

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

LA HIDROGENACION CATALITICA DEL ACEITE DE ALGODON

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR
EL TITULO PROFESIONAL DE

DOCTOR EN QUIMICA Y FARMACIA

POR:

GUILLERMO PEÑATE BURGOS



SAN SALVADOR,

DICIEMBRE DE 1966.



T
547.2
D419h
1966
F. CC. QQ
E. J. U.

068425

UES BIBLIOTECA CENTRAL



INVENTARIO: 10123406

U N I V E R S I D A D D E E L S A L V A D O R

Rector

Dr. Rafael Antonio Vásquez

Secretario

Dr. Mario Flores Macal.

F A C U L T A D D E C I E N C I A S Q U Í M I C A S

Decano

Dr. Víctor Alejandro Berdugo

Secretario

Dra. Rhina Lemus Valiente de Salgado.

J U R A D O S:

Primer Examen General de Doctoramiento

Dr. Rafael Arauz Rodríguez

Dr. Miguel A. Lahud

Dra. Leticia Calderón de Machado

Segundo Examen General de Doctoramiento

Dr. Sarbelio Echeverría

Dra. Stella Monterrosa de Marín

Dr. Elías Alvarado Cornejo

T E S I S:

Dr. Julio César Morán Ramírez

Dr. Gin Y. Kwok

Ing. Donald A. Shermann.

A mis queridos padres:

RAFAEL PEÑATE y PAZ BURGOS de PEÑATE.

A mi querida esposa:

ANA ALICIA M. de PEÑATE

A mis adoradas hijas:

ANA LORENA y ROXANA GUADALUPE.

y a todos mis amigos.

Con sincero agradecimiento al señor Ingeniero
Químico:

don Luis Tiraboschi.

por interesarse en el desarrollo de este tra-
bajo y recibir su amplia asesoría espontánea
y magnífica.

I N D I C E

	Pág.
I - INTRODUCCION	1
II - FUNDAMENTOS TEORICOS	4
III - LA HIDROGENACION DE LAS SUBSTANCIAS GRASAS EN LA PRACTICA	12
IV - EL CONTROL ANALITICO DE LA HIDROGENACION Y LOS PRODUCTOS HIDROGENADOS	15
V - ESTUDIO PRACTICO DE LA HIDROGENACION DEL ACEITE DE ALGODON PARA LA PREPARACION DE LA MANTECA VEGETAL (Shortening)	24
VI - USOS DE LAS MANTECAS VEGETALES Y SU PREPARACION PARA LA VENTA	48
VII - CONCLUSIONES	52
VIII - BIBLIOGRAFIA	54

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

El trabajo que a continuación presento tiene el fin de encontrar un sistema fácil y alcance de cualquier laboratorio de fábrica, de manera de suministrar a los operadores de la planta de hidrogenación - unas normas a seguir para una hidrogenación selectiva y que conduzca siempre a un producto final con las mismas características, entre límites aceptables y que ese sistema sea, desde luego, suficientemente elástico como para poder variar de algunos grados el Punto de Fusión del producto terminado, según como el mercado lo exija. Al mismo -- tiempo, suministrar al controlador los datos necesarios para seguir la marcha de la hidrogenación y pararla al punto deseado.

No se pretende agotar el tema del control de hidrogenación, pero se establece un sistema práctico y sencillo al mismo tiempo. Dicho trabajo puede servir de esquema y punto de partida para el estudio de hidrogenaciones de productos duros para jabonería o productos blandos para margarinas, es decir, los métodos que se desarrollan en el Capítulo V pueden ser tomados como base para trabajos futuros.

Desde luego, la literatura en materia de hidrogenación, los folletos de las casas productoras de catalizadores, emulsificantes, -- etc. y las mismas instrucciones de las casas constructoras que acompañan los equipos de hidrogenación suministran datos prácticos, seguros y valiosos para poner en marcha y operar dichos equipos, para -- producir una manteca de características aceptables. Pero en vista -- de las características del aceite, que varían bastante según su pro-

cedencia, es aconsejable encontrar las normas mejores para trabajar el aceite que se tiene a disposición y que es de características -- más o menos constantes. Además, el objeto de la operación de fábrica es el de encontrar constantemente la forma de mejorar el producto. Es por lo tanto, el origen y el fin de este trabajo.

Un procedimiento interesante para transformar el ácido oleico en esteárico es el utilizado en el método Hemptinne, fundado en la acción de la descarga eléctrica. Este método consiste en poner en contacto una película delgada de materia oleosa en el recorrido de una descarga eléctrica, mientras el H_2 viene en contacto con el -- aceite, la transformación de una parte del ácido oleico en ácido esteárico y compuestos similares con punto de fusión alrededor de $69^{\circ}C$ ocurre trabajando a presión reducida (siendo el rendimiento más bajo a presión atmosférica), operando en esta forma se puede llegar a un rendimiento del 40%. Ese producto fue preparado en los Estados Unidos con el nombre de "Electrocuted Oleic Acid".

Se intentaron métodos parecidos por parte de Petersen, C.F. -- Bohringer, Sohne Saytzelf y otros, pero ninguno de estos métodos tuvo aplicación práctica. Trabajos más importantes fueron los efectuados entre los años 1896-1901 por P.Sabatier y J.B. Senderens, que -- consisten en el estudio de la acción catalítica del níquel y otros metales en la reducción de los cuerpos orgánicos.

La primera patente de hidrogenación de un cuerpo orgánico por acción catalítica, por un metal, parece que ha sido tomada por J.B. Senderens, en 1901, y se refiere a la producción de anilina por la hidrogenación de una mezcla de nitrobenzol y níquel o cobre, hierro, pa

ladio, en caliente. Sin embargo, ya en 1863, Debus, y en 1874, Dewils, indicaron la posibilidad de hidrogenar aceite usando Pt como catalizador.

La verdadera transformación de grasas líquidas en sólidas, en forma industrial, fue alcanzada por Normann en 1902. Este aplicó el método de Sabatier y Senderens, a la hidrogenación de ácidos grasos y grasas líquidas y patentó en Alemania un procedimiento para la firma inglesa "Leprince y Sevieke", que tuvo importancia en la hidrogenación de la grasa.

El título de la patente decía: "Proceso para la transformación de los Acidos Grasos no Saturados o de sus Glicéridos, en combinaciones saturadas caracterizadas por el tratamiento con hidrógeno de los cuerpos indicados en presencia de un metal finamente subdividido que actúa como catalizador", se puede ver que la reivindicación es tan basta y genérica que lógicamente dió lugar a un sinnúmero de pleitos legales.

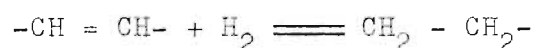
A partir de esa fecha se tomaron varias patentes para el proceso de hidrogenación, como el proceso Bedford, Schoewerer, Erdman, -- ahora ya caducadas.

Los métodos de hidrogenación aplicados hoy en día son modificaciones principalmente en lo que a la parte técnica se refiere, de los métodos Norman y subsiguientes y en lo que se refiere al catalizador se usa universalmente el níquel.

FUNDAMENTOS TEORICOS

Se debe a W. Norman el haber señalado en el año 1901, en relación a los estudios de P. Sabatier y J.B. Senderens, la posibilidad de hidrogenar las grasas y los ácidos grasos que contienen enlaces no saturados en presencia de catalizadores metálicos. Se obtienen en esa forma grasas más consistentes, parcialmente saturadas.

Característica general de esta reacción es la adición de dos átomos de hidrógeno al enlace etilénico:



La hidrogenación es un tratamiento muy importante en la industria de los aceites grasos, especialmente en la fabricación de productos grasos comestibles, la cual se usa para convertir aceites líquidos como los de algodón y soya, en grasas plásticas y también en la fabricación de jabones. Además de su efecto sobre el Punto de fusión y la consistencia de los aceites y grasas, la hidrogenación mejora la resistencia de los productos grasos comestibles a la oxidación atmosférica. La estabilidad de una grasa parcialmente hidrogenada depende principalmente de su contenido menor de ácido linoléico u otros ácidos poliinsaturados, ya que estos ácidos se oxidan mucho más fácil -- que el ácido oléico.

Como se define así la hidrogenación se refiere a la reducción de los enlaces etilénicos en las cadenas de los ácidos grasos, para la hidrogenación en el grupo carboxilo, con el fin de producir alcoholes grasos.

Tal como se realiza la hidrogenación en la industria de grasas y otros esteres grasos, es un proceso de fase líquida en la cual es dispersado hidrógeno gaseoso. Este se disuelve en la grasa calentada y bajo la influencia de un catalizador sólido; se combina con los radicales no saturados de los ácidos grasos. Aunque la hidrogenación continúa con un catalizador fijo se ha practicado en escala limitada, el procedimiento tiene algunos inconvenientes, por lo que la hidrogenación se hace por procedimiento intermitente con un catalizador en polvo que se separa de la grasa por filtración al terminar la reacción, y vuelve a usarse otras veces.

El hidrógeno absorbido por el aceite se usa principalmente para convertir el ácido linoléico en ácido oléico, más que en convertir el ácido oléico en ácido saturado (esteárico). Sin embargo, el ácido oléico formado por la hidrogenación no es totalmente ácido oléico normal (ácido cis-9-octadecenoico), sino que existen también las formas Trans del ácido oléico y de sus isómeros, puesto que estos llamados ácidos "Isooléicos" se funden a una temperatura más alta que el ácido normal, la consistencia y el punto de fusión de la grasa hidrogenada dependen en grado considerable de la proporción en que se forman, así como también de la proporción en que es hidrogenado el ácido linoléico con preferencia al ácido oléico.

En general, los ácidos Isooléicos aumentan la dureza de las grasas a temperaturas bajas (35) grados C, pero ejercen un efecto relativamente pequeño sobre la consistencia a temperaturas más altas (35^o 45^o C), mientras que los ácidos saturados que se forman durante la --

reacción contribuyen a la consistencia de ambos intervalos de temperatura.

La tecnología de la hidrogenación de las grasas (para la fabricación de la margarina y la manteca para pastelería) consiste en regular la reacción para obtener las proporciones de ácidos saturados, isoboléicos, oléicos y linoléicos necesarios para dar cualidades concretas de consistencia y estabilidad a los productos hidrogenados. Los catalizadores que se usan en la hidrogenación de las grasas pueden ser: paladio, platino, níquel, cobre.

El mecanismo de la acción específica del catalizador es de la misma naturaleza de la mayoría de las reacciones catalíticas de hidrogenación que se realizan con la intervención de los metales antes dichos u otros.

Las investigaciones que se desarrollan después de los trabajos de Nerman han conducido a la formulación de estas dos hipótesis: a) la actividad superficial del catalizador finamente subdividido, que provoca el fenómeno físico de una fuerte concentración de gas hidrógeno, en este caso, alrededor de la partícula metálica; la consiguiente reacción química entre gas y metal con la formación de un hidruro lábil del tipo M_nH_2 , que como compuesto intermedio exalta enormemente la adición de H_2 a los enlaces no saturados de las grasas.

Ha sido también probada, indiscutiblemente, la necesidad fundamental de la activación del catalizador, es decir, de la reacción de su forma mas apta, sea para su eficacia inmediata como su resis-

tencia para su uso. Se puede por lo tanto, sostener que la mayor parte de las investigaciones desarrolladas para la búsqueda de mejores condiciones para la hidrogenación de las grasas se hicieron sobre la naturaleza y la forma del catalizador.

En segundo plano, aunque siempre de importancia capital sobre todos los efectos de la práctica, se desarrollaron investigaciones sobre las condiciones ambientales (temperatura, presión, naturaleza de la grasa, hidrógeno, etc.) más favorables al proceso. En la práctica, la naturaleza del catalizador fue limitada al Ni, del cual ha sido estudiada la actividad catalítica en función de su grado de finura y reducción y se pudo constatar que la actividad del Ni es particularmente pronunciada en los siguientes casos:

a) Ni finamente subdividido, obtenido del Oxido de Ni, preparado por precipitación y no por molino; b) porcentaje del Ni reducido, presente en el catalizador y c) distribución del Ni sobre un soporte químicamente inerte, pero a gran desarrollo de superficie, como por ejemplo: tierra silicia.

Enseguida han sido estudiados varios agregados al Ni que exaltan la actividad o la orientan en un sentido más que otro. Así por ejemplo: las mezclas de Ni-Cu o las trazas de óxido de Al.

Gran importancia ha sido asignada a los estudios de las sustancias o circunstancias dañinas a la actividad del catalizador al Ni. Muchos de esos venenos del catalizador son conocidos, otros son todavía imprecisados, aunque se haya encontrado la forma de disminuir su

acción dañina.

Entre los venenos más activos del catalizador al Ni, está el SH_2 y en general, todos los compuestos sulfurados, así como también los ácidos minerales y orgánicos que actúan en forma negativa sobre la actividad del catalizador al Ni. Esto explica la necesidad de hidrogenar el aceite perfectamente neutralizado, sin embargo, en -- unos casos una acidez muy baja puede determinar efectos favorables sobre la hidrogenación selectiva.

Para los efectos de la hidrogenación es de suma importancia la depuración del hidrógeno, el cual, como es sabido, puede arrastrar ciertas impurezas, tales como (SH_2 , Acetileno, mercaptanos, óxido - de carbono, etc.), sobre todo si el hidrógeno está recuperado como sub-producto de alguna operación industrial, en lugar de haber sido preparado electrolíticamente.

Como paralizadores del catalizador actúan también las impurezas orgánicas contenidas en los aceites, como: compuestos orgánicos sulfurados, sustancias mucilaginosas y grasas oxidadas; tal es así que no es aconsejable hidrogenar aceites que hayan sido extraídos usando como solvente sulfuro de carbono impuro.

Marcha de la Hidrogenación en relación a la naturaleza del aceite y
Otras condiciones de reacción.

Enseguida de numerosos estudios de la marcha de hidrogenación , de los cuales no se reporta el resumen, por brevedad, pero que pueden ser suficientemente seguidos recurriendo a las exposiciones tom

das de los textos de H. Schonfeld, Heftler-Schonfeld, J. Grossfel y colaboradores, se han coordinado los conceptos en la interpretación de la hidrogenación de las grasas, en relación con la naturaleza de los productos que se consideran obtener. De tal modo se llega a la conclusión de que el producto final depende de muchos factores que influyen en la reacción y después de los que hemos mencionado ya, -- que se refieren al catalizador y la pureza de los ingredientes, están constituidos esencialmente: a) de la presencia en el glicérido de uno o más enlaces dobles. El hidrógeno se adiciona primero a las moléculas que contienen más enlaces dobles y sucesivamente a los que contienen menor número de enlaces (selectividad); b) por la isomerización, es decir, del fenómeno de transposición intramolecular por el cual los glicéridos del ácido oléico se transforman en glicéridos sólidos del ácido isooléico, fenómeno que fue constatado ser independiente de la hidrogenación y acelerado por la presencia del catalizador, en determinadas condiciones de la elevación de la temperatura y la duración del proceso y c) de la interdependencia del caso antes dicho de las condiciones de presión y temperatura, en la cual viene la hidrogenación.

La tendencia de la técnica del endurecimiento de los aceites es dominar estos distintos fenómenos en tal modo que se puedan obtener de un mismo tipo de aceite, productos grasos endurecidos que tengan las características de homogeneidad y dureza (fusión, solidificación), deseadas por varios empleos. Generalmente, en la preparación de grasas endurecidas para uso alimenticio se prefiere evitar una saturación total de glicéridos a glicéridos esteáricos.

En la preparación de grasas endurecidas destinadas a jabonería, sería preferible evitar la formación de glicéridos isooléicos, los cuales aún teniendo puntos de fusión análogos a los de los glicéridos sólidos naturales (glicéridos esteáricos, palmíticos), suministran jabones sódicos mucho menos solubles estos últimos y con poder espumoso y detergente inferior, pero hasta ahora no se ha podido impedir el fenómeno de la isomeración de los glicéridos oléicos, sin influir en forma dañina en la marcha general de la hidrogenación. Se puede, sin embargo, limitar considerablemente la isomeración con oportuna escogitación del catalizador y con el cuidado de observar algunas normas, como el empleo de temperaturas no tan elevadas y la agitación, la limitación del tiempo de hidrogenación.

Por lo tanto, parece que la hidrogenación continua, durante la cual la sucesión ininterrumpida de pequeñas cantidades de aceite en la zona de reacción consiente de reducir al mínimo la influencia de la temperatura y de la duración de la hidrogenación, sea bastante apta a ese fin.

En cuanto a la velocidad de hidrogenación, además de los factores ya citados, tiene mucha influencia la intensidad de agitación de la masa de reacción, en el sentido de que cuanto más vengán subdivididos el Ni^y el H₂ en el aceite, tanto mayor es la superficie de contacto y reacción de los ingredientes. Además de la forma de preparar el catalizador fresco y su grado de reducción, tiene mucha influencia en la marcha de la hidrogenación selectiva y en la formación de isómeros del ácido oléico, la disminución de la actividad

del catalizador mismo.

Ha sido observado que el catalizador fresco ejercer una acción bastante pronunciada no siempre deseable. Eso actuaría sobre todo en presencia de glicéridos altamente insaturados, en el sentido de provocar rápidamente la formación de glicéridos sólidos (esteárico) al lado de los glicéridos todavía aceitosos. A este hecho habría - que imputar el resultado final de una grasa endurecida, poco homogénea, cuando la hidrogenación en lugar de ser total se interrumpe a un cierto punto, a fin de obtener grasas semiendurecidas. En base a todas estas observaciones se ha deducido que el empleo de un catalizador fresco mezclado con uno usado se presta mucho mejor que el fresco para la preparación de grasas semiendurecidas, homogéneas, - en cuanto la disminución de la selectividad del catalizador semiexhausto, consiente un mejor equilibrio en la hidrogenación de los - distintos glicéridos que constituyen el aceite.

LA HIDROGENACION DE LAS SUBSTANCIAS GRASAS EN LA PRACTICA.

En la práctica, la hidrogenación de las sustancias grasas se efectúa, preferiblemente con equipos para proceso discontinuo, a pesar de que se insiste en varias patentes para el proceso continuo, éste no ha encontrado el favor de la industria aceitera.

El procedimiento discontinuo general y clásico más difundido es el proceso de catalizador flotante, basado en la prescripción original de Normann, casi todas las casas constructoras europeas y americanas constituyen equipos para hidrogenación según el método de Normann. Este está constituido según el esquema de la figura No. 1 (al final

El aceite es introducido en el interior del autoclave por medio de una bomba o aspirado al vacío y normalmente mezclado con el catalizador (el aceite ya ha sido neutralizado con anterioridad, degomado, decolorado y secado para evitar problemas con el catalizador). En la práctica industrial se prefiere utilizar el catalizador fresco, mezclado con catalizador usado (todavía activo), con el fin de atenuar la actividad del catalizador nuevo, lo cual permite una marcha más tranquila y regulable del proceso. Las proporciones de la mezcla son, desde luego, variables según las características del producto que se desea obtener y el criterio del técnico.

Una vez cargado el autoclave con aceite y efectuado el vacío,

se empieza a calentar la carga por medio de la serpentina de vapor. Llegada la temperatura variable entre $120-150^{\circ}\text{C}$ se procede a la introducción de hidrógeno a través de un tubo H en forma firmemente subdividido y contemporáneamente se agita la masa. El autoclave lleva en su (forma) interior, generalmente unas rompecelas a 120° entre ellos, de manera de asegurar el mejor contacto posible entre el hidrógeno, catalizador y aceite. Cuando la temperatura alcanza los 150°C , la hidrogenación procede rápidamente y desde luego, la velocidad del proceso será función de la temperatura, la cantidad de catalizador, la presión y velocidad de agitación.

El criterio a seguir para las presiones, temperatura, velocidad de agitación y cantidad de catalizador a usarse depende de las características finales del producto que se requiere. En términos generales, la presión puede variarse entre los límites extremos de 1 a 10 atmósferas, generalmente, de 1.5 a 3 para hidrogenaciones parciales y muy selectivas; de 2 a 4 para hidrogenaciones medias y de 4 a 5 para hidrogenaciones completas.

En cuanto a la temperatura se debe mantener generalmente entre $170^{\circ}-190^{\circ}\text{C}$, aunque para algunas hidrogenaciones se debe llegar hasta 230°C (nunca debe llegar a 250°C . En cuanto a esta temperatura, la reacción es reversible). Hay que tener cuidado especial porque muchos aceites fuertemente insaturados desarrollan grandes cantidades de calor hasta hacer subir la temperatura de 40° a 50°C , arriba de la temperatura de calefacción, por ser la reacción de hidrogenación exotérmica habrá que interrumpir la calefacción a tiempo, para evi--

tar sobrecalentamiento.

La hidrogenación se efectúa favorablemente dejando pasar la corriente de hidrógeno rápidamente a través del aceite, desahogando - por medio de una válvula el hidrógeno que no ha reaccionado, en lugar de dejar que absorba todo el aceite. Ese hidrógeno viene lavado, enfriado y listo para recircular.

Una vez alcanzado el grado de endurecimiento requerido se enfría el aceite ya hidrogenado, o bien mediante una serpentina por la cual pasa agua fría en el mismo autoclave o en un enfriador anexo, siempre al vacío o presión de hidrógeno, hasta que la temperatura alcance los 100°C y se puede por lo tanto filtrar para separar - el catalizador. El catalizador que usamos en la práctica de la hidrogenación, en dicha instalación, es catalizador en escamas de Niquel Rufert, el cual consiste en níquel puro, finamente dividido y esparcido en una masa de estearina dura y el contenido en níquel es del 25%.

EL CONTROL ANALITICO DE LA HIDROGENACION Y LOS PRODUCTOS HIDROGENADOS

En términos generales, para hidrogenar una grasa se necesitan - 0.84 m³ de hidrógeno, para bajar de una unidad el Índice de yodo de una tonelada de aceite. En la práctica hemos comprobado que la cantidad es variable y generalmente es más alta por las impurezas presentes en el aceite o las pérdidas inevitables que ocurren en el proceso.

Para dar una idea de la cantidad de hidrógeno requerida por los principales aceites en función del Punto de fusión que se desea en el producto terminado, presento la siguiente tabla:

Metros Cúbicos de Hidrógeno por tonelada de aceite (datos teóricos).

Punto de Fusión	Aceite de						
	Maní	Soya	Lino	Algodón	Cetáceo	Arenque	Oliva
28°C	27.2	36.8	61.2	29.0	41.4	53.2	14.0
30°C	29.7	39.5	65.5	31.7	45.8	57.6	15.5
32°C	32.4	42.2	70.0	34.3	50.1	61.9	17.0
34°C	35.5	46.7	75.5	37.8	54.5	66.3	19.0
36°C	38.2	50.3	83.2	40.5	59.0	70.8	21.0
38°C	40.5	54.7	88.9	43.5	64.2	76.0	23.0
40°C	44.1	59.2	93.7	46.6	67.7	79.5	25.0
42°C	47.7	63.7	98.0	50.1	73.0	85.8	26.5
45°C	52.3	70.0	104.0	54.5	79.2	90.0	29.5
50°C	58.5	80.0	113.0	61.6	105.2	107.0	34.0
55°C	67.5	90.0	120.0	74.0	--	125.0	46.0
60°C	84.5	101.0	130.0	88.0	--	--	59.0

El aumento del Punto de fusión de la grasa en el transcurso --

de la hidrogenación corresponde a una disminución proporcional del Índice de Yodo; es por lo tanto posible establecer una relación suficientemente aceptable entre el Índice de yodo y el Punto de fusión de la grasa hidrogenada.

Sin embargo, el fenómeno al cual ya nos referimos, de la isomerización del ácido oléico a ácido isooléico sólido altera esa correspondencia, sobre todo en las grasas de alto contenido de ácido oléico.

De todas maneras, lo que interesa en las grasas hidrogenadas es la consistencia y la homogeneidad. Con este fin se efectúa el control por medio de la determinación del Punto de fusión y de la diferencia entre los Puntos de fusión de las dos fases: líquida y sólida. La amplitud de dicha diferencia da una idea de la homogeneidad del producto obtenido y permite establecer si la grasa ha sido hidrogenada selectivamente (diferencia mínima-mayor homogeneidad), o bien no selectivamente (coexistencia de glicéridos fuertemente hidrogenados, y por lo tanto, a elevado punto de fusión, junto a glicéridos - por lo general muy insaturados que se obtuvieron al inicio de la hidrogenación).

Esa diferencia puede ser apreciada con bastante aproximación, - por medio de la diferencia entre los Puntos de fusión y solidificación de la grasa. Ahora bien, la urgencia del control de fábrica no permite un descanso de la muestra lo suficiente para una exacta determinación del punto de fusión. Debido a eso, de los conocidos fenómenos de sobre-fusión; se prefiere por lo tanto, determinar el Índice

de Refracción, el cual está en relación directa con el número de yodo y el Punto de fusión suministrará datos inmediatos y satisfactorios en lo que a la práctica industrial se refiere.

Para poder efectuar los trabajos prácticos que se reportarán en el Capítulo V, es necesario trazar una curva de primera aproximación que establezca la relación entre el Punto de fusión y el Índice de Refracción. Llamamos a esta curva de primera aproximación en cuanto los productos hidrogenados que nos sirven para encontrar dicha relación no han sido obtenidos bajo las mejores condiciones, -- puesto que será solamente con el trabajo del Capítulo V que se hallarán dichas condiciones, las cuales nos permitirán la posibilidad de trazar la curva definitiva; desde luego, el aceite empleado para dicho trabajo (es decir, para la curva de primera aproximación) es el mismo que emplearemos para todo el estudio. Se trata de aceite de semilla de algodón, cuyas características interesantes en el proceso de hidrogenación son: Acidez, Humedad e Índice de Yodo. Se trata, por lo tanto, de un aceite neutro y seco, apto para una buena hidrogenación.

Sobre cincuenta muestras de aceite hidrogenado se determinaron los Puntos de fusión por el método Wiley y el Índice de Refracción a 50°C. Los datos tabulados aparecen en la página siguiente:

P.F.W.	N _D ⁵⁰	P.F.W.	N _D ⁵⁰	P.F.W.	N _D ⁵⁰	P.F.W.	N _D ⁵⁰
42.3	1.4562	39.8	1.4569	38.0	1.4571	36.6	1.4574
39.8	65	38.0	69	37.2	71	38.2	1.4576
41.5	65	38.6	69	37.0	71	36.5	76
39.2	66	41.6	69	37.2	71	36.8	76
40.0	67	38.5	69	37.6	1.4572	36.4	1.4577
40.0	67	38.2	69	38.5	72	35.0	1.4578
41.0	68	39.0	1.4570	37.5	72	35.5	1.4579
39.5	68	38.6	70	37.0	72	36.7	79
40.3	68	39.2	70	39.5	1.4573	35.5	1.4581
39.5	68	38.0	70	37.5	73	35.5	81
39.2	68	38.7	70	37.6	73	33.2	1.4590
39.4	68	38.5	70	37.0	73	--	-
41.6	69	38.6	70	39.0	1.4574	--	-

Para poder establecer la relación entre el Índice de Refracción y el Punto de Fusión, es necesario, en primer lugar, encontrar el coeficiente de correlación r . Dicho coeficiente es un número adimensional que puede adoptar valores entre 1, que indica la perfeccionalidad, y cero que indica absoluta independencia. El coeficiente r se obtiene con la ecuación:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

$$x^- = X - \bar{X}$$

$$y^- = Y - \bar{Y}$$

Las sumas se extienden a los N pares de valores de las variables X , Y . Los símbolos \bar{X} , \bar{Y} indican los promedios aritméticos de las variables X , Y . Para facilitar la elaboración de estos datos, siendo los números que indican los Índices de refracción y los Puntos de Fu-

si3n algo grandes, y por lo tanto, difciles de manejar, hay que recurrir a lo siguiente: Como funci3n Y en lugar de tomar el punto de fusi3n -30, y para la variable ndice de refracci3n que llamaremos X, tomaremos $X(1.4600 - n_D^{50})1000$. Podemos entonces, construir la tabla de valores siguientes, la cual nos permitir3 determinar el ndice de Correlaci3n, quedando entendido que ser3:

$$Y = \text{P.F.W.} - 30$$

$$X = (1.4600 - n_D^{50})1000$$

(Ver Tabla en la p3gina siguiente)

P.F.	I.R.	Y	X	y	x	y ²	x ²	xy
42.3	1.4562	12.3	3.8	4.006	0.956	16.048	0.914	3.830
39.8	1.4565	9.8	3.5	1.508	0.656	2.268	0.430	0.988
41.5	65	11.5	3.5	3.206	0.656	0.656	0.430	2.103
39.2	1.4566	9.2	3.4	0.906	0.556	0.821	0.309	0.504
40.0	1.4567	10.0	3.3	1.706	0.456	2.910	0.208	0.778
40.0	67	10.0	3.3	1.706	0.456	2.910	0.208	0.778
41.0	1.4568	11.0	3.2	2.706	0.356	7.322	0.127	0.963
39.5	68	9.5	3.2	1.206	0.356	1.454	0.127	0.429
40.3	68	10.3	3.2	2.006	0.356	4.024	0.127	0.714
39.5	68	9.5	3.2	1.206	0.356	1.454	0.127	0.429
39.2	68	9.2	3.2	0.906	0.356	0.821	0.127	0.322
39.4	68	9.4	3.2	1.106	0.356	1.223	0.127	0.394
41.6	1.4569	11.6	3.1	3.306	0.256	10.930	0.065	0.846
39.8	69	9.8	3.1	1.506	0.256	2.268	0.065	0.385
38.0	69	8.0	3.1	-0.294	0.256	0.086	0.065	-0.075
38.6	69	8.3	3.1	0.006	0.256	0.000	0.065	0.001
41.5	69	11.5	3.1	3.206	0.256	10.278	0.065	0.821
38.5	69	8.5	3.1	0.206	0.256	0.042	0.065	0.053
38.2	69	8.2	3.1	-0.094	0.256	0.009	0.065	-0.024
39.0	1.4570	9.0	3.0	0.706	0.156	0.498	0.024	0.116
38.6	70	8.6	3.0	0.306	0.156	0.094	0.024	0.048
39.2	70	9.2	3.0	0.906	0.156	0.821	0.024	0.141
38.0	70	8.0	3.0	-0.294	0.156	0.086	0.024	-0.046
38.7	70	8.7	3.0	0.406	0.156	0.165	0.024	0.063
38.5	70	8.5	3.0	0.206	0.156	0.042	0.024	0.032
38.6	70	8.6	3.0	0.306	0.156	0.094	0.024	0.048
38.0	1.4571	8.0	2.9	0.294	0.056	0.086	0.003	-0.016
37.2	71	7.2	2.9	-1.094	0.056	1.197	0.003	-0.061
37.0	71	7.0	2.9	-1.294	0.056	1.647	0.003	-0.072
37.2	71	7.2	2.9	-1.094	0.056	1.197	0.003	-0.061
37.6	1.4572	7.6	2.8	-0.694	-0.044	0.482	0.002	0.030
38.5	72	8.5	2.8	0.206	-0.044	0.042	0.002	-0.009
37.5	72	7.5	2.8	-0.794	-0.044	0.630	0.002	0.035
37.0	72	7.0	2.8	-1.294	-0.044	1.647	0.002	0.057
39.5	1.4573	9.5	2.7	1.206	0.144	1.454	0.021	-0.174
37.5	73	7.5	2.7	-0.794	0.144	0.630	0.021	0.114
37.6	73	7.6	2.7	-0.694	-0.144	0.482	0.021	0.100
37.0	73	7.0	2.7	-1.294	-0.144	1.674	0.021	0.186
39.0	1.4574	9.0	2.6	0.706	-0.244	0.498	0.059	-0.172
36.6	74	6.0	2.6	-1.694	0.244	2.870	0.059	0.413
38.2	1.4576	8.2	2.4	-0.094	-0.444	0.009	0.197	0.042
36.5	76	6.5	2.4	-1.795	-0.444	3.218	0.197	0.796
36.8	1.4576	6.8	2.4	-1.494	-0.444	2.232	0.197	0.663
36.4	1.4577	6.4	2.3	-1.894	-0.544	3.587	0.296	1.030
35.0	1.4578	5.0	2.2	-3.294	-0.644	10.850	0.415	2.121
35.5	1.4579	5.5	2.1	-2.794	-0.744	7.806	0.553	2.079
36.7	79	6.7	2.1	-1.594	-0.744	2.541	0.553	1.186
35.5	1.4581	5.5	1.9	-2.794	-0.944	7.806	0.891	2.637
35.5	81	5.5	1.9	-2.794	-0.944	7.806	0.891	2.637
33.2	1.4590	3.2	1.0	-5.094	-1.844	25.949	3.400	9.393

$$Y = 414.7 \quad X = 142.2$$

$$y^2 = 163.286 \quad x^2 = 11.696 \quad xy = 37.589$$

$$Y = 8.294 \quad X = 2.844$$

En base a los valores calculados en la tabla que acabamos de -
citar, podemos calcular el Índice de Correlación: r.

$$r = \frac{xy}{x^2y^2} = \frac{37.589}{11.969 \times 163.286} = 0.85$$

El Índice ahora encontrado es suficientemente cercano a la uni-
dad como para declarar que existe una relación directa entre el In-
dice de yodo y el punto de fusión; llegado a ese punto podemos en-
contrar la ecuación teórica que nos dé el punto de fusión en fun-
ción del Índice de refracción.

El coeficiente de correlación está íntimamente ligado con el -
llamado coeficiente de regresión b o pendiente, o coeficiente angu-
lar de la línea de regresión, que relaciona gráficamente las dos vi-
riables. Esta línea se traza de tal manera que la suma de los cua-
drados de las diferencias entre los valores experimentales de Y y -
sus correspondientes en la línea de regresión es la mínima.

La forma que cumple con esa condición es $b = \frac{xy}{x^2}$

En nuestro caso $b = \frac{37.589}{11.696} = 3.214$

Una ecuación que representa una recta es: $Y = bx + A$

El valor de A es el valor que se obtiene en el gráfico para la -
ordenada $X = 0$.

El valor de la A será entonces:

$$A = \bar{Y} - b\bar{X} = 8.294 - 3.214 \times 2.844 = -0.847$$

La ecuación que representa la línea de regresión será por lo --
tanto: $Y = 3.214X - 0.847$

luego sustituimos los valores reales de Y; X, es decir:

$$Y = P.F. - 30$$

$$X = (1.4600 - n_D^{50}) 1.000 = 1460 - 1.000 n_D^{50}$$

Obteniendo:

$$P.F.W. - 30 = 3.214 (14600 - 1.000 n_D^{50}) - 0.847$$

$$P.F.W. - 30 = 4692.44 - 3214 n_D^{50} - 0.847$$

$$P.F.W. - 30 = 4691.593 - 3214 n_D^{50}$$

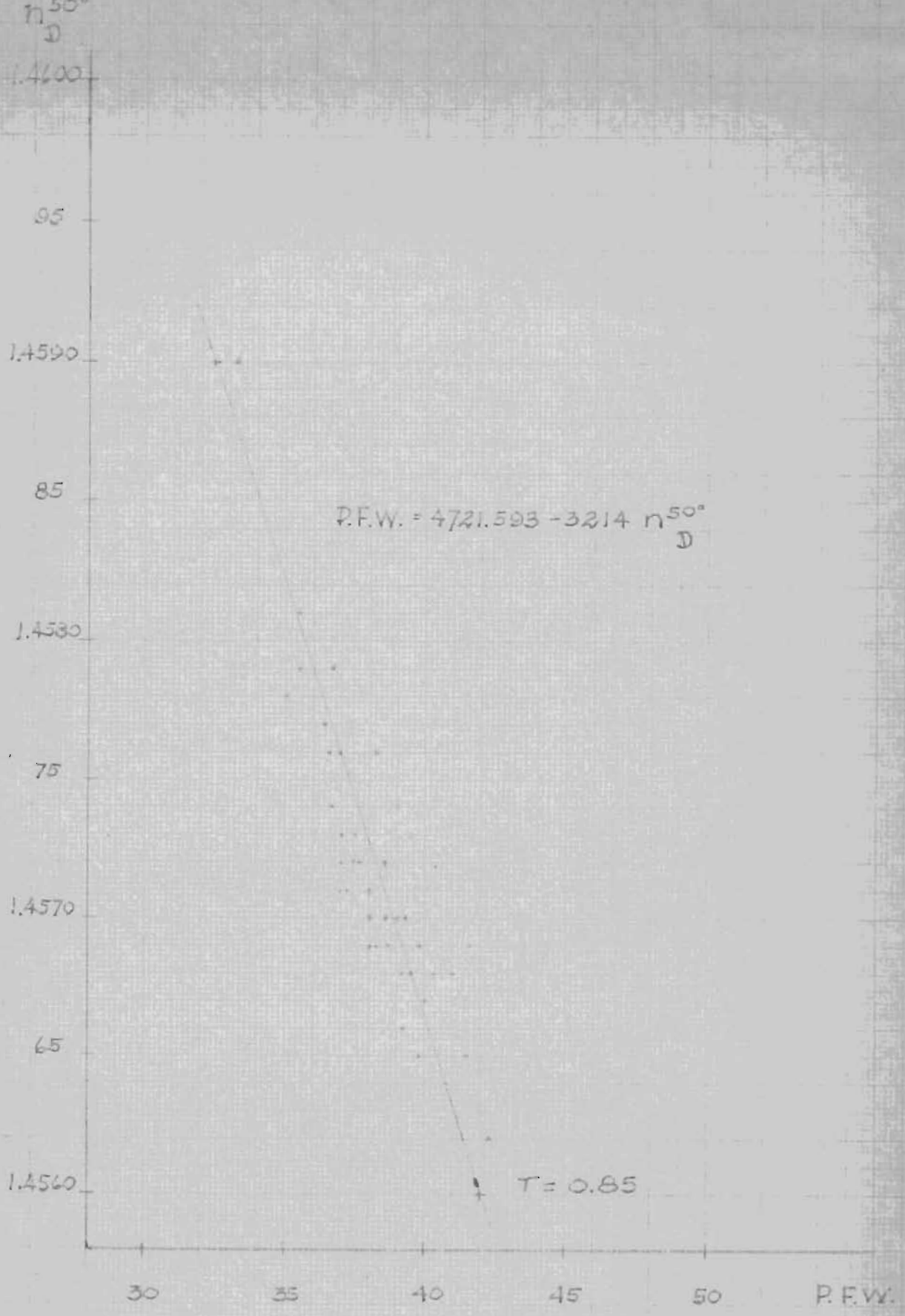
$$P.F.W. = 4691.593 + 30 - 3214 n_D^{50}$$

$$P.F.W. = 4721.593 - 3214 n_D^{50}$$

Esta será la ecuación que representa la Línea de regresión, y -- por lo tanto, la relación teórica entre el Índice de refracción y el Punto de fusión Wiley. Calculamos enseguida una Tabla de los Puntos de Fusión entre 45° y 30°C, en función del Índice de Refracción leídos en el Refractómetro.

La Gráfica No.1 representa los Puntos experimentales y la Curva Regresada

I.R. a 50°C	P.F.W.	I.R. a 50°C	P.F.W.	I.R. a 50°C	P.F.W.
1.4550	45.2	1.4566	40.1	1.4582	34.9
51	44.9	67	39.8	83	34.6
52	44.6	68	39.4	84	34.3
53	44.2	69	39.1	1.4585	34.0
54	43.9	1.4570	38.8	86	33.6
1.4555	43.6	71	38.5	87	33.3
56	43.3	72	38.1	88	33.0
57	43.0	73	37.8	89	32.7
58	42.6	74	37.5	1.4590	32.4
59	42.3	1.4575	37.2	91	32.0
1.4560	42.0	76	36.8	92	31.7
61	41.7	77	36.5	93	31.4
62	41.4	78	36.2	94	31.1
63	41.0	79	35.9	1.4595	30.7
64	40.7	1.4580	35.6	-	-
1.4565	40.4	81	35.3	-	-



Gráfica N° 1

ESTUDIO PRACTICO DE LA HIDROGENACION DEL ACEITE DE ALGODON PARA LA
PREPARACION DE LA MANTECA VEGETAL (Shortening)

El objeto de este capítulo es la realización práctica del estudio de la hidrogenación, con el fin de obtener un aceite hidrogenado, apto para cocinar y pastelería.

La literatura técnica abunda para dicho trabajo, por ejemplo:

Condiciones	Temperatura	Presión	%Catalizador	Agit.	Aplicación
No selectiva	200° - 225°	3 a 10 at.	0.10 a 0.20%	rápida	Estearina
Selectiva	125° - 150°	1 a 2 at.	0.15 a 0.25%	Media	Mante-cas
Muy selectiva	150° - 175°	0.3 a 1 at.	0.25 a 0.35%	Lenta	Marga-rinas

En nuestra práctica se puede adoptar la fórmula para la hidrogenación selectiva, pero amerita estudiar las condiciones bajo las cuales se puede efectuar una hidrogenación lo suficientemente selectiva en un tiempo razonablemente corto, usando una pequeña cantidad de catalizador.

Una vez establecidas las características, hay que encontrar de nuevo la curva: Punto de fusión - Índice de Refracción para dicho tipo de producto. Hay que observar que cambiando el procedimiento de hidrogenación se puede llegar a un mismo Índice de Yodo, con distintos Puntos de fusión, como aparece en el siguiente cuadro:

(Ver página 25)

Condiciones	Indice de Yodo	Acidos Formados		P. F. W.
		Saturados	% Isocelicos	
No selectivas	64	9.2	5.7	42°
Selectivas	64	5.1	11.3	38°
Muy selectivas	64	2.2	21.2	39°

El aceite de algodón hidrogenado, en este caso, tenía un Índice de Yodo inicial de 110.

Además, hay que observar las diferencias que existen entre el Punto de fusión Wiley y el Punto de Solidificación en los distintos productos, por ejemplo, en los Estados Unidos se tienen las margarinas con un Punto de fusión Wiley entre 34° y 36° y un Punto de Solidificación entre 27° y 28°, por lo tanto, la diferencia entre los dos Puntos es de 7° a 8°, lo cual indica una mediana selectividad.

Hay que observar también que cuanto más selectivo es el producto mejor plasticidad tiene, es decir, permanece suficientemente duro y estable, aún cuando tenga un bajo Punto de fusión. Desde luego, es de considerarse un buen producto el que tenga un Punto de fusión muy bajo, de ser posible a una temperatura más baja que la del cuerpo humano, lo cual lo hace más fácilmente digerible y que al mismo tiempo el producto terminado logre conservar un aspecto cremoso, plástico y estable, aún a temperaturas cercanas a su Punto de fusión, -- tal como se encuentra en nuestro ambiente. Por lo tanto, la investigación objeto de este estudio es la de encontrar y normalizar las características para una hidrogenación selectiva y, al mismo tiempo, compatible al equipo en disposición. De ser posible hidrogenar de manera de obtener casi un producto para margarina, el cual tiene las

características deseadas que se indican anteriormente.

Para dicho estudio trataré de valerme de los métodos de laboratorio al alcance de cualquier laboratorio de fábrica de aceites, -- descartando aquellos métodos propios de laboratorios de investigación, es decir, usar solamente para identificación de los productos terminados: Índice de Yodo, Punto de fusión, Punto de Solidificación y el Índice de refracción, sin hacer determinación de ácidos saturados e insaturados o determinaciones de absorbencia en la banda Infrarroja para la determinación cuantitativa de trans-isómeros, método éste muy útil, pero no al alcance de cualquier laboratorio.

Se hizo una serie de experiencias variando en cada uno un factor de interés, es decir, haciendo variar en un primer grupo de pruebas, la presión hasta cierto límite; en un segundo grupo la temperatura; en un tercer grupo la concentración del catalizador y de cada uno se escogió el de las mejores condiciones a los efectos de la selectividad para plantear al final, una experiencia que reúne las condiciones encontradas en todos los demás grupos. Dicho sistema puede dar resultados favorables, pero también en completo desacuerdo entre ellos debido al hecho de que existen efectos de interacción entre los distintos factores, los cuales llevarían a resultados erróneos, tratándose además de un ciclo de pruebas cada uno de larga duración, efectuados generalmente por individuos diferentes -- (los operadores de la planta).

Hay también una heterogeneidad en las pruebas, que resulta difícil de controlar. Por lo tanto, se planteará el ciclo de pruebas --

exotermicidad del proceso. Los datos que se consideraron para establecer bajo cuáles condiciones obtendremos los resultados más cercanos a lo deseable serán: el tiempo de hidrogenación, el Punto de fusión y el Punto de solidificación, número de Yodo e Índice de refracción. También se observa la variación de temperatura en el curso de la hidrogenación de cada uno de los grupos del Cuadrado Latino.

Se llevaron a cabo pruebas y se examinaron los resultados promedio de éstas. Los resultados obtenidos en la práctica han sido los siguientes:

Primer Grupo:

$$T_1 = 120^\circ \quad P_1 = 2 \text{ At.} \quad C_1 = \begin{array}{l} 0.05\% \text{ Catalizador nuevo} \\ 0.05\% \text{ Catalizador usado} \end{array}$$

Tiempo Hidrogenación.	Temp. Máx. Alcanzada.	I. I.	P.F.W.	P. Solid.	n_D^{50}
A) 6 hrs. 30 min.	137 ^o	79.57	35.4	29.9	1.4582
B) 4 hrs.	150 ^o	76.59	37.5	31.5	1.4580
C) 7 hrs.	135 ^o	76.62	35.3	30.2	1.4580
PRO ME- DIO 5 hrs. 50 min.	141 ^o	77.59	36.06	30.6	1.4581

Segundo Grupo:

$$T_1 = 120^\circ \quad P_2 = 3 \text{ At.} \quad C_2 = 0.1\% \text{ Catalizador nuevo}$$

Tiempo Hidrogenación	Temp. Máx. Alcanzada	I. I.	P.F.W.	P. Solid.	n_D^{50}
A) 3 hrs. 20 min.	146 ^o	78.24	33.9	28.1	1.4580
B) 3 hrs. 20 min.	150 ^o	76.35	35.0	27.9	1.4580
C) 3 hrs. 20 min.	145 ^o	79.06	34.0	28.5	1.4580
PRO ME- DIO 3 hrs. 20 min.	147 ^o	77.88	34.3	27.8	1.4580

Tercer Grupo

$T_2 = 140^\circ$

$P_1 = 2 \text{ Atm.}$

$C_2 = 0.1\% \text{ Catalizador nuevo}$

Tiempo Hidrogenación.	Temp. Máx. Alcanzada	I. I.	P.F.W.	P.Solid.	n_D^{50}
A) 3 hrs. 05 min.	162 ^o	74.00	36 ^o .00	28 ^o .5	1.4577
B) 2 hrs. 50 min.	160 ^o	76.07	34 ^o .00	28 ^o .4	1.4581
C) 3 hrs. 25 min.	163 ^o	75.43	34 ^o .50	28 ^o .1	1.4580
PRO- ME- DIO 3 hrs. 06 min.	161 ^o .66	75.16	34 ^o .80	28 ^o .3	1.4579

Cuarto Grupo

$T_2 = 140^\circ$

$P_2 = 3 \text{ Atm.}$

$C_1 = 0.05\% \text{ Catalizador nuevo}$
 $0.05\% \text{ Catalizador viejo.}$

Tiempo Hidrogenación	Temp. Máx. Alcanzada	I. I.	P.F.W.	P.Solid.	n_D^{50}
A) 3 hrs. 45 min.	155 ^o	79.78	36 ^o .5	30 ^o .1	1.4580
B) 3 hrs. 45 min.	155 ^o	79.98	35 ^o .6	29 ^o .5	1.4582
C) 3 hrs. 00 min.	160 ^o	76.80	34 ^o .8	28 ^o .6	1.4580
PRO- ME- DIO 3 hrs. 30 min.	155 ^o .66	78.85	35 ^o .6	29 ^o .4	1.4581

Al tabular los resultados anteriores, tenemos:

Temp. Máx.	Tiempo	P.F.W.	P.Solid.	Diferencia		Temp. In. Fin.
				P.F.W.	P.Solid.	
1) 141 ^o .00	5 hrs.50 min.	36 ^o .06	30 ^o .60	5 ^o .46		21 ^o
2) 147 ^o .00	3 hrs.20 min.	34 ^o .30	27 ^o .80	6 ^o .50		27 ^o
3) 161 ^o .66	3 hrs.06 min.	34 ^o .80	28 ^o .30	6 ^o .50		21 ^o .66
4) 155 ^o .66	3 hrs.30 min.	35 ^o .60	29 ^o .40	6 ^o .20		15 ^o .66

De estos datos se deduce, de inmediato, que las pruebas del -- grupo primero dan un producto más selectivo y, por lo tanto, el me-

jor. Sin embargo, el tiempo de hidrogenación demasiado largo y la diferencia demasiado marcada entre las tres hidrogenaciones de prueba, lo cual es índice de una dificultad en mantener constante el -- proceso, bajo esas condiciones, induce a descartar dicho proceso.

Los resultados de los otros tres grupos muestran la posibilidad de operar con cualquiera de ellos, para obtener un producto satisfactorio. Sin embargo, el grupo tres resulta ser el más indicado por cuanto se obtuvo un buen resultado con una cantidad mínima de catalizador. También el aumento de temperatura a lo largo del -- proceso fue el menor observado, lo cual indica una marcha regular y segura en la hidrogenación. Por lo tanto, tomamos ese método como norma de trabajo. En vista de esto se harán seis hidrogenaciones -- bajo esas características, examinando los productos finales y a lo largo del proceso, especialmente en su fase final, de manera de confirmar los resultados encontrados y establecer la curva de absor---ción de H_2 en el tiempo y la verdadera curva que nos dé la relación entre el Índice de Refracción y el Punto de Fusión, siendo después en la práctica, el Índice de Refracción la única determinación analí--tica para el control de la hidrogenación.

Para ajustarnos lo más posible a la realidad del trabajo de fá--brica, las pruebas de confirmación se efectuaron como rutina normal de trabajo, es decir, distintos operadores trabajaron en ellas, así como distintos controladores, siendo una hidrogenación comenzada por uno y terminada por otro. También fueron efectuadas en distintas ho--ras del día y de la noche (la planta de hidrogenación trabaja duran-

te las veinticuatro horas del día). De esa manera, las condiciones vienen a ser lo más reales posible; el aceite empleado para las pruebas es del mismo lote, pero no del lote que se empleó para las pruebas anteriores, es decir, aunque en los efectos de los cálculos estadísticos a efectuarse se pierda homogeneidad, se quiso realizar en las condiciones más ajustadas a la práctica de fábrica. De ser justas las premisas y los resultados de las pruebas, aunque estas hidrogenaciones de prueba marchen en forma diferente una de otra, deberán conducir a resultados desde luego, desiguales, pero sí muy cercanos entre sí y, el promedio de los datos de estas pruebas debe suministrar una buena correlación estadística.

En todas las pruebas se comenzó la hidrogenación cuando la temperatura alcanzó 140°C y se operó a 3 kilos de presión de H_2 , usando 1 kilo de catalizador nuevo y 1 kilo de catalizador usado. Hay que observar que lo más difícil de conservar es la homogeneidad del catalizador, en vista de que si bien es cierto que el catalizador nuevo es de composición constante, el usado no lo es, en vista de que se recupera de la limpieza del filtro-prensa y puede contener más o menos grasa según como se haya escurrido el filtro-prensa; -- además, a lo largo del tiempo la actividad del catalizador usado está supuesta a no bajar sensiblemente si la pérdida durante la recuperación está hecha en la mejor forma posible. En cambio, bajará más sensiblemente si la pérdida durante la recuperación es mayor.

De los factores que influyen en la hidrogenación la temperatura y la presión son los únicos capaces de alterar el equilibrio químico de saturación, la cantidad de catalizador y la agitación pue--

den en cambio, acelerar la reacción, pero no alterar el equilibrio (la agitación como factor secundario, en cuanto ayuda al contacto entre catalizador y reactivo). Puesto que la presión se puede mantener constante fácilmente y la temperatura se supone que permanecerá suficientemente constante a lo largo del proceso (excepción hecha al aumento debido a la exotermicidad del proceso), el producto final deberá ser el mismo, aunque el tiempo cambie en algo debido a pequeñas diferencias en el catalizador. Sin embargo, la temperatura, como veremos, varía en modo diferente de una a otra hidrogenación, por cuanto es lógico suponer que si la reacción procede más lentamente, el aumento de temperatura debido a la exotermicidad es menor por el hecho de que las calorías desprendidas son menores por unidad de tiempo y las pérdidas de calor a través de las paredes del aparato son constantes. Por lo tanto, en un caso extremo se puede perder más calor de lo que se produce, sin llegar a ese extremo puede suponerse que si la reacción procede en forma más acelerada la temperatura tenderá a subir más rápidamente, mientras que si la reacción procede más lentamente la temperatura tendría que subir menos. Como causa indirecta a la velocidad de reacción, podría en ese caso, alterar el equilibrio químico de la reacción variando la cantidad de trans-isómeros formados y, por lo tanto, la selectividad del producto.

En las pruebas efectuadas efectivamente hubo variaciones de temperatura con el tiempo y variaciones en el Índice de Yodo, en el producto final, pero fueron lo suficientemente pequeñas como para dar siempre un producto de la misma selectividad, o casi.

En la primera prueba se tomaron muestras cada 30 minutos en -- los primeros 150 minutos y después de cada 10 minutos hasta finalizar el proceso, determinando en cada muestra el n_D^{50} y el Índice de Yodo, con el fin de observar la correlación que pueda existir entre los dos valores, teniendo presente que cuanto más alto sea ese valor más homogéneamente habrá procedido la hidrogenación; sin embargo, hay que observar que pueden haber variaciones hasta de dos unidades en el Índice de Yodo con el mismo n_D^{50} , a temperatura constante de 50°C . Los valores experimentales fueron:

n_D^{50}	I.I	n_D^{50}	I.I	n_D^{50}	I.I	n_D^{50}	I.I
1.4620	109.4	1.4601	92.7	1.4587	83.8	1.4580	77.8
1.4610	101.5	1.4595	87.5	1.4585	83.4	--	-
1.4605	100.7	1.4589	84.6	1.4583	82.7	--	-

Con el mismo método usado en el Capítulo IV, calculamos el Índice de Correlación de los datos y regresamos la curva que está representada en la gráfica # 2, comparando los resultados experimentales con los calculados.

Para comodidad de cálculo, a los valores de n_D^{50} , sustituimos los valores:

$$X = (1.4620 - n_D^{50}) \cdot 1000$$

y a los valores del Índice de Yodo, los que resulten de la sustitución:

$$Y = 110 - \text{I.I}$$

I.Y.

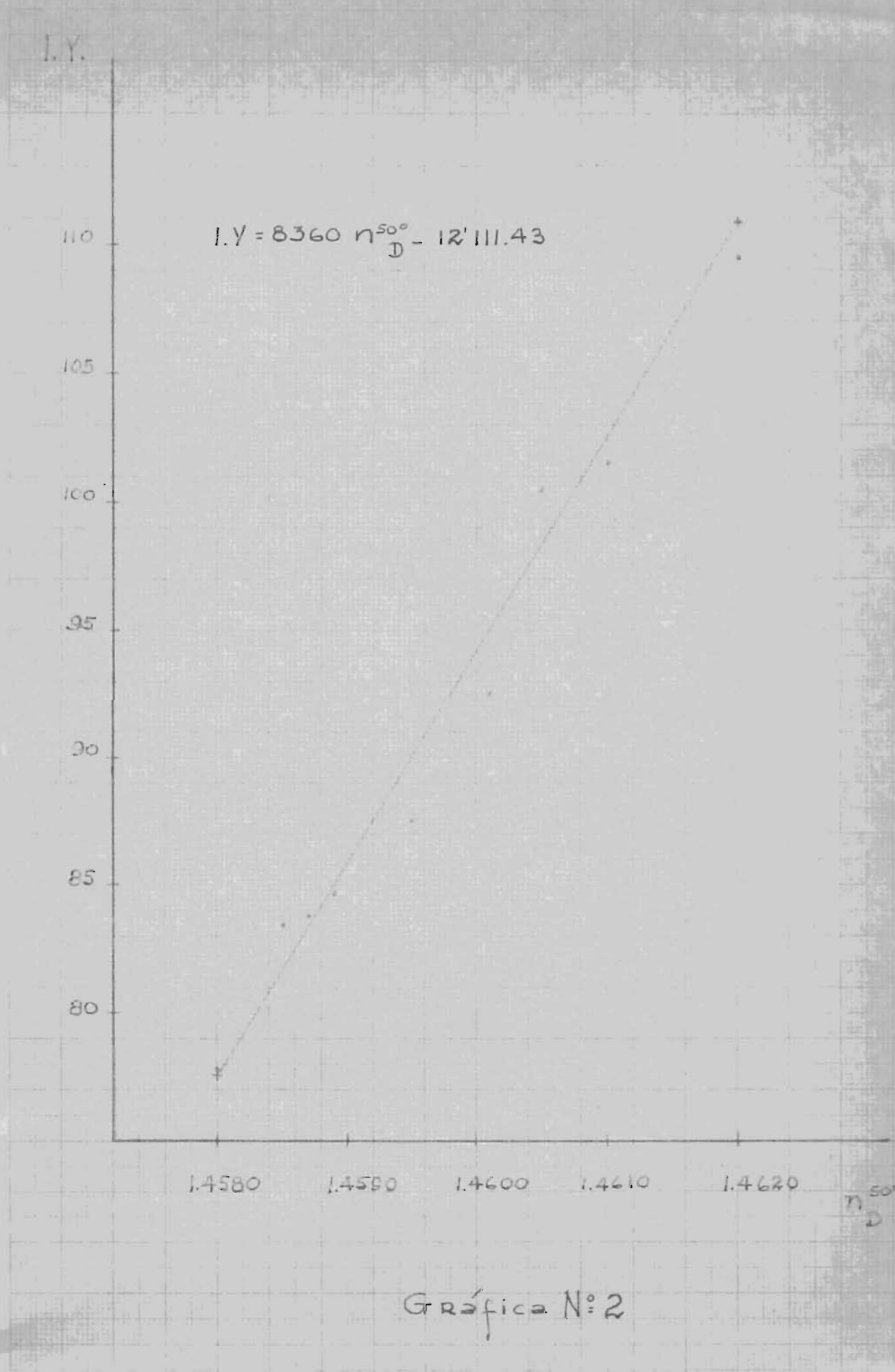
110
105
100
95
90
85
80

$$I.Y. = 8360 n_D^{50^\circ} - 12'111.43$$

1.4580 1.4590 1.4600 1.4610 1.4620

$n_D^{50^\circ}$

Gráfica N° 2



Los valores tabulados son:

X	Y	x	y	x ²	y ²	xy
0	0.6	-2.45	-18.93	6.0025	330.62	46.5255
1.0	8.5	-1.45	-11.09	210.25	122.99	16.0805
1.5	9.3	-0.95	-10.29	0.9025	105.88	9.7755
1.9	17.3	-0.55	- 2.29	0.3025	5.24	1.2595
2.5	22.5	0.05	2.91	0.0025	8.47	0.1455
3.1	25.4	0.65	5.81	0.4225	33.76	3.7765
3.3	26.2	0.85	6.61	0.7225	43.69	5.6185
3.5	26.6	1.05	7.01	1.1025	49.14	7.3605
3.7	27.3	1.25	7.71	1.5625	59.44	9.6375
4.0	32.2	1.55	12.61	2.4025	159.02	19.5455

$$\begin{aligned} \bar{X} &= 245 & \bar{Y} &= 195.9 & x^2 &= 15.52 & y^2 &= 948.25 & xy &= 119.72 \\ \bar{X} &= 245 & \bar{Y} &= 19.59 & & & & & & \end{aligned}$$

$$r = \frac{xy}{\sqrt{x^2 \cdot y^2}} = \frac{119.72}{121.16} = 0.998$$

El Índice de Correlación es tan elevado como para indicar una buena interdependencia entre los dos valores, por lo tanto, la curva regresa:

$$Y = bX + A$$

el coeficiente angular b es:

$$b = \frac{xy}{x^2} = \frac{119.72}{15.52} = 8.36$$

La constante A es:

$$A = \bar{Y} - b\bar{X} = 19.59 - 836.245 = -0.89$$

La ecuación será: $Y = 8.36X - 0.89$

sustituyendo en esa ecuación los valores reales del n_D^{50} y del 110.

$$0-I.I = 8.36 (1.4620 - n_D^{50}) - 0.89, \text{ de donde}$$

$$I. I = 8360 n_D^{50} - 12.11143$$

En la siguiente tabla se comparan los datos experimentales con los calculados, encontrando una buena relación entre ambos.

n_D^{50}	I.I exp.	I.I cal.	n_D^{50}	I.I exp.	I.I cal.
1.4620	109.4	110.89	1.4589	84.6	84.97
1.4610	101.5	102.53	1.4587	83.8	83.30
1.4605	100.7	98.35	1.4585	83.4	81.63
1.4601	92.7	95.10	1.4583	82.7	79.95
1.4595	87.5	89.99	1.4580	77.8	77.45

En las seis pruebas de control, cada 30 minutos se midieron los m^3 de hidrógeno absorbidos y el n_D^{50} , de manera de poder relacionar la cantidad de H_2 absorbido durante el tiempo y la baja del n_D^{50} durante el mismo tiempo. Cuando la hidrogenación es poco selectiva se obtiene, al principio, una fuerte absorción de H_2 que después va bajando sensiblemente. Cuando la hidrogenación es muy selectiva, la absorción resulta ser más regular a través del tiempo, es decir, una relación sensiblemente rectilínea. Sin embargo, en los primeros 20 minutos es cuando se verifica una fuerte absorción de H_2 , tanto es así que se acostumbra a definir como Índice de actividad del catalizador y se indica como: 20'I.V. Drop. el grado de saturación después de haber transcurrido 20 minutos; grado de saturación que se mide -- por la determinación del Índice de Yodo. Por lo tanto, se escogieron intervalos de 30 en 30 minutos para independizar lo más posible de la fuerte caída inicial; además, lo que efectivamente interesa a los fines prácticos es el control de la base final del proceso.

En la tabla siguiente se muestran los datos experimentales de las seis pruebas. En vista de que la temperatura es fuertemente va-

riable a lo largo del día unas pruebas se efectuaron al amanecer y otras al atardecer, estando el gasómetro y el medidor de H_2 al descubierto y bajo el sol; el volumen de H_2 medido sufre notables variaciones con el cambio de temperaturas; por lo tanto, han sido registradas las temperaturas en el tubo de salida del medidor, por cada intervalo de tiempo. -

Los datos son:

Tiempo	30'	60'	90'	120'	150'	180'	210'
PRIMERA PRUEBA							
$m^3.H_2$	25.7	42.3	59.7	75.0	91.4	118.8	--
Temp. H_2	38	39	40	41	41	41	--
$m^3.H_2$ a 0°	22.5	37.9	5.21	65.2	79.5	97.2	--
n_{D}^{502}	1.4610	1.4605	1.4601	1.4595	1.4589	1.4583	--
SEGUNDA PRUEBA							
$m^3.H_2$	21.6	36.8	54.4	67.8	77.0	88.9	100.3
Temp. H_2	39	36	33	28	28	27	27
$m^3.H_2$ a 0°	18.9	32.5	48.5	61.5	69.8	80.9	91.3
n_{D}^{502}	--	--	--	--	1.4589	1.4585	1.4581
TERCERA PRUEBA							
$m^3.H_2$	18.6	33.1	49.8	58.3	71.0	83.2	94.9
Temp. H_2	20	21	22	26	29	32	34
$m^3.H_2$ a 0°	17.3	30.7	45.9	53.3	64.2	74.5	84.4
n_{D}^{502}	--	--	--	--	1.4589	1.4586	1.4581
CUARTA PRUEBA							
$m^3.H_2$	22.7	39.7	60.7	75.0	94.2	107.9	122.7
Temp. H_2	39	39	39	40	40	41	41
$m^3.H_2$ a 0°	19.9	34.7	53.1	66.3	82.1	93.8	106.7
n_{D}^{502}	--	--	--	--	1.4591	1.4587	1.4580
QUINTA PRUEBA							
$m^3.H_2$	21.2	33.2	45.1	56.9	71.5	79.1	89.3
Temp. H_2	41	39	37	33	29	28	27
$m^3.H_2$ a 0°	18.5	29.1	39.7	50.8	64.6	71.7	81.3
n_{D}^{502}	--	--	--	--	1.4593	1.4590	1.4587
SEXTA PRUEBA							
$m^3.H_2$	24.8	40.1	55.0	69.8	84.0	93.8	102.5
Temp. H_2	41	41	41	42	42	42	41
$m^3.H_2$ a 0°	21.6	34.9	47.9	60.5	72.8	81.3	89.1
n_{D}^{502}	1.4608	1.4605	1.4501	1.4598	1.4590	1.4587	1.4584

Los valores de los m^3 de H_2 fueron corregidos en función de la temperatura con la fórmula:

$$V_t = V_0 (1 + \alpha t)$$

$$= \frac{1}{273} = 0.00366$$

La presión no ha sido corregida, en cuanto permanece constante a lo largo del proceso, siendo el H_2 que pasa por el medidor aspirado por el compresor bajo condiciones estables. Los n_D^{50} aparecen completos solamente en las pruebas 1 y 6.

En las demás pruebas se determinaron hacia el final del proceso es decir, en la parte más interesante a los efectos del control y cuando se pudieron relacionar con los Puntos de fusión Wiley. Sin embargo, en 2 pruebas se determinaron por completo con el fin de poder trazar la curva que indicará el descenso del n_D^{50} con el tiempo.

De los datos de la tabla anterior se tomaron estos promedios que resultan ser:

Tiempo	30	60	90	120	150	180	210
$m^3 H_2$ a 0°	19.8	33.3	47.8	59.6	72.2	82.3	90.6
n_D^{50}	1.4609	1.4605	1.4601	1.4596	1.4590	1.4586	1.4582

Antes de proceder a la elaboración de las curvas, se presentan los datos finales de las seis pruebas.

(Ver tabla siguiente página)

PRUEBA	1	2	3	4	5	6	7
Tiempo	190'	210'	220'	210'	260'	230'	220'
Aum.Temp.	32	20	20	20	10	30	22°
m ³ H ₂ a 0°	100.4	91.3	90.8	106.7	94.5	96.8	96.75
n _D ^{50°}	1.4580	1.4580	1.4580	1.4580	1.4581	1.4580	1.4580
Ind.Yodo	77.8	79.5	78.0	79.5	79.3	82.3	79.4
P.F.W.	35.9	35.1	35.2	25.1	36.1	36.0	35.56
P.Solid.	30.7	30.0	30.3	29.7	31.0	30.0	30.28
P.F.W.-P.S.	5.2	5.1	4.9	5.4	5.1	6.0	5.28

Podemos ahora, buscar la relación entre el tiempo de hidrogenación y los m³ absorbidos. El método a seguir es siempre el mismo: -- encontrar primero el Índice de Correlación y después regresar la curva.

Para facilitar los cálculos ponemos:

$$X = \frac{T}{30} \quad Y = m^3 H_2 O^{\circ} C - 19.8$$

X	Y	x	y	x ²	y ²	xy
1	0	-3	-38.27	9	1664.59	114.81
2	13.5	-3	-27.44	4	752.95	54.88
3	28.0	-1	-10.27	1	105.47	10.27
4	39.8	0	1.53	0	2.34	0.00
5	52.4	1	14.13	1	199.66	14.13
6	63.4	2	25.13	4	631.52	50.26
7	70.8	3	32.53	9	1058.20	97.59

$$X = 28 \quad Y = 267.9 \quad x^2 = 28 \quad y^2 = 4214.73 \quad xy = 341.94$$

$$\bar{X} = 4 \quad \bar{Y} = 38.27$$

$$r = \frac{xy}{\sqrt{x^2 y^2}} = \frac{341.94}{343.53} = 0.995$$

El Índice de correlación resulta elevadísimo, por lo tanto, los datos experimentales están en óptimo acuerdo con la teoría. Se regresa la curva y se encuentra:

$$b = \frac{\sum XY}{\sum x^2} = 12.21$$

$$A = \bar{Y} - b\bar{X} = 110.57$$

Sustituyendo los valores reales de los m^3 de H_2 y de los minutos, se obtiene la ecuación:

$$m^3 H_2 \text{ a } 0^\circ C = 0.407 T + 9.23$$

En la gráfica # 3 se muestra dicha curva y en la siguiente tabla se comparan los resultados teóricos con los experimentales.

T	$m^3 H_2$ exp.	$m^3 H_2$ calc.	T	$m^3 H_2$ exp.	$m^3 H_2$ cal.	T	$m^3 H_2$ exp.	$m^3 H_2$ cal.
-	-	-	90	47.8	45.9	180	83.2	82.5
30	19.8	21.4	120	56.9	58.0	210	90.6	94.7
60	33.3	33.6	150	72.2	70.3	-	-	-

Se calcula ahora la correlación existente entre el tiempo y la disminución del n_D^{50} .

Aquí también por facilidad de cálculo ponemos:

$$X = \frac{T}{30} \quad Y = (1.4609 - n_D^{50}) \cdot 1000$$

X	Y	x	y	x^2	y^2	xy
1	0	-3	-1.34	9	1.7956	4.02
2	0.4	-2	-0.94	4	0.8836	1.88
3	0.8	-1	-0.54	1	0.2916	0.54
4	1.3	0	-0.04	0	0.0016	0.00
5	1.9	1	0.56	1	0.3136	0.56
6	2.3	2	0.96	4	0.9216	1.92
7	2.7	3	1.36	9	1.8496	4.08

$$X = 28 \quad Y = 9.4 \quad x^2 = 28 \quad y^2 = 6.0572 \quad xy = 13.00$$

$$\bar{X} = 4 \quad \bar{Y} = 1.34$$

$$r = \sqrt{\frac{\sum xy}{\sum x^2 \cdot \sum y^2}} = 0.998$$

$m^3 H_2$ a $0^\circ C$

100

90

80

70

60

50

40

30

20

$$m^3 H_2 \text{ a } 0^\circ C = 0.407 T + 9.23$$

$$r = 0.995$$

30

60

90

120

150

180

210

Gráfica N° 3

Tiempo en minutos

El elevadísimo Índice de correlación indica una correlación casi perfecta, la curva regresa y se obtiene:

$$b = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 \cdot \sum Y^2}} = 0.464$$

$$A = \bar{Y} - b\bar{X} = -0.516$$

Sustituyendo los valores reales de n_D^{50} y tiempo se obtiene:

$$n_D^{50} = \frac{-0.0154 T + 1461.416}{1000}$$

Calculamos los datos y se presentan en la siguiente tabla. La gráfica # 4 representa la curva teórica encontrada:

Tiempo	n_D^{50} encontrado	n_D^{50} calculado	Disminución n_D^{50}
30	1.4609	1.460954	0.000462
60	1.4605	1.460492	0.000462
90	1.4601	1.460030	0.000462
120	1.4596	1.459568	0.000462
150	1.4590	1.459106	0.000462
180	1.4586	1.458644	0.000462
210	1.4582	1.458182	0.000462

Los datos coinciden muy bien y se deduce que por cada 30 minutos de hidrogenación, la rebaja del n_D^{50} es de 0.000462 unidades, es decir, que cada 6 y medio minutos se obtiene la rebaja de una unidad en la cuarta cifra decimal en el n_D^{50} .

Queda ahora que calcular la curva definitiva que dé el Punto de fusión en función del n_D^{50} ; curva que en el futuro sustituirá a la curva que se calculó provisionalmente para poder efectuar este trabajo.

A lo largo de las seis pruebas finales del presente trabajo, se tomaron 30 muestras ya en la fase final de hidrogenación (que es la

$n_D^{50^\circ}$

$$n_D^{50^\circ} = \frac{-0.0154T + 1461.416}{1000}$$

1.4610

05

1.4600

95

90

85

1.4580

$r = 0.998$

30

60

90

120

150

180

210

Tiempo en Minutos

Gráfica N° 4

que interesa a los efectos del control de trabajo) y se determinó en ellas el Punto de fusión el n_D^{50} . Con estos datos se calculó la curva, poniendo como sigue:

$$X = (1.4600 - n_D^{50}) \cdot 1000$$

$$Y = \text{P.F.W.} - 30$$

P.F.W.	n_D^{50}	X	Y	x	y	x^2	y^2	xy
35.1	1.4580	2.0	5.1	0.55	0.954	.3025	0.910	0.5247
35.2	80	2.0	5.2	0.55	1.054	.3025	1.111	0.5797
35.9	80	2.0	5.9	0.55	1.754	.3025	3.076	0.9647
36.0	80	2.0	6.0	0.55	1.854	.3025	3.437	1.0197
36.1	1.4581	1.9	6.1	0.45	1.954	.2025	3.818	0.8793
35.3	1.4582	1.8	5.3	0.35	1.154	.1225	1.332	0.4039
35.5	82	1.8	5.5	0.35	1.354	.1225	1.833	0.4739
35.9	82	1.8	5.9	0.35	1.754	.1225	3.076	0.6139
34.1	1.4583	1.7	4.1	0.25	-0.046	.0625	0.002	-0.0115
35.7	83	1.7	5.7	0.25	1.554	.0625	2.415	0.3885
34.3	1.4584	1.6	4.3	0.15	0.154	.0225	0.024	0.0231
34.8	84	1.6	4.8	0.15	0.654	.0225	0.428	0.0981
35.1	84	1.6	5.1	0.15	0.954	.0225	0.910	0.1431
33.7	1.4585	1.5	3.7	0.05	-0.446	.0025	0.199	-0.0223
34.2	85	1.5	4.2	0.05	0.154	.0025	0.024	0.0077
34.0	1.4586	1.4	4.0	-0.05	-0.146	.0025	0.021	0.0073
34.1	86	1.4	4.1	-0.05	-0.046	.0025	0.002	0.0023
33.3	1.4587	1.3	3.3	-0.15	-0.846	.0225	0.716	0.1269
33.5	87	1.3	3.5	-0.15	-0.646	.0225	0.417	0.0969
33.6	87	1.3	3.6	-0.15	-0.546	.0225	0.298	0.0819
34.5	87	1.3	4.5	-0.15	0.354	.0225	0.125	-0.0531
33.5	1.4588	1.2	3.5	-0.25	-0.646	.0625	0.417	0.1615
34.2	88	1.2	4.2	-0.25	0.054	.0625	0.003	-0.0135
32.5	1.4589	1.1	2.5	-0.35	-1.646	.1225	2.710	0.5761
33.9	89	1.1	3.9	-0.35	-0.246	.1225	0.060	0.0861
31.1	1.4590	1.0	1.1	-0.45	-0.046	.2025	9.278	1.3707
33.1	90	1.0	3.1	-0.45	-1.046	.2025	1.094	0.4707
32.1	1.4591	0.9	2.4	-0.55	-1.746	.3025	3.048	0.9603
32.0	1.4592	0.8	2.0	-0.65	-2.146	.4225	4.605	1.3949
31.8	1.4593	0.7	1.8	-0.75	-2.346	.5625	5.504	1.7595

$$X=43.5 \quad Y=124.4$$

$$x^2=4.1350 \quad y^2=50.893$$

$$\bar{x}=1.45 \quad \bar{y}=4.146$$

$$xy = 13.3158$$

$$r \sqrt{\frac{xy}{x^2 \cdot y^2}} = 0.92$$

La correlación pasó de 0.85 a 0.92, es decir, que mejoró como era de esperarse, a pesar de tener un número menor de puntos (30 en lugar de 50) porque el producto hidrogenado bajo las nuevas condiciones, presenta mejor homogeneidad que el anterior. Regresando la curva se obtiene:

$$b = \frac{\sum XY}{\sum X^2} = 3.22$$

$$A = \bar{Y} - b\bar{X} = -0523$$

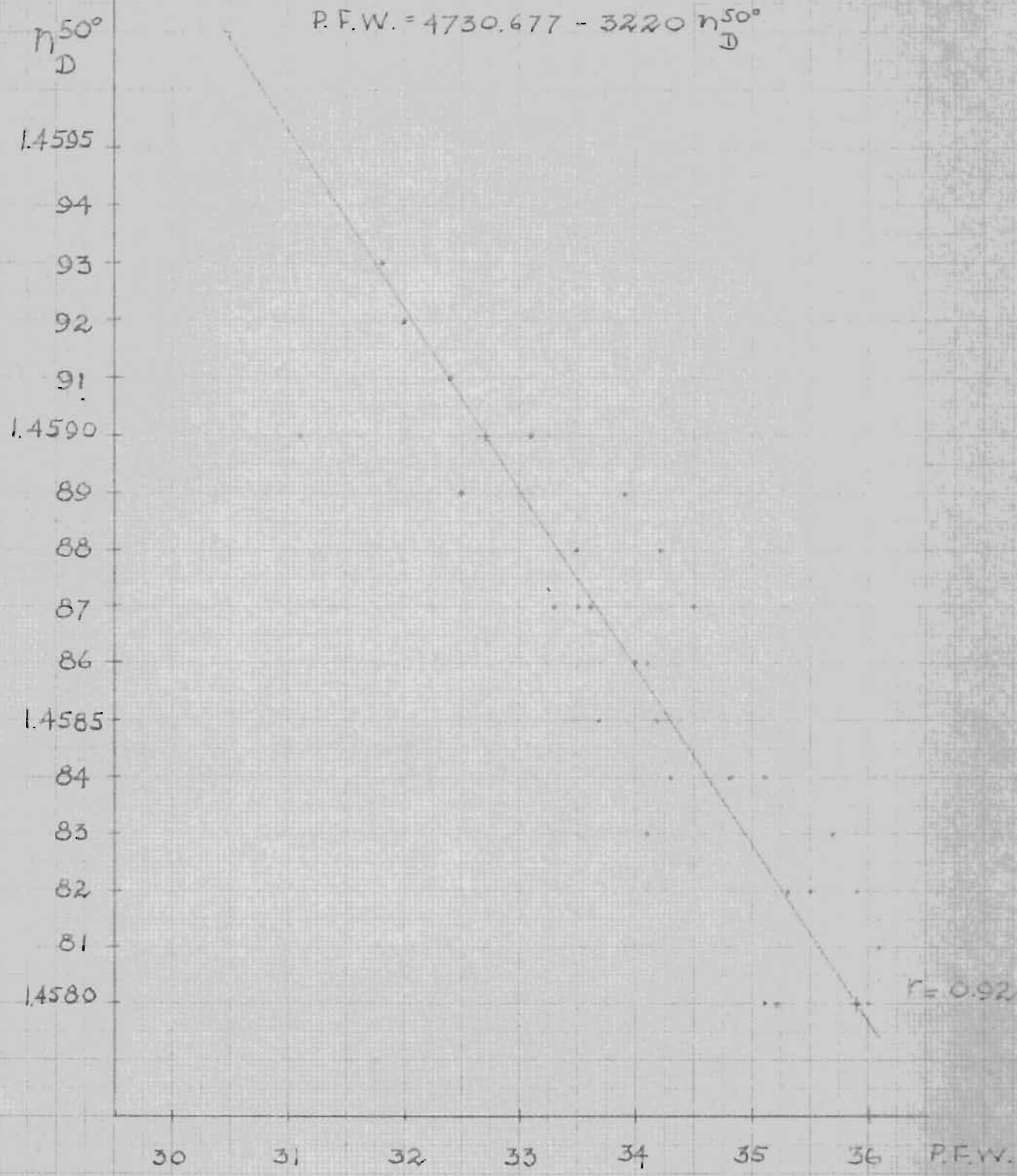
La ecuación es: $Y = 322X - 0523$

Sustituyendo los valores tenemos: P.F.W. = $4730.677 - 3220 n_D^{50}$

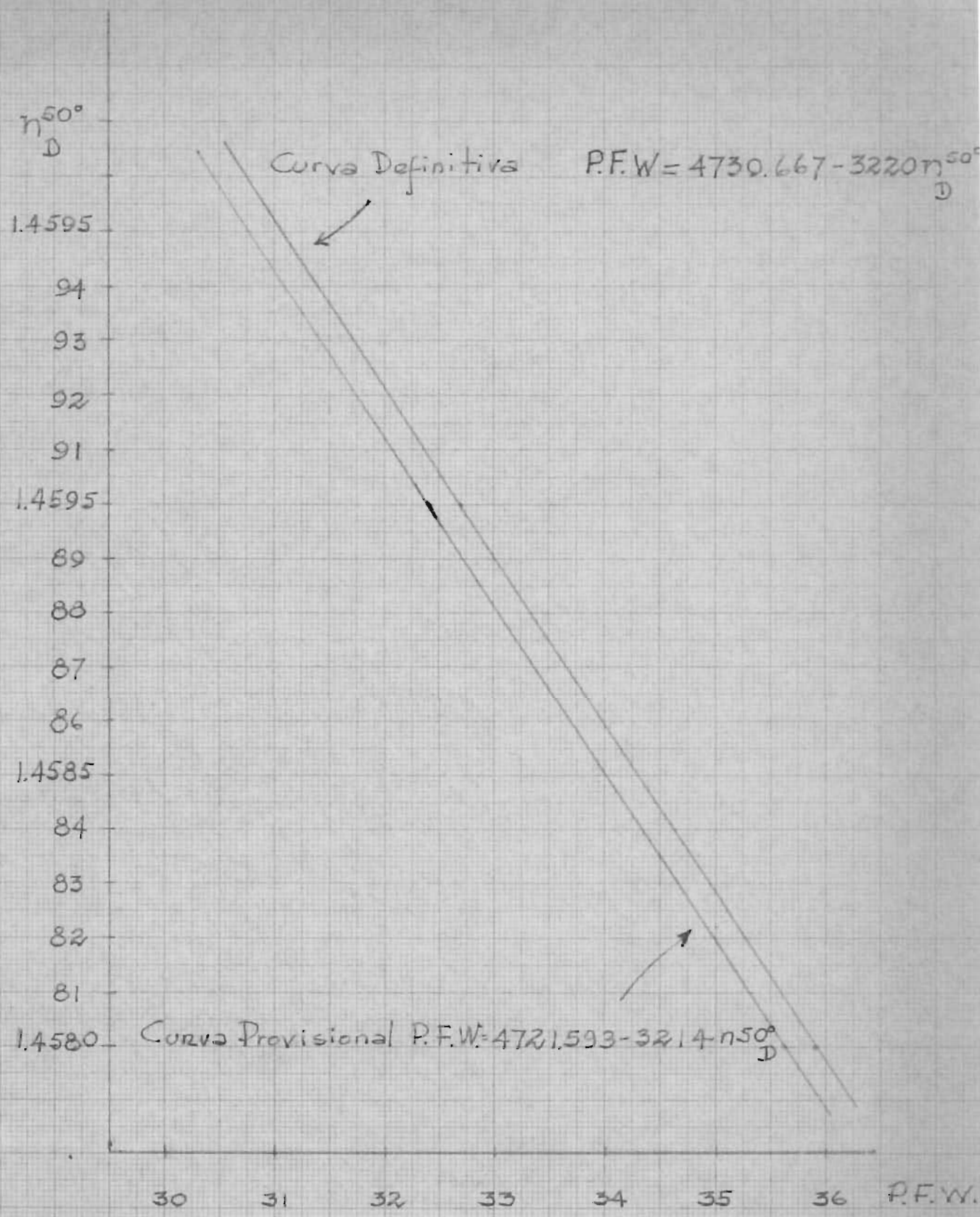
En la siguiente tabla se comparan los datos de la curva anterior con los de la nueva curva y en las gráficas # 5 y # 6 se trazan respectivamente la nueva curva y las dos curvas para su comparación.

TABLA DE COMPARACION DE LAS DOS CURVAS

n_D^{50}	P.F.W.C.P.	P.F.W.C.D.	n_D^{50}	P.F.W.C.P.	P.F.W.D.
1.4575	37.2	37.5	1.4583	34.6	34.9
76	36.8	37.2	84	34.3	34.6
77	36.5	36.8	85	34.0	34.3
78	36.2	36.5	86	33.6	34.0
79	35.9	36.2	87	33.3	33.7
80	35.6	35.9	88	33.0	33.3
81	35.3	35.6	89	32.7	33.0
82	34.7	35.3	90	32.4	32.7



Gráfica N° 5



Gráfica N° 6

USOS DE LAS MANTECAS VEGETALES Y SU PREPARACION PARA LA VENTA.

El aceite de algodón hidrogenado, tal como hemos visto en el Capítulo V, tiene que pasar por unos procesos más, antes de estar preparado para la venta.

El paso siguiente a la hidrogenación es la deodoración, es decir, una destilación en corriente de vapor y en el vacío (vacío lo más alto posible, es decir, no más de 7 mm de Hg) y a una temperatura variable entre 220° y 250°C. En este proceso las sustancias orgánicas como Ketonas y aldehídos, que son los responsables del mal olor del producto, quedan eliminados. Al mismo tiempo se eliminan las últimas trazas de ácidos grasos libres que aún pudieran estar presentes en el aceite.

El aceite hidrogenado, deodorado, está prácticamente listo para la fase final de envase, previo emulsionamiento de aire y enfriamiento, sin embargo, usualmente no se procede de este modo.

Dos factores hay que considerar en las sustancias grasas para uso alimenticio: 1) la escasa estabilidad frente a la oxidación de las sustancias grasas produce el conocido fenómeno de rancidez, es decir, en un tiempo relativamente corto, generalmente más corto de lo que pueda aceptarse en un período de almacenamiento por parte de una casa comercial. Dicha grasa se oxidaría presentando el olor a rancio. Para evitar este inconveniente es necesario agregar unas sustancias normalmente llamadas anti-oxidantes. Se encuentran en el comercio varias de estas sustancias que van desde la simple le-

citina de soya hasta sustancias orgánicas compuestas, como el octil y dodecil galato y 1-4 bis (3-propílico-4-hidroxibenceno)-2,3-dimetílico butano; 1-4 bis (3 metílico-4-hidroxibenceno)-2,3-dimetílico butano. Cualquiera de estas sustancias que se agreguen generalmente en cantidades pequeñas (por ejemplo, en el caso del octil galato, es suficiente 1 gramo por cada 10 kilos de aceite), es suficiente para detener el proceso de rancidez, por un tiempo suficientemente largo; 2) si la manteca vegetal que vamos a preparar se va a usar, como a menudo ocurre, para pastelería, se presenta el problema de la emulsión entre el aceite hidrogenado, aire, azúcar y demás productos que puedan intervenir en la masa para pastelería. Este poder emulsificante es generalmente bajo en los aceites hidrogenados sin aditivos. Para obtener un buen poder emulsificante, es decir, lo que se puede llamar una manteca de alta potencia, se hace uso de sustancias emulsificantes y estabilizadoras; emulsificantes serán aquellos que favorecen la emulsión y estabilizantes aquellos que hacen estable dicha emulsión, evitando que la emulsión se rompa y que el aspecto cremoso de la manteca se pierda (obsérvese que también se acostumbra llamar estabilizantes a los anti-oxidantes).

Esas sustancias son generalmente monoglicéridos o poliglicéridos plásticos y son compuestos que se conocen en el comercio con distintos nombres, tal como; ALTEX, MONOCHORT, MYVEROL, etc. y se usan generalmente en concentraciones aproximadas del 1%.

De lo que se ha dicho anteriormente se deduce la necesidad de

recoger el aceite hidrogenado y deodorado en un tanque que posea un agitador. En dicho tanque se agregarán los correctivos necesarios, es decir, antioxidantes, emulsificantes y eventuales sabores artificiales si fuera necesario (estos correctivos no ejercen ninguna acción en contra del Punto de fusión de la grasa). Una vez bien homogeneizada la mezcla mediante agitación, el producto está listo para la última fase del proceso, que se trata del enfriamiento y emulsiónamiento de aire. Dicha fase se efectúa en un agitador emulsificador llamado "Votator". La operación se lleva a cabo bajo una presión de 20 atmósferas más o menos y la temperatura baja hasta 15° - 20°C, según lo que se estime conveniente, al mismo tiempo se agrega del 10 al 12% de aire y el producto sale por una válvula de estrangulación a la presión atmosférica, siendo el producto de una consistencia cremosa, liviana, lisa y uniforme, con buena plasticidad para su uso en pastelería.

Para dar una idea de la importancia de los agentes emulsificantes en las mantecas para pastelería, presentamos las fórmulas para la preparación de una masa básica para pastel amarillo y sus rendimientos, comparándola con la manteca ordinaria y la manteca de alta potencia.

	Con manteca ordinaria	Con manteca de alta potencia.
Harina para pasteles	100 kilos	100 kilos
Azúcar	85 "	135 "
Manteca	40 "	35 "
Huevo	75 "	50 "
Leche	50 "	100 "
Polvo para hornear	<u>4 "</u>	<u>5 "</u>
	354 kilos	425 kilos

Además del aumento de rendimiento, la manteca de alta potencia simplifica el mezclado de los productos, siendo en virtud de los emulsificantes muy rápido y fácil el mezclado. Generalmente, con manteca de alta potencia el contenido de grasa se mantiene entre el 35 y 40%, pudiendo en ciertos casos llegar hasta el 100% sobre la cantidad de harina.

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

Como se ha demostrado, la temperatura es uno de los factores - más importantes para la hidrogenación. En vista de eso existe la - posibilidad de poder controlar la temperatura durante el proceso, - por medio de dos válvulas automáticas comandadas por un termómetro, de manera que inyecten o cierren el vapor o agua en la serpentina - de calefacción, que vendría a ser también de enfriamiento para man- tener constante la temperatura.

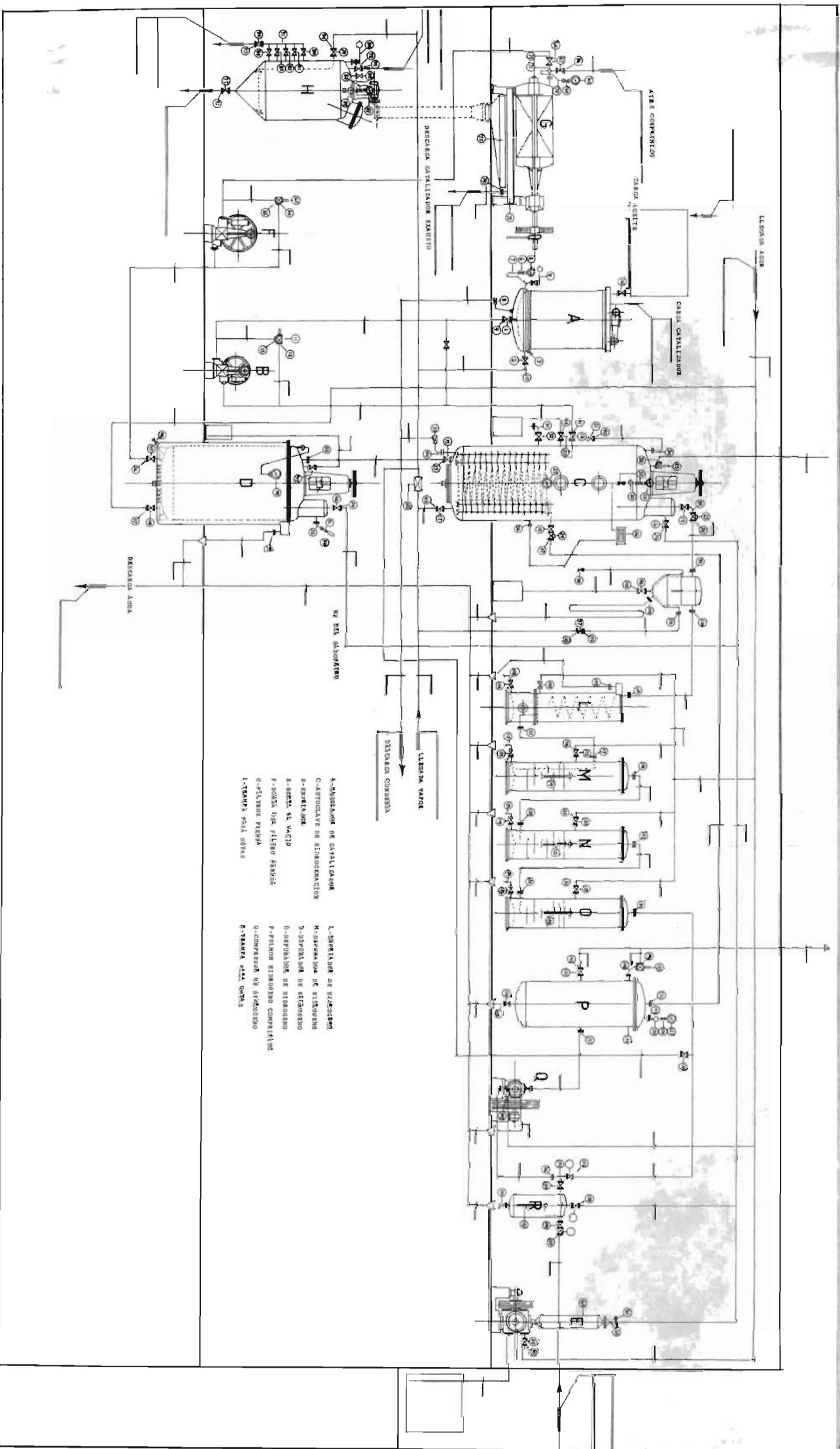
El objeto de este trabajo fue el de encontrar dos relaciones - fundamentales: Punto de fusión en relación n_D^{50} y n_D^{50} en relación al tiempo de hidrogenación. Esto es por el tipo promedio de aceite de algodón que se acostumbra trabajar.

Para la práctica, si se desea un determinado Punto de fusión se busca en la tabla el n_D^{50} correspondiente, se empieza a hidroge-- nar. Transcurrido un tiempo conocido de más o menos de 2 a $2 \frac{1}{2}$ ho ras se controla el n_D^{50} y por medio de la curva n_D^{50} / tiempo, sabien- do que cada $6 \frac{1}{2}$ minutos el n_D^{50} baja una unidad en la cuarta decimal, se puede calcular con suficiente aproximación el tiempo necesario - para finalizar la hidrogenación. Por ejemplo: a las tres horas se encontró un n_D^{50} de 1.4585 y se quiere un Punto de fusión de 36.5°C , que equivale a un n_D^{50} de 1.4577, necesitando $1.4585 - 1.4577 = 7$. -- $7 \times 6.5 = 46.5$ minutos para que la hidrogenación llegue a su final. Entonces, se dirá al operador que tome otra muestra a los 30 minu-- tos, se hace el control y así, sucesivamente hasta obtener el punto deseado.

Al final de cada hidrogenación se controla; Índice de Yodo, -
Punto de fusión Wiley, Punto de solidificación y se investiga cualiti
tativamente si hay residuos de níquel.

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

1. BAILEY, Alton E. Industrial Oil and Fat Products. New York. 1951.. Pag. 672 a 766.
2. BAILEY, Alton E. Cottonseed and Cottonseed Products. New York. 1948. Páginas 711-719.
3. GUARESCHI, I. Enciclopedia di Chimica. U.T.E.T. Ed. Suplemento 1912-1913. Pág. 106-122.
4. GORE, W. L. Métodos Estadísticas para experimentación química y tecnológica. Ed. 1933.
5. KIRK, E. Raymond; OTHMER, Donald F. Enciclopedia de Tecnología Química.
6. MARTINENGHIS. Oli, grassi e derivati. Ed. 1948. Pág. 479-504.
7. OTERO AENLLE, E. Análisis de Grasas, ceras y sus mezclas comerciales. Ed. Dossat. 1946. Pág. 56-31
8. PIVA, U.A. Lo Catalisi. Ed. 1924. Pag. 319-343
9. WINTON, A.L. y WINTON, K.B. Análisis de Alimentos. Ed. H.A.S.A. 1958.. O Pág. 602 a 605.



- A - MANGKUKAN DE KATALISATOR
- B - KONDENSATOR DE REBUSAN
- C - KATALISATOR DE REBUSAN
- D - REBUSAN
- E - BUNGA DE VACUO
- F - BUNGA DE FILTER SARIK
- G - FILTER PIRNA
- H - TANGKI GAS GIBAS
- I - SUPPLAI DE REBUSAN
- J - REBUSAN DE REBUSAN
- K - REBUSAN DE REBUSAN
- L - SUPPLAI DE REBUSAN
- M - REBUSAN DE REBUSAN
- N - REBUSAN DE REBUSAN
- O - REBUSAN DE REBUSAN
- P - REBUSAN DE REBUSAN
- Q - REBUSAN DE REBUSAN
- R - TANGKI GAS GIBAS

LEBOK WAKU
REBUSAN CONDENS

REBUSAN AIR

LEBOK AIR

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN

REBUSAN