

Ing. Ascue \_\_\_\_\_

Ing. Zepeda \_\_\_\_\_

## INFORME DE ACTIVIDADES N° 2

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

Nombre:                   Sofía Méndez Agreda  
Fecha:                    30 de julio de 1988  
Asesor:                   Ing. Francisco Zepeda Porras  
Supervisor directo:    Ing. Johnny Ascue Contreras

---

#### 1. OBJETIVO

El presente informe tiene como objetivo dar a conocer las actividades realizadas en el Proyecto de Gases y Lixiviados en los microrrelenos de Lima hasta el mes de julio de 1988.

#### 2. DESCRIPCION

##### 2.A Determinación de la concentración de metano en la interfase suelo-aire

En la primera semana del mes de julio se concluyó con la toma de lecturas de concentración de metano en la interfase suelo-aire.

##### Microrrelleno Campoy

Este microrrelleno tiene una antigüedad de 6-8 años; aquí se ha cubierto un área de 1.62 hectáreas, siendo el área de cada cuadrícula de 10 m por 10 m.

A continuación se presentan las lecturas de gases (DIF).

---

PUNTO N°	CH <sub>4</sub> (ppm)	PUNTO N°	CH <sub>4</sub> (ppm)	PUNTO N°	CH <sub>4</sub> (ppm)	PUNTO N°	CH <sub>4</sub> (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

---

(\*) Tubo de captación de gas.

PUNTO N°	CH <sub>4</sub> (ppm)	PUNTO N°	CH <sub>4</sub> (ppm)	PUNTO N°	CH <sub>4</sub> ( p p m )	PUNTO N°	CH <sub>4</sub> (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		

Observaciones:

En este relleno los valores de concentración de CH<sub>4</sub> fueron relativamente bajos, excepto en el punto donde existe un tubo de captación de gas; de este relleno se tiene información que se ha colocado más de una vez la cubierta final debido a hundimientos de la superficie ya que aquí la basura no fue compactada.

2.B Determinación de la prueba de lixiviados

La prueba de lixiviados se realizó en forma cualitativa e indirecta. Para esto, se tomarán muestras inalteradas y alteradas de basura a 1 metro y 3 metros por debajo de la interfase "cubierta final-basura".

En la muestra inalterada se determinó: densidad, capacidad de campo y porosidad, mientras que a la muestra alterada se le determinó: composición, humedad y sólidos volátiles.

Para la toma de muestras inalteradas se escoge la zona de muestreo y, con la ayuda de un cargador frontal, se realiza la excavación. Una vez que se ha llegado a la profundidad deseada, se procede a colocar el tubo el cual es hundido con la ayuda de la pala del cargador frontal. Tomada la muestra, ésta es identificada y enviada al laboratorio.

## I. Análisis de muestras inalteradas

### a) Composición

Para esta prueba se coloca la muestra en una mesa y se inicia rápidamente la clasificación en los siguientes grupos:

- Plásticos, caucho, cuero
  - Piedras, escombros, losas
  - Restos de alimentos
  - Papel y cartón
  - Madera y follaje
  - Suelo + M.O.D.
  - Textiles
  - Vidrios
  - Huesos
  - Metales
- 
- M.O.D.: Materia orgánica degradada. Es el material que, debido al tiempo y a las condiciones en que se encuentra dentro del relleno, no se le puede identificar, encontrándose mezclado con arena o tierra.
  - La selección se hace manualmente, colocándose cada componente en pequeños plásticos para luego pesarlos.
  - Con el objeto de facilitar el proceso de separación, es conveniente hacer uso de una malla metálica de 1" y  $\frac{1}{4}$ " de abertura, permitiendo una inmediata separación de los finos que se adhieren por la humedad a otros componentes.
  - Una vez terminada la clasificación, se pesa cada componente y se calcula el porcentaje de cada uno, teniendo los datos del peso total y el peso de cada material.
  - Es recomendable realizar el trabajo con la mayor rapidez posible, ya que durante la operación la basura va perdiendo humedad, debiéndose en lo posible realizar el trabajo de composición en el campo.

### b) Humedad

De todos los métodos existentes para la determinación de la humedad (rayos infrarrojos, destilación de tolueno y secado al horno) el método de secado al horno es el que ofrece mayores ventajas pues constituye un paso en la preparación de las muestras para su análisis posterior.

Equipo

- Un horno de secado (0-100°C)
- Un frasco secador grande
- Recipientes para las muestras
- Una balanza graduada a una décima de gramo y con capacidad para 500 g.

Procedimiento

- Se prepara la muestra inicial.- Para la prueba de humedad se puede utilizar la muestra a la que se le hizo composición o tomar una nueva muestra; en todos los casos se retiran los materiales que no poseen humedad tales como: metales, vidrios, plásticos, cueros, caucho, piedras, escombros y losas. Se homogeniza el resto de los materiales y se divide en cuartos tomando de cada cuarto una porción. Se juntan las porciones tomadas de cada cuarto y se mezclan, dividiéndolas nuevamente en cuartos. Esta operación se repite hasta tener aproximadamente 500 g.
- Se pesan los recipientes para las muestras ( $m_1$ ). En nuestro caso los recipientes son cajas de 20 x 10 x 5 cm, construidas con malla de  $\frac{1}{4}$ " de abertura y forradas en su interior con papel de aluminio tal como se muestra en la figura 1.

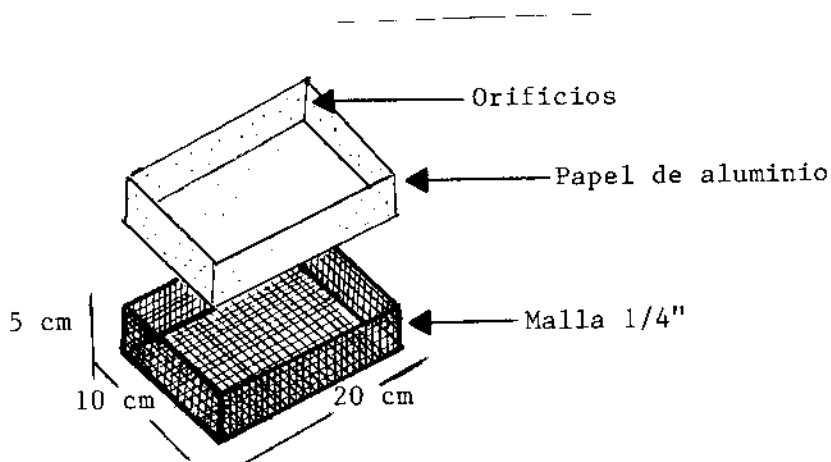


Figura 1

- Se pone la muestra en los recipientes (aproximadamente 200 g), cortando bien los restos de alimentos, papel, textiles, etc. para facilitar la disecación. No hay que comprimir el material.
- Una vez llenos se pesan los recipientes ( $m_2$ ) y se llevan al horno.
- Se secan a  $75^\circ\text{C}$ ; para muestras que poseen un contenido de humedad menor al 60% es suficiente secarlas durante 24 hr; también es preferible secarlas a  $75^\circ\text{C}$  porque esto permite conservar más componentes volátiles aparte del agua (especialmente nitrógeno amoniacal y lípidos).
- Se sacan los recipientes del horno y se dejan enfriar en el frasco secador.
- Se pesan los recipientes y se vuelven a secar por 1 ó 2 hr hasta peso constante ( $m_3$ ).

#### Cálculo

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Pérdida de masa}}{\text{masa húmeda}} \times 100 = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad total (base húmeda)} = \frac{\% \text{ Humedad} \times \text{masa de mat. húmeda}}{\text{masa de materia total}}$$

$$\% \text{ Humedad total (base seca)} = \frac{\% \text{ Humedad total (b.h.)}}{1 - \text{H. total b.h.}}$$

#### c) Sólidos volátiles

##### Equipo

- Un horno de secado ( $0-100^\circ\text{C}$ )
- Una balanza analítica
- Un frasco secador grande
- Crisoles de porcelana
- Un horno de mufla con pirómetro indicador y control de temperatura con reostato (se debe alcanzar temp. de  $650^\circ\text{C}$ )

##### Procedimiento

- a) Se transfieren unos 10 gramos de residuos secados y molidos de la muestra en un crisol previamente incinerado y pesado ( $m_1$ ).

- b) Se vuelven a secar los residuos en el crisol a 75°C en el horno de secado durante 2 horas.
- c) Se saca el crisol del horno y se deja enfriar en el frasco secador.
- d) Se pesa el crisol ( $m_2$ ) y se determina el peso neto seco de la muestra ( $m_2 - m_1$ ).
- e) Se coloca el crisol en el horno de mufla frío, se aumenta la temperatura del horno gradualmente hasta 550°C y se mantiene esta temperatura durante 2 horas.
- f) Se saca el crisol del horno y se deja enfriar en el frasco secador.
- g) Se pesa el crisol ( $m_3$ ) y se determina el peso de la ceniza ( $m_3 - m_1$ ).

Cálculos

$$\frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100 = \% \text{ sólidos volátiles}$$

$$\frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \times 100 = \% \text{ cenizas}$$

II. Análisis de muestras alteradas

a) Densidad

El objetivo de esta medición es determinar la densidad de la basura tal como se encuentra en el relleno; para esto se toman datos de masa y volumen de la muestra captada por el lisímetro.

- Masa del lisímetro armado (Kg) = ( $m_1$ )
- Masa del lisímetro armado más muestra (Kg) = ( $m_2$ )
- Diámetro del lisímetro (m) = D
- Altura de la muestra en el lisímetro (m) = h

$$\text{masa de muestra (Kg)} = (m_2 - m_1)$$

$$\text{Volumen de muestra (m}^3\text{)} = \frac{\pi D^2}{4} \times h$$



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

b) Capacidad de campo (C.c.)

La capacidad de campo se define como la cantidad de agua que el suelo (en nuestro caso una muestra de basura inalterada) retiene contra la gravedad, cuando se deja drenar libremente, después de haberla saturado. Por lo general se llega a este punto aproximadamente 48 horas después de iniciado el drenaje, tal como se aprecia en los gráficos Volumen retenido vs. tiempo (figura 2). La prueba de capacidad de campo se realiza tomando muestras inalteradas dentro de un lisímetro tipo, cuyo croquis se presenta en la figura 3.

Procedimiento

- a) Pesar el lisímetro, medir el diámetro, la altura total e identificarlo.
- b) Realizar la toma de la muestra inalterada.
- c) Una vez que el lisímetro conteniendo la muestra llega al laboratorio, se procede a armarlo. Para esto se retira parte de la muestra de las zonas inferior y superior a fin de poder colocar las mallas, el banco de soporte y delimitar el volumen de muestra.
- d) Tomar las alturas libres inferior y superior.
- e) Colocar la tapa inferior del lisímetro, asegurándola bien y sellando herméticamente los bordes (resina, brea, cemento, etc.).
- f) Colocar la manguera y la pinza de seguridad en el orificio de drenaje.
- g) Pesar el lisímetro armado con muestra.
- h) Saturar la muestra; ésta puede saturarse de dos maneras:
  - 1° Agregando agua por la parte superior, en forma de lluvia, tratando de mantener una carga hidráulica de 1 cm de altura. Cuando se observa que el agua ya no desciende, se dice que la muestra está saturada; este proceso puede durar más de 24 horas, dependiendo de la compactación de la basura.
  - 2° la otra manera es agregando agua por el agujero de drenaje por diferencia de presiones; llenar el volumen libre inferior y proseguir hasta observar el nivel de agua en la parte superior; este proceso es más rápido pudiendo saturar la muestra incluso en 1 hora, dependiendo de la porosidad.

En caso se presenten problemas (plásticos, maderas u otro material que dificulta el paso del agua) saturar primero por la parte inferior, asegurándose de haber llenado el volumen libre y continuar saturando por la parte superior.

- i) Una vez saturada la muestra, retirar el volumen sobrenadante y anotarlos.
- j) Iniciar el drenaje tomando datos de volumen retirado vs. tiempo durante 48 horas.
- k) De los volúmenes retirados tomar muestras para medir el pH del lixiviado.
- l) Al finalizar las 48 horas retirar el último volumen de agua percolada y pesar el lisímetro.
- m) Desarmar el lisímetro, sacar la muestra sobre un plástico y determinar su humedad.
- n) Pesar el lisímetro vacío más los accesorios.

Cálculos

$$\text{Capacidad de campo (C.c.)} = \frac{\text{Masa tot. agua presente en la muestra}}{\text{Masa de muestra seca}}$$

La capacidad de campo se puede determinar:

- Por análisis de humedad
- Por diferencia de volúmenes
- Por diferencia de masas

i. Por análisis de humedad

La capacidad de campo será el porcentaje de humedad que posee la muestra inalterada, luego de drenar 48 horas, expresada en base seca.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad total (base húmeda)} = \frac{\% \text{ Hum.} \times \text{masa mat. húmeda}}{\text{masa de materia total}}$$

$$\text{C.c.} = \% \text{ Humedad total (base seca)} = \frac{\% \text{ Hum. total (b.h.)}}{1 - \text{Hum. total (b.h.)}}$$

Donde:

- $m_1$  = masa de malla
- $m_2$  = masa de malla más muestra húmeda
- $m_3$  = masa de malla más muestra seca (75°C)

ii. Por diferencia de masas

Para el cálculo de capacidad de campo por diferencia de masa, la masa total de agua presente en la muestra es igual a la masa de agua en la muestra inicial más la masa de agua retenida después de drenar 48 horas. Entonces:

Masa de H<sub>2</sub>O en la muestra al inicio = % H total (b.h.) inicial x masa de muestra

$$\text{Masa de H}_2\text{O retenida} = \left[ \begin{array}{c} \text{masa de lisímetro} \\ + \\ \text{muestra final} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{c} \text{masa del lisímetro} \\ + \\ \text{muestra inicial} \end{array} \right]$$

- Masa de muestra seca = (1-% H total b.h. inicial) x masa de muestra

$$\text{C.c.} = \frac{\text{masa de H}_2\text{O en la muestra al inicio} + \text{masa de H}_2\text{O retenida}}{\text{masa de muestra seca}} \times 100$$

c) Porosidad (n)

La porosidad se determina indirectamente, saturando la muestra, para lo cual se agrega agua hasta alcanzar el nivel superior de la basura en el lisímetro.

Cálculo

Datos:

- Volumen de la muestra
- Volumen de H<sub>2</sub>O de saturación
- Volumen de H<sub>2</sub>O en la muestra al inicio

Asumiendo Densidad H<sub>2</sub>O = 1 g/cc.

Vol de H<sub>2</sub>O en la muestra al inicio = % H total (b.h.) inicial x masa de muestra

$$\text{Porosidad aparente} = \frac{\text{Vol H}_2\text{O de saturación}}{\text{Vol de muestra}}$$

$$\text{Poros. real} = \frac{\text{Vol H}_2\text{O de sat.} + \text{Vol H}_2\text{O en muestra al inic.}}{\text{Vol de muestra}}$$

## 2.C Microrrelleno Sanitario Huáscar

Con la finalidad de ensayar la técnica propuesta en la determinación de lixiviados, se realizó una prueba en el microrrelleno Huáscar (en la celda N° 5) a un metro de profundidad. Los resultados fueron:

### I. Muestra alterada

#### Composición

M a t e r i a l	% 1	% 2
Plásticos, caucho, cuero	8.92	7.82
Papel y cartón	8.92	5.78
Madera y follaje	6.05	3.40
Restos de alimentos	0.48	0.34
Suelo + M.O.D.	69.94	77.72
Textiles	1.75	0.68
Metales	1.75	2.72
Huesos	1.11	0.68
Vidrios	1.08	0.85

#### % Humedad inicial

% Humedad base húmeda = 17.51%

% Humedad base seca = 21.50%

#### % Sólidos volátiles y cenizas

% sólidos volátiles = 12.02%

% cenizas = 87.98%

### II. Muestra inalterada

#### Densidad

Densidad = 1,761.7 Kg/m<sup>3</sup>

#### Capacidad de campo

- Por análisis de humedad

Masa total = 17,800 Kg

Masa húmeda = 15,550 Kg

1. Humedad de cada componente

Material	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	% H	% H total b.h. = 25.88
Papel	33.3	78.80	60.30	40.66	
Suelo + M.O.D.	29.0	80.05	69.30	20.96	
Textiles	28.6	77.80	63.95	28.15	
Madera	30.0	76.50	61.70	81.83	
Huesos	35.0	62.30	55.10	<u>26.37</u>	
	PROMEDIO PONDERADO			29.63	

2. Humedad de la mezcla total

Material	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	% H	% H total b.h.
Mezcla total 1	33.00	87.40	69.10	33.95	29.66
Mezcla total 2	38.00	80.01	66.20	<u>33.03</u>	<u>28.85</u>
PROMEDIO				33.49	29.26

$$\% \text{ H total (b.h.)} = \frac{25.88 + 29.26}{2} = 27.57\%$$

$$\% \text{ H total (b.s.)} = 38.06\%$$

Composición de la basura después de la C.c.

Material	Peso
Plásticos, caucho, cuero	0.600
Piedras	1.050
Vidrios	0.225
Metales	0.150
Madera	0.600
Papel	1.550
Cerámicos	0.175
Huesos	0.400
Textiles	0.400
Otros cabellos, plumas, jebes)	0.050
Arena + M.O.D.	<u>13.600</u>
TOTAL	17.800

- Por diferencia de volúmenes = 24.71%
- Por diferencia de masas = no se realizó

Porosidad

- Porosidad aparente = 11.22%
- Porosidad real = 42.07%

pH

No se tomó el pH del lixiviado.

Observaciones

1. La prueba de composición para la muestra alterada se realizó en el campo y por duplicado.
2. La prueba de humedad, tanto para la muestra alterada como para la inalterada, se realizó en placas de vidrio de aproximadamente 10 cm de diámetro por 1 cm de altura. En vista de los resultados obtenidos (humedad después de la C.c.) y debido al tamaño de los componentes, en lo sucesivo se utilizarán recipientes más grandes para las pruebas de humedad (mallas).
3. En cuanto a la forma de saturar la muestra, la saturación se hizo agregando agua por la parte superior. Dado el tiempo empleado, se tratará de saturar las próximas muestras por el orificio de drenaje.
4. Del gráfico: Volumen retenido vs. tiempo, se deduce que un lapso de 48 hr es suficiente para tiempo total de drenado.
5. Se estima conveniente también hacer los cálculos de C.c. por diferencia de masa y comparar con los resultados de C.c. por análisis de H y por diferencia de volumen.

2.D Determinación de lixiviados en el Microrrelleno Huáscar

En el microrrelleno Huáscar se tomaron las muestras en la celda más antigua (celda N° 5), a 1 y 3 m de profundidad. A continuación se presentan los resultados.

2.D.1 Relleno sanitario Huáscar

Lugar de muestreo	Celda N° 5
Profundidad	1 m
Antigüedad	2 años

a) Muestra alterada

Composición

---

<u>M a t e r i a l</u>	<u>%</u>
Piedras	2.17
Papel	12.28
Plástico	8.23
Textiles	2.10
Madera	5.54
Vidrios	1.05
Huesos	0.67
Suelo + M.O.D.	62.87
Restos de alimentos	<u>2.92</u>
TOTAL	100.00

---

% Humedad inicial

% H. base húmeda = 18.99%

% H. base seca = 23.45%

% sólidos volátiles y cenizas

% sólidos volátiles = 11.20%

% cenizas = 88.80%

b) Muestra inalterada

Densidad

Densidad = 1,347.3%

Capacidad de campo

- Por análisis de humedad = 31.00%

- Por diferencia de volúmenes = 29.15%

- Por diferencia de masa = 32.26%

Porosidad

Porosidad aparente = 9.94%

Porosidad real = 35.53%

pH

ph = 8.1

2.D.2 Relleno Sanitario Huáscar

Lugar de muestreo            Celda N° 5  
Profundidad                    3 m  
Antigüedad                    2 años

a) Muestra alterada

Composición

---

M a t e r i a l	%
Piedras	2.14
Papel	7.30
Plástico	4.28
Textiles	1.51
Metal	1.51
Madera	1.26
Vidrios	0.50
Huesos	0.35
Suelo + M.O.D.	81.14
Restos de alimentos	-
TOTAL	100.00

---

% Humedad inicial

% H. base húmeda = 13.91%

% H. base seca = 16.36%

% sólidos volátiles y cenizas

% sólidos volátiles = 9.73%

% cenizas = 90.27%

b) Muestra inalterada

Densidad

Densidad = 1,377.1 Kg/m<sup>3</sup>

Capacidad de campo

Por análisis de humedad = 29.61%

Por diferencia de volúmenes = 21.98%

Por diferencia de masas = 21.67%

Porosidad

Porosidad aparente = 19.93%

Porosidad real = 39.09%

pH

pH = 8.8

Observaciones

1. En los resultados se observan valores de densidad y cenizas un tanto altos; esto se debe principalmente a que la basura dentro del relleno está mezclada con arena.
2. En la muestra a 1 m se han presentado problemas en la saturación (demoró demasiado), encontrándose trozos de madera, al momento de descargar el lisímetro, lo cual posiblemente retrasó el paso del agua.
3. Asimismo, se presentaron en el lisímetro (a 1 m) problemas en cuanto al sellado. Por esta razón y por lo expuesto en el punto anterior, la prueba se repetirá al final.

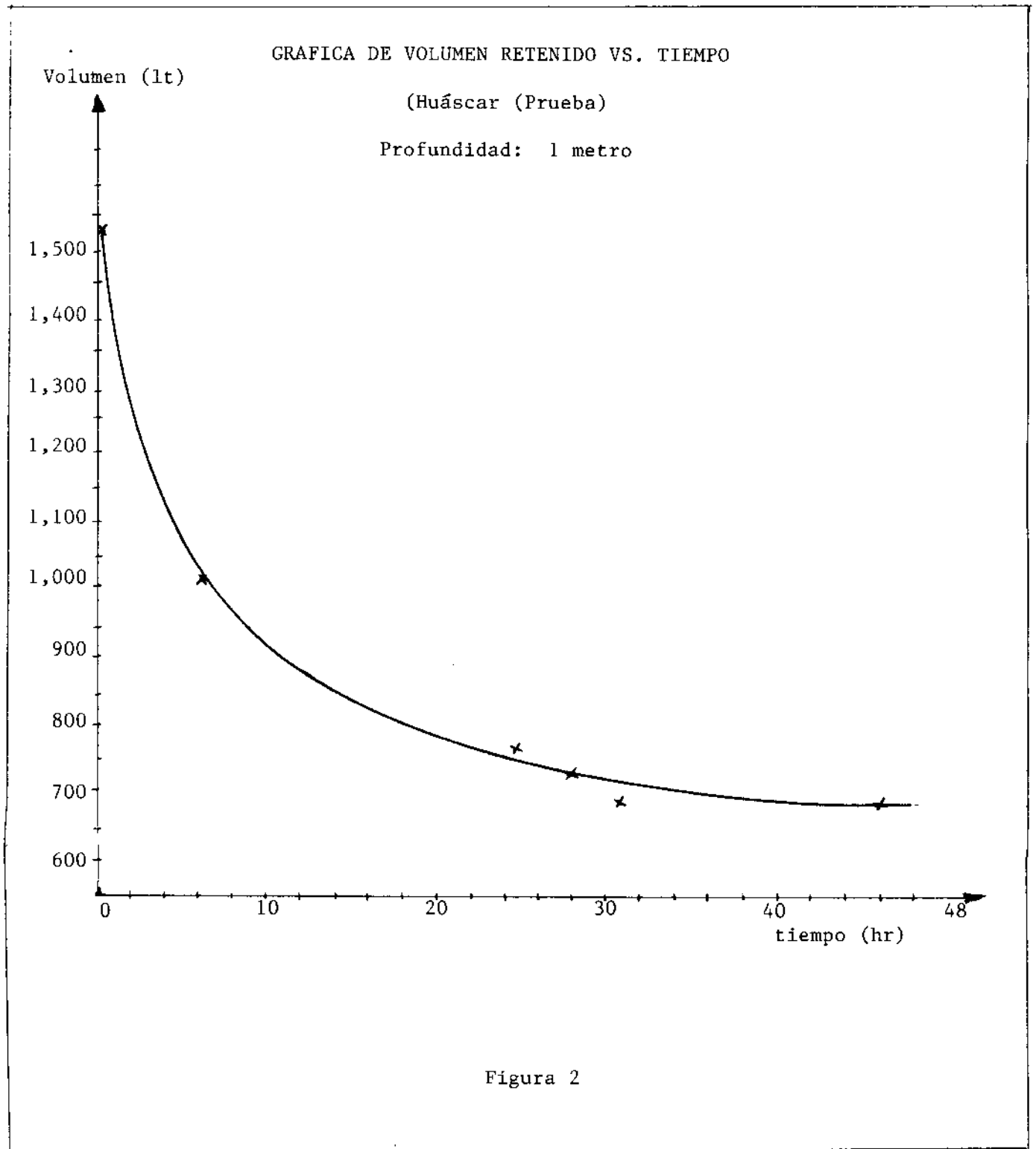


Figura 2

CROQUIS DEL LISIMETRO TIPO EMPLEADO EN LA EXPERIMENTACION

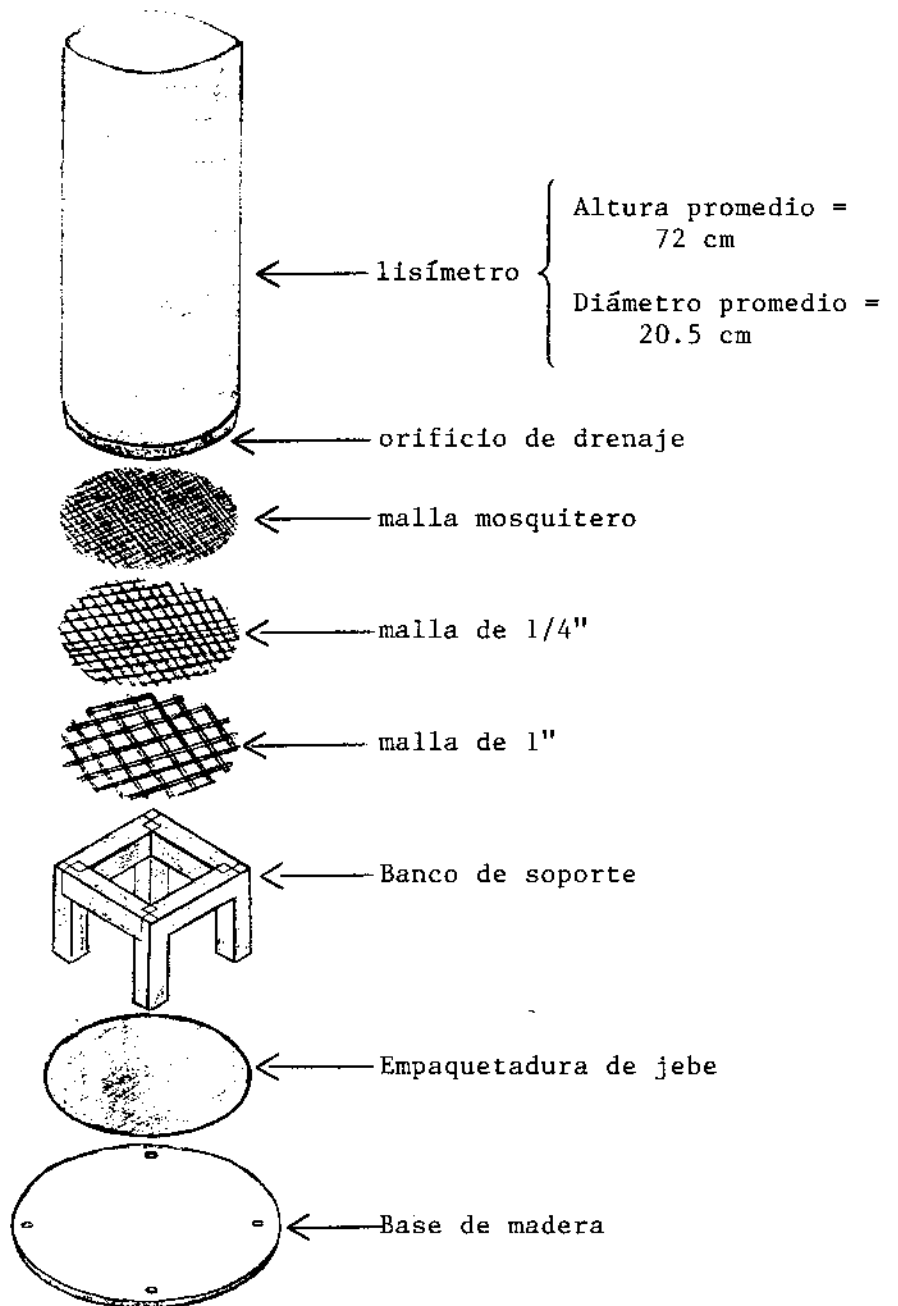


Figura 3