39.000 Kg
Masa lisímetro armado + muestra (final, 48 hr)	=	39.900 Kg
Masa H ₂ O retenida	=	0.900 Kg
Masa lisímetro armado	=	20.040 Kg
Masa muestra	=	18.960 Kg
Volumen total H ₂ O agregada	=	4.700 Kg
Volumen sobrenadante	=	0.320 Kg
Volumen escurrido	=	3.429 Kg
Volumen retenido	=	0.948 Kg
Volumen lisímetro (para h = 6.75 cm)	=	2.338 lt
Volumen banco soporte	=	0.702 lt
Volumen libre	=	1.636 lt
Volumen muestra	=	13.770 lt

a) Prueba de densidad (ρ , Kg/m³)



$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa (Kg)}}{\text{volumen (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Masa muestra} = 18.960 \text{ Kg}$$

$$\text{Volumen muestra} = \frac{\pi D^2}{4} \times h$$

$$\text{Volumen muestra} = \frac{\pi (0.21)^2}{4} \times 0.3975$$

$$\text{Volumen muestra} = 0.01377 \text{ m}^3$$

$$\text{Densidad} = \frac{18.960 \text{ Kg}}{0.01377 \text{ m}^3} = 1376.9$$

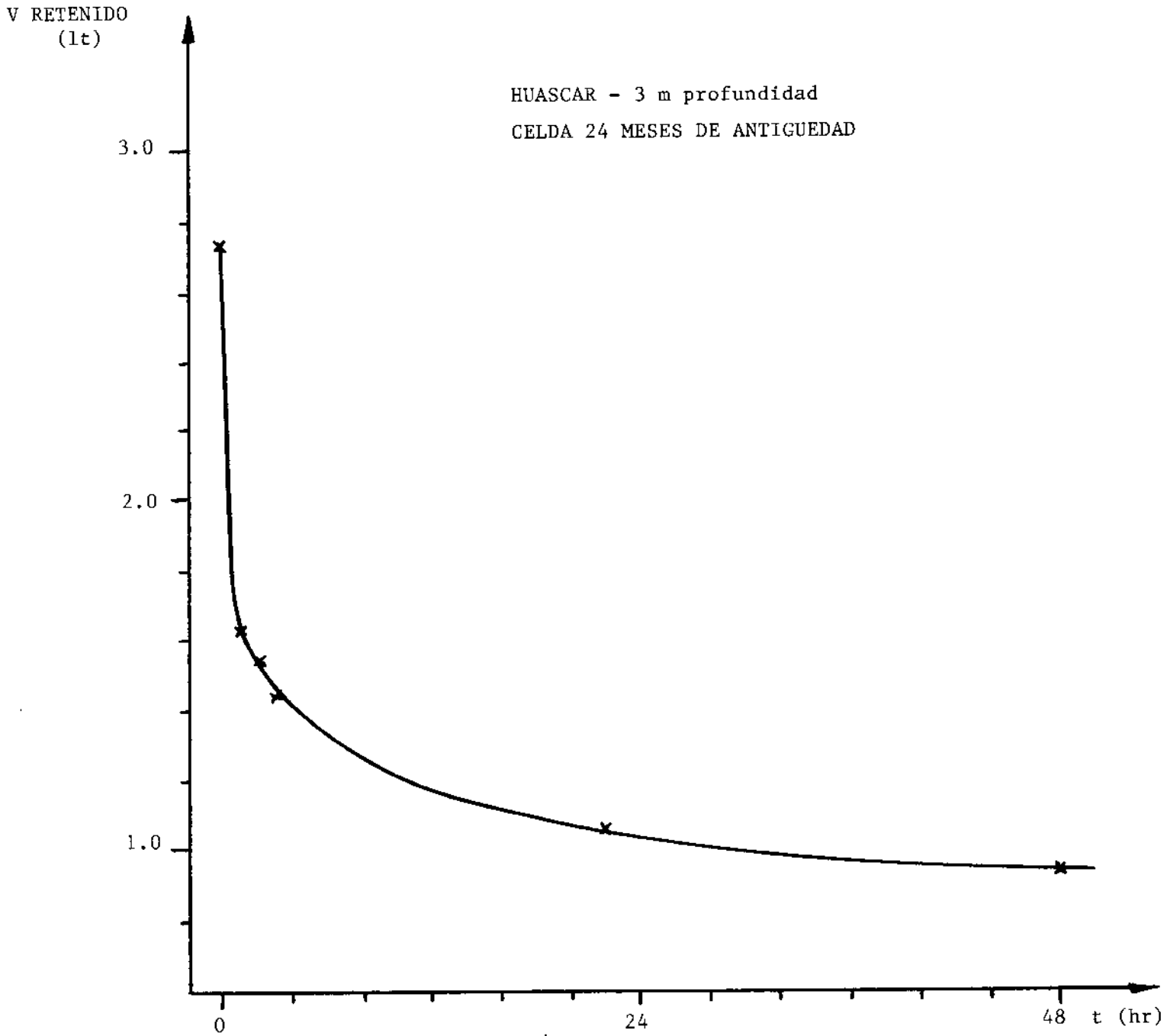
$$\text{Densidad} = \underline{1376.9 \text{ Kg/m}^3}$$

b) Prueba de capacidad de campo

Inicio del drenaje - Datos:

Tiempo (hr)	0	0.5	1.0	2.0	3.0	22.0	48.0
Vol. retirado (lt)	1.636	0.834	0.290	0.090	0.082	0.384	0.113
pH	8.8	8.8	-	8.7	-	-	8.7
Vol. retenido (lt)	2.744	1.910	1.620	1.527	1.445	1.061	0.948

VOLUMEN RETENIDO VS. TIEMPO



I. Por análisis de humedad

Nº	Masa malla (g)	Malla+muest. húmeda (g)	Malla+muest. seca (g)	% H mat. húmeda	% H total
1	134.86	833.15	653.50	25.73	23.56
2	140.10	964.90	765.60	<u>24.16</u>	<u>22.12</u>
				Prom.	22.84

Masa materia húmeda = 18.185
 Masa materia no húmeda = 1.675
 % H (b.h.) = 22.84

$$C.C. = \% H (b.s.) = \underline{29.60\%}$$

II. Por diferencia de masas

$$C.C. = \frac{\text{Masa total } H_2O}{\text{Masa muestr. seca}} = \frac{\text{Masa } H_2O \text{ retenida} + \text{Masa } H_2O \text{ inicial}}{\text{Masa muestr. seca}}$$

Masa H_2O retenida = 0.900 Kg
 Masa H_2O inicial = $\% H_1 \times \text{masa muestra}$
 = $0.1397 \times 18.960 = 2.649 \text{ Kg}$
 Masa muestr. seca = $(1 - \% H_1) \times \text{masa muestra}$
 = $0.8603 \times 18.960 = 16.311 \text{ Kg}$

$$C.C. = \frac{(0.900 + 2.649) \text{ Kg}}{16.311 \text{ Kg}}$$

$$C.C. = \underline{21.76\%}$$

III. Por diferencia de volúmenes

Volumen total H_2O = Vol. H_2O retenida + Vol. H_2O inicial
 = $0.948 \text{ lt} + 2.649 \text{ lt}$
 = 3.597 lt

Asumiendo $\rho_{H_2O} = 1 \text{ g/cc}$

entonces:

$$C.C. = \frac{3.597 \text{ Kg}}{16.311 \text{ Kg}}$$

$$C.C. = \underline{22.05\%}$$

c) Análisis de porosidad

$$* \text{ Porosidad aparente} = \frac{V \text{ H}_2\text{O saturación}}{V \text{ muestra}} \times 100$$

$$\begin{aligned} V \text{ H}_2\text{O saturac.} &= V \text{ total agregado} - V \text{ sobrenadante} - V \text{ libre} \\ &= 4.740 - 0.320 - 1.636 \\ &= 2.744 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\text{Porosidad aparente} = \frac{2.744 \text{ lt}}{13.770 \text{ lt}} \times 100$$

$$\text{Porosidad aparente} = \underline{19.93\%}$$

$$* \text{ Porosidad real} = \frac{V \text{ total H}_2\text{O}}{V \text{ muestra}} \times 100$$

$$\begin{aligned} V \text{ total H}_2\text{O} &= V \text{ H}_2\text{O saturac.} + V \text{ H}_2\text{O inicial} \\ &= 2.744 + 0.1397 \times 18.960 \\ &= 5.393 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\text{Porosidad real} = \frac{5.393 \text{ lt}}{13.770 \text{ lt}} \times 100$$

$$\text{Porosidad real} = \underline{39.16\%}$$

TABULACION DE RESULTADOS

RELLENO SANITARIO		HUASCAR (PRUEBA)			
		H U A S C A R			
PROFUNDIDAD		1 M	1 M	3 M	
DENSIDAD (Kg/m ³)		1,761.7	1,347.3	1,376.9	
% H INICIAL	B.H.	17.51	18.99	13.97	
	B.S.	21.23	23.45	16.24	
CAPACIDAD DE CAMPO	% H FINAL	B.H.	28.51	23.81	22.84
		B.S.	39.88	31.25	29.60
	DIFERENCIA VOLUMENES		24.71	29.17	22.05
	DIFERENCIA MASAS		-	32.28	21.76
POROSIDAD	APARENTE	11.22	9.94	19.93	
	REAL	42.07	35.54	39.16	
% SOLIDOS VOLATILES		12.09	11.48	9.08	
% CENIZAS		87.91	88.52	90.92	

Observaciones

1. La excavación en el microrrelleno sanitario Huáscar se realizó en una celda de 24 meses de antigüedad. Debido a esto, se encontró gran cantidad de materia orgánica en estado de degradación mezclada con el material de cubierta, lo cual imposibilitó su reconocimiento y separación.
2. De la prueba de composición se observa que el mayor porcentaje corresponde a la materia orgánica degradada mezclada con suelos, seguida de papeles y cartones; plásticos, caucho y cuero (en mayor proporción los plásticos); madera y follaje; textiles, etc.
3. Los resultados de la humedad de las muestras correspondientes a la excavación de prueba (Huáscar, 1 m prof.) son bastante diferentes entre sí. Esto debido a que se realizó en placas de poca capacidad (aprox. 10 g), donde las muestras tomadas no son representativas. Para salvar este inconveniente, se prepararon mallas metálicas de mayor capacidad (200-300 g).
4. De acuerdo a la cantidad de muestra tomada para la humedad, se recomienda secar por un período de aprox. 24 hr, hasta peso constante a una temperatura de $75 \pm 5^{\circ}\text{C}$, sin llegar a los 100°C para no perder parte de los sólidos volátiles.
5. Es recomendable saturar la muestra por la parte inferior del lisímetro hasta observar el nivel de agua en la parte superior, para evitar problemas de tubificación y de presión hidrostática. Otro problema que surge al saturar por la parte superior es la bolsa de aire correspondiente al volumen libre, que dificulta el paso del agua hacia abajo.
6. De los gráficos correspondientes a Volumen retenido vs. Tiempo se observa que, al acercarse a las 48 hr, el valor del volumen retenido se hace casi constante, lo que indica que el volumen retirado es casi nulo, por lo cual se justifica detener la prueba.