

7500  
~~DEFE~~  
30

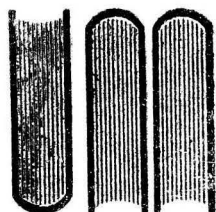
FECHA DE DEVOLUCION

El último sello marca la fecha tope para ser devuelto este libro.  
El lector pagará \$ pesos por cada día que pase una semana después del vencimiento.

24 ABR 1992

# UNIVERSIDAD DE MONTERREY

DIVISION DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS



UNIVERSIDAD  
DE MONTERREY

Clasif.  
040.664  
R696da  
1982  
c.1

*Título*

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SECADOR DE  
CHAROLAS PARA EL LABORATORIO DE  
PROCESADO DE ALIMENTOS.

REPORTE DEL PROGRAMA DE EVALUACION FINAL  
PRESENTADO POR

*Autor*

OBSIDIANA RODRIGUEZ IBAÑEZ  
EN OPCION AL TITULO DE  
INGENIERO EN ALIMENTOS

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1982

BIBLIOTECA  
UNIVERSIDAD DE MONTERREY

*Folio*  
801549

UNIVERSIDAD DE MONTERREY

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SECADOR DE CHAROLAS  
PARA EL LABORATORIO DE PROCESADO DE ALIMENTOS"

MONTERREY, N.L.

DICIEMBRE DE 1982

REPORTE DEL PROGRAMA DE EVALUACION FINAL PRESENTADO POR:

OBSIDIANA RODRIGUEZ IBAMEZ

GRACIAS DIOS MIO, POR TODO.

## I N D I C E

INTRODUCCION		1
MATERIALES Y METODOS	Estudio preliminar	4
	Descripción del aparato	5
	Procedimiento utilizado para obtener las curvas de velocidad de secado	11
	Estudio económico	15
TABULACION DE RESULTADOS		16
DISCUSION		36
CONCLUSIONES		37
RESUMEN		38
BIBLIOGRAFIA		39

# INTRODUCCION

## I N T R O D U C C I O N

La evolución científica ha estado siempre ligada a la satisfacción de las necesidades básicas del hombre. En la actualidad el proveer alimento a la población humana tiene la prioridad que siempre ha tenido, pero unida a un mayor apremio, debido a la diferencia en cuanto a la cantidad de personas que deben ser alimentadas.

Ahora bien, el problema básico no es la producción de alimentos que los hay en cantidades suficientes, sino su a provechamiento y distribución adecuados. Una gran cantidad de alimentos son desperdiciados debido a su vida perecedera y la falta de recursos para contrarrestar dicha característica, en este momento es cuando la intervención del tec nólogo en alimentos se hace necesaria.

Para que se pueda llevar a cabo una labor productiva en este campo, es imprescindible la comprensión cabal de aquellos fenómenos involucrados en el procesamiento y preservación de los alimentos.

Actualmente el método más utilizado en la preservación de alimentos es el secado o deshidratación. (Potter, 1978). Esto es comprensible, ya que las ventajas que presenta un alimento deshidratado son de suma importancia: larga vida de almacenamiento, baja o nula actividad de agua, disminución en peso y volumen (en la mayoría de los casos), con lo que se reducen costos de almacenamiento y transporte, que también se ven reducidos por las condiciones de relativa poca exigencia bajo las cuales se almacena y transporta.

Lo anterior en contraposición con las características "negativas" de un producto seco o deshidratado, tales como alteración del color, sabor y textura, dificultad de regeneración por hidratación y en algunos casos, destrucción



de algunas vitaminas, nos da en conjunto un balance que --  
apoya indiscutiblemente la utilización de esta forma de --  
preservación de alimentos como parte importante en la solu-  
ción al problema de abastecimiento mundial de los mismos.

El origen de la deshidratación de alimentos como méto-  
do de preservación se pierde en los albores de la historia  
de la humanidad, utilizándose inicialmente la energía so-  
lar y las corrientes de aire naturales para la eliminación  
del agua contenida en los alimentos.

Esto es básicamente el proceso de secado: la transfe-  
rencia de masa (agua) del alimento al medio circundante me-  
diante el manejo adecuado de las condiciones del medio (en  
diversos grados según la capacidad del método elegido), ta-  
les como presión, temperatura y humedad.

El secador de charolas se encuentra entre los más sen-  
cillos en cuanto a su desarrollo y sofisticación técnica y  
de hecho es uno de los menos utilizados para fines indus-  
triales. Sin embargo, su utilización a nivel planta piloto  
y experimentación es muy favorecida por las ventajas que -  
presenta el desarrollar un proceso lento que es relativa-  
mente más fácil de controlar en cuanto a sus variables se-  
refiere, con lo que se logra una comprensión mejor del mé-  
todo de secado aplicado a diversos alimentos.

Teóricamente el proceso de secado debe seguir un de-  
sarrollo definido de dos secuencias alternadas: la transfe-  
rencia de energía del medio ambiente al alimento y la --  
transferencia de materia del alimento al medio ambiente.

En general se observan tres etapas durante todo el -  
proceso:

- a) La etapa inicial de secado rápido durante la cual el --  
agua se evapora del alimento como si lo hiciera desde -  
la superficie de un líquido.
- b) Etapa intermedia: en la cual disminuye gradualmente la-  
superficie húmeda del alimento, formándose costras endu

recidas que impiden el libre flujo de agua a la superficie y de ésta al medio.

- c) Etapa final: donde se presenta una disminución notable de la cantidad de agua desprendida, considerándose que en igual cantidad de tiempo se logra una evaporación mínima en comparación a la lograda en la etapa inicial.

En el secado de los alimentos deben considerarse características específicas de cada uno tales como: la humedad, los equilibrios osmóticos, la presencia de una amplia variedad de sólidos disueltos y/o suspendidos en un medio líquido rara vez formado en su totalidad por agua, la presencia de células y estructuras celulares, la transformación estructural o química conforme avanza el proceso y -- otras, que en conjunto determinan las variaciones en las curvas de velocidad de secado de cada alimento.

Las consideraciones anteriores han hecho de la construcción de secadores para alimentos una industria meramente empírica con pocas bases de diseño y normas a seguir, -- debido a las características específicas de una gran diversidad de productos a tratar. Existen tentos diseños de secadores como necesidades han logrado ser cubiertas.

El presente trabajo tiene por objeto la construcción de un secador de pequeña capacidad donde se puedan estudiar las constantes de fenómeno y realizar experimentos a escala laboratorio con diversos alimentos.

Dicha construcción se ha tratado de llevar a cabo utilizando equipo sencillo formado por materiales standard -- que se pueden conseguir facilmente en el mercado y otros -- procedentes de partes de equipo desechado de nuestros laboratorios.

MATERIALES Y METODOS

## ESTUDIO PRELIMINAR

Previamente a la construcción se hicieron varios modelos con variación en la dirección de flujos de corriente:

## a) Entradas laterales y salida superior

Este modelo tendría la ventaja de aprovechar la fuerza natural que por diferencia de densidades presenta el aire caliente, pero el hecho de tener entradas laterales podría provocar un desperdicio de flujo al no poderse controlar el que dichas entradas fuesen también salidas al entrecruzarse las corrientes.

## b) Entradas alternadas y salidas alternadas

En este modelo el inconveniente del anterior sería aprovechado, ya que antes de salir, el aire tendría que recorrer cierta distancia sobre la superficie a secar dada la alternancia de los orificios, sin embargo, las condiciones de trabajo serían sumamente desfavorables en cuanto se refiere a la medición y control de las condiciones de operación, con lo que la finalidad de aparato de experimentación se vería seriamente afectada.

## c) Entrada inferior y salidas alternadas

En este caso se encontró una posible deficiencia en cuanto a que, dado el tipo de material con que se pretende trabajar podría ser: que éste fuera movido de su lugar e incluso tirado, ya que nada lo sostendría por arriba y/o que dada la dirección de la corriente de aire el tiempo y tipo de contacto con la superficie a secar no fuese suficiente o adecuado.

## DESCRIPCION DEL APARATO

Se decidió construir la cámara de secado de aglomerado, debido a su economía, resistencia a la humedad y dureza. Las paredes interiores se recubrieron con cartón asbesto como -- aislante.

El aire caliente se proporciona por dos resistencias de 44 ohms conectadas en paralelo y un abanico de  $.033 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

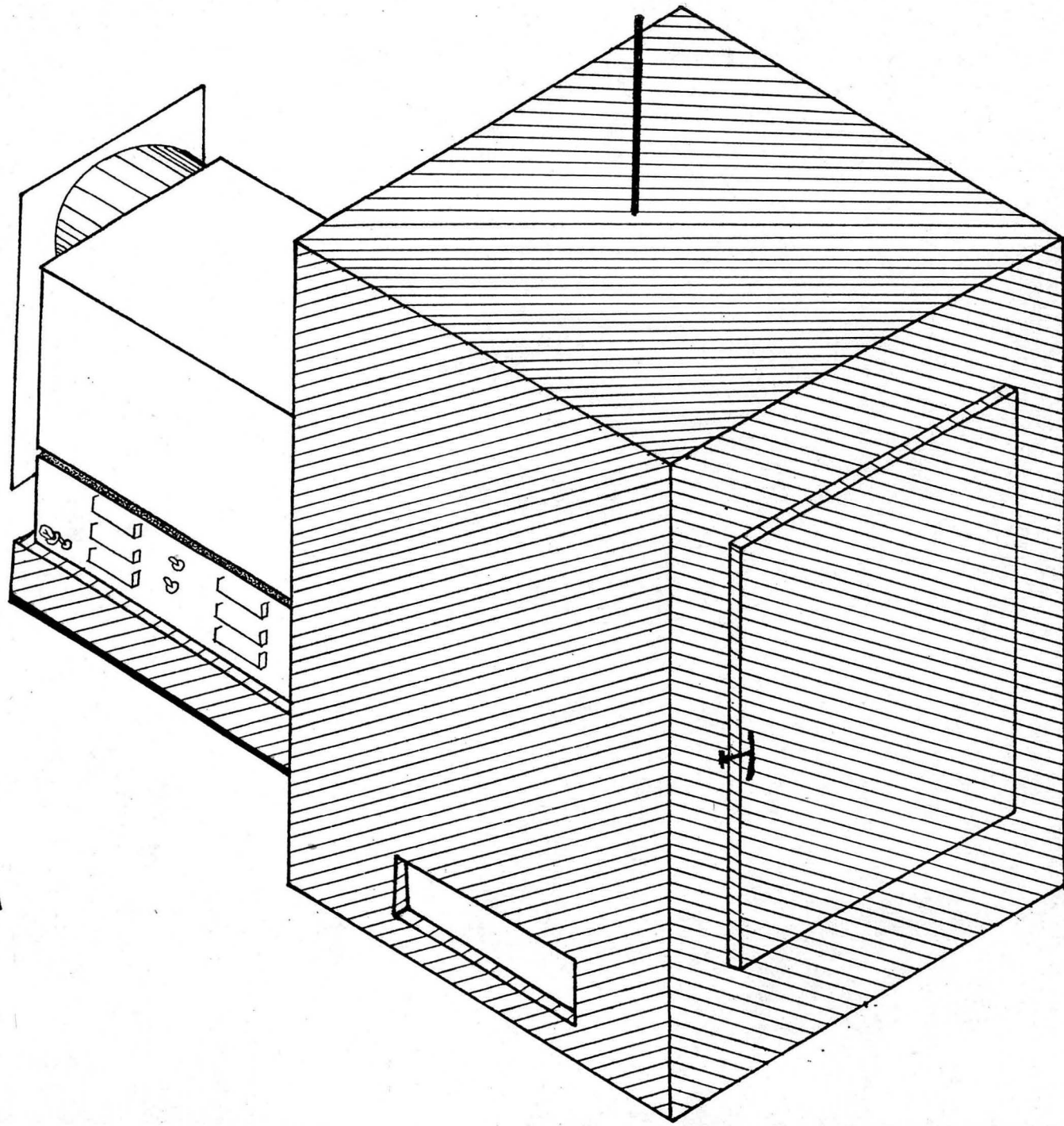
El aire entra a través de un conducto metálico en forma de paralelepípedo recto en uno de cuyos extremos se colocó - el abanico y un psicrómetro, en el centro las mencionadas re sistencias.

Se encuentra aislado interiormente por ladrillo refrac- tario ácido a excepción de la cara inferior que está separa- da de la sección de circuitos eléctricos por una capa de car tón asbesto. El otro extremo del conducto está conectado a - la parte posterior de la cámara de secado.

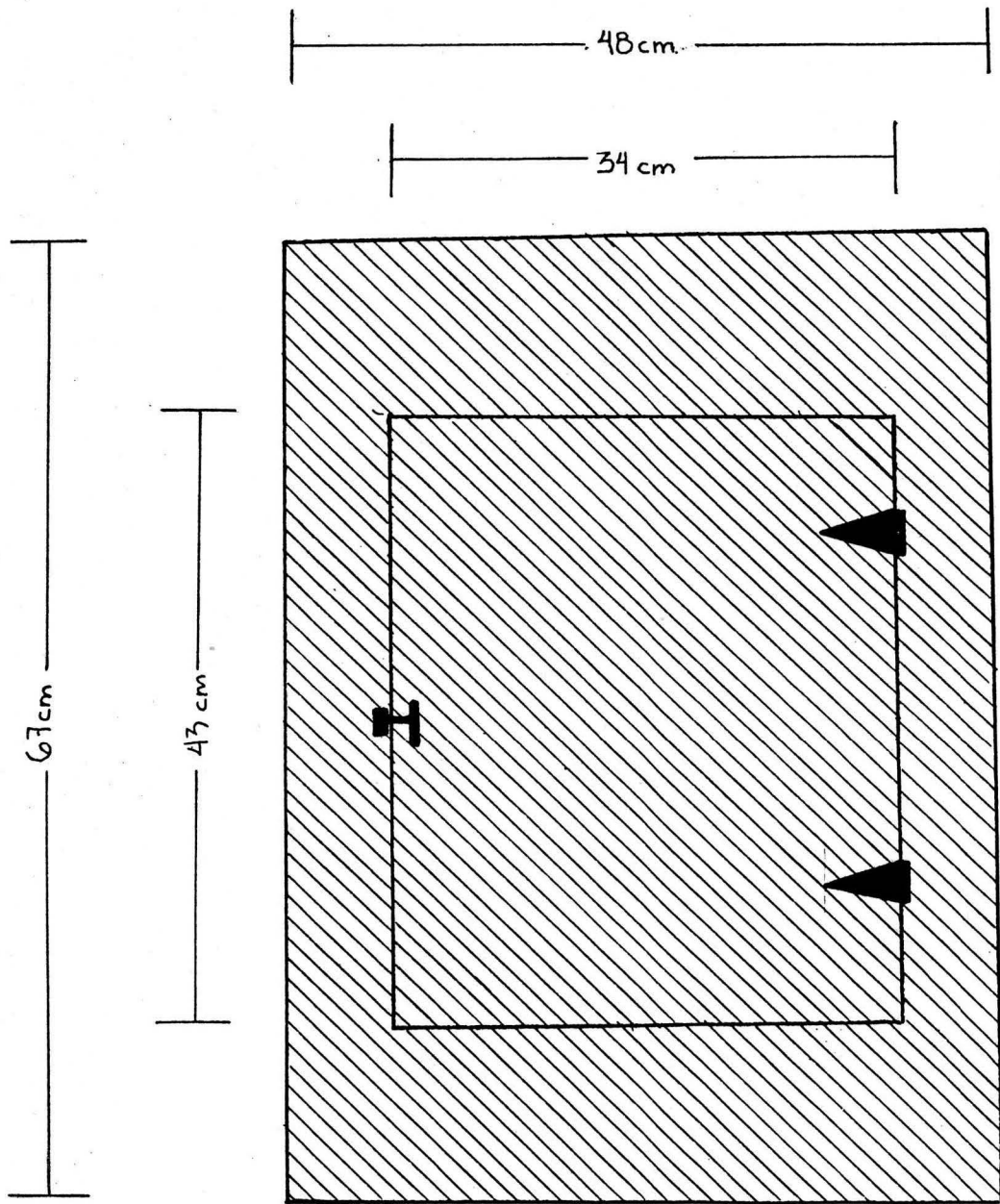
El aire se introduce en esta sección por la parte infe- rior, chocando contra una pared vertical que lo impulsa ha-- cia arriba donde se distribuye al frente y penetra por un -- orificio rectangular al área en que se encuentran las charo- las con alimentos. En este lugar se mide la temperatura inte rior.

Siguiendo un flujo descendente atraviesa los dos nive-- les de secado y sale por un orificio similar al anterior co- locado en la parte inferior de la sección mencionada, hacia- una cámara de salida donde escapa al exterior a través de dos ventanas laterales, en una de las cuales hay otro psicróme--- tro.

Todas las caras exteriores y las interiores en contacto con corrientes de aire húmedo fueron protegidas con esmalte-- alquidálico.



PERSPECTIVA

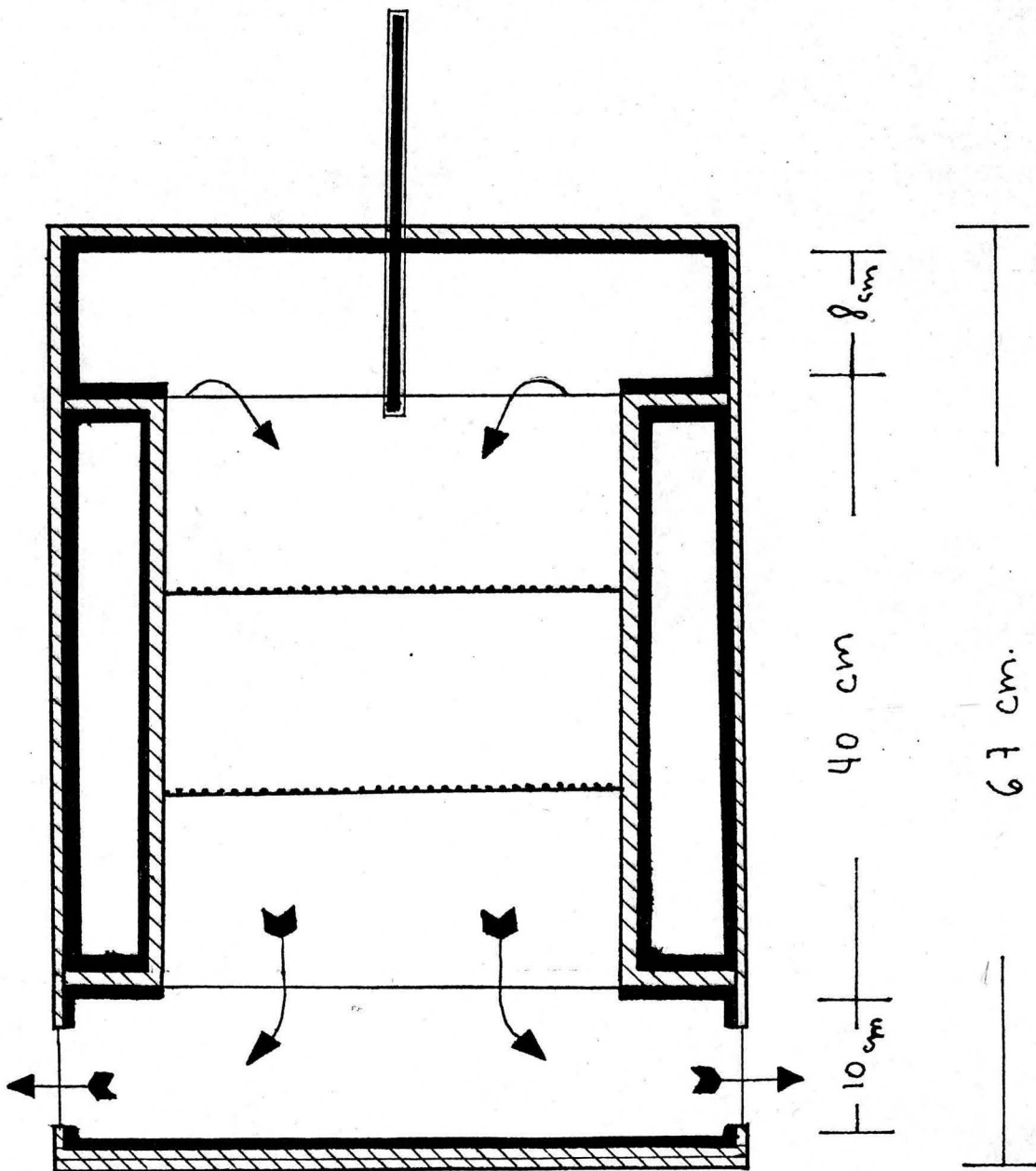


EXTERIOR FRONTAL

48 cm

8

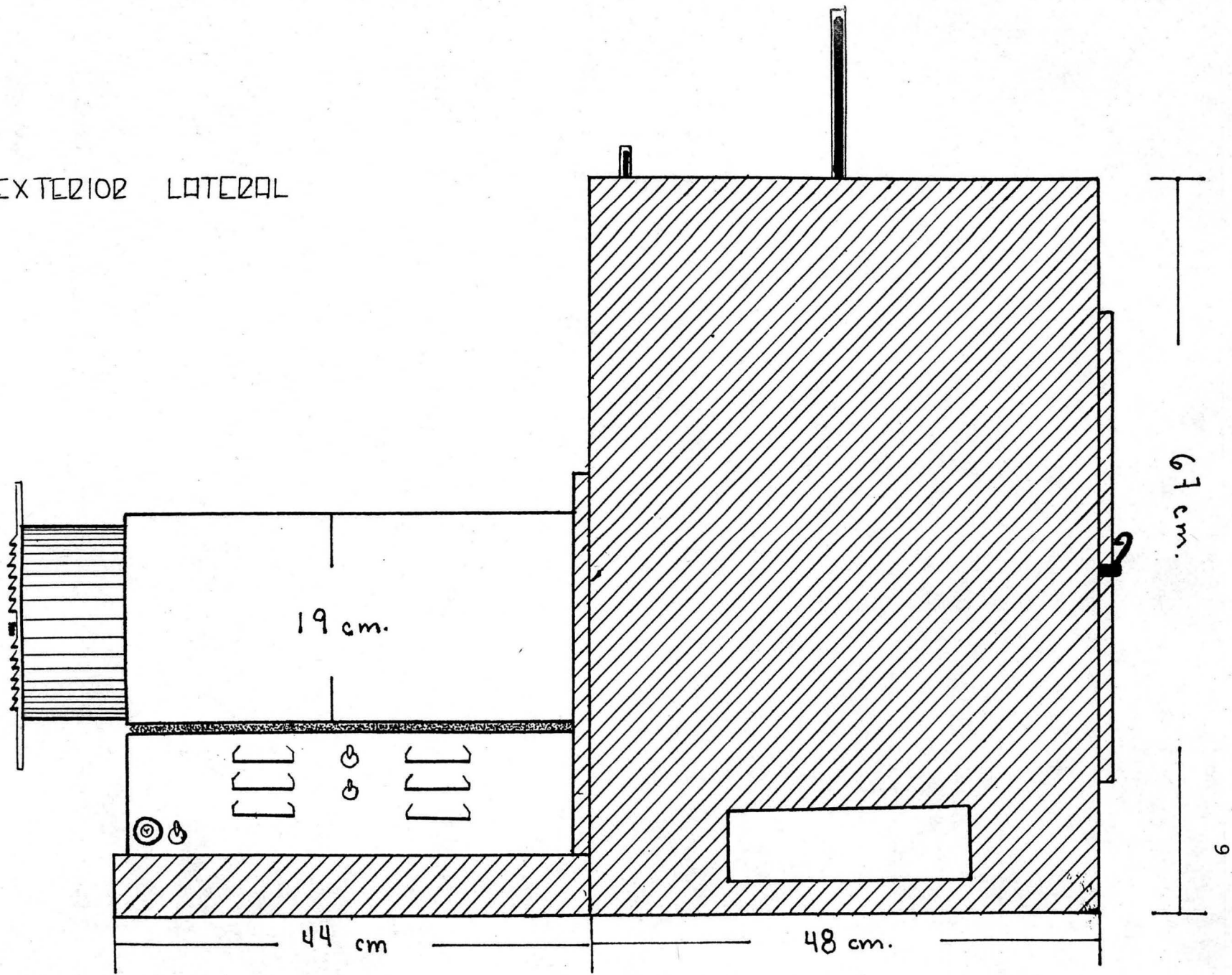
5 cm 30 cm 5 cm



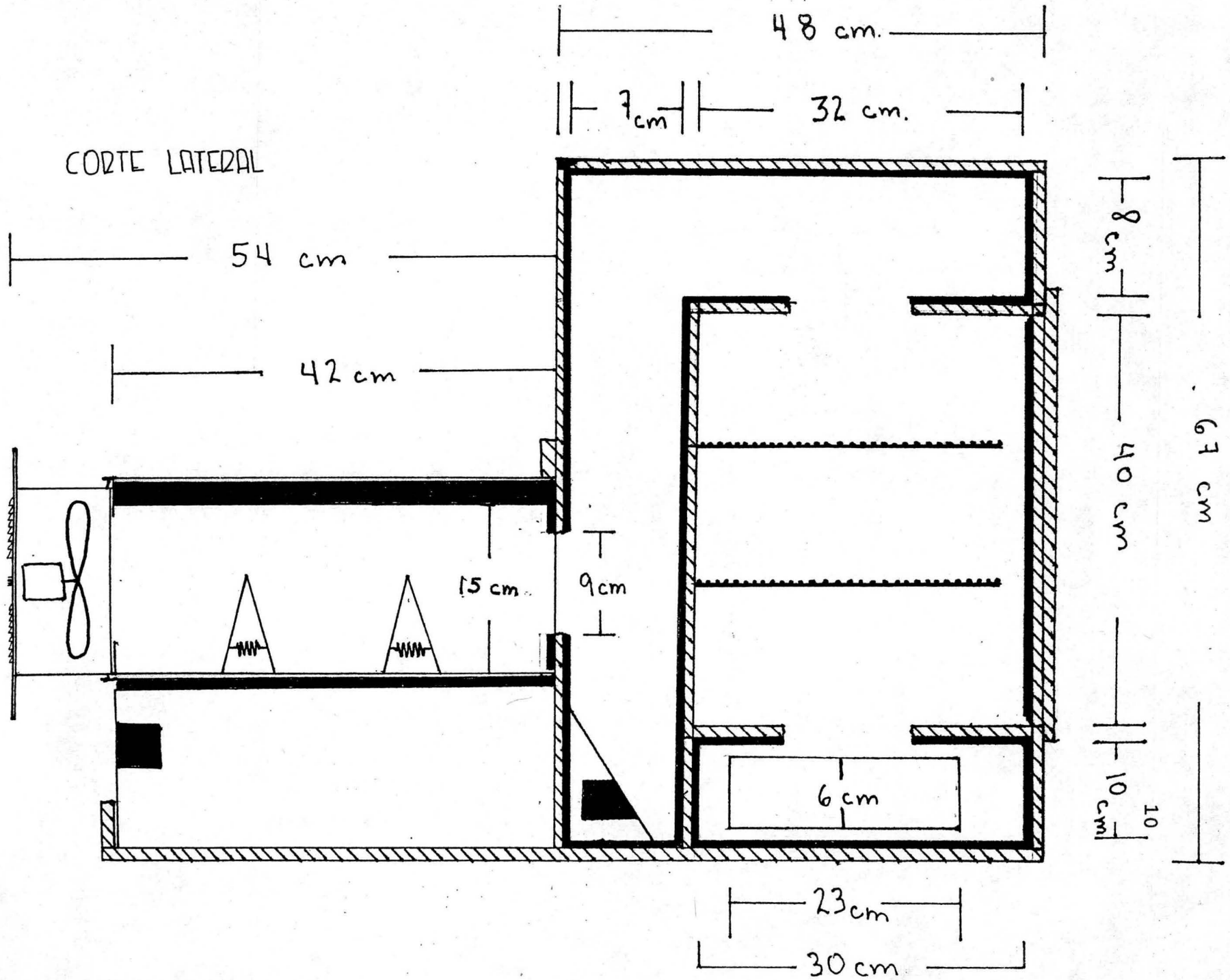
CORTE FRONTAL



EXTERIOR LATERAL



CORTE LATERAL



PROCEDIMIENTO UTILIZADO PARA OBTENER LAS CURVAS DE  
VELOCIDAD DE SECADO DE LAS PRUEBAS REALIZADAS

- 1.- Se pesaron exactamente alrededor de 5 g. de alimento para cada muestra.
- 2.- Se introdujo al secador cada recipiente con su respectiva muestra inmediatamente después de tomarse lectura de las condiciones de operación.
- 3.- Después del tiempo preestablecido de secado se midieron nuevamente las condiciones de operación antes de sacar cada muestra. Las muestras se enfriaron en desecador por espacio de 20 min.
- 4.- Se pesó cada muestra para obtener la cantidad de humedad perdida.

Los cálculos para los datos de porcentajes de humedad - se realizaron como sigue:

de la muestra secada en el secador

Peso inicial - Peso del recipiente = A

Peso final - Peso del recipiente = B

de la muestra secada en la estufa (testigo)

Peso inicial - Peso del recipiente = A'

Peso final - Peso del recipiente = B'

$$100 - 100 B/A = \% \text{ en peso evaporado}$$

$$100 - 100 B'/A' = \% \text{ de humedad total}$$

$$100 - \frac{(\% \text{ en peso evaporado})(100)}{\% \text{ de humedad total}} = \text{Humedad remanente al 100\% inicial.}$$

Los valores obtenidos por este procedimiento aparecen - en la tercera columna de tabulación y en base a ellos se continuó como sigue:

Se graficaron los valores observándose una tendencia exponencial inversa.

Se obtuvo el logaritmo natural de los valores

Se corrigió la recta obtenida

Con los valores de la recta corregida e invirtiendo - operaciones (sacando antilogaritmos) se obtuvieron los puntos de las curvas graficadas.

Se realizó un estudio en cuanto a la eficiencia del secado de acuerdo a la posición que ocupara la muestra dentro del secador, fuera en el nivel inferior o superior, o bien - de acuerdo a la posición en un mismo nivel.

Las diferentes posiciones y combinaciones probadas se - muestran en los esquemas de posiciones siendo cada cuadrado - el espacio ocupado por una muestra. Los numeros dentro de -- los cuadrados indican las secuencias de los lugares según la combinación hecha, así, todos los números colocados en la esquina superior izquierda de cada cuadrado forman la combinación "A", los colocados en el centro forman la combinación - "B" y los de la esquina inferior derecha la combinación "C".

Este estudio en combinación con lo observado en las gráficas parece indicar una menor eficiencia en las orillas, sobre todo en la parte trasera y trasera izquierda.

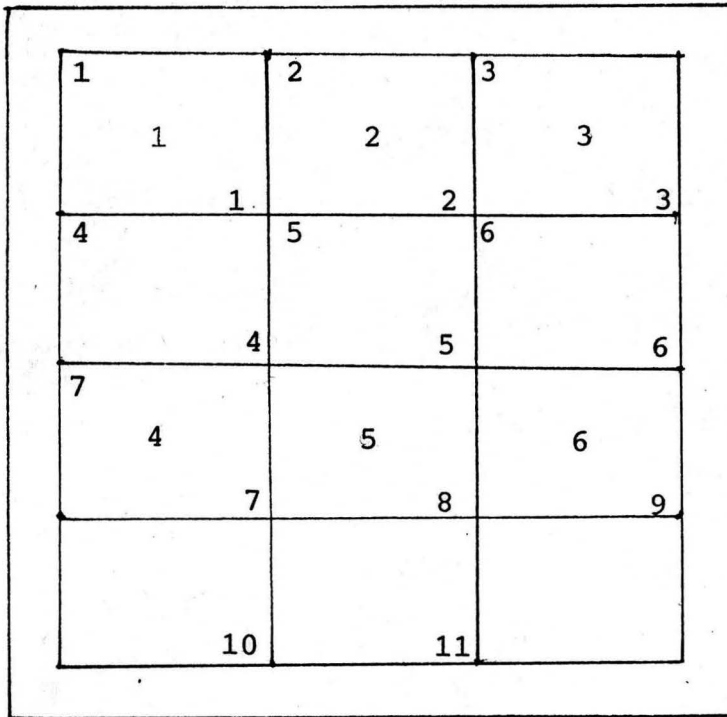
ESQUEMAS DE POSICION

1 1 1	2 2 2	3 3 3	4 4 4
5 5	6 6	7 7	8 8
5 9 9	6 10 10	7 11 11	12 12
13	13	14	

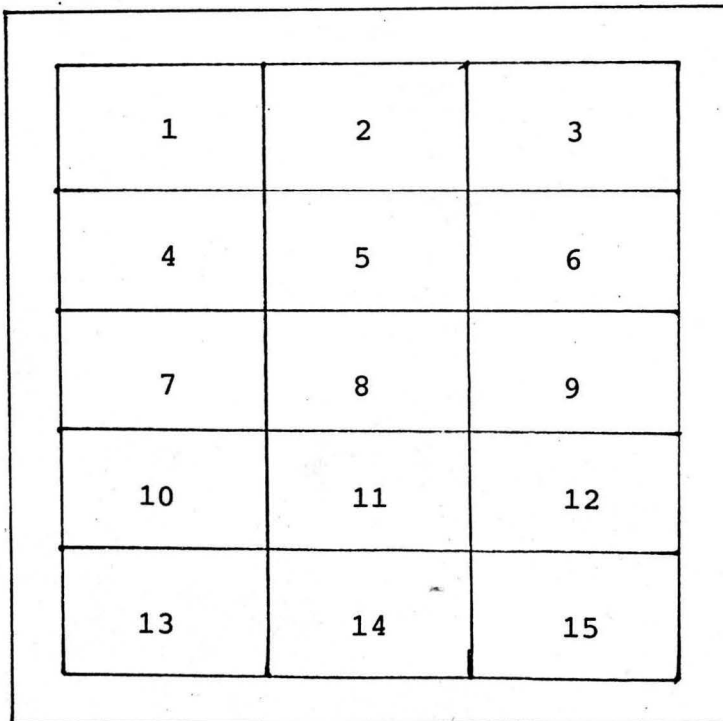
ESQUEMA 1

1 1 1	2 2 2	3 3 3
4 4	3 5 5-6	6 7
4 7	8	5 9

ESQUEMA 2



ESQUEMA 3



ESQUEMA 4

## E S T U D I O   E C O N O M I C O

## COSTO DEL APARATO

3	socket	105.00
3	interruptores	380.00
1	foco	28.00
2	mtos. de cable	280.00
1/2lto.	de pintura de aluminio	162.00
1	termostato	2380.00
2	láminas de aglomerado 3/4"	1600.00
2	láminas de cartón-asbesto	1600.00
2	resistencias	520.00
1	mto. de alambre duplex	24.00
1	abanico-extractor	<u>1500.00</u>
	Sub-total	8579.00
	+I.V.A.	<u>857.90</u>
	TOTAL	\$9428.90

## COSTO DE OPERACION

Componente	Energía utilizada
Resistencias	.55 kilowatt-hora
Abanico	<u>.45 kilowatt-hora</u>
	Total:1.00 kilowatt-hora

Costo de 1 kilowatt-hora en noviembre de 1982:3.50

Costo de operación por hora:\$3.50

En el presente estudio no se incluyen depreciaciones por no tener datos precisos sobre los materiales utilizados o aparatos similares.

TABULACION DE RESULTADOS



TIEMPO (min.)	H.REMANENTE (% en peso)	H.REMANENTE (100% inicial)	H.CORREGIDA (100% inicial)
0	23.9931	100.0000	96.7666
10	16.5781	69.0953	65.2540
20	10.5689	44.0497	44.0037
30	8.2691	34.4645	29.6736
40	3.4596	14.4191	20.0102
50	2.9773	12.4090	13.4938
60	2.6762	11.1540	9.0995

Material secado: sal de mesa

Temperatura promedio de secado: 49°C

Coefficiente de correlación: -0.9682

\*Humedad del aire. Entrada: 0.011

Salida: 0.017

0	22.6141	100.0000	95.8227
10	18.0875	79.9833	75.5126
20	15.0772	66.6717	59.5014
30	9.7355	43.0506	46.8898
40	6.6621	29.4599	36.9476
50	6.3662	28.1515	29.1134
60	6.1757	27.3091	22.9417

Material secado: sal de mesa.

Temperatura promedio de secado: 38°C

Coefficiente de correlación: -0.9504

\*Humedad del aire. Entrada: 0.012

Salida: 0.015

\* Humedad absoluta en kg.vapor/kg.aire seco

TIEMPO (min.)	H.REMANENTE (% en peso)	H.REMANENTE (100% inicial)	H.CORREGIDA (100% inicial)
0	18.8990	100.0000	73.9924
10	14.6487	77.5105	69.9943
20	12.5280	66.2892	66.2123
30	10.2222	54.0886	62.6346
40	10.6907	56.5675	59.2502
50	10.1405	53.6563	56.0487
60	10.0559	53.2086	53.0202
70	10.7242	56.7448	50.1553
80	8.7142	46.1093	47.4452
90	9.2839	49.1238	44.8816
100	8.4322	44.6172	42.4565
110	7.3528	38.9058	40.1624
120	6.6740	35.3140	37.9923
130	8.2727	43.7732	35.9394

Material secado: sal de mesa.

Temperatura promedio de secado: 39°C

Coefficiente de correlación: -0.9299

\* Humedad del aire. Entrada: 0.013

Salida: 0.016

\* Humedad absoluta en kg.vapor/kg.aire seco

TIEMPO (min.)	H.REMANENTE (% en peso)	H.REMANENTE (100% inicial)	H.CORREGIDA (100% inicial)
0	68.9770	100.0000	96.5917
10	58.3666	84.6175	76.3871
20	40.1701	58.2369	60.4088
30	32.4166	46.9962	47.7728
40	24.6584	35.7487	37.7799
50	26.2625	38.0743	29.8773
60	18.7737	27.2173	23.6277
70	4.1782	6.0574	18.6854
90	8.7082	12.6252	11.6859

Material de secado: zanahoria rallada.

Temperatura promedio de secado: 41°C

Coefficiente de correlación: -0.8031

\*Humedad del aire. Entrada: 0.014                      Salida: 0.019

0	89.3735	100.0000	103.8880
10	67.7257	75.7783	76.0700
20	46.9116	52.4894	55.7007
30	36.5552	41.1254	40.7858
40	30.1322	33.7149	29.8646
50	18.1619	20.3213	21.8678
60	12.7323	14.2462	16.0122
70	10.5645	11.8206	11.7246
80	6.9730	7.8021	8.5851
90	7.8797	8.8166	6.2863
100	5.3344	5.9687	4.6030
110	2.0462	2.2895	3.3705

Material de secado: zanahoria rallada.

Temperatura promedio de secado: 55°C

Coefficiente de correlación: -0.9828

\*Humedad del aire. Entrada: 0.016                      Salida: 0.016-0.025

\* Humedad absoluta en kg.vapor/kg.aire seco

TIEMPO (min.)	H.REMANENTE (% en peso)	H.REMANENTE (100% inicial)	H.CORREGIDA (100% inicial)
0	89.7401	100.0000	85.7698
10	79.9388	89.0781	75.2206
20	62.8483	70.0337	65.9688
30	51.9877	57.9314	57.8550
40	43.6131	48.5993	50.7392
50	40.0984	44.6828	44.4985
60	41.1690	45.8758	39.0254
70	26.2600	29.2623	34.2255
80	24.3872	27.1754	30.0160
90	15.2885	17.0364	26.3241
100	16.0870	17.9262	23.0864
120	21.8348	24.3312	20.2469
130	11.9836	13.3537	15.5727
140	12.0012	13.3733	13.6573
150	13.0564	14.5491	11.9775

Material de secado: zanahoria rallada.

Temperatura promedio de secado: 42°C

Coefficiente de correlación: -0.9452

\*Humedad del aire. Entrada: 0.016

Salida: 0.019

\* Humedad absoluta en kg.vapor/kg.aire seco

TIEMPO (min.)	H.REMANENTE (% en peso)	H.REMANENTE (100% inicial)	H.CORREGIDA (100% inicial)
0	88.4553	100.0000	82.4890
10	62.9218	71.1340	65.1886
20	49.2706	55.7011	51.5167
30	31.1019	35.1611	40.7121
40	30.7777	34.7946	32.1736
50	27.4294	31.0093	25.4259
60	17.2741	19.5286	20.0933
70	15.9718	18.0564	15.8792
80	13.6385	15.4185	12.5489
90	6.8966	7.9767	9.9170
100	2.7214	3.0766	7.8371
110	7.3350	8.2923	6.1934
120	3.4483	3.8984	4.8945
130	2.0184	2.2818	3.8680
140	7.4587	8.4322	3.0568

Material de secado: zanahoria rallada.

Temperatura promedio de secado: 50°C

Coefficiente de correlación: -0.9133

\*Humedad del aire. Entrada: 0.015

Salida: 0.018

\* Humedad absoluta en kg.vapor/kg.aire seco

## TABULACION COMPARATIVA CON RESPECTO A POSICION POR NIVELES

TIEMPO (min.)	H.REMANENTE (% en peso)	H.REMANENTE (100% inicial)	H.CORREGIDA (100% inicial)
0	57.8243	100.0000	93.9571
10	48.7111	84.2398	83.2212
30	42.5681	73.6163	65.2895
50	29.6987	51.3602	51.2215
70	19.6959	34.0616	40.1847
90	17.6403	30.5067	31.5261
110	12.6554	21.8860	24.7331
130	13.5081	23.3606	19.4039

Nivel inferior

Coefficiente de correlación: -0.9731

0	57.8243	100.0000	92.5958
20	38.3023	66.2391	66.3542
40	30.8883	53.4175	47.5495
60	24.9292	43.1120	34.0741
80	7.2200	12.4861	24.4175
100	12.0987	20.9232	17.4976
120	8.3567	14.4519	12.5388

Nivel superior

Coefficiente de correlación: -0.8792

Material secado: carne de res molida

Temperatura promedio de secado: 48.5°C

\* Humedad del aire. Entrada: 0.008

Salida: 0.016

\* Humedad absoluta en kg.vapor/kg.aire seco

TIEMPO (min.)	H.REMANENTE (% en peso)	H.REMANENTE (100% inicial)	H.CORREGIDA (100% inicial)
0	57.2843	100.0000	91.0783
10	48.7111	84.2398	79.2785
20	38.3023	66.2391	69.0075
30	42.5681	73.6163	60.0672
40	30.8883	53.4175	52.2851
50	29.6987	51.3602	45.5113
60	24.9292	43.1120	39.6150
70	19.6959	34.0616	34.4826
80	7.2200	12.4861	30.0152
90	17.6403	30.5067	26.1265
100	12.0987	20.9232	22.7417
110	12.6554	21.8860	19.7954
120	8.3567	14.4519	17.2308
130	13.5081	23.3606	14.9984

Combinación de ambos niveles

Material secado: carne de res molida

Temperatura promedio de secado: 48.5°C

\* Humedad del aire. Entrada: 0.008

Salida: 0.016

\* Humedad absoluta en kg.vapor/kg.aire seco

TIEMPO (min.)	H.REMANENTE (% en peso)	H.REMANENTE (100% inicial)	H.CORREGIDA (100% inicial)
0	64.8744	100.0000	79.9873
10	52.7930	81.3772	71.6353
30	34.3528	52.9528	57.4564
60	27.0224	41.6534	41.2721
75	20.1697	31.0904	34.9796
90	22.8610	35.2389	29.6465
105	18.0175	27.7729	25.1265
120	13.6536	21.0462	21.2957
135	8.2370	12.6968	18.0489
150	11.8772	18.3095	15.2971
165	8.6636	13.3544	12.9649
180	5.0253	7.7462	10.9882
195	5.3887	8.3064	9.3129
210	7.7003	11.8696	7.8930

Nivel inferior

Material secado: carne de res molida

Temperatura promedio de secado: 52°C

Coefficiente de correlación: -0.9565

\*Humedad del aire. Entrada: 0.013

Salida: 0.020

\*Humedad absoluta en kg.vapor/kg.aire seco



TIEMPO (min.)	H.REMANENTE (% en peso)	H.REMANENTE (100% inicial)	H.CORREGIDA (100% inicial)
0	64.8744	100.0000	74.4408
15	50.2409	77.4433	63.0930
30	36.2017	55.8028	53.4751
45	28.7658	44.3408	45.3233
60	16.8453	25.9660	38.4142
75	13.3606	20.5946	32.5583
90	6.9105	10.6521	27.5951
105	13.1161	20.2177	23.3885
120	11.8908	18.3290	19.8231
135	6.7541	10.4110	16.8013
150	8.0483	12.4060	14.2401
165	6.9474	10.7090	12.0693
195	8.0195	12.3616	8.6701
210	5.6456	8.7024	7.3484

Nivel superior

Material secado: carne de res molida

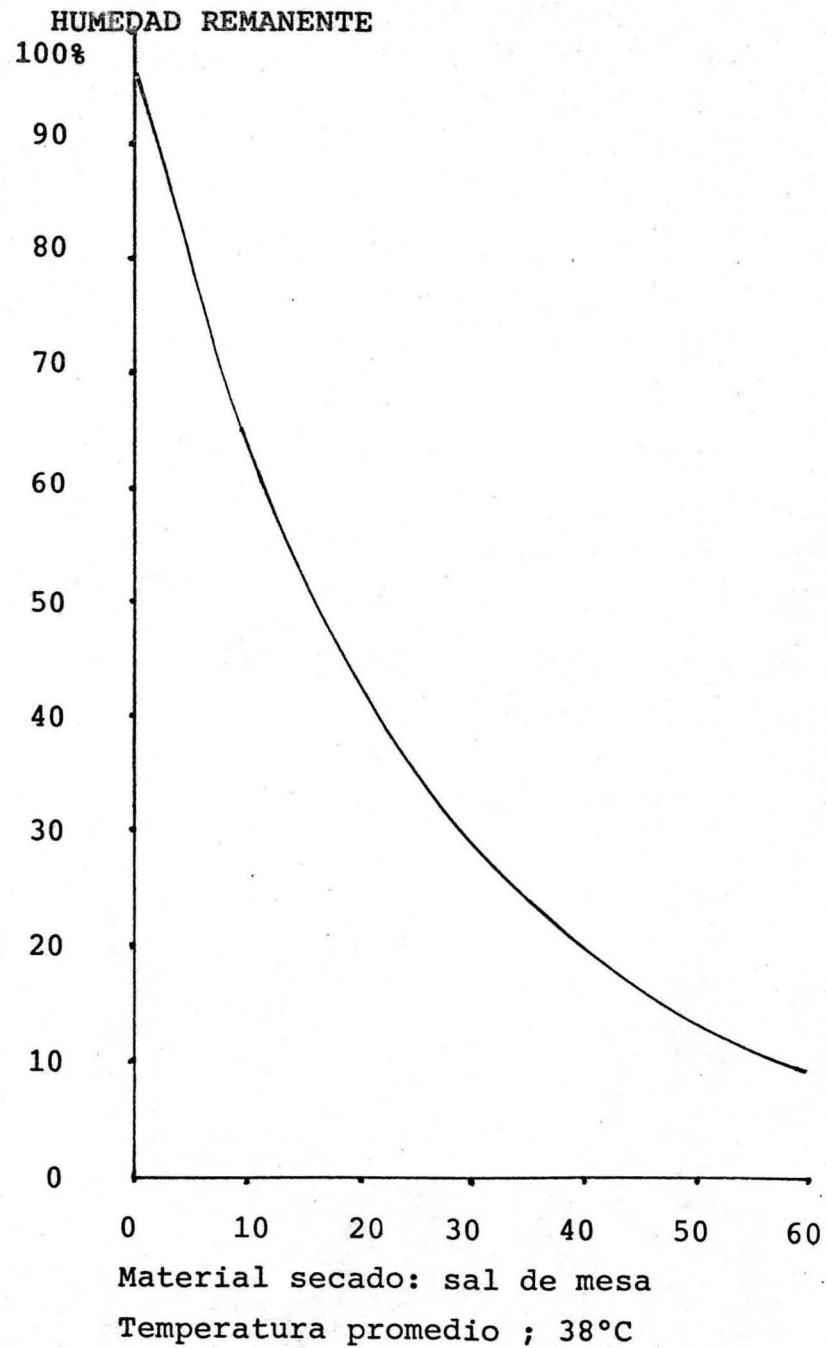
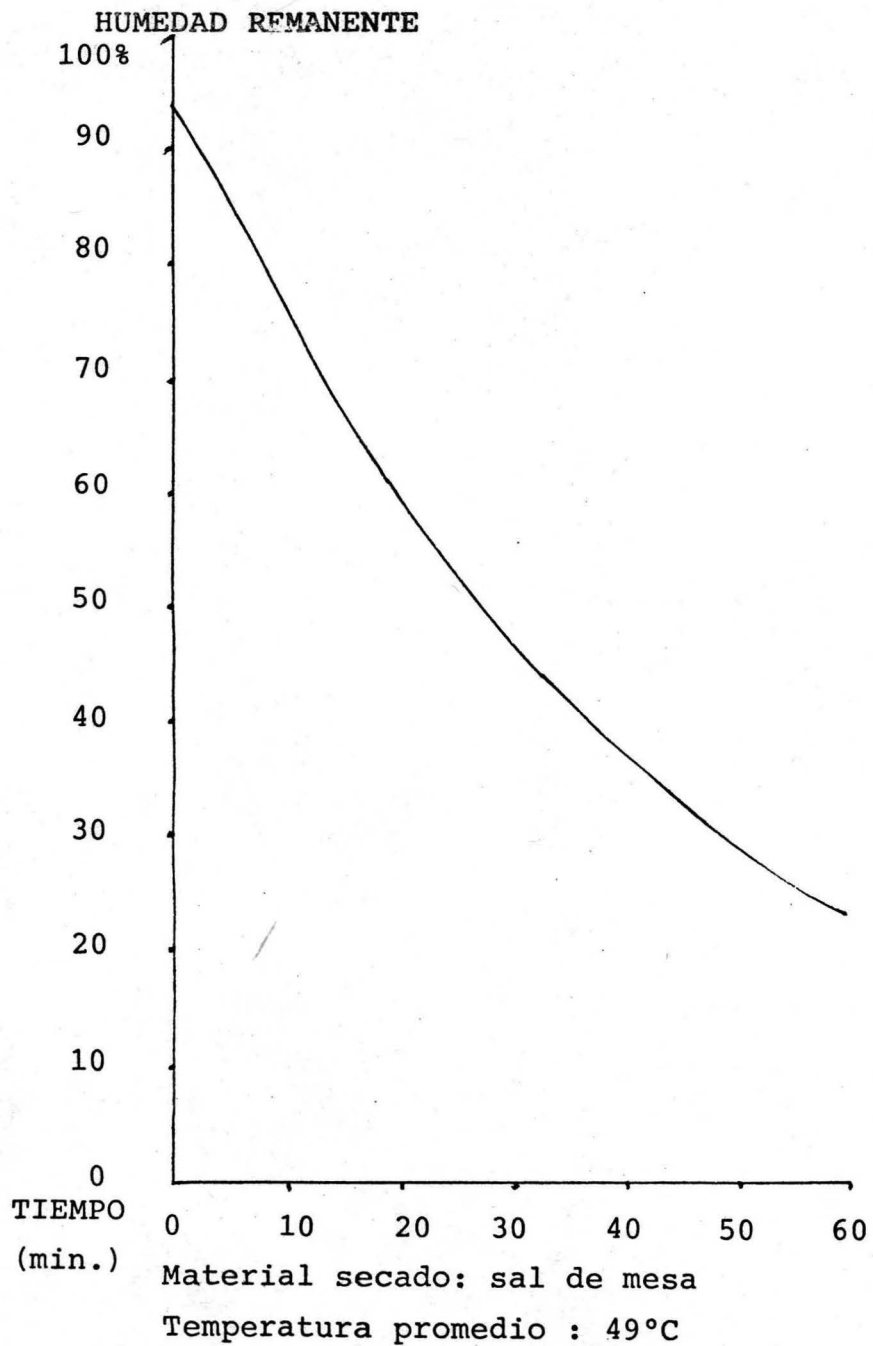
Temperatura promedio de secado: 52°C

Coefficiente de correlación: -0.9207

\* Humedad del aire. Entrada: 0.013

Salida: 0.020

\* Humedad absoluta en kg.vapor/kg.aire seco



HUMEDAD  
REMANENTE

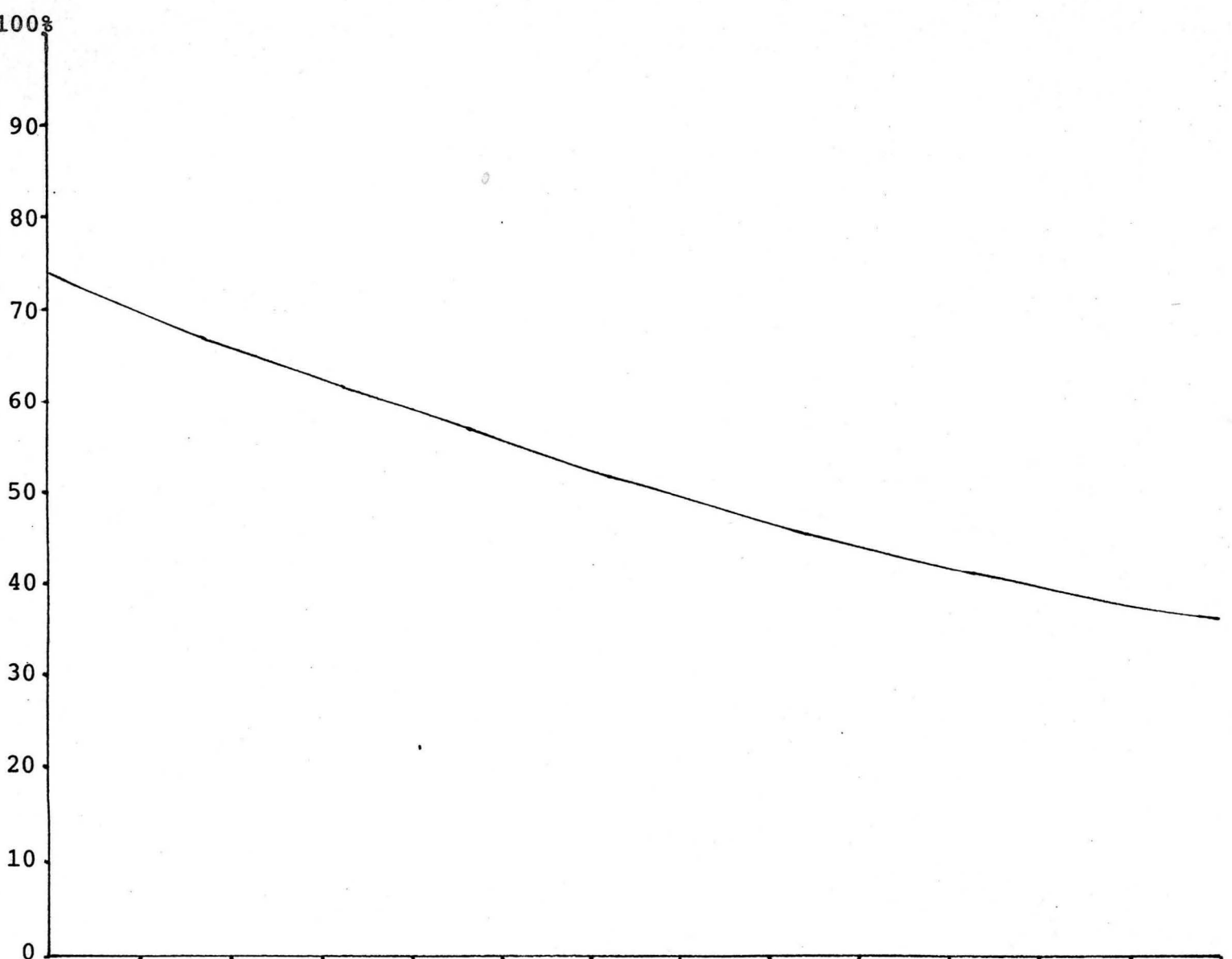
100%  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10  
0

TIEMPO  
(min.)

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130

Material secado: sal de mesa

Temperatura promedio de secado : 39°C



HUMEDAD  
REMANENTE 100%

90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10  
0

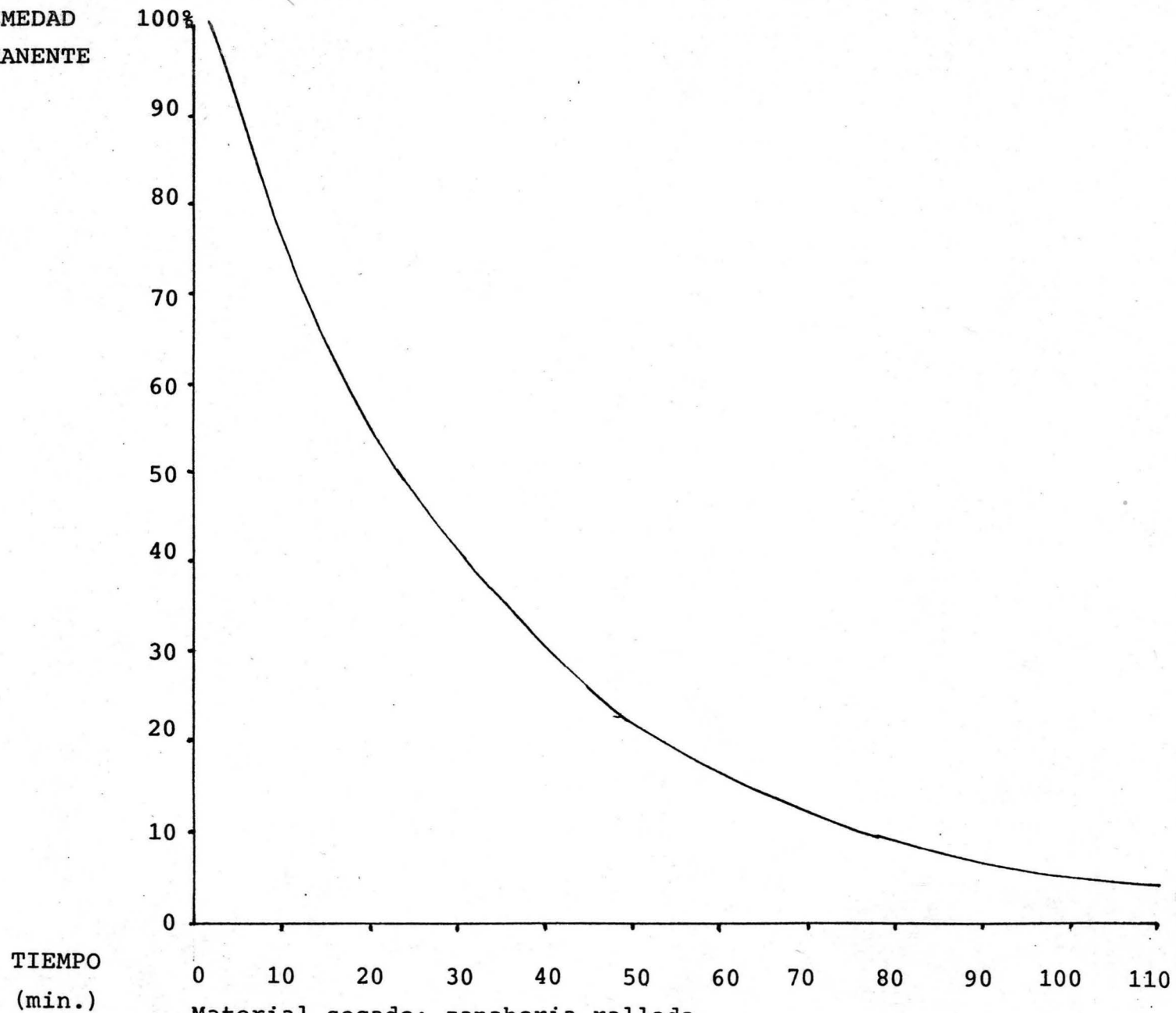
TIEMPO  
(min.)

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

Material secado: zanahoria rallada

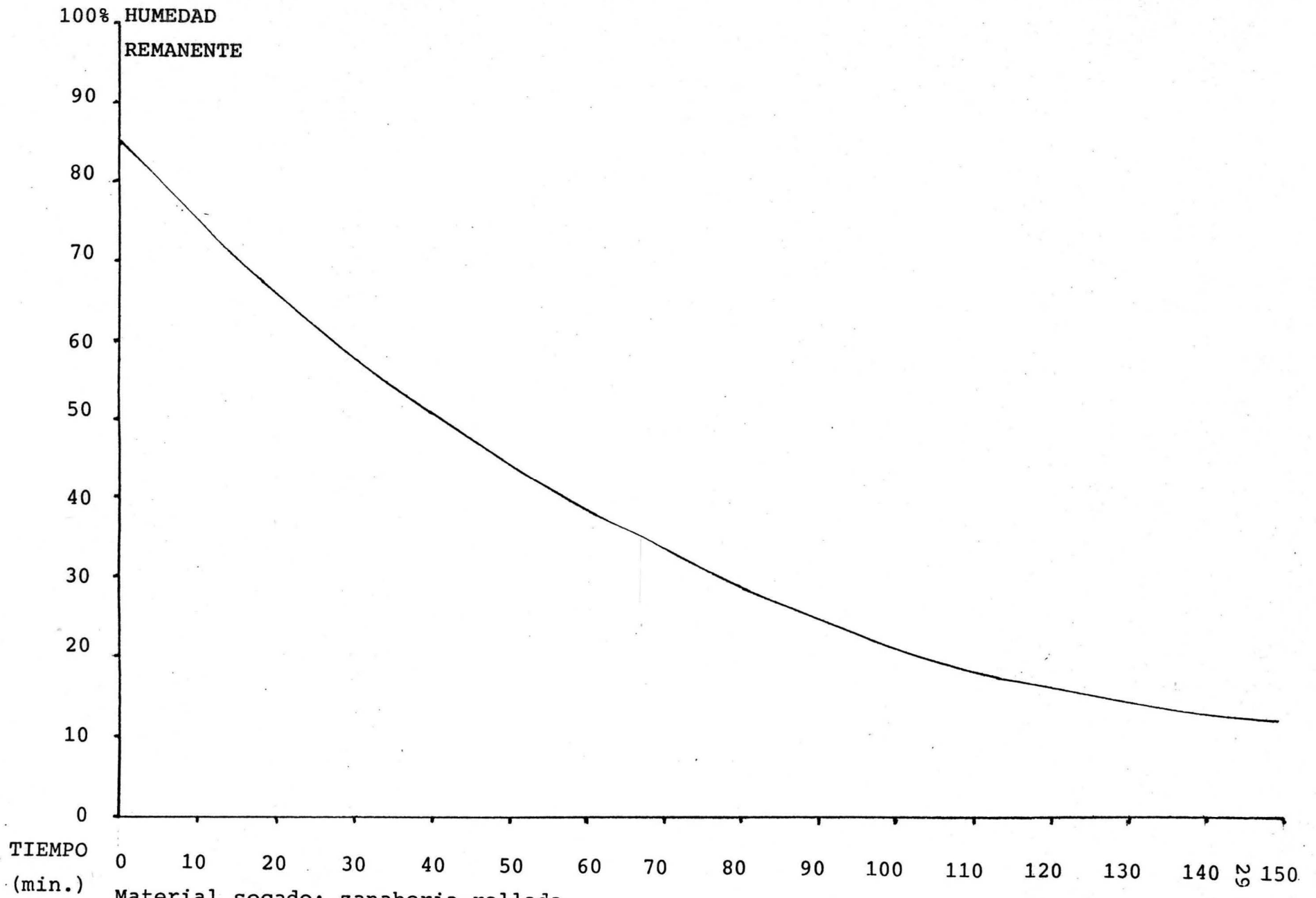
Temperatura promedio : 41°C

HUMEDAD  
REMANENTE



Material secado: zanahoria rallada

Temperatura promedio de secado : 55°C



Material secado: zanahoria rallada  
Temperatura promedio de secado : 42°C

HUMEDAD  
REMANENTE 100%

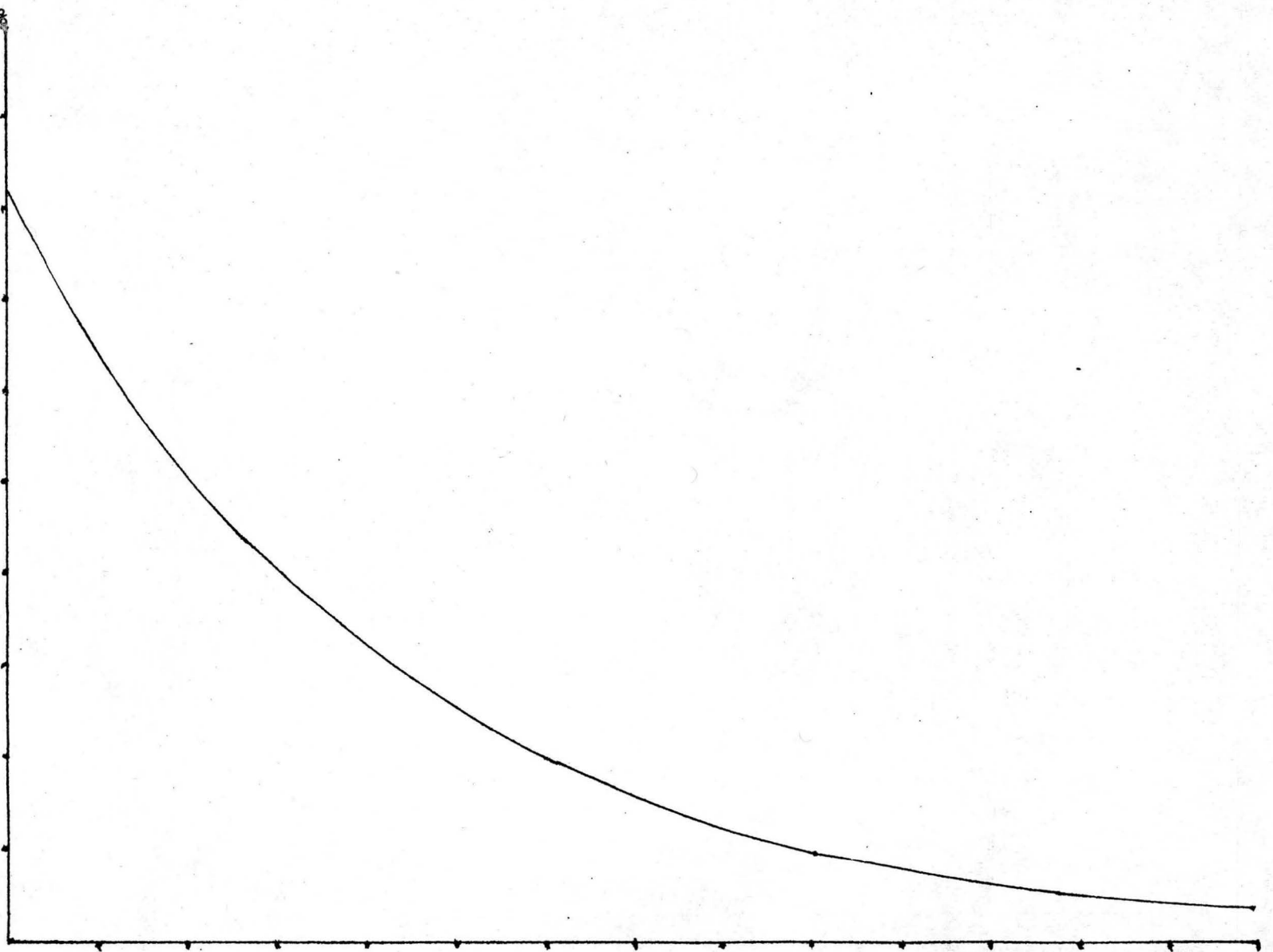
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10  
0

TIEMPO  
(min.)

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140

Material secado: zanahoria rallada

Temperatura promedio : 50°C



HUMEDAD  
REMANENTE

100%

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

TIEMPO  
(min.)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

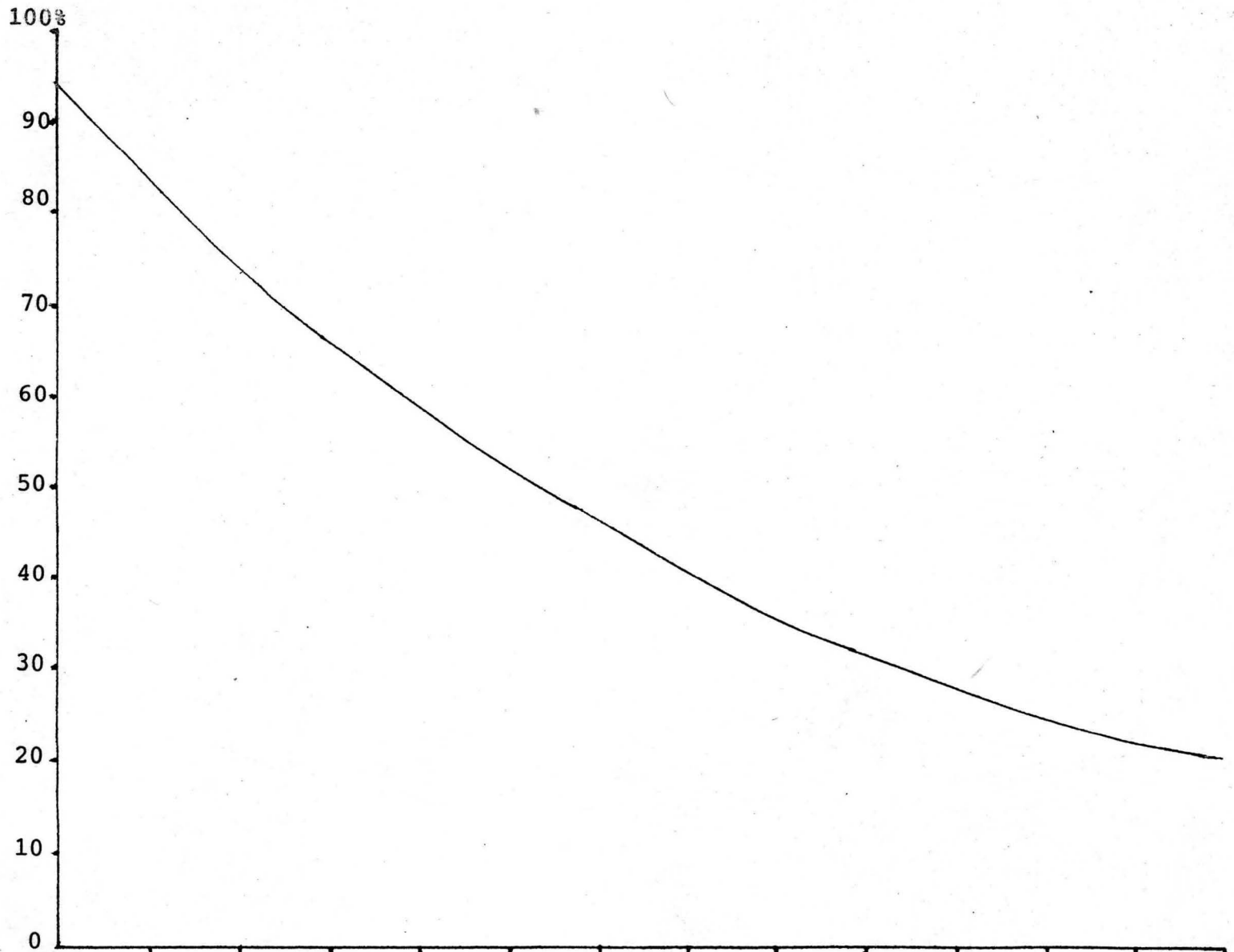
120

130

Material secado: carne de res molida

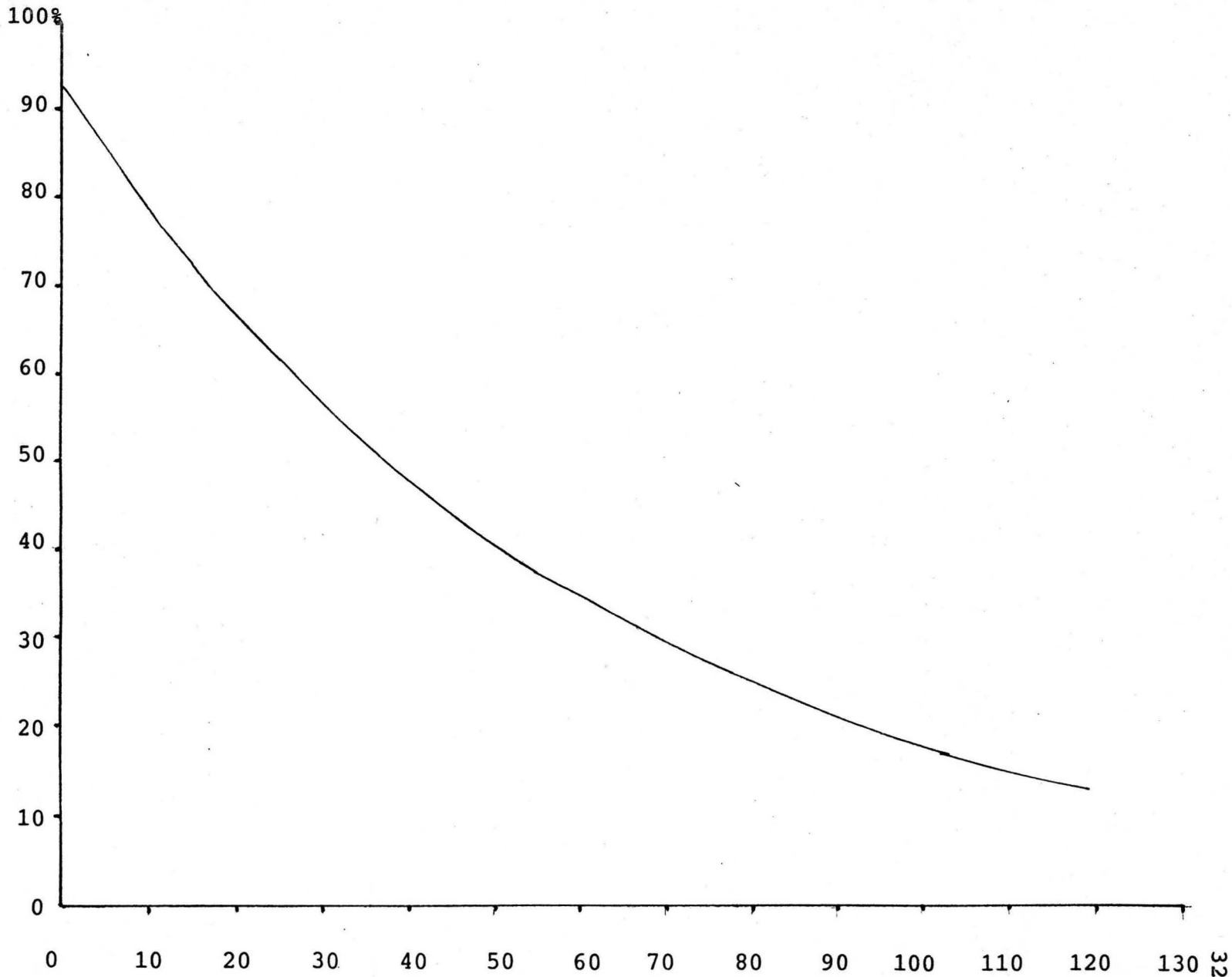
Nivel inferior

Temperatura promedio de secado : 48.5°C





HUMEDAD  
REMANENTE



TIEMPO  
(min.)

Material secado: carne de res molida

Nivel superior

Temperatura promedio de secado : 48.5°C

HUMEDAD  
REMANENTE 100%

90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10  
0

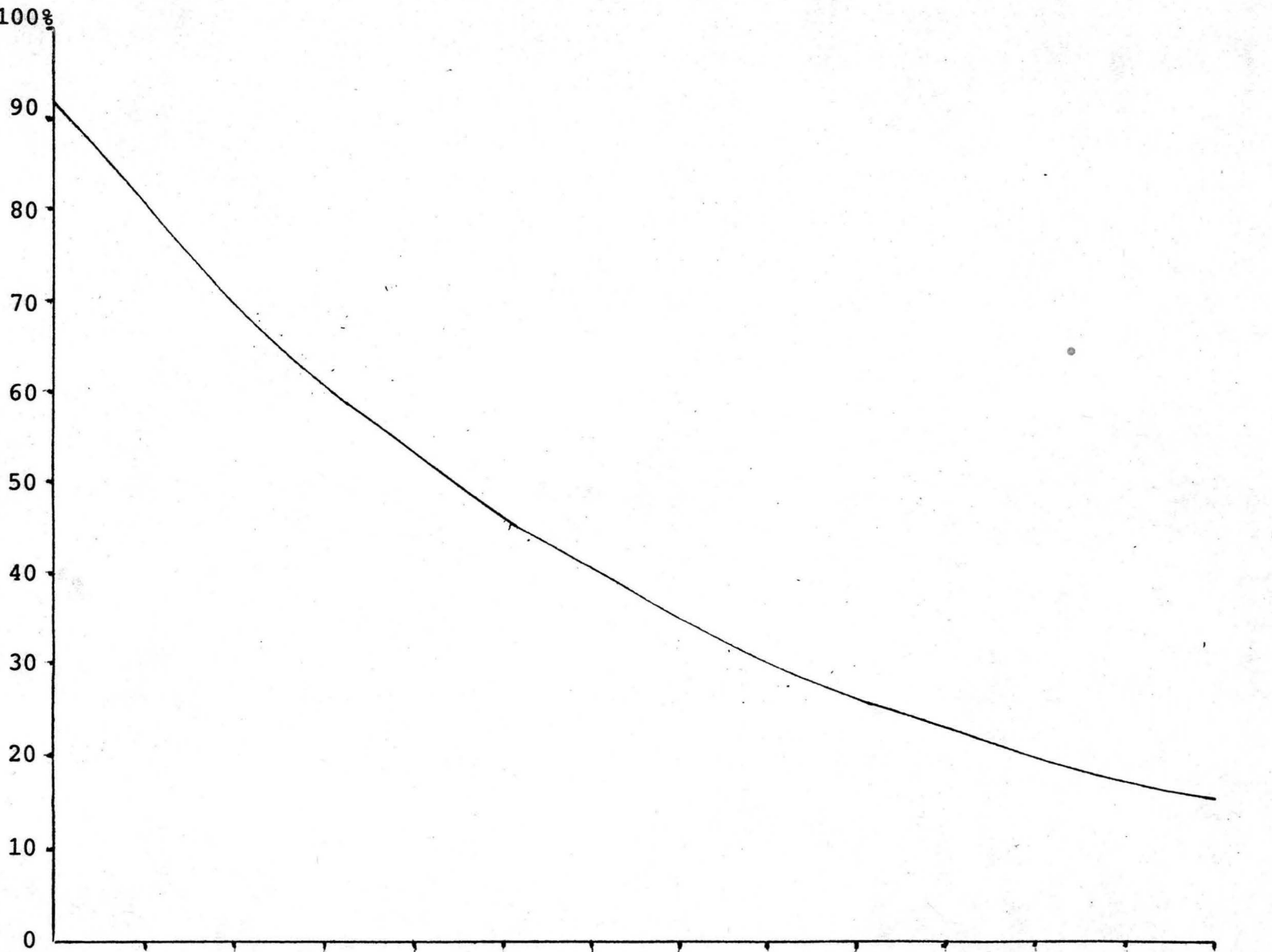
TIEMPO  
(min.)

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130

Material secado: carne de res molida

Combinación de ambos niveles

Temperatura promedio de secado : 48.5°C



HUMEDAD  
REMANENTE

100%  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10  
0

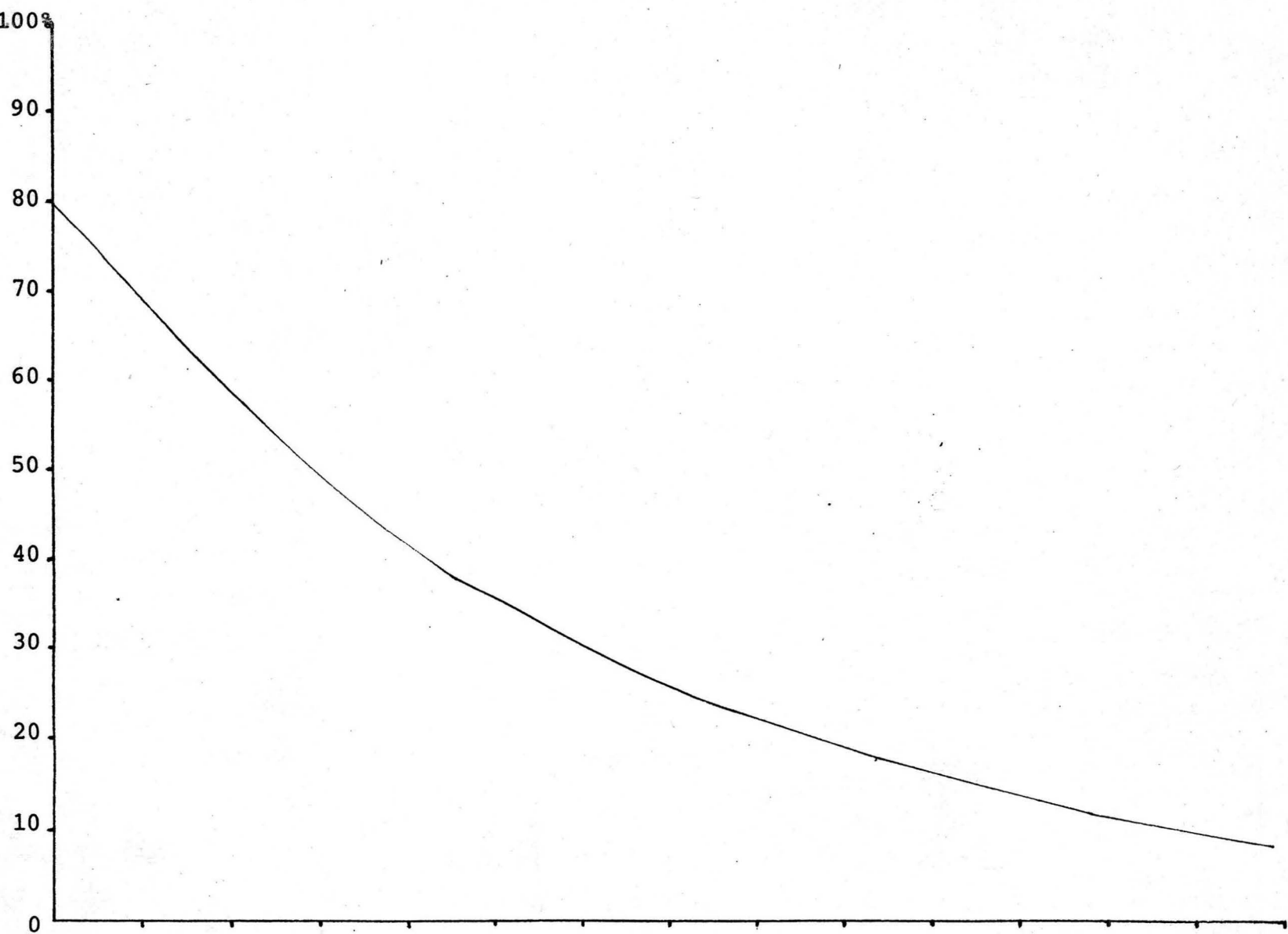
TIEMPO  
(min.)

0 15 30 45 60 75 90 105 120 135 150 165 180 195<sup>34</sup> 210

Material secado: carne de res molida

Nivel inferior

Temperatura promedio de secado : 52°C



HUMEDAD  
REMANENTE

100%  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10  
0

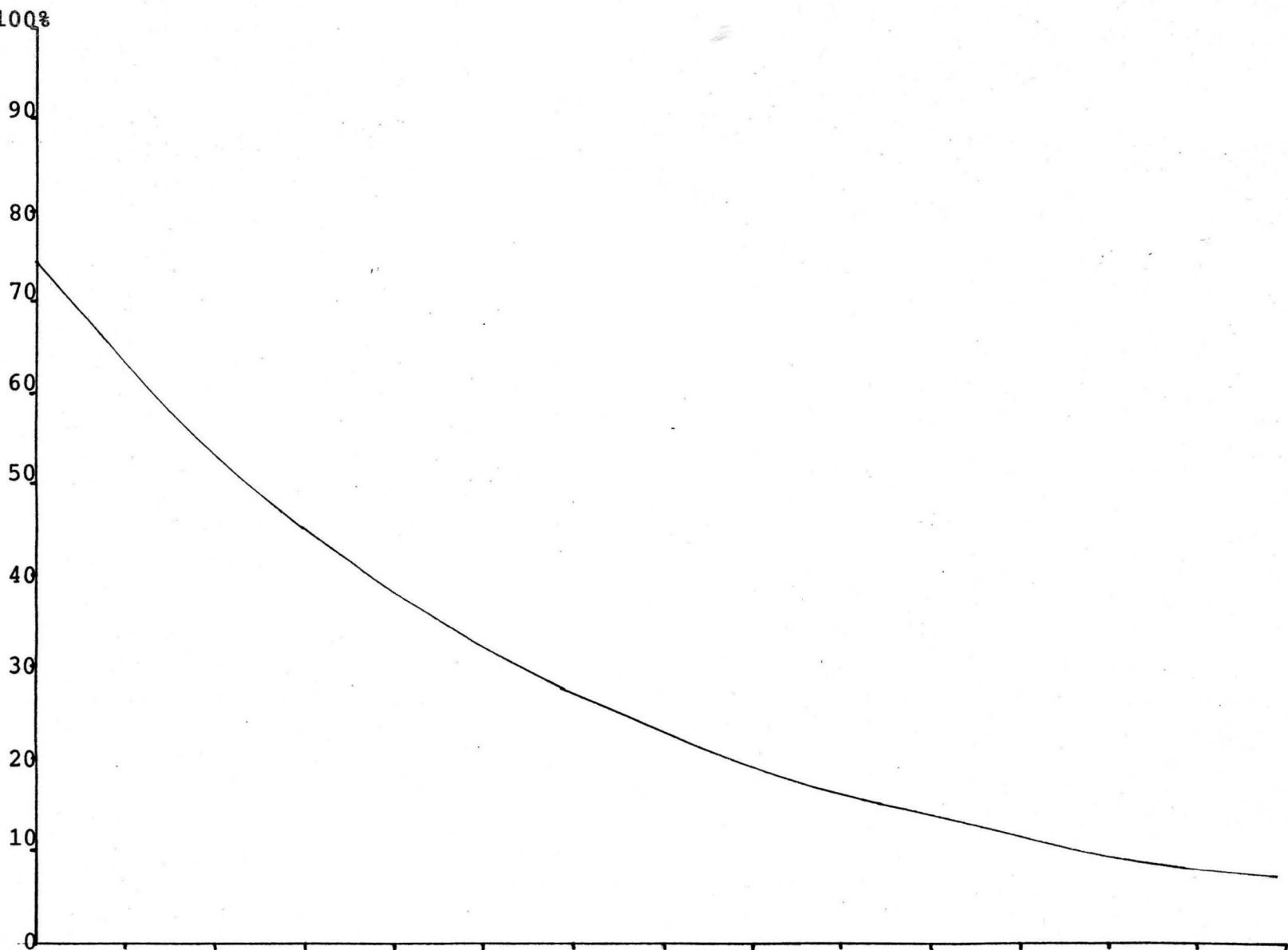
TIEMPO  
(min.)

0 15 30 45 60 75 90 105 120 135 150 165 180 195<sup>35</sup> 210

Material secado: carne de res molida

Nivel superior

Temperatura promedio de secado : 52°C



DISCUSION Y CONCLUSIONES

- 1<sup>a</sup> Las curvas de velocidad de secado manifiestan tendencia exponencial inversa.
- 2<sup>a</sup> Si comparamos las curvas obtenidas en los dos niveles del secador se observa una gran similitud de una a otra lo cual indica un funcionamiento uniforme del sistema.
- 3<sup>a</sup> Del estudio de las posiciones se deduce que en la parte posterior del nivel superior del secador se presentan algunas pequeñas anomalías, debido probablemente al flujo cónico.
- 4<sup>a</sup> Analizando la velocidad de secado y el deterioro de los materiales encontramos que este es mínimo.
- 5<sup>a</sup> El costo del secado es difícil de calcular por la diferencia de volumen de las muestras lo cual impide determinar en forma absoluta cual es el volumen total de muestra y su tiempo de secado para calcular la cantidad de energía gastada.  
Por otra parte, como el secador se construyó con fines experimentales no es muy importante este aspecto, puesto que correspondería a cada experiencia -- realizada en él determinar las condiciones correspondientes.

## C O N C L U S I O N E S

De acuerdo con los puntos anteriores creemos que el secador construido cumple con las condiciones requeridas para los fines de experimentación de los laboratorios de Procesado de alimentos.

**R E S U M E N**

Se diseñó y construyó un secador de bandejas para uso de laboratorio y se hicieron pruebas de secado con el mismo.



## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Arsdel, Wallace Van, FOOD DEHYDRATION. 2ª edición, vol. 1 y 2.  
U.S.A., The AVI Publishing Company, Inc., 1973
- 2.- Bender, Arnold, FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1ª edición  
U.S.A., Academic Press. 1978
- 3.- Brenan J.G. y otros, LAS OPERACIONES DE LA INGENIERIA - DE LOS ALIMENTOS. 2ª edición  
España, Ed. Acribia, 1980
- 4.- Brown, George., OPERACIONES BASICAS DE LA INGENIERIA QUIMICA, 1ª edición.  
España, Ed. Marín. 1965
- 5.- Charm, Stanley E., THE FUNDAMENTALS OF FOOD ENGINEERING, 2ª edición  
U.S.A., The AVI Publishing Company, Inc., 1971
- 6.- Desrosier, N.W., CONSERVACION DE LOS ALIMENTOS, 2ª edición.  
México, Compañía Editorial Continental, S.A., 1980.-
- 7.- Farral, A.W. y Robert E. Krieger, ENGINEERING FOR DAIRY AND FOOD PRODUCTS, 1ª edición  
U.S.A., The AVI Publishing Co., Inc. 1973
- 8.- Harper, J.C., ELEMENTS OF FOOD ENGINEERING, 1ª edición,  
U.S.A., The AVI Publishing Co., Inc. 1976
- 9.- Heid, J.L. y M.A. Joslyn, FUNDAMENTS OF FOOD PROCESSING- OPERATIONS, 2ª edición  
U.S.A., The AVI Publishing Company, Inc., 1967.
- 10.- Heid, J.L. y M.A. Joslyn, FOOD PROCESSING OPERATIONS, 2ª edición, vol. 2  
U.S.A. The AVI Publishing Co., Inc., 1973.
- 11.- Heid, J.L. y M.A. Joslyn, FUNDAMENTALS OF FOOD PROCESSING OPERATIONS. INGREDIENTS, METHODS AND PACKING, - 1ª edición.  
U.S.A., The AVI Publishing Co., Inc., 1967

- 12.- Heldman, D.R., FOOD PROCESS ENGINEERING, 1ª edición. -  
U.S.A. The AVI Publishing Co., Inc., 1976
- 13.- López, V. y P. Ducar, CONSERVACION DE FRUTAS Y HORTALIZAS  
1ª edición,  
España, Ed. Acribia, 1976
- 14.- Olascoaga, J.Q., DIETETICA. BROMATOLOGIA DE LOS ALIMEN--  
TOS INDUSTRIALIZADOS. 2ª edición, vol.3  
México, C.E.C.S.A., 1975
- 15.- Potter, N., LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS, 1ª edición, -  
México, Edutex, S.S., 1978
- 16.- Smith, J.M. y H.C. Van Ness, INTRODUCCION A LA TERMODINA--  
MICA EN INGENIERIA QUIMICA, 1ª edición .  
México, Mc. Graw Hill, 1980
- 17.- Vochel, J., FRIO INDUSTRIAL Y DOMESTICO EN LA CONSERVA--  
CION DE LOS ALIMENTOS, 1ª edición.  
España, Ed. Aedos, 1969.