

AÑO XI - NÚMERO 69-70

# CHEMIA

REVISTA DEL CENTRO ESTUDIANTES  
DEL DOCTORADO EN QUÍMICA



BS. AIRES - DIC. 1937 - MARZO 1938

CENTRO ESTUDIANTES DEL DOCTORADO EN QUIMICA

PERU 222



PUBLICACIONES EN VENTA

TITULO	AUTOR
"Teoría de los Electrolitos" . . . . .	Orozco Díaz
"Alcaloides de la serie aromática"	Zappi
"Bibliografía Química" . . . . .	Herrero Ducloux
"Apuntes de Mineralogía" . . . . .	Pastore
"Conferencias de Química Biológica"	Bertrand
"Redes Estereográficas" . . . . .	C. E. D. Q.
"Ensayo térmico de minerales" . . .	Pastore
"Huevos" . . . . .	Herrero Ducloux
"Edulcorantes artificiales" . . . . .	" "
"Résumé de Recherches" . . . . .	Reverdin
"Análisis orgánico cualitativo" . . .	Palet
"Apuntes de Química Biológica" . .	Pelisch
Revista de la Facult. de Cienc. Quím. de La Plata . . . . .	F. Q. F.
Revista de la Fac. de Agronomía . .	F. C. A.

---

# C H E M I A

Revista del Centro Estudiantes del Doctorado en Química

Director: TITO H. GUERRERO

•

Administrador: ARTURO CAIRO

Número suelto: \$ 1,-

---

---

En este número:

**LABRIOLA:** *Semimicrométodo para la determinación de grupos acetilos y benzoilos.*

*Destilación. - Teoría de la columna fraccionadora.*

**ABELED0:** *Reseña sobre la organización de los estudios químicos en las universidades norteamericanas.*

---

# CHEMIA

Revista del Centro Estudiantes del Doctorado en Química

Director: TITO H. GUERRERO

•

Administrador: ARTURO CAIRO

Número suelto: \$ 1,—

---

---

## En este número:

**LABRIOLA:** *Semimicrométodo para la determinación de grupos acetilos y benzoilos.*

*Destilación. - Teoría de la columna fraccionadora.*

**ABELED0:** *Reseña sobre la organización de los estudios químicos en las universidades norteamericanas.*

## Centro Estudiantes del Doctorado en Química

---

### COMISION DIRECTIVA

PERIODO 1937-38

<i>Presidente</i> . . . . .	JOSÉ A. BIANCHI
<i>Vice-Presidente</i> . . . . .	JORGE CAUPOLICAN PEREYRA
<i>Secretario</i> . . . . .	EBERTO PETRONI
<i>Pro-Secretario</i> . . . . .	MANUEL PRIORE
<i>Tesorero</i> . . . . .	BERNARDO MIRETZKY
<i>Pro-Tesorero</i> . . . . .	ENRIQUE DUPRAT

### DELEGADOS

5º Año . . . . .	PABLO MUÑOA
4º » . . . . .	ZULEMA GOLDENBERG
3er. » . . . . .	CARLOS M. AZZI
2º » . . . . .	JORGE A. PIGETTI
1er. » . . . . .	HÉCTOR M. BRIUOLO

### SUBCOMISIONES

<i>Biblioteca</i> . . . . .	<i>Presidente</i> ERNEST BRIGL
<i>Cultura</i> . . . . .	» NAUM MITTELMAN
<i>Apuntes</i> . . . . .	» ELSIADES CATALANO
<i>Fiestas</i> . . . . .	MATILDE FIGOLI Y SARA SCHREYER
<i>Deportes</i> . . . . .	<i>Presidente</i> ADOLFO JOEKES
<i>Rev. de canje.</i> . . . . .	» MARÍA JOSEFA V. CALDERÓN
<i>Propaganda</i> . . . . .	» JOSÉ GERARDO VIDELA

Tesorería, Secretaría, Venta de Publicaciones y Biblioteca:

*Todos los días hábiles de 17 a 19 horas*

Dr. Rafael Labriola

## SEMIMICROMETODO PARA LA DETERMINACION DE GRUPOS ACETILOS Y BENZOILOS

SEGUN KUHN Y ROTH

Adaptación del macrométodo de Kuhn y L'Orsa para la determinación de grupos C-metilos, al semimicrométodo

Continuando con el plan de trabajo propuesto hace un tiempo, de aplicar paulatinamente en nuestro laboratorio las técnicas ya difundidas para distintas determinaciones según semimicrométodos, describimos después de haberlos experimentado aportando algunas nuevas observaciones incluídas en el texto, los métodos del epígrafe. Uno de ellos ya está en la última edición del Gattermann-Wieland, después que F. Hölscher lo adaptó al procedimiento del centígramo. A continuación se describen ambos métodos con algún detalle a fin de practicarlos en las clases prácticas de la cátedra del Prof. E. Zappi.

*Determinación de grupos acetilos y benzoilos:* El método está fundado en la saponificación con soda alcohólica de las sustancias O o N acetiladas y destilación en medio ácido del ácido acético formado. Valorando simplemente con una solución alcalina de título conocido, se determina la cantidad de ac. acético NaOH 1N (40 gr NaOH en 500 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O y 500 cm<sup>3</sup> CH<sub>3</sub>OH); en el destilado.

El aparato, (fig. 1) fué construído en el laboratorio. La capacidad del baloncito de destilación es de unos 50 cm<sup>3</sup> y todas las conexiones son esmeriladas. Es conveniente su construcción en vidrio Jena 20, por lo menos es indispensable que así sea el

refrigerante, o mejor aún si fuese posible, de cuarzo. El colector también debe ser de Jena 20 o de cuarzo.

Son necesarios para la determinación: Sol. metilalcohólica de NaOH 1 N (40 gr NaOH en 500 cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub>O y 500 cm<sup>3</sup> CH<sub>3</sub>OH); el alcohol es hervido antes durante 2 horas a reflujo en pre-

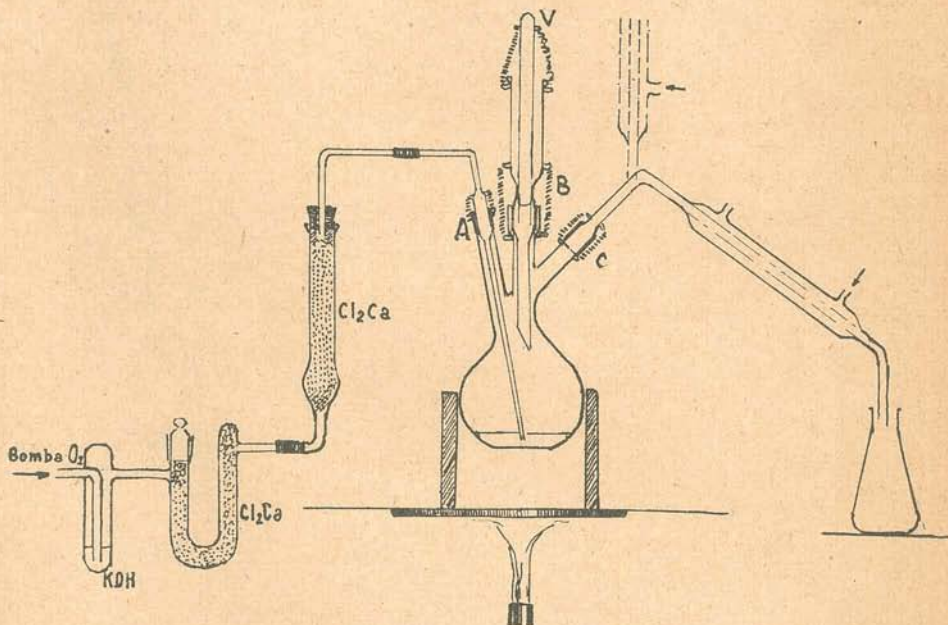


Fig. 1.

sencia de NaOH y luego destilado en ese medio. También es recomendable destilar el agua que se emplea, sobre NaOH).

SO<sub>4</sub> H<sub>2</sub> 50 % (1 vol. SO<sub>4</sub> H<sub>2</sub> más 2 vol. H<sub>2</sub> O.)

Solución NaOH 0,05 n, controlada con ácido oxálico de igual título.

*Práctica de la determinación:* El aparato es lavado previamente con mezcla sulfocrómica, varias veces con agua destilada y finalmente secado; el contador de burbujas se carga con so-

lución de KOH 50% (sin espuma) y el tubo en U y el subsiguiente tubo de desecación, con  $\text{Cl}_2$  Ca granulado.

Para efectuar la determinación se pesan en los tubitos cónicos conocidos (fig. 2) de 20 a 30 mg de sustancia. Primero se pesa el tubo cargado de sustancia y luego otra vez, después de haber volcado su contenido en el baloncito de descomposición.

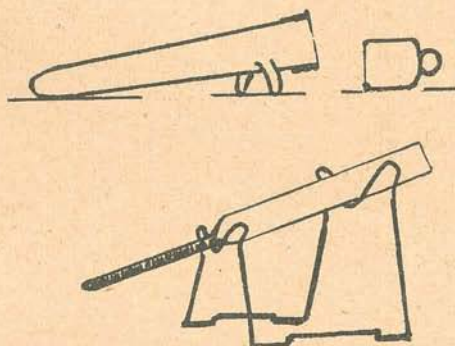


Fig. 2.

Se conecta ahora el refrigerante en posición vertical adaptando el esmeril C con un poco de agua destilada, el embudo por medio de su esmeril B, lubricado con ácido metafosfórico (obtenido por fluidificación de  $\text{P}_2\text{O}_5$  con agua) lo mismo que el esmeril A del tubo abductor de gas. Mientras pasa una corriente gaseosa de 30 burbujas por minuto <sup>(1)</sup>, se vierten a través del embudo unos 12  $\text{cm}^3$  de soda metilalcohólica N, se tapa con la varilla V esmerilada y se cubre el fondo del embudo con 1  $\text{cm}^3$  de agua destilada. Se calienta luego a reflujo, el contenido del balón, por medio de una cámara de aire; durante 30 minutos para las combinaciones O acetiladas y 3 horas para las N acetiladas. Después de terminada la saponificación y enfriado el baloncito, se levanta la varilla V dejando caer el agua, el refrigerante es lavado con 4-6  $\text{cm}^3$  agua, se coloca nuevamente V y 1  $\text{cm}^3$  de agua en el embudo y, haciendo girar el refrigerante por su esmeril C hasta colocarlo en posición descendente, se

(1) El gas puede ser: Oxígeno, Nitrógeno o aire.



destila en medio alcalino el metanol. Deben recogerse 15 cm<sup>3</sup> de líquido.

Se enfría nuevamente el balón, V es levantada, por donde se echan 3 cm<sup>3</sup> de SO<sub>4</sub> H<sub>2</sub> al 50 % y 5 cm<sup>3</sup> de agua destilada. Se tapa nuevamente el embudo, se cubre con 1 cm<sup>3</sup> de agua y se destila el ácido acético.

*Destilación del ácido acético:* Las condiciones óptimas para la destilación del ácido acético han sido dadas después de prolijos trabajos realizados por L'Orsa, quien ha estudiado la influencia de la naturaleza del ácido y de la concentración final sobre la destilación.

Por nuestra parte hemos repetido algunas de esas experiencias, cuyos resultados ajuntamos a fin de ilustrar algo sobre esos factores.

Los gráficos siguientes representan la influencia de los ácidos sulfúrico, fosfórico y mezcla de ambos, así como del volumen final, sobre la destilación acética.

Se observa (fig. 3, tablas I, II, III) que el ácido sulfúrico es mucho más eficiente que el ácido fosfórico, puesto que requiere 9 destilaciones para llegar al punto final mientras que el ácido fosfórico necesita 12 destilaciones.

TABLA I

Destilación de 15 cm<sup>3</sup> CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>Na 3 H<sub>2</sub>O 0,05 n.

Volumen final: 5 cm<sup>3</sup> SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> 50 % 2 cm<sup>3</sup>.

Nº de destilaciones . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
cm <sup>3</sup> NaOH 0,05 n em- pleados . . .	8,23	2,88	1,50	0,90	0,60	0,40	0,20	0,16	0,13	0,08	0,08
cm <sup>3</sup> NaOH 0,05 n tota- les . . . . .	8,23	11,11	12,61	13,51	14,11	14,51	14,71	14,87	15,00	15,08	15,16

(valores de la curva A fig. 3, curva B fig. 4)

TABLA II

Destilación de 15 cm<sup>3</sup> de CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>Na. 3H<sub>2</sub>O 0,05 n.Volumen final 5 cm<sup>3</sup> PO<sub>4</sub>H<sub>3</sub> 1 cm<sup>3</sup> — SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> 1 cm<sup>3</sup>.

Nº de destilaciones . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
cm <sup>3</sup> NaOH 0,05 n empleados . .	7,08	2,60	1,83	1,14	0,89	0,60	0,36	0,26	0,19	0,10	0,10	0,10
cm <sup>3</sup> NaOH 0,05 n totales. . . .	7,08	9,76	11,59	12,79	13,62	14,22	14,58	14,84	15,03	15,13	15,23	15,33

(valores de la curva B fig. 3)

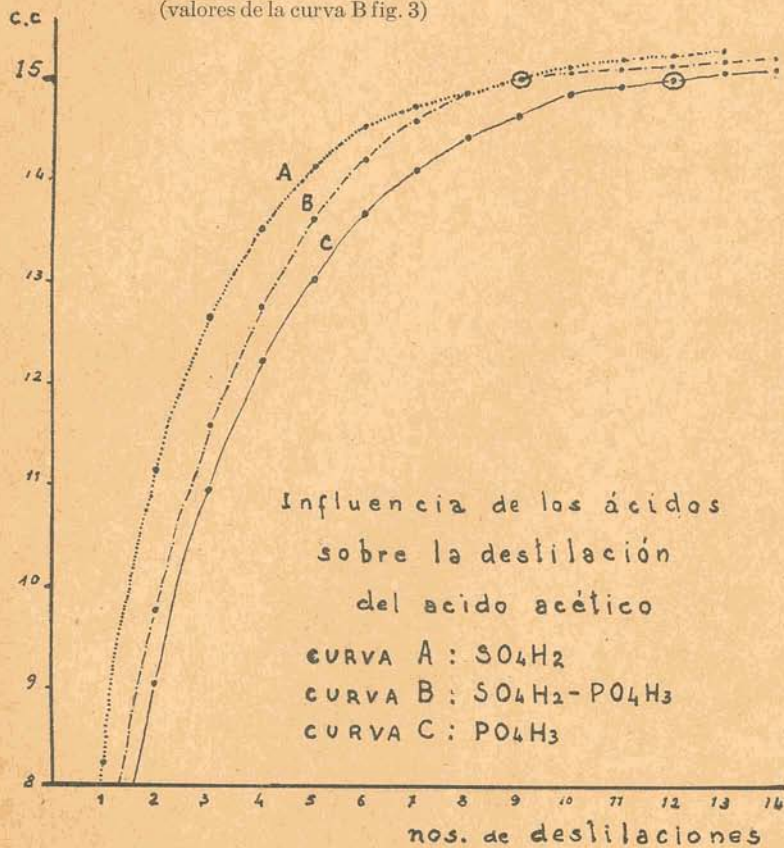


Fig. 3.

TABLA III

Destilación de 15 cm<sup>3</sup> CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>Na · 3H<sub>2</sub>O 0,05 n.Volumen final 5 cm<sup>3</sup> — PO<sub>4</sub>H<sub>3</sub> 2 cm<sup>3</sup>.

Nº de destilaciones . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
cm <sup>3</sup> NaON 0,05 n empleados . .	6,64	2,43	1,87	1,26	0,88	0,60	0,41	0,32	0,22	0,16	0,13	0,09
cm <sup>3</sup> NaON 0,05 n totales . . . .	6,64	9,07	10,94	12,20	13,08	13,68	14,09	14,41	14,63	14,79	14,92	15,01

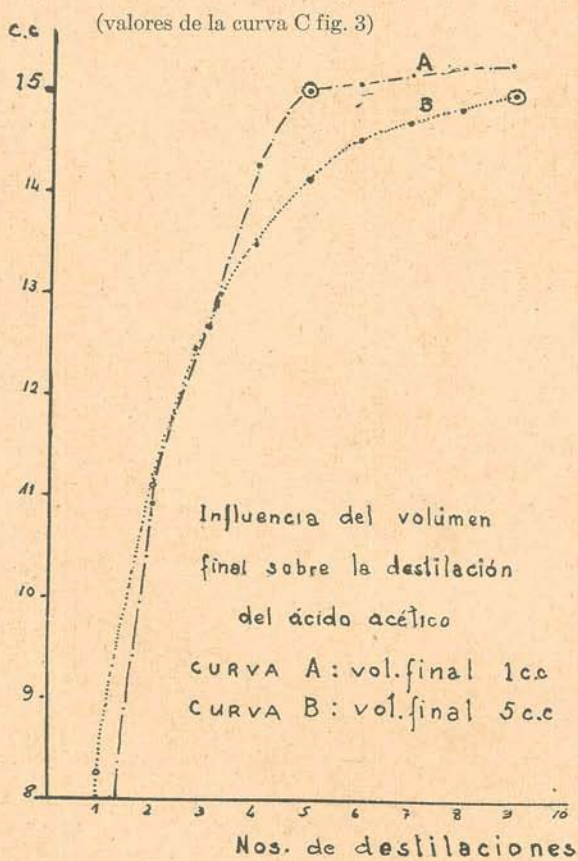


Fig. 4.

TABLA IV

Destilación de 15 cm<sup>3</sup> de CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>Na. 3H<sub>2</sub>O 0,05 n.Volumen final 1 cm<sup>3</sup>. SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> 50 % 2 cm<sup>3</sup>.

Nº de destilaciones. . .	1	2	3	4	5	6	7
cm <sup>3</sup> NaOH 0,05 n empleados . . . . .	8,26	2,59	1,80	1,62	0,76	0,10	0,10
cm <sup>3</sup> NaOH 0,05 n totales . . . . .	8,26	10,85	12,65	14,27	15,03	15,13	

(valor de la curva A fig. 4)

TABLA V

Ensayo en blanco: agua destilada 15 cm<sup>3</sup>.SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> 50 % 2 cm<sup>3</sup>. Galactosa 20 mg.

Nº de destilaciones . . . . .	1	2	3	4	5
cm <sup>3</sup> NaOH 0,05 n empleados . . . . .	0,08	0,03	0,03	0,05	0,04
cm <sup>3</sup> NaOH 0,05 n totales . . . . .	0,08	0,11	0,14	0,19	0,23

Agregando ácido sulfúrico al ácido fosfórico desplaza ventajosamente también el punto final.

Más notable es aún, la influencia del volumen final. Cuando éste es de 5 cm<sup>3</sup> (fig. 4, tablas I, V) se requieren 9 destilaciones para recuperar todo el ácido acético; si es de 1 cm<sup>3</sup>, bastan 5 destilaciones. Además, cuanto menor es el número de destilaciones tanto más agudo y claro es el punto final; con dificultad se llega a un punto final igual a cero, pues llega un momento, como lo demuestra el ensayo en blanco (tabla V) y las distintas determinaciones efectuadas, en que destila una fracción constante de acidez. Esta fracción es casi siempre la misma y varía su expresión según el título de solución elegida. Estos factores han obligado a fijar normas bien precisas para la destilación que deben seguirse cuidadosamente. Por eso se procede de la siguiente manera:

Se destilan primeramente 5 cm<sup>3</sup> de líquido y a continuación, por 3 veces más; 5 cm<sup>3</sup> cada vez, después de haber agregado previamente a cada destilación, dicha cantidad de agua; así se obtienen unos 20 cm<sup>3</sup> que se valoran con solución 0,05 n de NaOH (indicador fenolftaleína) una vez probada la ausencia de ión SO<sub>4</sub> con solución de Cl<sub>2</sub>Ba y hervido el líquido breves segundos. Se reúnen en otro destilado 14 cm<sup>3</sup> procedentes de 2 destilaciones de 7 cm<sup>3</sup> c/u y así sucesivamente hasta que el último destilado no exceda de 0,08-0,10 cm<sup>3</sup> de NaOH 0,05 n.

Un ejemplo aclarará mejor el curso de una determinación: 26,01 mg de sustancia (pentaacetilgalactosaamida) se saponifica según las instrucciones dadas y se destila luego el ácido acético formado:

I)	se destilan	4 × 5 cm <sup>3</sup> c/vez	= 20 cm <sup>3</sup> ;	gastan	15,36 cm <sup>3</sup> NaOH	0,05 n			
II)	»	»	2 × 7 »	»	= 14 »	»	»	»	»
III)	»	»	2 × 7 »	»	= 14 »	»	»	»	»
IV)	»	»	1 × 7 »	»	= 7 »	»	»	»	»
V)	»	»	1 × 7 »	»	= 7 »	»	»	»	»
VI)	»	»	1 × 7 »	»	= 7 »	»	»	»	»
VII)	»	»	1 × 7 »	»	= 7 »	»	»	»	»

Con el quinto destilado puede considerarse terminada la destilación. Si existe la posibilidad de formarse otros ácidos volátiles además del acético, por la acción del álcali, entonces se verifica la saponificación empleando de 2 a 3 cm<sup>3</sup> de SO<sub>4</sub> H<sub>2</sub> 50 %, o bien se sigue el método por oxidación sulfocrómica de Kuhn y L'Orsa que se aplica para la determinación de grupos C-CH<sub>3</sub>. En estos casos, terminado el proceso de saponificación ácida, que requiere el mismo tiempo, se destila el ácido acético directamente en las mismas condiciones que en el caso anterior.

#### DETERMINACIÓN DE LOS GRUPOS C-CH<sub>3</sub> SEGÚN R. KUHN Y L'ORSA

El método está fundado en el hecho que muchas sustancias orgánicas bajo la acción del ácido crómico, forman junto a los productos de combustión, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, ácido acético, el que procede únicamente de los grupos C-metilos originarios en la ma-

lécua. El ácido acético es muy estable frente a los medios oxidantes enérgicos.

Las posibilidades analíticas del método son las siguientes:

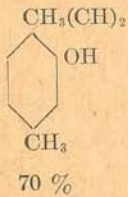
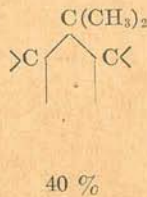
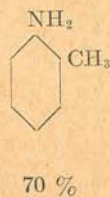
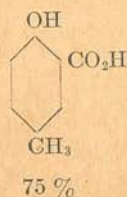
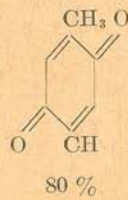
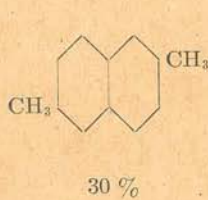
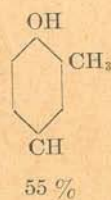
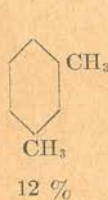
- a) Determinación de grupos acetilos.
- b) Determinación de grupos etoxilos.
- c) Determinación de grupos metilos unidos a otros tipos de C.

La asociación de este método con el anterior, permite la diferenciación de los distintos tipos de agrupación.

Es menester advertir, no obstante las bondades del método, que la producción de ácido acético está íntimamente vinculada a la constitución química de la sustancia. Los autores citados más arriba analizaron los diversos tipos posibles de estructura con los siguientes porcentajes:

Rendimiento de ácido acético en por ciento del teórico:

$C_2H_5.OH$ 100 %	$C_2H_5O.CO.R$ 95-100 %	$C_2H_5.O.C_2H_5$ 95 %	$CH_3.CO.OR$ 100 %
$CH_3.CO.CH_3.R$ 85 %	$CH_3.CH.OH.CH.OH.R$ 95 %	$CH_3.CH_2.CH_2-$ 20-60 %	
$CH_3-CH=CH-R$ 85 %	$=CH.C(CH_3)=CH-$ 85 %	$C_6H_5.CO.CH_3$ 10 %	



Para efectuar la determinación se requieren los siguientes reactivos: Ac. crómico 5 n; ac. sulfúrico D=1,84; ac. fosfórico D = 1,70; solución de hidrato de hidracina 4 %; hidrato de sodio 5 n.

De 20 a 30 mg de sustancia se pasan al baloncito de reacción y se agregan por el embudo 4 cm<sup>3</sup> de ac. crómico más 1,5 cm<sup>3</sup> de ac. sulfúrico conc. Se hierve a reflujo durante dos horas. se enfría colocando al baloncito en un baño de agua, se agregan a través del embudo 5 cm<sup>3</sup> de agua y gota a gota, 5 cm<sup>3</sup> de solución de hidracina a fin de reducir parcialmente la sal crómica; luego se agregan 9 cm<sup>3</sup> de hidrato de sodio y 2 cm<sup>3</sup> de ac. fosfórico; se lava finalmente el embudo con 2 cm<sup>3</sup> de agua y el refrigerante con 3 cm<sup>3</sup>.

Se gira el refrigerante y se destila en la siguiente forma:

I) 25 cm<sup>3</sup>; II) 2 veces 7 cm<sup>3</sup> c/vez; III) 2 veces 7 cm<sup>3</sup> c/vez y luego sucesivamente hasta que en destilados de 7 cm<sup>3</sup> pasen equivalentes iguales a 0,08-0,10 cm<sup>3</sup> de NaOH 0,05 n.

Para evitar los sobresaltos de la destilación se puede acelerar la corriente gaseosa hasta 70-80 burbujas por minuto.

*Cálculo del análisis:* Teniendo en cuenta que 1 cm<sup>3</sup> de NaOH 0,05 n es igual a 0,86 mg OH<sub>3</sub>CO.-; 2,10 mg C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CO.- y 0,30 mg CH<sub>3</sub>- resulta:

$$\text{CH}_3\text{CO. \%} = \frac{\text{cm}^3 \text{ NaOH } 0,05 \text{ n empleados} \times 86}{\text{peso de la sustancia}}$$

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{CO. \%} = \frac{\text{cm}^3 \text{ NaOH } 0,05 \text{ n empleados} \times 210}{\text{peso de la sustancia}}$$

$$\text{CH}_3. \% = \frac{\text{cm}^3 \text{ NaOH } 0,05 \text{ n empleados} \times 30}{\text{peso de la sustancia}}$$

$$\text{CH}_3\text{CO. ; C}_6\text{H}_5\text{CO. ; CH}_3. \times \text{Mol} = \frac{2 \times \text{cm}^3 \text{ NaOH } 0,05 \text{ n} \times \text{P Mol.}}{\text{peso de la sustancia} \times 100}$$

Límite de error de la determinación:  $\pm 0,5 \%$ .

Resultados de algunos análisis efectuados en el laboratorio:

A) Saponificación alcalina.

Sustancia	Peso en mg.	cm <sup>3</sup> NaOH 0,05 n	CH <sub>3</sub> CO   C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CO		CH <sub>3</sub> CO   C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CO	
			hall. %	cal. %	hall. X Mol.	cal. X Mol.
Tetraacetil-nitrilo-ramnónico.	28,23	17,20	52,39	52,27	4,00	4
Tetraacetil-arabinosa-amida .	30,96	18,60	51,66	51,65	4,00	4
Penta-acetil-galactosa-amida .	24,01	14,83	53,11	53,08	5,00	5
Acetanilida . . . . .	23,72	8,89	32,24	31,85	1,01	1
N-N' Diacetil-difenilhidrac. 2 <sup>a</sup>	32,62	10,20	28,69	26,70	2,08	2
Benzanilida . . . . .	22,06	5,64	53,71	53,29	1,00	1

B) Oxidación crómica.

Sustancia	Peso en mg.	cm <sup>3</sup> NaOH 0,05 n	CH <sub>3</sub> CO   C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CO		CH <sub>3</sub> CO   C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CO	
			hall. %	cal. %	hall. X Mol.	cal. X Mol.
Tetraacetil-nitrilo-ramnónico.	28,93	21,06	21,80	23,53	4,78	5
Tetraacetil-arabinosa-amida .	20,64	12,40	18,02	18,08	4,00	4
Penta-acetil-galactosa-amida .	32,01	19,77	18,51	118,52	5,00	5

BIBLIOGRAFIA

- Anleitung zur Organischen Elementaranalyse nach dem Cencigramm-Verfahren.  
Friederich Hoelscher (1934).  
Ber. Deutch. Chem. Ges. **66**, 1274 (1933).  
Z. angew. Chem. **44**, 847 (1931).  
Die Praxis des Organischen Chemikers. Gattermann u. Wieland (edición 24).

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FCS. Y N.  
LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA  
CAT. PROF. E. ZAPPI.



## DESTILACION

### TEORIA DE LA COLUMNA FRACCIONADORA \*

---

Han sido propuestos un cierto número de métodos para el cálculo de la columna fraccionadora. Un método simple y exacto para muchos fines prácticos es el método de Mc Cabe y Thiele<sup>1</sup> y éste será usado en la discusión presente.

*Definición del plato teórico.* — El funcionamiento de una columna ideal cualquiera se comprenderá mejor comparándola con una columna ideal. Esta columna ideal está compuesta de « platos teóricos ».

Un plato teórico cumple con el requisito de que el vapor que sale de él y pasa al plato superior está en equilibrio con el líquido del plato teórico que derrama al plato inferior.

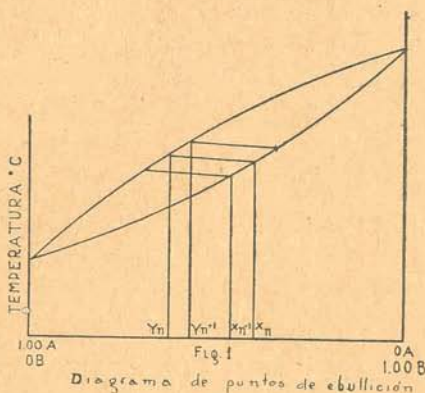
El grado de aproximación de un plato real a uno teórico, operando con una mezcla definida, únicamente puede ser determinado por la experiencia. Este argumento será discutido posteriormente. La discusión presente tratará únicamente con platos perfectos.

*Mecanismo de fraccionamiento.* — Consideremos un plato (o sección) de una columna construída con platos perfectos. Esta sección involucra cuatro corrientes de materiales. Llegan a la sección: una corriente de líquido proveniente del plato superior y una de vapor del plato inferior; salen de la sección: una corriente de líquido hacia el plato inferior y una de vapor asciende hacia la parte superior. Supongamos que el diagrama de puntos de ebullición de la mezcla binaria que estamos tra-

\* Traducción: *Elements of Chemical Engineering*. — WALTER L. BADGER y WARREN L. Mc. CABE (1936), pág. 340.

<sup>1</sup> *Ind. Eng. Chem.*, 17, 605 (1925).

tando sea el representado en la fig. 1. El componente A es el más volátil;  $x$  es la composición del líquido dada en fracción molar de A, e  $y$  es la composición del vapor expresada en las mismas unidades.



Las composiciones de las corrientes están representadas en la fig. 1 por  $x_n$ ,  $x_{n-1}$ ,  $y_{n+1}$  e  $y_n$ . El plato que estamos considerando recibe líquido de composición  $x_{n-1}$  del plato superior y vapor de composición  $y_{n+1}$  del plato inferior. De él sale vapor de composición  $y_n$  hacia el plato superior y líquido de composición  $x_n$  hacia el inferior. De la definición de plato teórico se deduce que estas dos últimas corrientes están en equilibrio, y la fig. 1 ha sido construída para corresponder a esta suposición.

El líquido del plato superior tiene una composición  $x_{n-1}$  y es más rico en componente A que la corriente que pasa al plato inferior. El vapor que asciende del plato inferior tiene una composición  $y_{n+1}$  y es más rico en componente B que el vapor que asciende del plato que estamos considerando. Dado que las corrientes que tienen composiciones  $x_n$  e  $y_n$  están en equilibrio, las corrientes que tienen composiciones  $x_{n-1}$  e  $y_{n+1}$  no pueden estar en equilibrio. Esto puede verse también en la fig. 1. Cuando estas dos corrientes se ponen en contacto tienden a aproximarse al equilibrio. Una parte del componente A se evapora del líquido, disminuyendo su contenido en dicho componente de  $x_{n-1}$  a  $x_n$ , y una parte del componente B del vapor

se condensa aumentando su contenido en componente A de  $y_{n+1}$  a  $y_n$ . El calor necesario para vaporizar A del líquido es suministrado por la condensación de B del vapor. La sección está actuando como un aparato de intercambio con lo cual el componente más volátil es transportado de la corriente líquida a la de vapor y de esta manera es conducido a la parte superior de la columna, mientras que el componente menos volátil es transportado de la corriente de vapor a la líquida, y así conducido a la parte inferior de la columna.

*Balances de material y calor en el plato ideal.* — Consideremos un plato teórico tal como el que está indicado en la fig. 2.

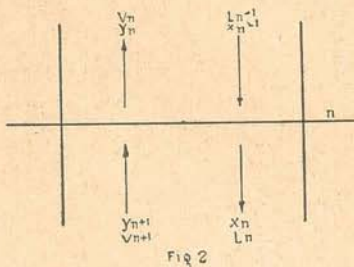


Fig 2

Este es el plato  $n$  contando a partir desde arriba de una columna formada por platos ideales. La alimentación de la columna está situada en algún punto por debajo de este plato. A este plato asciende una corriente de vapor proveniente del  $(n + 1)$  plato inferior. Sea  $V_{n+1}$  moles por hora la cantidad de este vapor e  $y_{n+1}$  la fracción molar del componente A (el más volátil) en el mismo. El plato emite  $V_n$  moles de vapor por hora hacia el plato  $(n - 1)$  y la composición de este vapor es  $y_n$ . Una corriente de líquido desciende del plato  $(n - 1)$ , como reflujo o derrame, hacia el plato  $n$ . Sea  $L_{n-1}$  el peso de esta corriente expresado en moles por hora, y  $x_{n-1}$  la fracción molar del componente A en la misma. Finalmente el plato  $n$  derrama al  $(n + 1)$ ,  $L_n$  moles por hora, de reflujo de composición  $x_n$ .

Por simple inspección pueden escribirse las ecuaciones de balance de material que se aplican al plato y son:

Material total:

$$V_{n+1} + L_{n-1} = V_n + L_n \quad [1]$$

Componente A:

$$(V_{n+1}) (y_{n+1}) + (L_{n-1}) (x_{n-1}) = V_n y_n + L_n x_n \quad [2]$$

Se puede escribir el balance de calor para el plato, si se elige una cierta temperatura. Supongamos que ésta sea la temperatura del líquido en el plato. Dado que el vapor  $V_{n+1}$  se desprende de un líquido en ebullición más pobre en componente A que el del plato que se considera, la temperatura de este vapor es algo superior que la temperatura dada. Del mismo modo la temperatura del líquido  $L_{n-1}$  es menor que la temperatura dada, ya que el líquido del plato  $(n - 1)$  es más rico en componente A, y, en consecuencia, posee un punto de ebullición menor.

La ecuación de balance de calor para el plato constará de varios términos. Por conveniencia cada término será designado por una letra.

Calor latente del vapor $V_{n+1}$ . . . . .	<i>a</i>
» sensible del vapor $V_{n+1}$ superior a la temperatura dada . . . . .	<i>b</i>
» » líquido $L_{n-1}$ inferior » » » » . . . . .	<i>c</i>
» de mezcla . . . . .	<i>d</i>
» latente del vapor $V_n$ . . . . .	<i>e</i>
Pérdida por radiación . . . . .	<i>f</i>

El balance de calor es:

$$a + b - c + d = e + f \quad [3]$$

Esta ecuación puede ser simplificada teniendo en cuenta una aproximación que es imparcialmente cercana a la verdad en los casos corrientes. Los dos términos mayores en la ecuación [3] son, para la mayoría de los sistemas, los que corresponden a los calores *a* y *e*. Los otros cuatro términos son pequeños; los calores sensibles debido a que la variación de temperatura de un plato a otro es pequeña; el calor de mezcla es ordinariamente muy pequeño o cero y la pérdida por ra-

diación es disminuída por las cubiertas. Además, dos de estos términos ( $b$  y  $d$ ) son contrabalanceados por los otros dos ( $c$  y  $f$ ), de modo que el efecto neto de despreciar los cuatro términos puede ser aún menor que la magnitud de cualquiera de ellos. Si la cantidad ( $b + d - c - f$ ) es despreciada en comparación con las cantidades mayores  $a$  y  $e$ , resulta, aproximadamente, que:

$$a = e \quad [4]$$

y sólo es necesario considerar los calores latentes.

*Derrame molar constante.* — La relación expresada en la ecuación [4] se hace más útil combinándola con la *regla de Trouton*. Esta aproximación empírica establece que el calor molar de vaporización dividido por la temperatura absoluta de su punto de ebullición es constante para grupos grandes de líquidos químicamente similares. Así, un mol de componente A en el plato  $n$  requiere para vaporizarse tanto calor como un mol de componente B en ese plato<sup>1</sup>. Entonces, el calor de vaporización de cualquier mezcla de A y B es independiente de la composición de la misma, si la variación de temperatura es despreciable. De acuerdo a la ecuación [4] tendremos:

$$V_{n+1} = V_n, \quad [5]$$

dado que la ecuación [4] se obtiene multiplicando cada miembro de la ecuación [5] por la misma cantidad, o sea por el calor latente molar.

Dado que el plato  $n$  es uno cualquiera por arriba del plato de alimentación, este resultado es general (excepto para el plato de alimentación y el superior de la columna), y los moles de vapor que llegan a cualquier plato son iguales a los moles de vapor que se desprenden del mismo. Los subíndices de las

<sup>1</sup> Si los dos componentes de la mezcla no tienen la misma constante de Trouton (p. ej., si ellos pertenecen a clases diferentes como agua y ácido acético), puede suponerse para cada componente un peso molecular ficticio de modo que se cumpla la regla de Trouton. En este caso los diagramas de puntos de ebullición y diagramas de equilibrio deben ser calculados sobre la base de este peso molecular ficticio. — PETERS; *Ind. Eng. Chem.* **14**, 476 (1922).

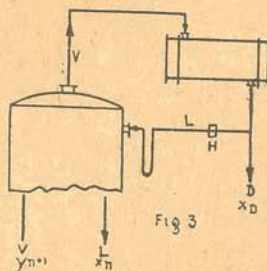
cantidades  $V_{n+1}$  y  $V_n$  pierden significado y pueden ser suprimidos.

De las ecuaciones [1] y [5] es evidente que:

$$L_{n-1} = L_n \quad [6]$$

Las ecuaciones [5] y [6] definen los términos *vaporización molar constante* y *derrame molar constante* respectivamente.

*Cálculo del número de platos teóricos en una columna fraccionadora.*— Consideremos una columna fraccionadora que posee las secciones de rectificación y agotamiento. Supongamos para mayor simplicidad que la columna posee un solo condensador en el cual el vapor que sale de la parte superior de la columna se condensa completamente pero no es enfriado por debajo de su temperatura de condensación. La fig. 3 es



un diagrama de la parte superior de tal columna, tomada en un punto por arriba del plato de alimentación. Sean  $D$  los moles de destilado eliminados como producto en la unidad de tiempo y  $L$  los moles de destilado que vuelven al plato superior como reflujo en la unidad de tiempo. Sea  $x_D$  la composición del destilado en el condensador, y ésta será también la composición del producto  $D$  y del reflujo  $L$ . Supongamos que los platos de la columna están numerados en serie a partir del plato superior y que la sección se toma a través de la columna entre los platos  $n$  y  $(n+1)$ . Dado que el reflujo  $L$  se encuentra en su punto de ebullición el derrame líquido desde el plato superior de la columna, en la unidad de tiempo,

será también igual a  $L$ . Debido al hecho que el reflujo molar en la columna es constante, también  $L$  moles de líquido pasarán del plato  $n$  hacia el  $(n + 1)$ . Además la corriente de vapor que pasa por la columna será constante en cantidad de plato a plato. Sean  $V$  los moles de vapor en esta corriente. Sea  $x_n$  la composición del líquido que sale del plato  $n$  e  $y_{n+1}$  la composición del vapor que asciende del plato  $(n + 1)$  al  $n$ . En esta nomenclatura  $x$  es siempre la composición del líquido, e  $y$  la del vapor, ambas en fracciones molares del componente más volátil. El subíndice en cada caso se refiere al plato en el cual se origina la cantidad expresada.

Dado que todo el material que entra a la sección que estamos tratando debe salir de ella:

$$V = L + D \quad [7]$$

Además, todo el componente más volátil que pasa en el vapor debe salir ya sea como líquido de reflujo o como destilado:

$$V y_{n+1} = L x_n + D x_D \quad [8]$$

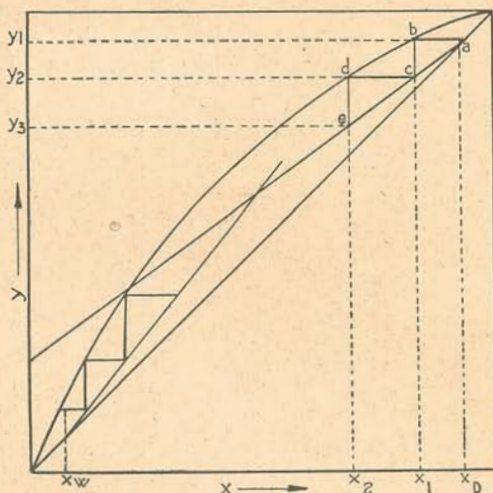
Eliminando  $V$  de las ecuaciones [7] y [8]:

$$y_{n+1} = \frac{L}{L + D} x_n + \frac{D}{L + D} x_D \quad [9]$$

Si se supone que los platos de la columna son perfectos, el vapor que se desprende de un plato debe estar en equilibrio con el líquido que sale del mismo, entonces sobre la curva de equilibrio existirá un punto que tiene coordenadas  $x = x_n$ ,  $y = y_n$ . Si los valores de  $L$ ,  $D$  y  $x_D$  son conocidos, la ecuación [9] y la curva de equilibrio pueden ser utilizadas en una forma alternada para calcular las composiciones del líquido y vapor pertenecientes a los diferentes platos de la columna. Por ejemplo, la composición del destilado de la columna de la fig. 3 es la misma que la del vapor que se desprende del plato superior de la columna, y entonces  $y_1$  y  $x_D$  son iguales. El valor  $x_1$  se encuentra leyendo la abscisa del punto de la curva de equilibrio

cuya ordenada es  $y_1$ . Si se substituye  $x_1$  en la ecuación [9] puede calcularse  $y_2$  y luego el valor de  $x_2$  se lee en la curva de equilibrio. Este procedimiento puede continuarse tanto como sea necesario.

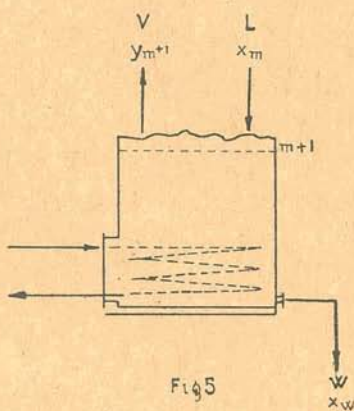
El procedimiento anterior es especialmente apropiado para una solución gráfica. Es necesario solamente representar en el gráfico la ecuación [9] en la que  $y_{n+1}$  y  $x_n$  se consideran como variables. La [9] es la ecuación de una recta, de pendiente  $\frac{L}{L + D}$ , y debe pasar por el punto  $(x_D, y_1)$ . Ya que  $x_D$  e  $y_1$  son iguales, el punto  $(x_D, y_1)$  debe estar situado también sobre la diagonal del diagrama de equilibrio. Substituyendo en la ecuación [9] el valor de  $x_D$  por  $x_n$  resulta  $y_1 = x_D$ .



La fig. 4 muestra la ecuación [9] representada en el diagrama de equilibrio. Esta línea se llama *línea de operación*. El procedimiento analítico descrito anteriormente puede ser reproducido partiendo del punto  $a$ , que es el punto  $(x_D, y_1)$ . Trazando el segmento horizontal  $ab$  se obtiene el valor de  $x_1$ . Un segmento vertical trazado del punto  $b$  al  $c$  sobre la línea de operación da el valor de  $y_2$  (ordenada del punto  $a$ ). Un



segundo segmento horizontal  $cd$  da  $x_2$ , y un segundo segmento vertical  $de$  da  $y_3$ . Este proceso es la solución gráfica de la determinación de las concentraciones del líquido y vapor pertenecientes a cada plato de la serie. En cualquier caso dado los pasos deben ser seguidos hasta llegar al plato de alimentación, donde el agregado de una nueva corriente (la alimentación) varía la de líquido y vapor, y se hace necesaria entonces una nueva línea de operación.



La columna agotadora puede ser analizada del mismo modo que la de rectificación. La fig. 5 representa una sección de la columna tomada por debajo del punto de alimentación, entre dos platos cualesquiera tales como el  $m$  y el  $m + 1$ . De la caldera, que puede ser considerada como la sección inferior de la columna, se elimina del sistema el residuo  $W$ , cuya composición es  $x_w$ . Sea  $\bar{V}$  el vapor que se desprende del plato  $(m + 1)$ ,  $\bar{L}$  el líquido que derrama al plato  $(m + 1)$  e  $y_{m+1}$  y  $x_m$  las composiciones correspondientes. Las cantidades  $\bar{V}$  y  $\bar{L}$  serán constantes a través de la columna agotadora, pero en general diferirán de  $L$  y  $V$ , que son las cantidades correspondientes en la columna de rectificación. Los balances de material total y de componente más volátil, dan las ecuaciones:

$$\bar{V} = \bar{L} W \quad [10]$$

$$\bar{V} y_{m+1} = \bar{L} x_m - W x_w \quad [11]$$

Eliminando  $V$  entre ambas ecuaciones se tiene:

$$y_{m+1} = \frac{\bar{L}}{\bar{L} - W} x_m - \frac{W}{\bar{L} - W} x_D \quad [12]$$

La [12] es la ecuación de otra recta cuya pendiente es  $\frac{\bar{L}}{\bar{L} - W}$  la cual, si se puede determinar  $L$ , puede ser representada en el diagrama de equilibrio y ser usada con la curva de equilibrio para determinar las variaciones de concentración en la columna agotadora, en la misma forma que se usó la línea de operación para la columna de rectificación, por arriba del plato de alimentación. Cuando la ecuación [12] se aplica al último plato (substituyendo  $x_w$  por  $x_n$ ) se encuentra que el valor correspondiente de  $y$  es  $x_w$ . Entonces la recta pasa por el punto ( $y = x_w, x = x_w$ ), o sea un punto sobre la diagonal del diagrama de equilibrio.

*Efecto de las condiciones de alimentación sobre las líneas de operación.* — Las relaciones entre  $L$  y  $\bar{L}$  y  $V$  y  $\bar{V}$  dependen de las condiciones de la mezcla de alimentación que entra a la columna. Esta alimentación puede ser: líquido frío, líquido en su punto de ebullición, mezcla de líquido y vapor, vapor saturado o vapor sobrecalentado. Es deseable desarrollar una regla que pueda contemplar todos estos casos.

Sea  $q$  una cantidad definida como « el calor total necesario para convertir un mol de líquido de alimentación en vapor saturado, dividido por el calor latente molar ». Si el líquido de alimentación es un vapor saturado,  $q$  será cero. Si es líquido en su punto de ebullición,  $q$  será igual al calor latente dividido por el calor latente o sea 1. Si es un líquido frío,  $q$  será mayor que 1, pues además del calor latente es necesario convertir un mol de líquido de alimentación en vapor saturado. Si es una mezcla de líquido y vapor,  $q$  estará entre cero y 1 y será igual a la fracción que es líquida. Si es vapor sobrecalentado,  $q$  será negativo.

Si  $F$  representa los moles de líquido de alimentación que entran a la columna en la unidad de tiempo, de la definición

de  $q$  se deduce que  $qF$  es la corriente de líquido que además de la que desciende de la sección de rectificación, desciende por la columna agotadora, y entonces:

$$\bar{L} = L + qF \quad [13]$$

También por un balance de material sobre el plato de alimentación:

$$L + \bar{V} + F = \bar{L} + V \quad [14]$$

y entonces:

$$V = L + qF + V - L - F = F(q - 1) + V \quad [15]$$

Si se substituye el valor de  $\bar{L}$  de la ecuación [13] en la [12]:

$$y_{m+1} = \frac{L + qF}{L + qF - W} x_m - \frac{W}{L + qF - W} x_u \quad [16]$$

Si se conocen las cantidades de líquido de alimentación y de residuo y se toma un valor de  $L$ , la línea de operación para la columna agotadora puede ser representada mediante la ecuación [16], porque la línea pasa por el punto  $(x_w, x_w)$  y tiene una pendiente  $\frac{L + qF}{L + qF - W}$  en la cual todas las magnitudes son ahora conocidas.

*Intersección de las líneas de operación.* — Existe un método más conveniente para representar las líneas de operación para la columna agotadora que el del uso directo de la ecuación [16]. El método se encuentra por la eliminación del reflujo  $L$  entre las ecuaciones [9] y [16]. Esto da la ecuación de una recta sobre la cual las líneas de operación deben intersecarse, cualquiera sea el valor de  $L$ . Para este fin los subíndices de los valores de  $x$  y  $y$  pueden ser eliminados de las ecuaciones [9] y [16] y cada una de ellas ser resueltas para la cantidad  $L$  ( $y - x$ ). Así de la [9]:

$$L(y - x) = D(x_D - y) \quad [17]$$

y de la [16]:

$$L(y - x) = qF(x - y) + W(y - x_w) \quad [18]$$

Entonces:

$$D (x_D - y) = q F (x - y) + W (y - x_w) \quad [19]$$

Pero, por el balance para el total del material y del componente más volátil:

$$W = F - D \quad [20]$$

$$W x_w = F x_f - D x_D \quad [21]$$

Si mediante las ecuaciones [20] y [21] se eliminan  $W$  y  $W x_w$  de la [19] el resultado es:

$$D (x_D - y) = q F (x - y) - F x_f + D x_D - F y + D y$$

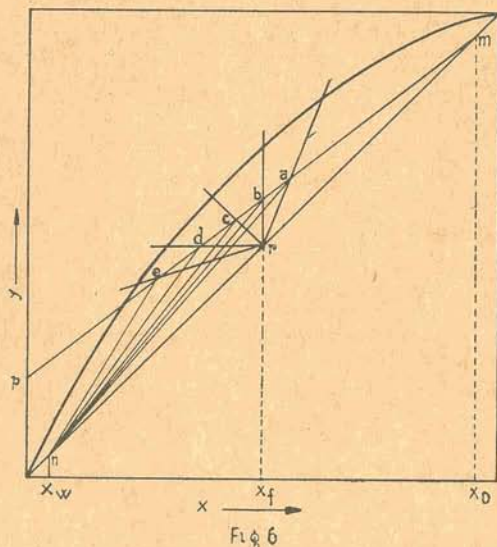
y simplificando:

$$y = \frac{q}{q-1} x - \frac{x_f}{q-1} \quad [22]$$

La ecuación [22] representa una línea recta llamada *línea q*, sobre la cual intersecan las líneas de operación. La posición de esta línea depende solamente de  $q$  y de  $x_f$ . La pendiente de esta recta es  $\frac{q}{q-1}$  y ésta cruza a la diagonal de  $45^\circ$  ( $x = y$ ) en el punto  $x = x_f$ ,  $y = x_f$ , como puede verse substituyendo  $x_f$  por  $x$  en la ecuación [22].

Si la alimentación es un líquido frío, la línea  $q$  tiene una pendiente hacia arriba y a la derecha; si es un líquido a la temperatura de saturación la línea es vertical; si es una mezcla de líquido y vapor la pendiente es hacia arriba y a la izquierda, y es igual a la relación del líquido al vapor, si es un vapor saturado la línea es horizontal, y, finalmente, si es un vapor sobrecalentado es hacia abajo y a la izquierda. Todos estos casos están representados en la fig. 6, donde las líneas de operación están representadas para varias condiciones térmicas de la alimentación. El valor de  $L$  es el mismo para todos los casos representados en la fig. 6. La línea  $mp$  es la de operación para la parte superior de la columna y es determinada por la

ecuación [9]. La línea de operación para la parte inferior de la columna debe pasar por el punto  $(x_w, x_w)$ , y las dos líneas deben intersectarse sobre la línea  $q$ . Entonces cuando la línea  $q$  es  $ra$ , la línea de operación inferior es  $na$ , y así para todas las otras posiciones de la línea  $q$ .



*Relación de reflujo.* — Aunque las ecuaciones presentadas son suficientes para llevar a cabo el análisis gráfico, dibujo y construcción de la columna, el procedimiento se simplifica por la introducción de una nueva cantidad: la relación de reflujo. Esta es la relación entre la cantidad de líquido que desciende por la columna de rectificación y la cantidad eliminada como producto. Si la relación de reflujo se representa por  $R$  puede ser definida como:

$$R = \frac{L}{D} = \frac{V - D}{D} \quad [23]$$

Si en la ecuación [9] se dividen el numerador y denominador de los dos términos del miembro de la derecha por  $D$ , la ecuación resultante es:

$$y_{n+1} = \frac{R}{R + 1} x_n + \frac{x_D}{R + 1} \quad [24]$$

Esta es también la ecuación de la línea de operación para la parte superior de la columna. El valor  $x_D$  es fijado por las condiciones del problema y  $R$ , la relación de reflujo, puede ser regulado durante la operación mediante el control de reflujo,  $H$ , de la fig. 3.

De la ecuación [24] se deduce que el intercepto  $y$ , de la recta de operación, es  $\frac{x_D}{R+1}$ . Entonces esta línea puede ser representada más fácilmente trazando una recta entre este intercepto (punto  $p$ , fig. 6) y el punto sobre la diagonal donde  $x = x_D$  (punto  $m$ ).

*Cálculo del número de platos teóricos en una columna fraccionadora.*— El desarrollo anterior puede ser resumido por el siguiente problema: Consideremos una columna continua alimentada con líquido de composición  $x_f$  y de calor molar conocido, que dé un producto de composición  $x_D$ , descargue un residuo de composición  $x_w$  y opere con una relación de reflujo de  $R$  moles por mol de producto. ¿Cuántos platos perfectos son necesarios? ¿En qué plato debe ser introducido el líquido de alimentación?

1. — Se traza la curva de equilibrio y la diagonal  $x = y$  (fig. 7).

2. — Se calcula el valor de  $q$  mediante el calor molar del líquido de alimentación y se representa la línea  $q$  trazando una línea recta por la intersección de la línea vertical  $x = x_f$  con la diagonal (punto 1) y con pendiente  $\frac{q}{q-1}$ .

3. — Se calcula el intercepto  $\frac{x_D}{R+1}$  y se marca sobre el eje  $y$  como punto 2. Se traza una línea recta entre los puntos 2 y 3, siendo este último punto el que sobre la diagonal corresponde a  $x_D$ . Esto determina el punto 5 sobre la línea  $q$ .

4. — Se une el punto 5 con el 6 que es el punto de la diagonal que corresponde al valor de  $x_w$ .

5. — Partiendo del punto 3 se traza una serie de pasos rectangulares entre la curva de equilibrio y la línea de operación para la columna de rectificación. Los pasos se siguen hasta que

se ha pasado el punto 5. Cuando se pasa el punto 5 las verticales se trazan hacia la línea de operación de la columna agotadora y se utiliza esta línea hasta que la línea vertical coincida con  $x_w$ <sup>1</sup> o un valor menor.

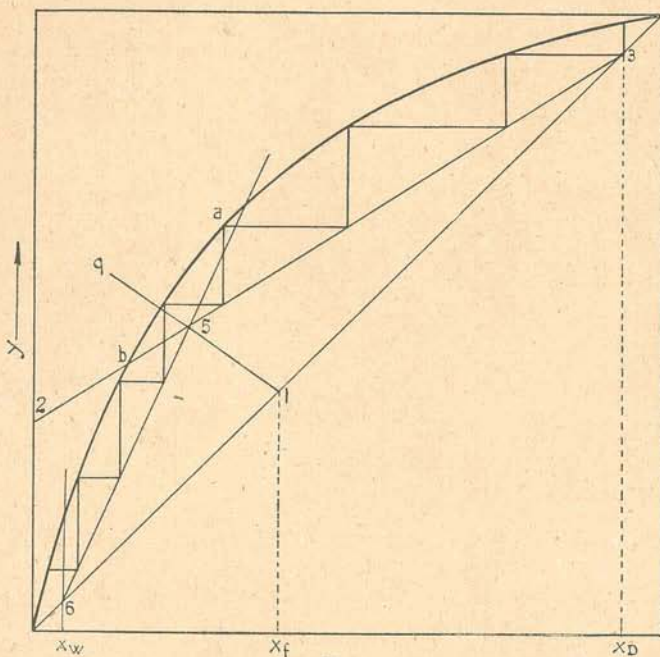


Fig 7

El número total de pasos es el número total de platos perfectos de la columna y el paso que cruza a la línea  $q$  indica el plato en que debe ser introducida la alimentación. En consecuencia, en el caso representado en la fig. 7 habrá siete platos teóricos y la alimentación estará colocada en el cuarto a partir

1 Para cumplir literalmente con las condiciones del problema, la última vertical debe coincidir con  $x_w$ . Esto es equivalente a decir que las cuatro cantidades  $x_f$ ,  $x_D$ ,  $x_w$  y  $R$  pueden ser fijadas todas arbitrariamente, pero en general tal elección no dará como resultado un número integral de platos. Así en el caso de la fig. 7 se puede obtener un número integral de platos por una ligera variación en una de las cantidades anteriores. Como se ha dibujado en la fig. 7, la composición del residuo será menor que  $x_w$ . Prácticamente, sin embargo, no es necesario tomar ese ajuste porque los platos en una columna real rara vez son equivalentes a los platos teóricos.

del extremo superior de la columna. El paso de una línea de operación a la otra puede efectuarse en cualquier punto entre *a* y *b*, pero cualquier otro método distinto del indicado dará como resultado pasos más chicos (número mayor de platos en la columna).

*Ejemplo.* — Debe diseñarse una columna fraccionadora continua para separar 30000 lb por hora, de una mezcla de 60 % de tolueno y 40 % de benceno, un producto de cabeza conteniendo 97 % de benceno y un residuo con 98 % de tolueno. (Los porcentajes anteriores son en peso). Debe usarse una relación de reflujo de 3,5 moles por mol de producto. El calor latente molar de vaporización de benceno y tolueno es 7240 cal. por mol.

a) Calcular el peso de producto y residuo por hora.

b) Determinar el número de platos perfectos y posición del plato de alimentación:

(1) Si la alimentación es líquida y en su punto de ebullición.

(2) Si la alimentación es líquida y a 20° C (calor específico: 0,44).

(3) Si la alimentación es una mezcla de 2/3 de mol de vapor y 1/3 de mol de líquido por mol de alimentación.

c) Si para el calentamiento debe usarse vapor a 20 libras, ¿cuánto vapor se requiere por hora, para cada uno de los tres casos anteriores, suponiendo que las pérdidas por radiación son despreciables?

*Solución.* — Parte a. Sea:

D = libras de producto por hora

W = » » residuo » »

$$30.000 = D + W$$

Balance de benceno:

$$(30.000) (0,40) = 0,97D + 0,02 W$$



Resolviendo simultáneamente estas dos ecuaciones resulta:

$$D = 12.000$$

$$W = 18.000$$

*Parte b (1).* — Es necesario convertir las composiciones del producto, de alimentación y residuo de peso por ciento a fracción molar:

Alimentación:

$$\frac{40}{78} = 0,513 \text{ moles de benceno}$$

$$\frac{60}{92} = 0,652 \quad \gg \quad \gg \text{ tolueno}$$

$$1,165 \quad \gg \quad \text{totales}$$

$$x_f = \frac{0,513}{1,165} = 0,440$$

Producto:

$$\frac{97}{78} = 1,2450 \text{ moles de benceno}$$

$$\frac{3}{92} = 0,0326 \quad \gg \quad \gg \text{ tolueno}$$

$$1,2776 \quad \gg \quad \text{totales}$$

$$x_D = \frac{1,245}{1,2776} = 0,974$$

Residuo:

$$\frac{2}{78} = 0,0256 \text{ moles de benceno}$$

$$\frac{98}{92} = 1,066 \quad \gg \quad \gg \text{ tolueno}$$

$$1,092 \quad \gg \quad \text{totales}$$

$$x_w = \frac{0,0256}{1,092} = 0,0234$$

El primer paso (pág. 7) es representar el diagrama de equilibrio y trazar sobre él las verticales  $x_D$ ,  $x_f$  y  $x_w$ . Estas deben llegar hasta la diagonal del diagrama (fig. 8).

El segundo paso es representar la línea  $q$  (ecuación 22). En este caso  $q$  es 1 y la línea  $q$  es vertical, o sea una continuación de la línea  $y = x_f$ .

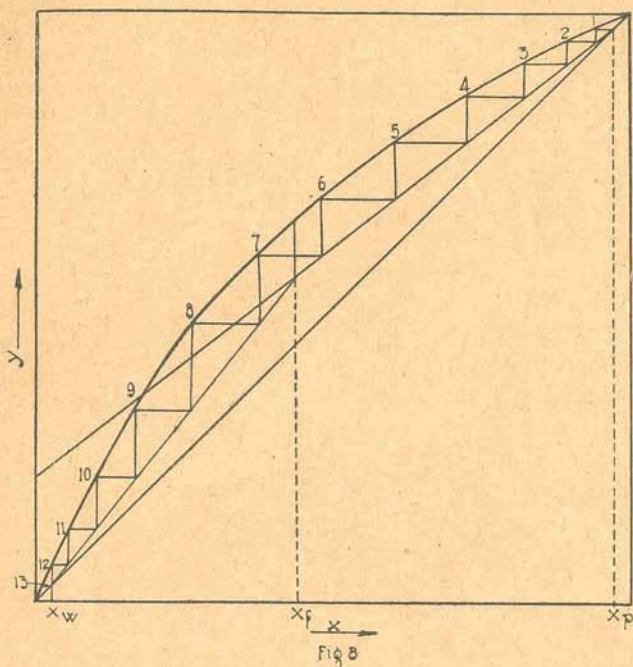


Fig 8

El tercer paso es representar la línea de operación para la parte superior o de rectificación de la columna. Esto se hace calculando el intercepto sobre el eje  $y$  mediante la ecuación [24]. En este caso

$$x_D = 0,974$$

$$R = 3,5$$

y el intercepto es 0,217. De la intersección de esta línea con la línea  $q$  se traza la línea de operación para la parte inferior o agotadora de la columna (4º paso).

El quinto paso es trazar los pasos rectangulares entre las dos líneas y la curva de equilibrio.

Contando los pasos rectangulares se encuentra que se requieren 12 platos perfectos y que la alimentación debe estar colocada en el 7° contando desde la parte superior de la columna.

*Parte b (2).* — Esta solución será la misma que la anterior excepto para la línea *q*. El calor específico está dado en calorías por gramo y debe ser convertido en calorías por mol. De la solución de la parte *b* [1] se tiene que 100 lb de alimentación contienen 1,165 moles, entonces el peso molecular medio es 85,8. El calor específico en calorías por mol es, entonces,  $0,44 \times 85,8 = 37,7$ .

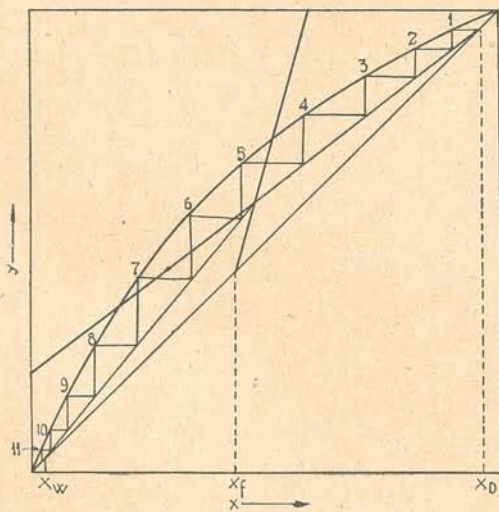


Fig 9

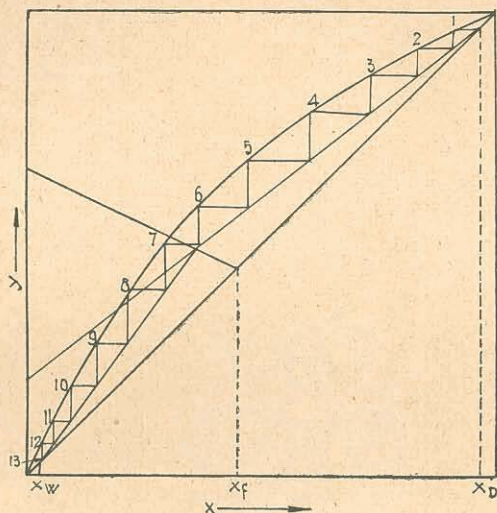
Es necesario conocer el punto de ebullición de la mezcla de alimentación. De un diagrama de puntos de ebullición de mezclas de benceno y tolueno del tipo del de la fig. 1 se encuentra que la mezcla que contiene 0,44 moles por ciento de benceno hierve a  $93^{\circ}$  C.

Para convertir una molécula-gramo de líquido de alimentación en vapor saturado será necesario:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Calor sensible: } 37,7 (93 - 20) & = & 2,752 \text{ calorías} \\
 \text{» latente} & & = 7,240 \text{ »} \\
 \hline
 \text{Total} & = & 9,992 \text{ »}
 \end{array}$$

El valor de  $q$  es, entonces:  $\frac{9,992}{7,240} = 1,38$ , y la pendiente de la línea  $q$  es  $\frac{1,38}{1,38 - 1} = 3,63$ .

Si se llevan a cabo los pasos, como lo fueron para el caso anterior, se encuentra que el total es ahora de 11 platos con la alimentación colocada en el 5° (fig. 9).



Parte b [3]. — De la definición de  $q$  de la pág. 129 se deduce que para este caso  $q = 0,333$  y la pendiente de la línea  $q$  es  $-0,5$ . La solución está en la fig. 10 e indica 13 platos perfectos con la alimentación en el 7° plato.

Parte C. — La alimentación total es de 30.000 lb por hora, y 100 lb contienen 1,165 moles. Entonces la alimentación total es

$$\frac{30.000 \times 1,165}{100} = 349,5 \text{ moles.}$$

El producto total es de 12.000 lb por hora, y 100 libras de producto contienen 1,2776 moles.

El vapor total que asciende a la parte rectificadora de la columna es 4,5 moles por mol de producto, o

$$V = \left( \frac{12.000}{100} \right) \times 1,2776 \times 4,5 = 690,2$$

De la ecuación 15

$$\bar{V} = 349,5 (q - 1) + 690,2$$

El calor latente de vaporización es 7240 calorías por mol, o

$$7,240 \times 1,8 = 13,032^1 \text{ B. t. u. por lb-mol.}$$

El calor cedido por una lb de vapor a 20 lb en la condensación es de 939 B. t. u. El vapor necesario es, entonces:

$$\left( \frac{13,032}{939} \right) \bar{V} = \left( \frac{13,032}{939} \right) [349,5 (q - 1) + 690,2] \text{ lb por hora.}$$

Caso	$q$	lb de vapor por hora
c (1)	1,00	9576
c (2)	1,38	11420
c (3)	0,33	6331

<sup>1</sup> B. t. u. por lb (*British thermal cunit*) =  $\frac{1}{1,8}$  calorías por gramo.

Dr. Carlos A. Abeledo

## LOS ESTUDIOS QUIMICOS EN LAS UNIVERSIDADES NORTEAMERICANAS\*

En los Estados Unidos la enseñanza universitaria está dividida en dos ciclos: el *College* y la *Graduate School*.

En el *College*, generalmente el de Ciencias y Artes, el alumno que estudia química cumple su primer ciclo, de cuatro años de estudios, del cual egresa con el título de *Bachelor* en ciencias o artes (B. Sc. o B. A.), que lo habilita para ejercer su profesión. Durante su estada en el *College* el alumno está sometido a una disciplina relativamente severa, y debe asistir regularmente a las clases teóricas, y cumplir un mínimo de trabajos prácticos. Los profesores mismos suelen pasar lista al comenzar sus clases teóricas.

En el segundo ciclo, el alumno puede completar sus estudios en una forma más independiente; sigue alguno o algunos cursos de índole superior y debe ejecutar un trabajo original. La *Graduate School*, o Escuela para graduados, otorga los títulos de *Master* (M. Sc. o M. A.) y de *Doctor* (D. Sc. o Ph. D.), según el tiempo y la calidad del trabajo efectuado por el alumno. Aquí sólo se fija un tiempo mínimo de estudios, y algunos requisitos con respecto a la calidad y clase de trabajos que deberá efectuarse. El trabajo cumplido, los estudios proseguidos y las condiciones personales del estudiante, en lo que respecta a su capacidad para la investigación original y el trabajo independiente, son generalmente juzgados por un tribunal de profesores, que recomienda o no al estudiante como candidato a alguno de los títulos mencionados.

\* Información producida a pedido del consejero de la Facultad de Ciencias Exactas, Dr. ROGELIO A. TRELLES.

Es completamente general en las Universidades norteamericanas, que el tiempo mínimo requerido para graduarse como *Master* sea de un año, y para graduarse de *Doctor*, de tres años. Estos tiempos se cuentan referidos al trabajo efectuado después de obtenido el título de *Bachelor*. No es necesario que para obtener el título de *Doctor* se haya debido obtener previamente el de *Master*. Se considera, en general, que los tiempos indicados representan el mínimo requerido por un alumno de buenas condiciones, que dedique ocho horas diarias a sus estudios.

En cuanto al significado de estos títulos puede decirse, en general, que el de *Bachelor* habilita para todas aquellas actividades profesionales que no requieren investigación personal; y los de *Master* y *Doctor* son preferidos por aquellos empleadores que esperan obtener técnicos con capacidad para emprender trabajos originales. A título ilustrativo podemos agregar el dato que la Comisión del Servicio Civil, que llama regularmente a concurso para la provisión de puestos técnicos para el Gobierno de los Estados Unidos, exige en la mayor parte de los casos —como requisito de título— sólo el grado de *Bachelor*, aunque lógicamente podrán optar en mejores condiciones aquellos que tengan título de *Master* o *Doctor*.

#### Planes de estudio para el título de "Bachelor of Sciences" en Química

Es conveniente tener presente, al considerar los planes de estudio, que la Universidad norteamericana recibe los alumnos del *High School*, escuela que corresponde a nuestro colegio de enseñanza media, si bien tiene una organización enteramente diferente. Puede sintetizarse esa diferencia diciendo que el *High School* no pretende impartir una enseñanza enciclopédica, sino que pretende dar al futuro ciudadano —hombre o mujer— los conocimientos necesarios para el desenvolvimiento de su vida futura, cívica, social, cultural. Consecuencia de este modo de encarar la enseñanza secundaria es que, a pesar de que la escuela retiene al alumno unas seis horas diarias durante un período de cuatro años en el tipo clásico de

*High School*, la enseñanza académica impartida es mucho menor que en nuestros colegios nacionales.<sup>1</sup>

En cuanto a los planes de estudios del *College* debemos hacer notar de entrada, que no conocemos ninguna universidad que haya establecido un plan fijo para la obtención de los títulos que otorga en ciencias. Algunas establecen un plan básico y dejan un determinado número de horas para que sean distribuidas por el alumno de acuerdo con sus propias inclinaciones y con los consejos de un profesor que se le fija como asesor (*adviser*). Estas horas electivas deben ser llenadas con materias químicas o relacionadas con la química, y en algunos casos se fija un mínimo de horas para cada uno de estos dos grupos de materias.

Puede sintetizarse la flexibilidad de los planes norteamericanos que se deben seguir para graduarse de B. Sc. en química, en el único requisito que establecen algunas universidades: haber cursado y aprobado un mínimo de cursos de química equivalente a un determinado número de horas. A este respecto dice el Boletín correspondiente de la Universidad de Harvard:

Todo estudiante está en libertad para inscribirse en cualquier curso, en cualquier orden o combinación que no implique conflicto de horario, siempre que tenga la preparación necesaria para ello; y a ninguno se le permitirá la inscripción en un curso para el cual se considere que no posee aquella preparación.

El número de horas semanales en que el alumno debe inscribirse está fijado generalmente de acuerdo a un sistema convencional en el cual a las horas prácticas se les asigna un valor igual al tercio de las teóricas. Sobre esta base, al número de horas teóricas por semana que corresponden a un determinado curso, se le suma el tercio de las horas prácticas que corresponden al mismo. Se obtiene en esta forma un número, que se designa con el nombre de *credit hours* (horas de crédito) y que en lo que sigue llamaremos «puntos». Una materia que tenga tres horas teóricas y seis prácticas semanales es una materia que vale  $3 + 6/3 = 5$  puntos. Y una materia que tenga sólo una hora teórica pero 12 prácticas semanales vale

<sup>1</sup> Sobre la organización general de la enseñanza puede consultarse «Esquema de la Educación en los Estados Unidos», por ERNESTO NELSON. Publicación del Instituto Cultural Argentino Norteamericano. Buenos Aires.



también cinco puntos ( $1 + 12/3$ ). Generalmente el número total de puntos que se pueden cursar simultáneamente oscila alrededor de 17.

Este modo de calcular el valor de las materias es evidentemente un tanto convencional, y vendría a significar que el número total de horas de dedicación que requiere el estudio de una materia es aproximadamente igual al triple del número de puntos de esa materia. Esto nos lleva a la conclusión de que los planes están calculados para unas 50 horas de trabajo total por semana, dentro de las cuales se considera el tiempo de las clases teóricas, laboratorio, clases de resolución de problemas, trabajo en la casa, etc.).

A título comparativo, un cálculo similar del plan actual del doctorado en química, en nuestra Universidad de Buenos Aires, nos daría para el cuarto año, por ejemplo, un total de 22 puntos, o sea unas 66 horas semanales de trabajo total. Todos sabemos que la realidad no abona este cómputo en nuestro caso, ya que implicaría cinco horas de trabajo diario en la casa o la biblioteca.

Pero debe tenerse presente que en la Universidad norteamericana el alumno debe:

- a) Rendir los exámenes al fin de cada semestre o trimestre con muy pocos días de intervalo después de la terminación de las clases, y en el plazo de cinco o seis días;
- b) Estar preparado para desarrollar en su casa una cantidad de trabajo que se le asigna durante el período escolar;
- c) Estar preparado para resolver problemas en el aula, y para rendir periódicamente pruebas escritas, todo lo cual permite clasificarlo a fin de decidir, entre otras cosas, si debe o no llegar al examen.

Antes de entrar al detalle de dos o tres planes de estudio es bueno hacer notar que el año escolar norteamericano se compone de unas 30-32 semanas *netas*, con una media docena de días feriados como máximo. Vale decir que es casi 50 por ciento mayor que el año escolar de nuestra Universidad. La unidad escolar es generalmente el semestre (unas 15 semanas), aunque algunas universidades conservan el trimestre (10-11 semanas) como unidad, que se puso en boga durante la guerra mundial.

Al final de cada uno de estos períodos el alumno que está

en condiciones debe rendir exámenes escritos, exámenes que rinde inmediatamente después de clausuradas las clases (o con apenas una semana de intervalo), y que en toda la Universidad se toman en el plazo de cinco o seis días.

Conviene asimismo tener presente antes de entrar al estudio de los planes, que la Universidad norteamericana está dividida en escuelas, *Colleges* o departamentos, en cada uno de los cuales se imparte la enseñanza especial que les corresponde. Así, la química se enseña en la escuela de química, que puede constituir una división del *College of Engineering and Architectural and School of Chemistry*, como hasta hace muy poco en la Universidad de Minnesota<sup>1</sup>, o del *College* de Ciencias y Artes, como en la mayor parte de las demás.

Esta organización trae como consecuencia que todos aquellos estudiantes de la Universidad que deben proseguir estudios de química, sean éstos accesorios o fundamentales para ellos, lo hacen en el mencionado departamento de química. Existen sin embargo cursos de química aplicada en las escuelas que los requieren especialmente, como podrían ser los cursos de química del suelo o de química agrícola en la escuela de agricultura o de química fisiológica en la de medicina.

Una diferencia fundamental que conviene hacer resaltar es que el cuerpo de profesores está dedicado exclusivamente a sus tareas docentes y de investigación, y no está designado para desempeñar tal o cual cátedra sino que se lo nombra, en general, con la sola especificación del campo de la química de su especialidad (inorgánica, orgánica, analítica, industrial, físico-química, etc.). Como cada una de estas ramas está bajo la dirección de un profesor que actúa como jefe de su departamento, quiere decir que la enseñanza de la química está generalmente bajo la responsabilidad de cuatro o cinco jefes de departamento, los cuales tienen amplias atribuciones para orientar la enseñanza dentro de sus respectivas jurisdicciones y coordinarla con los demás departamentos, por acuerdo directo entre los jefes y el director o decano de la escuela, que es, generalmente, uno de los jefes de departamento.

<sup>1</sup> A fines de 1935 se creó el *Institute of Technology*, constituido por el *College* de Ingeniería y Arquitectura, la Escuela de Química y la Escuela de Minas y Metalurgia.

### Algunos planes típicos

Transcribo a continuación algunos planes vigentes durante los dos últimos años escolares norteamericanos. Teniendo presente la breve reseña hecha más arriba sobre las características generales de la enseñanza universitaria en los Estados Unidos, podrá adquirirse una idea suficientemente clara de los estudios que debe realizar el alumno para llegar a graduarse de *Bachelor*, *Master* o *Doctor*.

Comenzaremos con los planes para obtener el grado de *Bachelor* en las Universidades de Harvard y Minnesota.

Es el plan de la *Universidad de Harvard*, las variaciones que el alumno puede introducir son prácticamente ilimitadas; y se podrá apreciar cómo es difícil concebir que haya dos egresados que hayan proseguido exactamente un mismo plan para obtener el mismo título. Harvard no prescribe ningún plan fijo, y sólo recomienda un determinado grupo de materias. Se exige, por otra parte, la aprobación de un mínimo de 16 cursos, de los cuales 6 deben ser de química o física, y por lo menos 4 en química y uno en física. Dentro de los cursos de química debe incluirse por lo menos un medio curso (curso semestral) de química analítica cuantitativa. De acuerdo con los cursos que se han seguido y la forma cómo se los ha aprobado, se agregará con el título de *Bachelor* en ciencias (o artes) con o sin honores (*cum laude*, *magna cum laude*, *summa cum laude*).

#### Plan básico recomendado por la Universidad de Harvard

En el plan que transcribimos puede considerarse, en general, que un curso consta de 3 horas teóricas y seis prácticas.

##### PRIMER AÑO

Química Inorgánica y Analítica Cualitativa.  
Matemáticas (Geometría analítica y Elementos de cálculo).  
Alemán o Francés.

##### SEGUNDO AÑO

Química orgánica.  
Física experimental.  
Alemán o Francés.

## TERCER AÑO

Análisis cuantitativo.  
Físico-Química elemental.  
Matemáticas (Cálculo y Geometría analítica).

## CUARTO AÑO

Compuestos del Carbono.  
Química Industrial.

Suponiendo que el alumno siga este plan básico, debe irlo completando con cinco cursos más o su equivalente en medios cursos), que no necesitan ser de química puesto que ya está completado el requisito mínimo de seis cursos de física y química, uno de los cuales debe ser de física.

Entre los cursos de química que podría haber seguido podemos mencionar:

Físico-Química superior (Termodinámica química y teoría molecular de la materia).  
Análisis cuantitativo y superior (un sem.).  
Análisis de gases (1 sem.).  
Química inorgánica superior (1 sem.).  
Química orgánica teórica (1 sem.). (Requiere haberse aprobado la primera parte de Físico-Química superior).  
Química de los productos orgánicos naturales (1 sem.).  
Electroquímica (1 sem.).  
Química biológica general (1 sem.).  
Análisis de aguas y líquidos cloacales (1 sem.).  
Análisis industriales (1 sem.).  
Instrumentos ópticos en Química (1 sem.).  
Cursos de Seminario en Físico-Química, Mecánica cuántica, Química analítica).

Entre los cursos que pueden seguirse fuera de la división de química, se pueden mencionar:

Historia de las ciencias (1 sem.).  
Cursos superiores de matemáticas.  
Dibujo y geometría descriptiva.  
Metalurgia (1 sem.).  
Cursos de Geología y Mineralogía.

**Plan básico prescrito por la Universidad de Minnesota para el título de "Bachelor of Chemistry", B. Chem.**

La Universidad de Minnesota prescribe un plan básico, que deja un cierto número de horas electivas (20 %) para ser aprobadas en tercero y cuarto año. El año escolar está dividi-

do en trimestres y consta de unas 31 semanas. Al final de cada trimestre el alumno debe rendir exámenes escritos de cada uno de los cursos seguidos y aprobados.

*El plan prescrito para el año escolar 1935-1936, es el siguiente y corresponde al 80 % del total de puntos requeridos*

## PRIMER AÑO

	Horas		Puntos
	t.	p.	
Algebra, Trigonometría y Geom. analítica	5	—	5
Química inorgánica (2 trim.) y analítica cualitativa (1 trim.)	4(3)	5(6)	5
Dibujo y Geom. descriptiva	—	6	2
Taller mecánico	1	4	2
Inglés	3	—	3
Orientación profesional (1 trim.)	1	—	0
	14	15	17

## SEGUNDO AÑO

Cálculo (2 trim.) y Mecánica (1 trim.)	5	—	5
Análisis cualitativo (1 trim.) y cuantitativo (2 trim.)	2	9(10)	5
Física (Mecánica, Calor, Electric)	4	2	4
Alemán para químicos	4	—	4
	15	11	18

## TERCER AÑO

Química orgánica	5	6	5
Físico química	4	6	5
Física (óptica) (1 trim.)	4	2	4
Química industrial (2 trim.)	5	4	4
	18	18	18

Examen general (Inorgánica, Analítica Cualit. y Cuantitativa).  
Materias electivas: un curso anual de tres o cuatro «puntos» o cursos trimestrales equivalentes.

## CUARTO AÑO

Química inorgánica superior	3	6	3
Química analítica (indicadores, (1 trim.) Valoraciones y Mediciones electrométricas, (1 trim.) y aparatos analíticos especiales, (1 trim.)	2	5	3
Radioactividad (2 trim.)	2	—	2
	7	11	8

Materias electivas: el equivalente de ocho cursos trimestrales de 5 «puntos».

Durante el último trimestre del tercer año, el alumno debe escoger un profesor como asesor de estudios. De acuerdo con él debe planear el programa de trabajo para el cuarto año, basado en general sobre la dedicación —en los cursos electivos— a un determinado campo de la química.

El catálogo de la Universidad indica algunos ejemplos de cursos que podrían seguirse para algunas orientaciones determinadas. Así, aquél que se interese por la especialización en bacteriología podría seguir los siguientes cursos electivos:

Botánica general (1 trim.) o Zoología general (2 trim.).  
Bacteriología general (1 trim.).  
Fisiología de bacterias (2 trim.).  
Bacteriología aplicada (1 trim.).

Además, deberá seguir otras materias para completar el número de puntos requeridos.

Los siguientes cursos se recomiendan para la especialización en química biológica:

Zoología general (2 trim.).  
Métodos de laboratorio en bioquímica (3 trim.).  
Coloides (1 trim.).  
Enzimas (1 trim.).  
Bacteriología general (1 trim.).

También aquí queda lugar para otros cursos electivos.

Si el alumno desea, en cambio, especializarse en algún campo especial de la química misma, tiene, entre otras, las siguientes oportunidades:

*En Físico-Química:*

Aplicación de matemáticas superiores a problemas químicos (1 trim.).  
Fotoquímica.  
Físico-química superior.  
Termodinámica y Química.  
Matemáticas superiores (varios cursos).

*En Química analítica pura:*

Química analítica superior.  
Teoría de la Volumetría (1 trim.).  
Teorías de la Gravimetría (1 trim.).  
Temas especiales en Química analítica.  
Teorías modernas de Acidez y Basicidad (1 trim.).

Aquí podría sustituirse alguno de los cursos enumerados por algún curso superior de físicoquímica o de química inorgánica, por ejemplo:

*En Química analítica aplicada:*

Cualquiera de los cursos enumerados más arriba y:  
Aplicaciones del microscopio polarizante (1 trim.).  
Microquímica (1 trim.).  
Análisis industriales.  
Análisis de Rocas.  
Análisis de Alimentos.  
Química de los Alimentos.  
Análisis de Aguas.

Me he extendido un tanto en las posibilidades que ofrece un plan como el de Minnesota, a fin de mostrar no sólo la flexibilidad de los planes de las Universidades norteamericanas, sino también la enorme variedad de cursos que se ofrecen, posible principalmente por el sistema del profesorado con dedicación exclusiva.

Con respecto a los planes puede decirse en general, que las Universidades que tienden a dar títulos de orden más académico que profesional organizan sus planes en forma similar a la de Harvard, y que los planes de aquellas universidades que tienden más bien a dar títulos de carácter profesional están hechos al estilo del de la Universidad de Minnesota.

Debe advertirse que en la misma Universidad de Minnesota pueden seguirse cursos que conducen al grado de *Bachelor of Sciences* con un plan más variado.

#### La Escuela para Graduados

El egresado con título de *Bachelor*, de una Universidad o *College*, tiene oportunidad para seguir estudios superiores en la *Graduate School* a que ya hemos hecho referencia, donde se inscribe en calidad de alumno «graduado».

Como requisito para la inscripción, el candidato debe presentar título de *Bachelor* otorgado por alguna institución reconocida, y ofrecer evidencia satisfactoria de su capacidad para realizar estudios superiores con provecho, (haberse graduado dentro del tercio superior de su camada, por ejemplo,

o haber realizado trabajos de mérito como estudiante o como postgraduado). Es completamente general la exigencia de la posesión de conocimientos suficientes como para leer alemán o francés científicos.

#### UNIVERSIDAD DE HARVARD

Los requisitos de la Universidad de Harvard para otorgar el grado de *Master* consisten esencialmente en lo siguiente: El alumno debe dedicar un año de estudios y trabajo de acuerdo a un plan previamente aprobado, que debe ser cumplido con carácter de distinguido. El programa de trabajo debe prepararse con fines definidos, sea que corresponda a un solo campo de estudio o a varios. Este programa puede desarrollarse de acuerdo y en conexión con los cursos regulares, o bien independientemente de ellos. Al final del primer año de residencia, el alumno debe aprobar un examen de seis horas, que corresponde a los cursos de química inorgánica, orgánica, análisis cuali y cuantitativo y fisicoquímica; la calificación obtenida en este examen, conjuntamente con la obtenida durante el desarrollo de su programa de estudios, decide la obtención del grado de *Master*. (En la Universidad de Harvard, *Master of Arts*, M. A.). Sólo en casos especiales se autoriza un nuevo examen, al año siguiente.

Para el título de Ph. D., el graduado de cualquier *College* aprobado por la Universidad de Harvard debe seguir por lo menos dos años de estudio de acuerdo a un programa aprobado por un comité especial.

El título no se da sólo por la razón de haber seguido fielmente un plan prescripto, sino por el dominio de la ciencia, demostrado por el trabajo realizado por el alumno en un trabajo de investigación (tesis), y por su capacidad para llevar a cabo trabajo original, sin asistencia. Es raro que este dominio pueda conseguirse en el tiempo señalado anteriormente, dice el Boletín de Harvard.

El trabajo que cuenta realmente para la obtención del Ph. D. en química, consiste en alguna investigación realizada en cualquier rama de la química. El tiempo mínimo de dos años



dedicado exclusivamente a este trabajo, muy generalmente se hace necesario llevarlo a tres años, al final de los cuales el candidato debe presentar una tesis, y pasar satisfactoriamente la prueba escrita de seis horas a que ya se hizo referencia, un examen oral, y exámenes escritos de la especialidad respectiva.

Los candidatos al título de Ph D. deben demostrar su capacidad para leer alemán y francés técnico.

#### UNIVERSIDAD DE MINNESOTA

De acuerdo con el Boletín de 1930-1931, pues no dispongo de uno más moderno en lo que se refiere a la Escuela para Graduados, la Universidad de Minnesota otorga el grado de *Master* a estudiantes graduados (es decir que ya han obtenido el título de *Bachelor*) que hayan efectuado por lo menos un año de trabajo en la Universidad, sujeto a los siguientes requisitos principales:

El alumno que se inscribe en la Escuela para Graduados debe elegir un campo determinado para efectuar sus estudios de especialización y una rama de estudios secundarios o complementarios. El primer grupo de estudios se llama «mayor» (*major*) y el segundo grupo «menor» (*minor*).

Debe elegir asimismo un profesor como consejero (*Adviser*).

Al tema mayor deberá dedicar de 6 a 9 «puntos» semanales en cursos de orden avanzado o superior, y no menos de 5 puntos al trabajo de tesis (o cursos especiales que puedan servirle de base). Al tema menor deberá dedicar el equivalente de unos 3 puntos semanales.

Aquí los puntos tienen también el significado anteriormente expresado, vale decir que el alumno deberá dedicar alrededor de 45 horas semanales a su trabajo.

Existen algunos requisitos con respecto a la elección de «mayor» y «menor» según los estudios previamente realizados, pero entendemos que no es del caso detallarlos en esta exposición.

Como queda dicho, el candidato a *Master* debe efectuar una tesis. Esta es sometida a la aprobación de un comité de tres profesores, uno de los cuales, el profesor consejero, actúa como presidente.

El alumno debe rendir, además, un examen escrito general, que versa sobre el tema «mayor»; y una vez aceptada la tesis por el comité de tres y aprobado este examen escrito, el alumno debe presentarse a un examen oral que se rinde ante una mesa formada por todos los profesores con los cuales el candidato ha proseguido estudios, los miembros del comité de tesis, y el jefe del departamento en el cual se ha efectuado la tesis. Esta mesa también está presidida por el profesor consejero del examinando.

El examen oral final versa sobre todos los estudios proseguidos para la obtención del título de *Master*, y puede incluir otros temas que sean fundamentales para aquél. Después del examen la mesa debe votar tomando en cuenta todo el trabajo efectuado. Se requiere mayoría de votos para ser aprobado.

El título de *Doctor of Philosophy*, Ph. D., se otorga principalmente como reconocimiento de la capacidad adquirida por el candidato en un campo determinado, y no por el cumplimiento de una cantidad especificada de trabajo.

Los candidatos para el título de *Doctor*, deben dedicar no menos de tres años de estudios y trabajo como alumnos graduados. En caso de que el doctorando sea ya *Master*, se incluye el tiempo empleado para obtener este título en el término de tres años.

Aquí se requieren conocimientos de alemán y francés suficientes como para leer trabajos científicos.

Los exámenes que debe pasar un candidato al título de *Doctor* son como sigue:

- 1.—Examen preliminar. Se debe rendir no menos de siete meses antes de la fecha en que se considera que podrá otorgarse el título. Versa sobre todos los estudios seguidos como graduado, y puede incluir cualquier tema fundamental relacionado, excepto la tesis y el campo de especialización, o sea el tema «mayor». Este examen puede ser oral o escrito.
- 2.—Una vez presentada la tesis, el doctorando debe pasar un examen escrito sobre el tema mayor.
- 3.—Después de aprobar el examen escrito, y de haber sido aceptada la tesis, debe rendir un examen oral que versa especialmente sobre la tesis y no debe durar más de tres horas. Se requiere la aprobación por dos tercios de votos.

Al terminar debo manifestar que he elegido las Universidades de Harvard y de Minnesota como ejemplos, porque sus dos sistemas son representativos de la orientación general que prevalece entre las Universidades norteamericanas.

Podría haber agregado el plan del *Massachusetts Institute of Technology*, de autoridad reconocida e indiscutida, entre los institutos de enseñanza técnica superior de los Estados Unidos, y cuyo plan tiene semejanza con el de Minnesota, pero se hubiera alargado demasiado esta exposición. Y me he decidido por el de la Universidad de Minnesota, por ser el que he tenido oportunidad de conocer mejor, durante mi estada en 1930-1931.

*Noviembre 12 de 1936.*