

110

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA LA INSTALACION DE  
UNA PLANTA PRODUCTORA DE PROPIONATO DE CALCIO

(TESIS MANCOMUNADA)

Que para obtener el título de  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A

HIPOLITO FIGUEROA GODOY

Y

ALFONSO VALVERDE GONZALEZ

1975



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS TESIS  
AÑO 1975  
FECHA \_\_\_\_\_  
PROC MT 105



QUÍMICA

PRESIDENTE PROF. EDUARDO ROJO Y DE REGIL

VOCAL PROF. GUILLERMO CARSOLIO PACHECO

JURADO ASIGNADO SECRETARIO PROF. GERARDO BAZAN NAVARRETE

ORIGINALMENTE 1er. SUPLENTE PROF. JOSE L. PADILLA DE ALBA

SEGUN EL TEMA 2do. SUPLENTE PROF. MARIO RAMIREZ Y OTERO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: LABS. DAVE'S DE MEXICO, S.A. DE C.V.

PROL. CALLE 16 No. 52 SAN PEDRO DE-

LOS PINOS. MEX. 18, D.F.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE: HIPOLITO FIGUEROA GODOY

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA: I. O. GERARDO BAZAN

NAVARRETE

## INDICE

	Página
I) OBJETIVO	1
II) ANTECEDENTES	2
III) ZONAS DE MAYOR INFLUENCIA EN EL MERCADO	13
IV) CAPACIDAD DE LA PLANTA ✓	14
V) ESTUDIO DEL MERCADO	17
VI) DESCRIPCION DEL PROCESO	18
VII) DIAGRAMA DE BLOQUES	20
VIII) DIAGRAMA DE FLUJO	21
IX) EQUIPO NECESARIO	22
X) SELECCION DEL EQUIPO	24
XI) ESTEQUIOMETRIA	25
XII) BALANCE DE MATERIALES	26
XIII) DISEÑO DEL EQUIPO	27
XIV) ESTUDIO ECONOMICO	60
XV) GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO	66
XVI) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
XVII) ANEXO	73
XVIII) BIBLIOGRAFIA	86

### I) OBJETIVO

El desarrollo de este estudio ha sido con la finalidad de conocer la posibilidad económica de integrar a la industria del país la fabricación de <sup>ácido fórmico</sup> propionato de calcio, producto necesario en la industria agropecuaria. <sup>química</sup>

Lo anterior se logra justificando la necesidad del producto mencionado cualitativa y cuantitativamente, dimensionando el equipo necesario para cubrir la demanda y finalmente realizar el estudio económico.

realizando un estudio económico y proponiendo un proceso de obtención por la mejor vía posible, tanto económica como técnicamente viable

El estudio que presentamos, o cogitavamo, podía ser que es un estudio preliminar, lo cual no significa que lo que presentamos no sea aplicable, o tenga muchos fallos, este tema será completado posteriormente ya que constituye el tem. de Tesis profesional que presentaremos para obtener la licenciatura en la carrera de Ing. Química. El tema es asesorado por el Sr. Ramón Amador Herrera.

Mucho de lo que pensamos ha sido comprobado por experimentos controlados en el laboratorio, sobre todo en lo que se refiere a las reacciones,

<sup>químicas</sup>  
Por último tratamos de proponer un proceso de obtención a nivel industrial de este producto

## II) ANTECEDENTES DEL PROPIONATO DE CALCIO COMO FUNGISTATO.

Entre los principales problemas que afronta la humanidad, se encuentra la carencia de proteínas para su alimentación. Este problema se agudiza si consideramos la pérdida de proteínas ocasionada por la mala conservación de los productos agrícolas.

Todas las semillas y los granos almacenados están expuestos a infecciones por diversos tipos de hongos en los campos y en los almacenes. Estos Hongos pueden producir en humanos y en animales las enfermedades conocidas como micotoxicosis, que son los disturbios causados por potentes toxinas depositadas en los alimentos. Difieren las micotoxicosis de las micosis, en que éstas últimas consisten en el crecimiento fungoso en el organismo humano o animal, en tanto que en las micotoxicosis solamente las toxinas actúan en el organismo, sin haber crecimiento fungoso. Ambos males son motivo de grandes pérdidas económicas y constituyen además un grave problema de sanidad que afecta tanto al hombre como a los animales domésticos.

El estudio sistematizado de este tipo de toxicosis, se inició desde 1940 aproximadamente, en Rusia, logrando valiosas contribuciones. Una de estas fué el descubrimiento de la causa de la muerte del 10% de la población del Distrito de Oremburg, en el año de 1944, la cual fué ocasionada por la ingestión de grano invadido por Fusarium sporotrichioides. Posteriormente se realizaron estudios más sistematizados de estas toxicosis en Inglaterra, debido a la muerte de 100,000 pavitos ocurrida en 1960. Después de dos años de intensa investigación, se determinó que dicha mortalidad fué causada por ciertos metabolitos del hongo Aspergillus Flavus, acumulados en un ingrediente de la dieta, el cacahuate.

En México se iniciaron las investigaciones sobre los hongos de los granos almacenados, por dos poderosas causas

la pérdida en la industria maltera de cerca de 20,000 toneladas de cebada (aproximadamente 20,000,000 pesos) y el deterioro de una gran parte del maíz importado de los EE.UU. por la CEIMSA.

Las investigaciones preliminares indicaron que los hongos y los insectos fueron la principal causa del deterioro del maíz y la cebada, ya que se encontraron altamente contaminados con diversas clases de hongos, cuya capacidad de deteriorar semillas almacenadas ha sido probada en muchas partes del mundo.

La naturaleza del problema causado por hongos es la misma en casi todos los productos almacenados. Sin embargo los problemas cambian de acuerdo con las necesidades agrícolas del país, que determinan el aumento de ciertos cultivos, o establecimiento de otros nuevos. Esto constituye nuevos problemas de almacenamiento, puesto que en muchos casos, se desconocen los detalles técnicos debido a que no se les había investigado por no considerarse necesario.

Las semillas pueden dañarse tanto en el campo como en el almacén. En el primer caso, los daños son causados por los hongos de campo, en tanto que en el segundo por los hongos del almacén. Esta clasificación se ha hecho en base solamente del origen de infección por hongos, ya que generalmente las especies que infectan las semillas en el campo, son diferentes a aquellas que infectan en el almacén.

Entre los hongos de campo se encuentran los géneros Fusarium, Alternaria, Cladosporium, Helminthosporium. y otros de menor importancia. Estos requieren para su desarrollo humedades relativas ambientales de 90% o más, que equivale a un contenido de humedad del grano de 25% aproximadamente, dependiendo esto de la clase de grano y la variedad. Estos hongos tienen su crecimiento hasta el momento de la cosecha, y desaparecen a medida que aumenta el tiempo de -

almacenamiento.

Los hongos del almacén comprenden especies de los géneros Aspergillus y Penicillium.- Su característica principal es la de infectar y causar daños en los productos y subproductos almacenados, pero ocasionalmente se les encuentra en las semillas antes de las cosechas.

Las infecciones por hongos de almacén empiezan a presentarse desde humedades de 13% en adelante, y cada especie tiene sus límites específicos mínimos para poder infectar y causar daños.

Generalmente la población de hongos en una muestra de grano, ingredientes de o alimentos formulados, es muy variable, predominando aquellas especies que se adaptan a la humedad actual de los productos contaminados.

En las semillas y granos los daños consiste en la reducción total de la germinación, el ennegrecimiento de la cáscara y los embriones; pudriciones de la raíz durante el período de emergencia; disminución de su digestibilidad; pérdida de su valor comercial por los daños físicos y químicos; calentamiento y contaminación con toxinas perjudiciales a la salud humana y animal.

Se ha observado que las aves son altamente susceptibles a los efectos de las aflatoxinas (toxinas producidas por los hongos) pero los daños están influenciados directamente por varios factores, como son: la edad, la cepa de hongos, la cantidad de alimento contaminado y la disponibilidad de aminoácidos en las dietas, según las informaciones obtenidas en los trabajos de investigación entre el INIA y el INIP. El objetivo principal de las investigaciones que se realizan conjuntamente entre el Departamento de Fitopatología del INIA y el de Avicultura del INIP, es el de poder determinar las dosis mínimas de aflatoxinas que pueden permitirse en los alimentos sin menoscabo de la salud y rendimiento de las aves.

Inicialmente se descubrieron cuatro aflatoxinas, denominándoseles Aflatoxina B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, y G<sub>2</sub>, posteriormente se descubrieron otros cuatro compuestos semejantes, a los que se les llamó aflatoxinas M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, B<sub>2a</sub> y G<sub>2a</sub>, ésta nomenclatura obedece al color de su fluorescencia azul y verde, bajo luz ultravioleta en cromatografía de capa fina.

Las aflatoxinas M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub> fueron descubiertas en la leche de animales alimentados con dietas contaminadas con aflatoxinas. Estas micotoxinas son determinadas mediante métodos fisicoquímicos y biológicos.

No todas las cepas de Aspergillus flavus son productoras de aflatoxinas, además se requieren ciertas condiciones ecológicas bastante específicas para su producción, siendo humedad y temperatura los principales factores.

No obstante que la ocurrencia de las aflatoxinas en forma natural se ha determinado en pocos productos, cacao, cacahuate, semilla de algodón, maíz, coco y pescado seco fermentado, en forma experimental se ha observado que su producción es factible en un gran número de sustratos como: avena, sorgo, maíz, arroz, frijol soya, chile, café, trigo, forrajes, etc.

Desde su descubrimiento a la fecha se han escrito más de mil artículos, refiriéndose a diferentes aspectos, tales como: efectos sobre los animales y las plantas, factores que influyen en su producción, control, etc.

El gran interés de su estudio se debe a que estas toxinas se encuentran entre las sustancias carcinogénicas más potentes conocidas hasta ahora. Sus efectos nocivos más típicos se localizan principalmente en el hígado, siendo la proliferación de los conductos biliares, uno de los daños más característicos.

Los efectos de las aflatoxinas sobre las diferentes especies de animales domésticos están siendo estudiados en-

varias partes del mundo, tratando de obtener información sobre su efecto en la producción animal, así como la posible contaminación de los productos animales (leche, carne y huevo.), para ello se han alimentado aves y ganado con dietas conteniendo diferentes dosis de estas toxinas.

Existe cierta controversia en cuanto a las dosis máximas que pueden ser ingeridas sin afectar el desarrollo y producción de los animales, Kratzer y colaboradores mencionan que una dosis de 2.7 ppm. durante 48 días no alteró la postura de gallinas Leghorn, en cambio el porcentaje de fertilidad se vió afectado en comparación con las gallinas testigo que fueron alimentadas con una dieta libre de aflatoxinas. López encontró que en 15 días con una dieta conteniendo 0.023 ppm. fué suficiente para que la postura de gallinas Leghorn se redujera de 79.0% a 0.0% y Knapstein que para gallinas en postura el nivel máximo de aflatoxina era de 0.038 ppm. Estas discrepancias probablemente se deban a distintas causas, entre ellas, diferencias entre razas y líneas de aves, efectos de otras toxinas no identificadas en la dieta ya sean o no producidas por *A.flavus*, o bien a errores experimentales.

A dosis subletales, estas sustancias han mostrado ser potentes carcinógenos en los animales en que se han experimentado, el desarrollo del cáncer del hígado (hepatomas). Esto es de singular importancia ya que el hombre está expuesto a ingerir en sus alimentos diferentes dosis de aflatoxinas u otras micotoxinas, que pueden afectar su salud a corto o largo plazo. Actualmente no existe evidencia directa del efecto de estas micotoxinas sobre nuestra salud y solamente se han formulado especulaciones acerca del posible papel de estas sustancias en la incidencia de hepatomas en ciertos grupos de población del mundo en donde se encuentran más expuestos al consumo de alimentos con hongos y sus metabolitos.

Carnaghan y Crawford relacionan la posible infección de

aflatoxinas con la alta incidencia de hepatomas en la población de Bantú en Africa, en donde consumen maíz invadido por hongos, entre ellos el productor de las aflatoxinas.

Mucha investigación ha sido dedicada a desarrollar métodos para controlar las aflatoxinas una vez que estas han sido producidas, empleando métodos fisicoquímicos y biológicos mediante el uso de agentes tales como: calor y humedad, radiaciones, gases, solventes y microorganismos, algunos han mostrado ser efectivos bajo condiciones experimentales, pero que aún no se han aplicado en la escala comercial. La industria productora de aceites vegetales mediante los procesos convencionales de extracción y purificación elimina las aflatoxinas de los aceites comestibles, quedando estas en las pastas, las cuales son utilizadas en la elaboración de alimentos balanceados.

El mejor método de control es la prevención, es decir, evitar la producción de toxinas previniendo el desarrollo de los hongos evitando con ello no solamente la producción de toxinas sino también la pérdida de calidad en otros aspectos además del de la sanidad, o sea: calidad nutricional, mermas y características físicas.

En el caso de los hongos del almacén, la prevención sólo es posible manteniendo bajos contenidos en los productos agrícolas, ya que el control químico sólo es factible y necesario en los casos en que no es materialmente posible controlar el contenido de humedad. Estos casos son muy frecuentes si se toma en cuenta la imposibilidad física de los agricultores para su control o bien de su desinterés en ello. Precisamente en este punto es donde se hace necesaria la inhibición del crecimiento de los hongos por un producto químico -- que de buenos resultados en todos los casos.

En México los productos químicos usados para controlar los hongos son: sulfato de cobre y cantidades incipientes de ácido propiónico. Estos dos productos presentan diferentes -

inconvenientes motivo por el cual los fabricantes de alimentos para animales han puesto su atención en un producto que está dando magníficos resultados al respecto. Este producto es el propionato de calcio y actualmente se usa en EE.UU.

El uso de este producto depende únicamente del contenido de humedad del grano. A mayor humedad, mayor contenido de propionato de calcio por tonelada de alimento para la inhibi total de las colonias de hongos.

Ya que la humedad es el factor más importante en el desarrollo de los hongos de almacén, debemos señalar algunos puntos de importancia en la relación humedad-hongos. Las diferentes especies de hongos del almacén tienen definidos requerimientos mínimos de humedad para su desarrollo, siendo en cereales los siguientes: para Aspergillus halophilicus, -- A. restrictus, 13.2 %; A. Glaucus, 14%; A. candidus, 15%; A. ocharaceus, 15.2%; A. Penicilium 16%; Aspergillus Flavus, 18%

Todos los fungistatos existentes, se usan sobre la misma base del contenido de humedad, aunque la mayoría de ellos presentan serios inconvenientes. En EE.UU. además del sulfato de cobre, se usan los propionatos y algunos ácidos carboxílicos de cadena corta para la inhibición del crecimiento de hongos. Ahora bien, los hongos presentan actualmente cierta inmunidad contra el sulfato de cobre la cual parece ir en aumento. De los productos antes mencionados el que parece -- dar mejores resultados es el ácido propiónico, que se considera ligeramente superior al propionato de calcio en su facultad inhibidora. Junto con esta ventaja del ácido propiónico está la desventaja de la dificultad de su manejo y por su alto poder de corrosión. Además la capacidad de inhibición del crecimiento de hongos que presenta el ácido propiónico, puede ser igualada por el propionato de calcio, si éste se acidula con ácido clorhídrico concentrado hasta un pH de 3.- Así se obtiene la ventaja de poder disminuir la dosis en un 50% de propionato de calcio adicionado por tonelada de ali--

mento. Lo anterior significa que por cada kilogramo de propionato de calcio sin acidificar requerido en una tonelada de alimento tratado, solamente se necesitaría medio kilogramo del propionato de calcio acidificado para lograr idénticos resultados.

Se usan también como fungistatos, otros productos tales como propionato de sodio, propionamida, ácido sórbico, ácido caproico; etc. Todos ellos presentan menor efectividad y se obtienen en el mercado a un precio más alto.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos con diferentes fungistatos sobre harina de maíz con diferentes contenidos de humedad.

<u>HUMEDAD</u> %	<u>INHIBIDOR</u>	<u>PORCENTAJE</u> <u>AGREGADO</u>	<u>INICIO DEL</u> <u>CALENTAMIENTO.</u> <u>DÍAS</u>	<u>HONGOS.</u> <u>10000/gm</u>
14.2	Ac. Propiónico	Nada	7	525
14.1	Ac. Propiónico	0.1	-	1.8
14.9	Anh. Propiónico	Nada	7	360
14.8	Anh. Propiónico	0.1	-	-
15.2	Prop. de calcio	Nada	7	525
15.1	Prop. de calcio	0.1	7	525
15.0	Prop. de calcio	0.3	-	3.5
14.8	Prop. de Sodio.	0.1	7	565
14.8	Prop. de Sodio.	0.3	7	245
13.4	Prop. de Sodio.	0.6	14	184
15.6	Propionamida.	0.1	5	800
14.4	Propionamida.	0.3	6	665
15.9	Propionanalida	0.1	6	650
15.8	Propionanalida	0.3	11	205

Como se observa, los únicos productos que dieron buen resultado en la inhibición del crecimiento de hongos fueron el

#

ácido propiónico, el anhídrido propiónico y el propionato de calcio. De estos tres se prefiere usar el propionato de calcio debido a su facilidad de manejo, su eficiencia y a su bajo costo relativo. Aunque el ácido propiónico se observa superior se prefiere no usarlo por la dificultad en su manejo. El anhídrido propiónico resulta incosteable al lado del propionato de calcio. Además de los motivos anteriores, los usuarios prefieren manejar el propionato de calcio porque es el único producto que ha permitido la Food & Drug Administration en los EE.UU.

A niveles más altos de humedad, se ha observado que el propionato de calcio y el ácido propiónico, tienen igual -- efectividad. La manera de usar el propionato de calcio en granos almacenados para inhibir el crecimiento de hongos es el siguiente; se aplican las siguientes cantidades de inhibidor durante el ensilaje del producto. Puede aplicarse durante la molienda del grano o durante el mezclado de dos o más ingredientes para lograr un alimento formulado:

<u>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL</u> <u>INGREDIENTE O MEZCLA DE</u> <u>INGREDIENTES.</u>	<u>CANTIDAD DE PROPIONATO.</u> <u>CALCICO EN % Y POR TON.</u>
13.0 %	0.10 % (2 lbs./Ton)
15.0 %	0.15 % (3 Lbs./Ton)
17.0 %	0.20 % (4 Lbs./Ton)
19.0 %	0.25 % (5 Lbs./Ton)
21.0 %	0.30 % (6 Lbs./Ton)

Los problemas causados por hongos que no provienen del alimento, se pueden controlar rociando las paredes, piso y techo de las granjas con una solución de propionato de calcio, usándola como una niebla o spray. Esta solución se prepara disolviendo 15 gr. de propionato de calcio en un litro de agua. Cada litro de solución es suficiente para un área de 30 m<sup>2</sup> aproximadamente.

Los "cuerpos de cetona" acumulados en el torrente sanguíneo de las vacas lecheras, y una deficiencia de azúcar en la sangre de las mismas, constituyen el mal denominado acetonemia ó cetosis. Sus síntomas son:

- 1.- Una marcada disminución en la producción de leche.
- 2.- Severa pérdida de peso en un corto período de tiempo.
- 3.- Pérdida de apetito total.
- 4.- Los animales se muestran nerviosos, y sufren convulsiones.

Los veterinarios pueden confirmar la acetonemia usando la prueba de Ross que desarrolla un color púrpura en una muestra de orina de la vaca. Esto indica la presencia de cantidades anormales de "cuerpos cetónicos".

La dosis recomendada para su tratamiento es cerca de media libra de propionato de calcio o propionato de sodio por animal diariamente.

En la industria de la panificación, el propionato de calcio suele agregarse durante el batido, o durante la premezcla de los ingredientes. El nivel del propionato necesario se relaciona con la acidez del producto,. Aquellos productos de mayor acidez (valor bajo de pH) tales como los pastes de queso, requieren menos, pero otros productos son alcalinos, tales como los pasteles de chocolate que requieren una cantidad mayor de propionato de calcio. Normalmente los rangos de propionato de calcio necesario para todos los productos de panificación están entre 1.5 onzas por cada 100 libras de harina, para los productos más alcalinos, hasta 0.7-onzas por cada 100 libras de harina para los productos más ácidos.

El propionato de calcio, al igual que el de sodio son generalmente reconocidos como seguros para su uso en alimentos humanos La Federal Standards of Identity de EE.UU. permiten estos productos a niveles superiores a 0.38% en pan de harina de trigo.

#

Hasta aquí en lo que concierne al propionato de calcio como fungistato. Respecto a otros usos del propionato de calcio en México, actualmente no tiene ninguna aplicación ya -- que en la industria hulera y en la industria de los plásticos usan diversos sucedáneos por la sencilla razón de que la patente de sus procesos así lo establecen. Sin embargo estas Industrias reconocen las mejoras que involucraría el uso de propionato de calcio como retardador y como acelerador respectivamente. Además se asegura que hay una gran disposición a usar este producto; de permitirlo así la compañía.

III)

ZONAS DE MAYOR INFLUENCIA DEL POSIBLE CONSUMO DEL PROPIONATO  
DE CALCIO.

Las zonas de mayor consumo suelen ser los medios urbanos en cuyo derredor se desenvuelven industrias agropecuarias o regiones especialmente adecuadas por su disponibilidad de materia prima, cercanía a mercados, medio ambiente, etc., a la crianza de ciertas especies animales.

La avicultura está extendida en casi todo el país, pero principalmente en el centro de Nuevo León, la Laguna, sur de Sonora, norte de Sinaloa, Jalisco, el Bajío, Valle de México y la parte sudoriental de Puebla y Morelos. La porcicultura tiende a concentrarse en el Bajío, Sur de Guanajuato, Valle de México, parte noroccidental de Michoacán, sur de Sonora, norte de Sinaloa y occidente de Jalisco. La explotación lechera se desarrolla principalmente en las cuencas del Valle de México, el Bajío, la Laguna y Jalisco.

#### IV) CAPACIDAD DE LA PLANTA

Debe fijarse de acuerdo a las necesidades actuales o -- proyectando estas necesidades a un futuro cercano, por ejemplo de cinco años.

Ahorá bien, dichas necesidades dependen de lo siguiente

- a) Volumen de alimentos balanceados producidos anualmente.
- b) Volumen de grano almacenado anualmente en el país.
- c) Consumo actual del producto por la industria química

De los anteriores puntos, sólo se considerará el primero, ya que el segundo casi está contenido en éste, y el tercero prácticamente es nulo.

La producción de alimentos balanceados durante los años 1967-<sup>1982</sup>~~1972~~ es la siguiente:

AÑOS	PRODUCCION MILES TONS.
1967	1675
1968	1800
1969	1945
1970	2135
1971	2202
1972	2235

Como se tiene una historia confiable y amplia de la --- producción anual de alimentos balanceados, es posible hacer una proyección estadística varios años al futuro según diversos modelos matemáticos. El resultado de estas proyecciones es analizado según cuatro criterios para verificar su confiabilidad, y son los siguientes:

- 1.- El mínimo error.
- 2.- La prueba de Fisher.
- 3.- Coeficiente de correlación.
- 4.- Ajuste de las curvas de pronóstico con las curvas -

de regresión.

Los modelos matemáticos usados son los siguientes:

- a) Lineal.
- b) Cuadrático.
- c) Exponencial
- d) Logarítmico.
- e) Potencial.
- f) Geométrico,
- g) Lineal Recíproco.
- h) Constante.

Según estos resultados, el modelo cuadrático es el más adecuado ya que contiene las siguientes características:

- a) El menor error.
- b) El coeficiente de Fisher es de los mayores.
- c) El coeficiente de correlación es el mayor.
- d) Las curvas de pronóstico y regresión se ajustan adecuadamente.

En base a lo anterior, en el año de <sup>1990</sup>~~1979~~, se tendría -- una producción de alimentos balanceados de prácticamente ---- ~~4~~,000,000 toneladas métricas. Esta cifra nos sirve de base - para determinar la capacidad de la planta.

El tratamiento implica usar un promedio de 2 Kg. de pro

ponato de calcio por tonelada de producto. Sobre esta consi  
deración tenemos:

$$\begin{aligned} \text{DEMANDA} &= \overset{8,000,000}{\cancel{4,000,000}} \frac{\text{Ton}}{\text{año}} \quad \times 2 \quad \frac{\text{Kg.}}{\text{Ton}} \\ &= \overset{16}{\cancel{8}},000 \frac{\text{Ton}}{\text{año}} \\ \text{OFERTA} &= 0.0 \text{ Ton/año.} \\ \text{CAPACIDAD} &= \text{DEMANDA} - \text{OFERTA} \\ &= \overset{16}{\cancel{8}},000 \text{ Ton/año.} \end{aligned}$$

320

X } Se consideran ~~300~~ días de operación al año, con 2 turnos de 8 horas. Esto se decide así porque de otra forma tendrían que pagarse sueldos para 2 o 3 equipos de obreros dependiendo de que se trabaje dos o tres turnos, y esto a largo plazo resulta más cara.

X } Además con un equipo que trabaje en forma continua se requeriría más gastos por mantenimiento.

CAPACIDAD

A ~~323~~ Tons/hora

3425

V) ESTUDIO DE MERCADO.

Según datos estimados recientemente, la fabricación de alimentos en la República Mexicana, asciende a 2.638,000 toneladas métricas por año, las cuales son producidas de acuerdo con la siguiente distribución.

PRODUCCION DE ALIMENTOS  
BALANCEADOS EN MEXICO DURANTE 1974.

	TONELADAS	%
TCTAL	2.638,000	100.00
PURINA	490,000	18.57
DAWE'S	471,000	17.86
ACCO	422,000	16.00
ROMERO HNOS.	188,000	7.14
HACIENDA	181,000	6.86
MEZQUITAL DEL ORO	170,000	6.43
MALTA	151,000	5.71
FLAGASA	102,000	3.86
FABRICANTES MENORES	463,000	17.57

Los datos fueron proporcionados directamente por cada una de las compañías mencionadas, y el total por la Secretaría de Agricultura y Ganadería.

Se consultó con cada uno de los fabricantes la posibilidad técnica y económica para utilizar propionato de calcio como fungistato, manifestando todos ellos la necesidad del producto en la mayor parte del año.

## VI) DESCRIPCION DEL PROCESO

El proceso consiste en la simple neutralización del -- ácido propiónico con cal apagada.

La cal apagada se introduce en suspensión al reactor -- con el fin de mejorar las condiciones de agitación. El ácido propiónico se maneja concentrado.

La reacción es exotérmica, desarrollando una temperatura máxima observada de  $96^{\circ}\text{C}$  cuando los reactantes se manejan a la máxima concentración. En las condiciones de operación normales se observa un desarrollo de temperatura no mayor de  $52^{\circ}\text{C}$ .

Se obtienen como productos de reacción, propionato de calcio y agua. El agua usada para suspender el hidróxido de calcio y el agua de reacción obtenida disuelven una parte -- del propionato de calcio, ya que éste es muy soluble en agua (aproximadamente se disuelve en proporción 1:3 con el agua).

El producto se filtra para eliminar la mayor cantidad -- posible de agua. Esta agua estará saturada, por lo cual es -- antieconómico eliminarla.

Para reducir las pérdidas al mínimo, el licor saturado -- se recircula al tanque de suspensión del hidróxido de calcio

El propionato de calcio húmedo, se seca en un secador ro -- tatorio, obteniéndose en este punto, un producto prácticamen -- te puro, no contaminado con ninguno de los reactantes, ya -- que la eficiencia de la reacción es casi 100%.

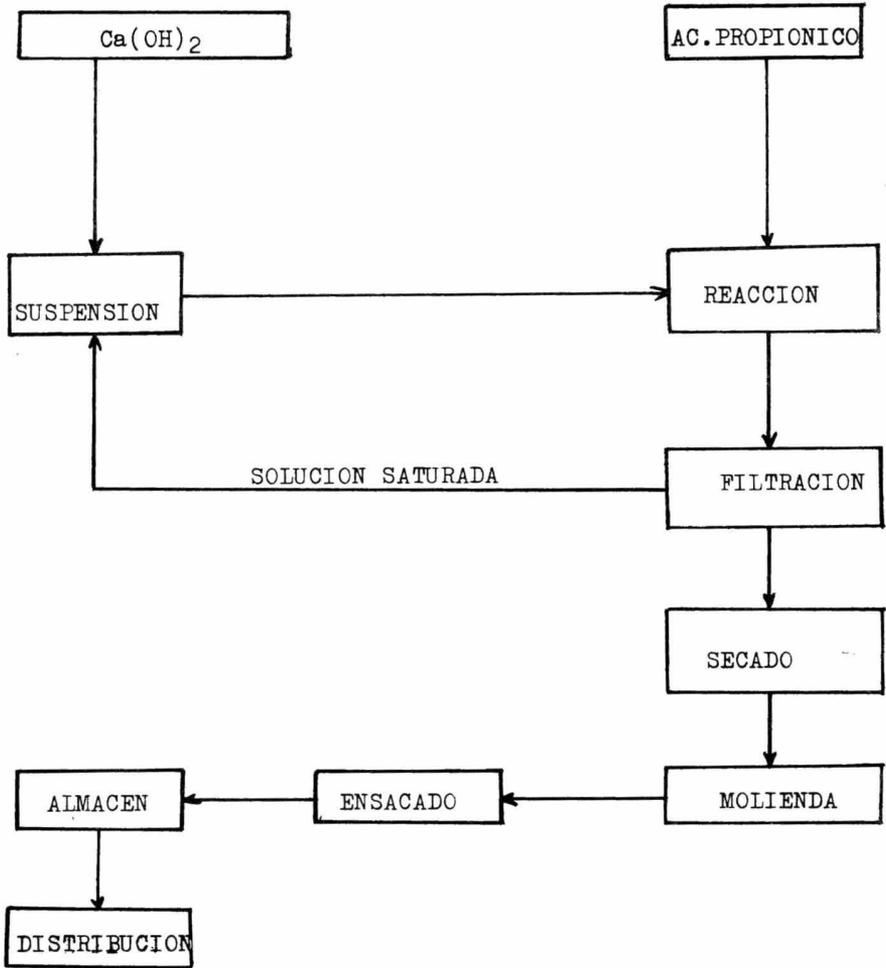
Según pruebas hechas en laboratorio, se considera que -- la reacción es de orden cero, puesto que la reacción se desa -- rrolla con la misma rapidez independientemente de la concen -- tración de los reactivos y dependiendo sólo del tipo de agi -- tación usado.

Se puede decir que la reacción procede tan pronto como se logra el contacto entre los reactivos.

Durante los experimentos realizados se observó que en la reacción no hay cambios volumétricos considerables; esto es, la mezcla de reacción no aumenta ni disminuye.

De lo anterior se deduce que para el diseño del reactor será determinante el tipo de agitación usado; dependiendo las dimensiones del reactor del tipo de agitación y de los volúmenes reaccionantes.

VII) DIAGRAMA DE BLOQUES



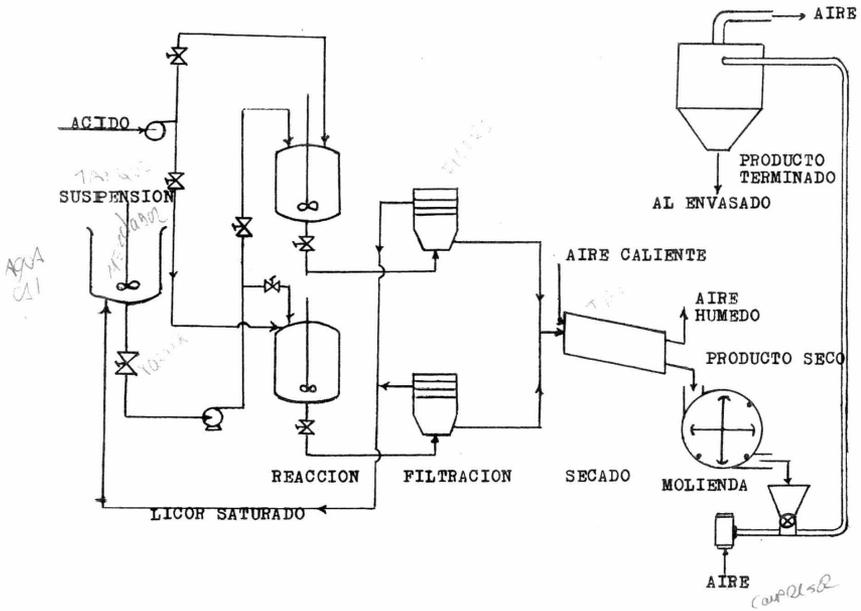


DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA FABRICACION DE PROPIONATO DE CALCIO.

VIII) DIAGRAMA DE FLUJO

ix) EQUIPO NECESARIO SEGUN DIAGRAMA DE BLOQUES.

- 1).- Tanque de suspensión abierto, dotado con:
  - Sistema de agitación.
  - Válvula de salida o descarga.
  - Alimentación de agua.
- 2).- Reactor cerrado, dotado de los siguientes accesorios:
  - Sistema de agitación.
  - Moto-reductor.
  - Válvula de descarga.
  - Condensador de vapores o bien,
  - Alimentación del agua evaporada.
- 3).- Equipo de filtración.
- 4).- Secador.
- 5).- Molino de martillos, con:
  - Ciclón de finos.
- 6).- Báscula de 1.5 Tons.
- 7).- Equipo automático de llenado de sacos.
- 8).- Selladora o cosedora de sacos.
- 9).- Vehículo para distribución del producto.
- 10).- Montacargas.

Además de lo mencionado anteriormente se necesita lo siguiente:

Terreno

Obra civil:

    Construcción fabril.

    Oficinas.

Servicios auxiliares:

    Energía eléctrica

    Agua

    Teléfono

    Drenaje

    Combustible.

x) SELECCION DEL EQUIPO

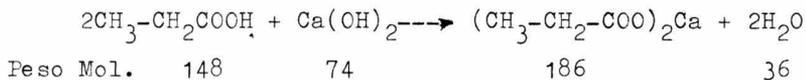
En pruebas de laboratorio y a mediana escala, se observó lo siguiente:

- a) La reacción se controla más fácilmente en un sistema discontinuo.
- b) La suspensión de la cal debe realizarse con agitación lenta, en sistema discontinuo.
- c) La filtración es más factible en centrífuga, obteniéndose una torta con 24.5% de humedad y de características adecuadas para su alimentación en un secador rotatorio. Otros tipos de filtración se encontraron muy deficientes.
- d) Se seleccionó un secador rotatorio, principalmente por facilidad de manejo y uso de poco espacio. Se obtiene un producto con 0.5% de humedad en base húmeda

En base a las consideraciones anteriores se calculará el equipo necesario y suficiente para la operación eficiente de la planta.

XI) ESTEQUIOMETRIA

La ecuación es:



Acido Propiónico/hora =  $3.33 \times 148/186 = 2650$  Kg.

Hidróxido de calcio/hr =  $3.33 \times 74/186 = 1325$  Kg.

Total de reactivos = 3975 Kg. /hora.

En pruebas piloto, se observó que para obtener una buena fluidez, y para lograr una buena agitación en la reacción, es preciso que los reactivos hagan contacto en presencia de una cantidad de agua equivalente al total de los reactivos en peso.

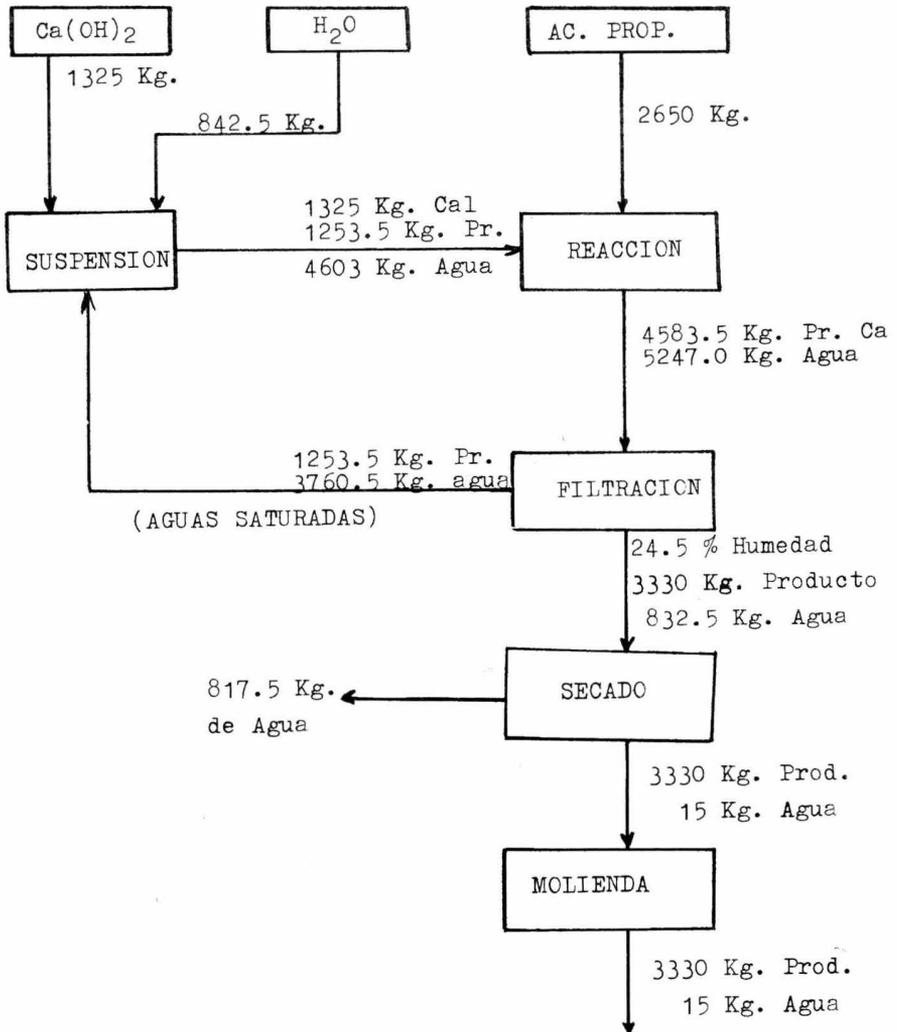
3,729

X	Y	REACTIVOS = 3975 Kg.	
		AGUA = 3975 Kg.	5,729
		TOTAL = 7950 Kg.	7,458

Los datos anteriores se obtuvieron considerando un rendimiento bruto promedio del  $(100\%, 30\%)$ , pues si el ácido y la cal no son químicamente puros y aunque la reacción sea completa el propionato de calcio puede resultar con agua de cristalización, lo cual eleva el rendimiento de la reacción.

XIII) BALANCE DE MATERIALES

BASE: 1 HORA



### XIII) DISEÑO DEL EQUIPO

El equipo limitante es el reactor, debido a sus tiempos - de operación por lote incluyendo los tiempos muertos:

Suspensión de la cal = 30 minutos.  
Reacción (y tiempos muertos) = 60 minutos.  
Filtración ----- Continua.  
Secado ----- Continuo.  
Molienda ----- Continua.  
Envasado ----- Continuo.

#### Tiempos de la reacción.

Bombeo de la suspensión = 10 minutos.  
Reacción = 20 minutos.  
Descarga = 20 minutos.

#### TANQUE DE SUSPENSION

En base a una hora, es necesario suspender <sup>1,553.7</sup>~~1325~~ Kg. de cal lo cual se hace aproximadamente en 30 minutos.

Entonces, se calculará el tanque para lotes de la mitad de la producción por hora.

CAPACIDAD = ~~662.5~~ Kg Ca(OH)<sub>2</sub>/hr.

<sup>776.8</sup>

Ahora bien, para facilitar la operación es conveniente usar en esta parte del proceso, toda el agua que se necesitará en la reacción, o bien los licores provenientes de las centrifugas.

Por lo tanto, un lote consistirá en lo siguiente:

<sup>776.8</sup> ~~662.5~~ Kg de Cal  
<sup>2,939</sup> ~~2512.0~~ Kg de Licor saturado  
<sup>487.3</sup> ~~416.5~~ Kg de Agua  
<sup>4,205.1</sup> ~~3591.0~~ Kg en Total

La mezcla anterior tiene una densidad un poco mayor a la del agua, por lo que supondremos que ocupa un volumen de ~~3591~~ - <sup>4,203.1</sup> litros.

4,203.1

Volumen = ~~3591~~ litros.

Usando un factor de seguridad de 1.2:

Volumen Total = ~~3591~~ x 1.2  
 = ~~4312~~ litros. 5,043.7  
 = ~~4.312~~ m3. 5.043

Tomando Diámetro = Altura:

$$V_t = 3.1416(D^2H)/4$$

$$= 3.1416(D^3)/4$$

$$D = \sqrt[3]{4V_t/3.1416}$$

$$D = \sqrt[3]{4(4.312)/3.1416}$$

5.043

$$D = \sqrt[3]{5.48 \text{ m}^3 \cdot 6.42}$$

$$D = 1.65 \text{ m.} = 1.86$$

$$D = H = 1.65 \text{ m.} \quad 1.96$$

Se trata de un tanque abierto con fondo toriesférico.

r (rodilla) = 9.9 cm.

r (corona) = ~~4.65~~ cm. 1.86

e (espesor de lámina):

Envolvente

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

R = Radio del tanque en pulgadas.

P = Presión de operación; psi.

S = Esfuerzo máximo permisible del material, psi.

E = Eficiencia de soldadura, a tope por ambos lados.

R = ~~32.5~~ pulgadas. 3.6

P = 14 psi.

S = 12000 psi (para acero al carbón).

E = 0.8

Sustituyendo valores:

$$t = 14(32.5)^{0.6} / (12000)(0.8)$$

$$t = 9.0474 \text{ pulg. } 0.0534$$

$$t = 1/16''$$

$$t' = 1/8'' \text{ (Por corrosión).}$$

Fondo toriesférico:

$$t = (0.885 \text{ PL}) / (\text{SE} \times 0.1\text{P})$$

L = Radio de la Corona.

$$L = 65'' \quad 73.22''$$

$$t = 0.885(14)(65) / (12000 \times 0.8 - 1.4)$$

$$0.0945'' \quad t = 0.0838'' = 1/8''$$

$$t'' = 3/16'' \text{ (Por corrosión).}$$

#### AGITACION

En esta operación, se manejan sólidos de aproximadamente 150 a 200 mallas, para lo cual se recomienda una agitación lenta con aspas de paletas o agitación rápida de propela sumergida.

Según tabla adjunta, la propela adecuada para esta operación, debe tener un diámetro 1:3.5 respecto al diámetro del recipiente.

$$1:3.5::d:D$$

$$1:3.5::d:65'' \quad 73.22''$$

$$d = 18.5'' \quad 20.9''$$

La posición de la propela dentro del tanque, para un servicio eficiente, debe ser a una distancia del fondo igual al diámetro de la propela.

Posición de la propela = Central a 18.5'' del fondo del tanque.

Velocidad = 700 RPM

De acuerdo con nomograma adjunto, con una propela de 18.5''

20.9''

pulgadas de diámetro girando a 700 RPM se obtiene un movimiento de líquido de ~~8500~~<sup>70,000</sup> GPM y se necesita un motor de ~~20~~<sup>25</sup> HP operando a un 80%, dotado de un reductor de velocidad 1:2.

El tanque estará dotado además de una válvula de descarga de 2", soportes para sujeción a una plataforma o patas, cuatro bables internos para promover una mejor agitación y entrada para agua.

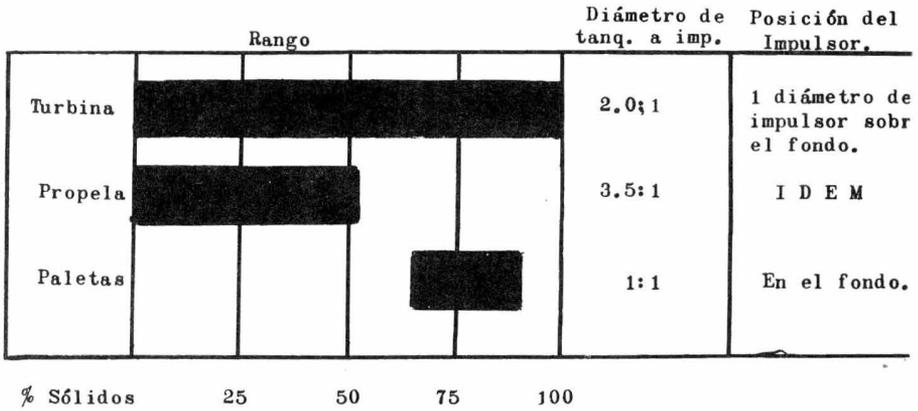
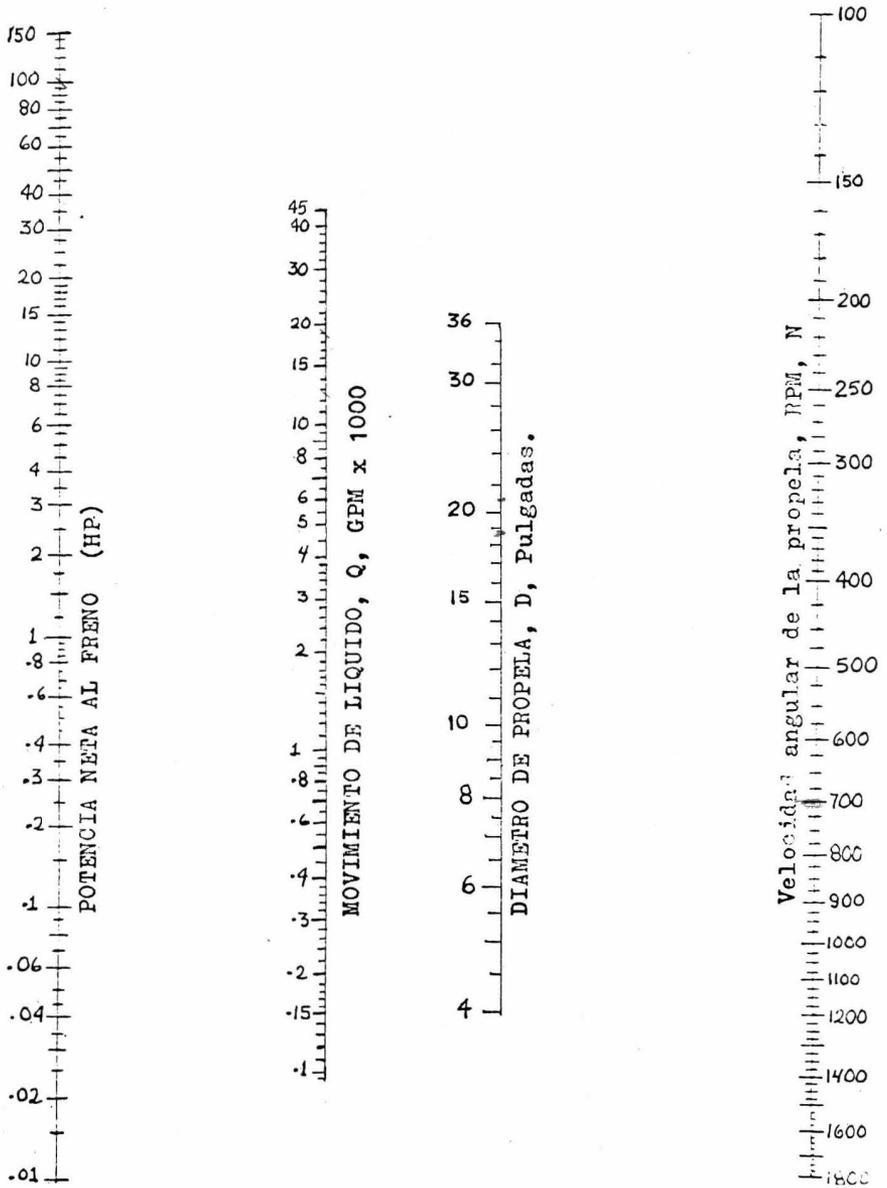


TABLA PARA SELECCION DE IMPULSORES DE  
 AGITACION  
 DE SOLIDOS EN SUSPENSION



NOMOGRAMA PARA DIMENSIONAR PROPELAS  
(MICHIGAN WHEEL CO.)

Util para agua a 70°F, de densidad 1 g/cm<sup>3</sup> y 1 cp.  
de viscosidad.

### CALCULO DE LA UNIDAD DE REACCION

El tiempo de reacción es de 60 minutos incluyendo los tiempos muertos.

Para aprovechar mejor estos tiempos, sería adecuado hacer el diseño de dos reactores de igual capacidad, con el fin de alternar su operación, durante cargas y descargas.

La capacidad total de la unidad de reacción es de ~~3330~~ <sup>3,125</sup> Kg por hora.

Ahora bien, dividiendo esta capacidad entre dos, resulta:

Capacidad de cada reactor = ~~1665~~ <sup>1,562.5</sup> Kg/hr.

Su volumen debe ser tal que produzca

Capacidad/Lote = ~~1665~~ <sup>1,562.5</sup> Kg.

Factor de Seguridad = 1.2

El reactor debe tener un volumen tal que pueda aceptar lo siguiente, según el balance de materiales.

Acido Propiónico = ~~2650~~ <sup>3,107.5</sup> / 2 Kg = ~~1325~~ <sup>1,553.7</sup> Kg.

Suspensión de cal = ~~662.5~~ <sup>776.8</sup> Kg.

Licor saturado = ~~2928.3~~ <sup>3,426.1</sup> Kg.

TOTAL ~~4916~~ <sup>5,756.6</sup> Kg.

Densidad aproximada de la Carga = 1 Kg/l

$V_r = 1.2(4916) = 5.9$  m<sup>3</sup>. <sup>5,756.6</sup> 6.9

Diámetro = Altura

$V_r = 3.1416(D^2)(H)/4$

$V_r = 3.1416(D^3)/4$

Despejando:

$$D = \sqrt[3]{4V_r/3.1416}$$

$$D = \sqrt[3]{4(5.9)/3.1416}$$

$$D = \sqrt[3]{7.52} \quad 1.95$$

$$D = 1.95 \text{ m. } 2.06$$

$$H = 1.95 \text{ m. } 2.06$$

Por seguridad, el recipiente se considerará sometido a presión, y será dimensionado con tapas torisféricas.

Radio (Corona) = ~~1.95~~ m.

2.06

Radio(rodilla) = 11.7 cm.

Espesor de lámina:

$$P = SEt/(R+0.6t)$$

Para acero inoxidable;

$$S = 15000 \text{ psi (acero 316)}$$

$$E = 0.8 \text{ (Soldadura a tope por ambos lados).}$$

$$R = 38.5" \quad 40.5$$

$$P = 14 \text{ psi}$$

Despejando a t (espesor de lámina en pulgadas):

$$P(R+0.6t) = SEt$$

$$PR + 0.6Pt = SEt$$

$$SEt - 0.6Pt = PR$$

$$t(SE - 0.6P) = PR$$

$$t = PR/(SE - 0.6P)$$

Sustituyendo valores;

$$t = 14(38.5)/(15000 \times 0.8 - 0.6 \times 14)$$

$$t = 0.045" \quad 0.047"$$

Tomando un factor por corrosión (Seguridad). de 1/32, tenemos:

$$t = 5/64"$$

ESPESOR DE LAS TAPAS

$$P = SEt/(0.885L + 0.1t)$$

$$L = \text{Radio de la corona} = 77"$$

Despejando t;

$$t = 0.885PL/(SE-0.1P)$$

sustituyendo valores:

$$t = 0.885(14)(77)/(15000(.8)-1.4)$$

$$t = 0.08"$$

$$t = 3/32" \text{ incluyendo el factor por corrosión.}$$

## AGITACION

En esta operación, básicamente se están manejando sólidos en suspensión de aproximadamente 100 mallas.

Para este servicio, conviene una agitación rápida con propela.

Según tabla adjunta, la propela adecuada para estas operaciones debe tener un diámetro 1:3.5 respecto al diámetro del re  
cipiente.

$$1:3.5::X_d:77$$

$$X_d = 77/3.5$$

$$X_d = 22" \text{ (Diámetro de propela).}$$

La posición de la propela dentro del reactor, para un mejor servicio debe ser a una distancia del fondo igual al diámetro de la propela.

Posición de la propela = 22" sobre el fondo del tanque.

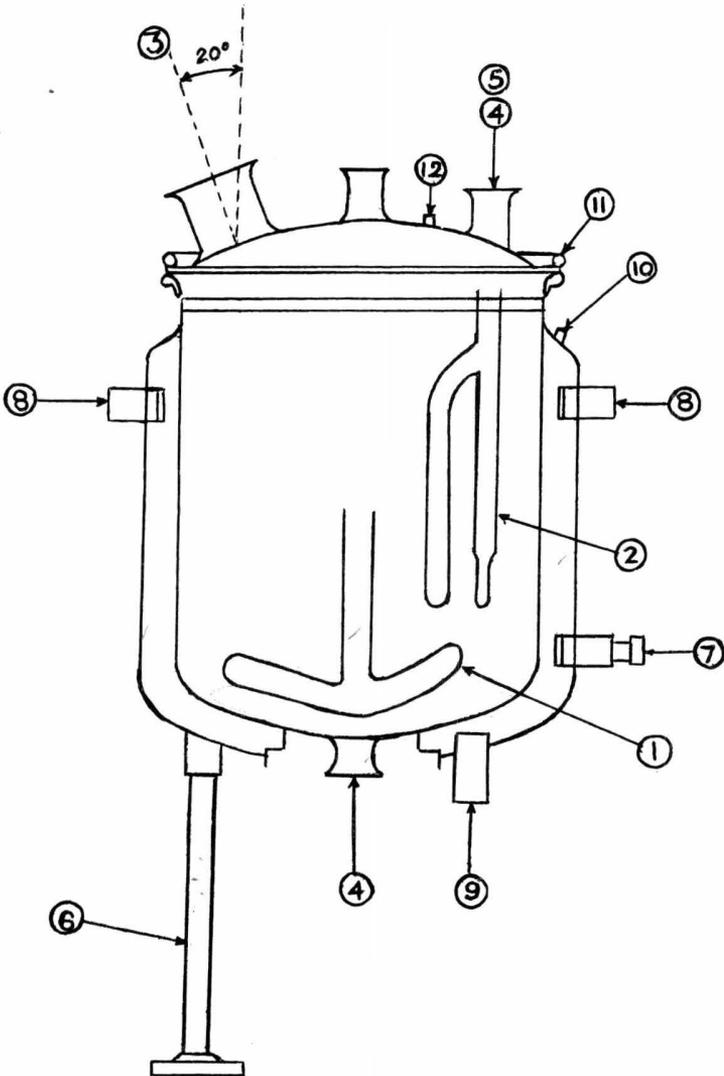
Agitando a una velocidad de 700 RPM con una propela de 22" de diámetro y según nomograma adjunto, se obtiene un movimiento de líquido equivalente a 14000 GPM y se necesita un motoreductor 1:2 de 45 HP operando a un 80%.

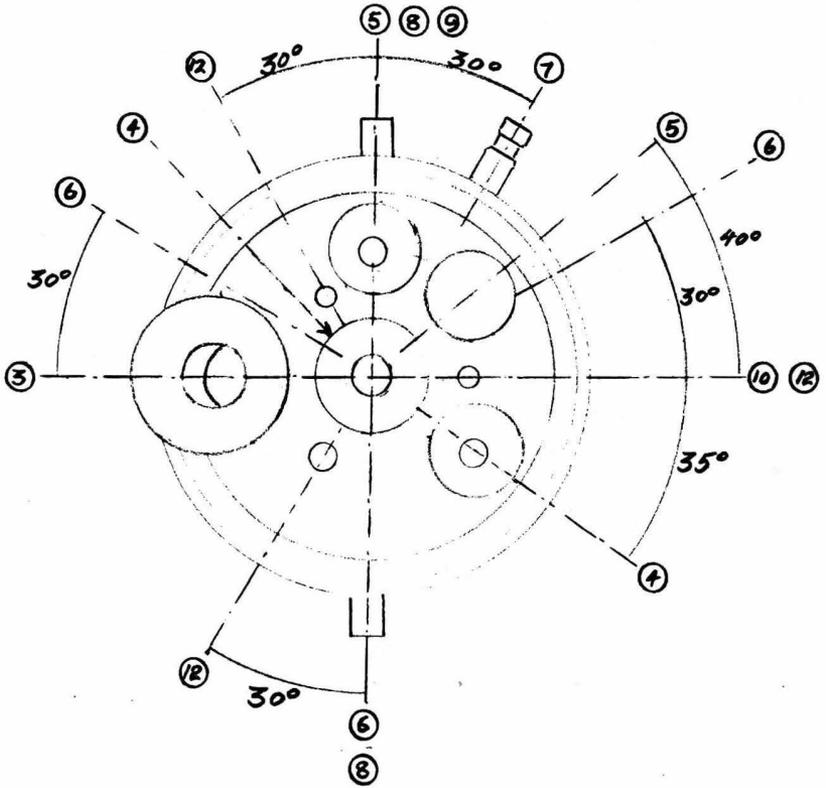
El reactor estará dotado además del sistema de agitación, de los siguientes accesorios:

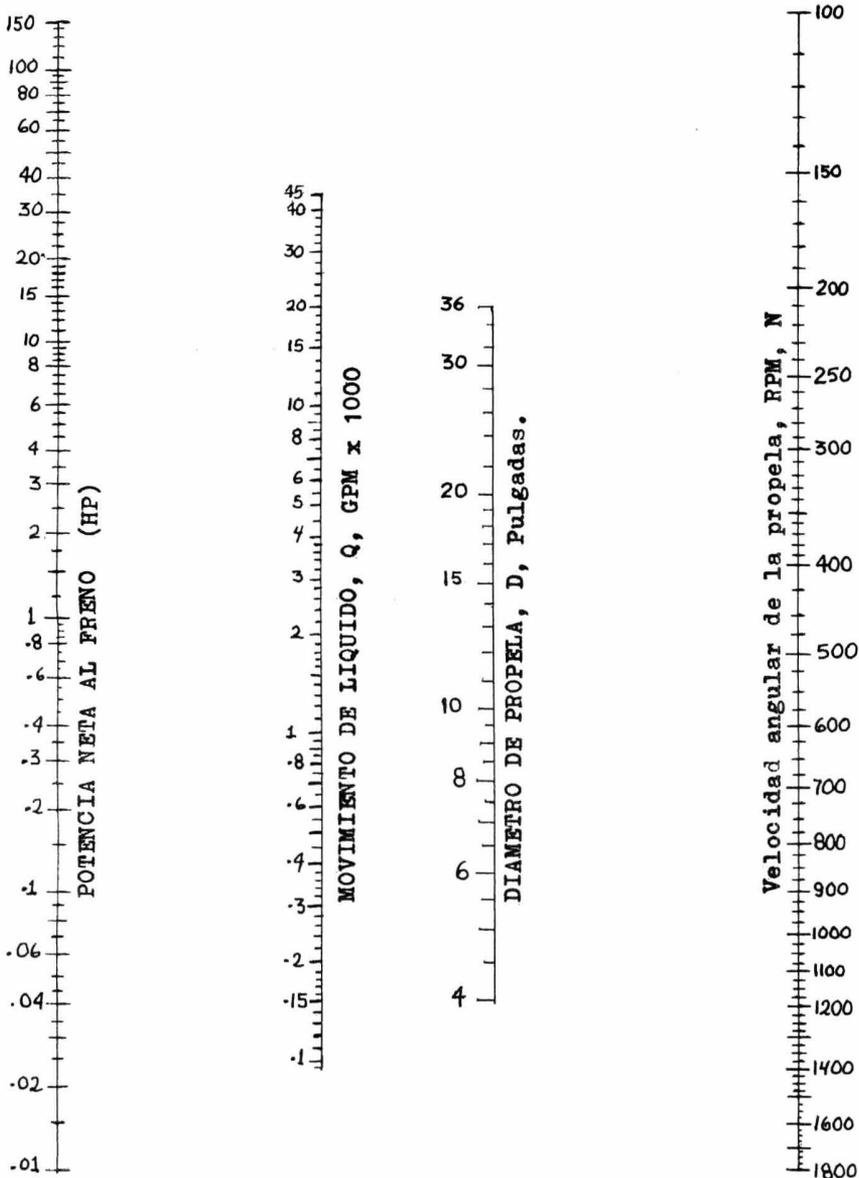
- a) Válvula de descarga, tipo bola, de acero inox. 316 y de 2.5".
- b) Mirilla.
- c) Entrada de 2" para el bombeo del ácido.
- d) Entrada de 2" para el bombeo de la suspensión de cal.
- e) Entrada con válvula para regeneración del agua evaporada.
- f) Válvula de alivio.
- g) Cuatro baffles internos para promover una mejor agitación.
- h) Soportes para sujetar en plataforma o patas.

DESCRIPCION DEL REACTOR

- (1) AGITADOR TIPO IMPULSOR DE TRES ASPAS
- (2) DEFLECTOR TIPO "h" CON PUNTA RESTRINGIDA
- (3) BOQUILLAS DE 4" CON MIRILLA
- (4) BOQUILLA DE 4"
- (5) BOQUILLAS DE 1.5"
- (6) PATAS TUBULARES
- (7) COPLE CON DEFLECTOR Y TOBERA DE 1.5"
- (8) COPLE CON DEFLECTOR DE 1.5"
- (9) COPLE DE 1.25" PARA DRENE CHAQUETA
- (10) COPLE DE  $\frac{1}{2}$ " CON TAPON PARA VENTEO
- (11) TORNILLOS DE  $\frac{3}{4}$ "
- (12) SOPORTES PARA EL SISTEMA MOTRIZ







NOMOGRAMA PARA DIMENSIONAR PROPELAS

(MICHIGAN WHEEL CO.)

Util para agua a 70°F, de densidad 1 g/cm<sup>3</sup> y 1 cp.  
de viscosidad.

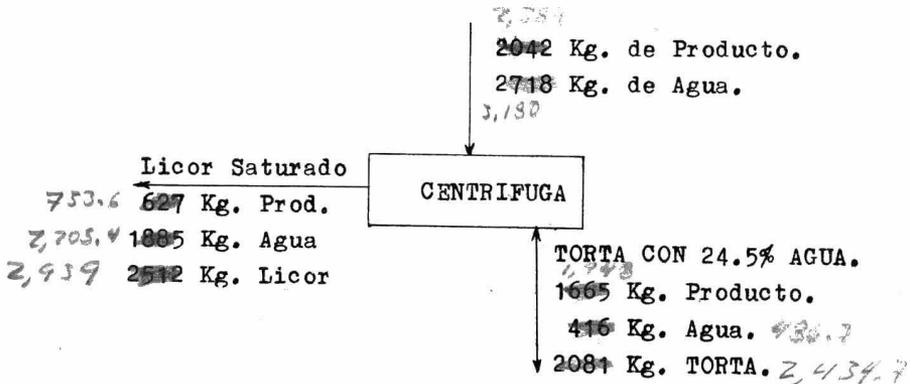
### CENTRIFUGA

Las predicciones teóricas del comportamiento de mezclas sólido-líquido en un filtro centrífugo tienen muchas limitaciones.

El problema es más complicado que la filtración por gravedad o bajo diferencia de presión, puesto que el área para el flujo y la fuerza impulsora aumentan con la distancia radial al eje de la centrifuga, y la resistencia específica de la torta y la porosidad pueden variar marcadamente dentro de la torta. Los filtros centrífugos, debido a lo anterior, se seleccionan casi siempre a escala, después de realizar pruebas en laboratorio.

Los valores necesarios son la velocidad de filtración, tiempo de giro y el contenido de humedad residual.

Se tienen dos reactores; para cada uno de ellos se utilizaría una centrifuga. El balance de materiales para cada filtro es como sigue:



Los datos experimentales son los siguientes:

$h = 0.4$  ft. Altura de la canasta de la Centrifuga de laboratorio.

$r_2 = 0.5$  ft. Radio de la canasta.

$e = 1/6$  ft. Espesor de la torta.

$\rho = 1.17$  g/cm<sup>3</sup> Densidad de la torta.

$w = 1400$  RPM Velocidad angular.

$Q = 3.68$  ft<sup>3</sup>/seg. (Velocidad de filtración).

$V_c = 0.184 \text{ ft}^3$  Volumen de la torta.  
 $m_c = 13.4 \text{ lb/lote}$  Peso de la torta en cada lote.  
 $= 3 \text{ cp.}$  Viscosidad del filtrado.  
 $V_C = 0.31416 \text{ ft}^3$  Volumen de la canasta.  
 $= 20 \text{ minutos.}$  Tiempo por lote, incluyendo tiempos -  
muertos.

Para escalar la centrifuga, se pueden utilizar sólo dos -  
valores experimentales,  $m_c$  y  $V_C$  ó  $Q$  y  $V_C$ .

Utilizaremos  $m_c$  y  $V_C$ ; tomando como base que en una hora se  
pueden obtener 3 lotes de filtración equivalentes a un lote de -  
reacción.

Tamaño del Lote = ~~634~~ <sup>811.5</sup> Kg. de Torta.

$V_c = \del{24} \text{ ft}^3$  <sup>24.6</sup>  
 $V_C = \del{36} \text{ ft}^3$  <sup>42.1</sup>

Se necesita una centrifuga con las siguientes característi-  
cas:

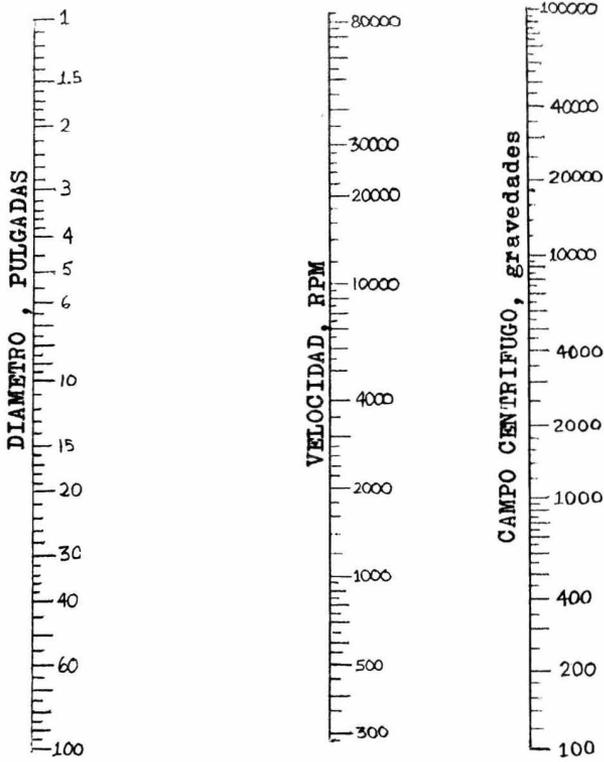
$V_C = \del{36} \text{ ft}^3$  <sup>42.1</sup> Volumen de la canasta.  
 $R_2 = 2.42 \text{ ft.}$   
 $b' = 1.94 \text{ ft.}$   
 $e = 10''$

Según nomograma adjunto, la centrifuga de pruebas operó a  
325 G. Si operamos la centrifuga de operación a esta misma fuer-  
za, utilizando el mismo nomograma, tendría que girar a 900 RPM.

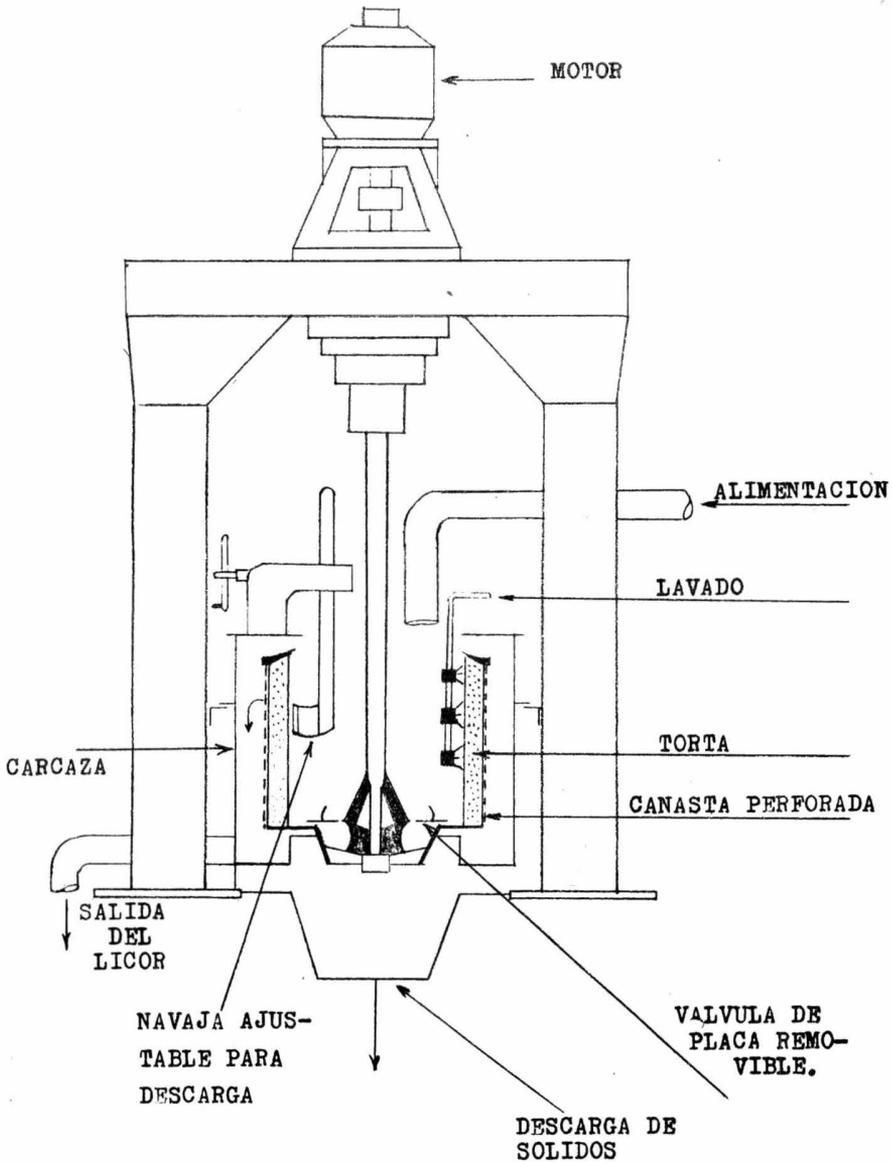
$W = 900 \text{ RPM}$

$P = 70 \text{ HP.}$  operando a un 80%.

La centrifuga más adecuada para este tipo de trabajo es la  
de cesta suspendida con descarga automática.



NOMOGRAMA PARA CALCULAR CAMPOS CENTRIFUGOS MEDIANTE EL DIAMETRO Y LA ROTACION DEL VASO DE LA CENTRIFUGA

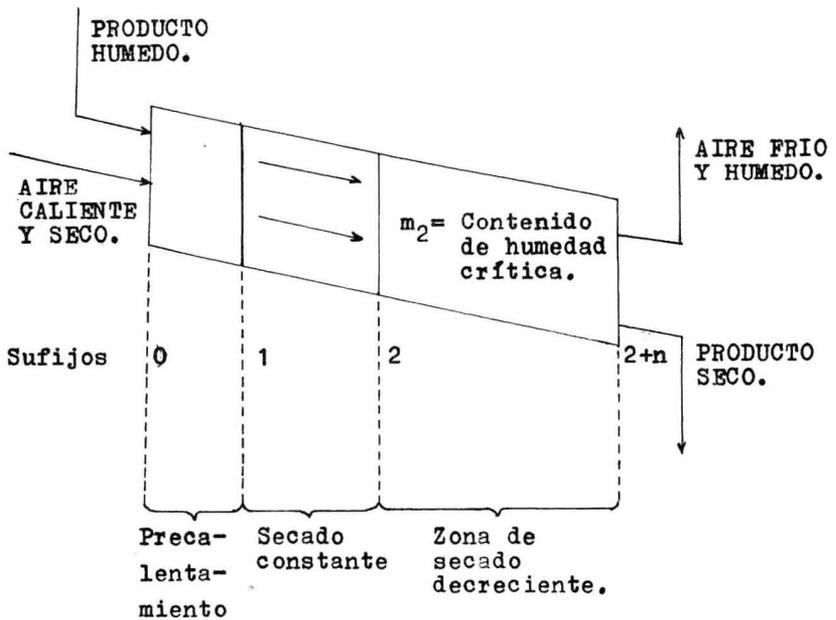


CENTRIFUGA PARA FILTRACION POR LOTES, TIPO  
CESTA SUSPENDIDA.

## S E C A D O R

### NOMENCLATURA.-

- V = Velocidad del aire seco.
- T = Temperatura del aire.
- p = Humedad del aire como presión parcial.
- W = Velocidad del sólido seco.
- t = Temperatura del sólido
- m = Contenido de humedad del sólido.



En un secador rotatorio existen 3 zonas para efectos de su diseño. Estas zonas son la de precalentamiento, la zona de secado constante y la zona de secado decreciente.

Cada una de estas zonas se calcula por separado y al final se conjugan los resultados parciales para obtener el resultado definitivo.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO.

- 1) Suponer una temperatura de salida para el producto.

$$t_{n+2} = 40^{\circ}\text{C}$$

- 2) Suponer una temperatura de salida del aire.

$$T_{n+2} = 55^{\circ}\text{C}$$

- 3) Encontrar la presión de vapor en el equilibrio sobre el sólido a la salida.

$$P_{n+2} = 50 \text{ mb} = 0.05 \text{ atm.}$$

- 4) Escoger una humedad del aire a la salida.

$$Y_{n+2} = 0.11 \text{ Kg agua/Kg aire seco.}$$

$$\alpha_{n+2} = 0.1415 \text{ (Fracción mol)}$$

$$P_{n+2} = \alpha P_{n+2}^{\circ}$$

$$P_{n+2}^{\circ} = 0.095 \text{ atm.}$$

$$P_{n+2} = 0.0138 \text{ atm.}$$

- 5) Determinar la velocidad del aire seco con un balance de agua.

$$V = \frac{W(m_1 - m_{n+2})}{P_w \left( \frac{P_{n+2}}{1 - P_{n+2}} - \frac{P_o}{1 - P_o} \right)}$$

$$P_o = 0.007 \text{ atm.}$$

Sustituyendo valores:

$$V = \frac{3,125 \cdot 3330(0.325 - 0.0397)}{0.591(0.02/(1-0.02) - 7/993)}$$

$$V = 12,100 \text{ m}^3/\text{hr.} \quad 11,285.6$$

6) Determinar la temperatura del aire de entrada por un balance de calor despreciando pérdidas.

$$T_o V \left( \rho_a C_p + \frac{\rho_w C_w \rho_w}{1 - \rho_w} \right) + t_o W (C_d + m_1 C_m) = \lambda W (m_o - m_{n+2}) +$$

$$+ t_{n+2} W (C_d + m_{n+2} C_m) + T_{n+2} V \left( \rho_a C_p + \frac{\rho_{n+2} C_w \rho_w}{1 - \rho_{n+2}} \right)$$

$$T_o = \frac{\lambda W (m_o - m_{n+2}) + t_{n+2} W (C_d + m_{n+2} C_m) + T_{n+2} V (\rho_a C_p + \rho_{n+2} \rho_w C_w / (1 - \rho_{n+2}))}{V (\rho_a C_p + \frac{\rho_w}{1 - \rho_w} \rho_w C_w)}$$

$$- \frac{t_o W (C_d + m_1 C_m)}{V (\rho_a C_p + \frac{\rho_w}{1 - \rho_w} \rho_w C_w)}$$

$$T_o = \frac{(1) + (2) + (3) - (4)}{(5)}$$

$$\rho_a = 1.01 \text{ Kg/m}^3 \text{ (Extrapolando datos del Perry's Handbook)}$$

$$C_p = 0.235 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \text{ (perry, 3-131)}$$

$$\rho_w = 0.007 \text{ atm.}$$

$$\rho_w = 0.591 \text{ Kg/m}^3$$

$$C_w = 0.49 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \text{ (Perry, 3-127)}$$

$$t_o = 18^\circ\text{C}$$

$$W = 3330 \text{ Kg/hr.}$$

$$C_d = 0.282 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} \text{ (Regla de Kopp)}$$

$$m_1 = m_o = 0.325 \text{ Kg/Kg}$$

$$C_m = 1 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 230 \text{ Kcal/Kg } 18^\circ\text{C} \text{ (3-114 Perry)}$$

$$m_{n+2} = 0.0397 \text{ Kg/kg}$$

$$t_{n+2} = 35^\circ\text{C}$$

$$C_d = 0.282 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$T_{n+2} = 55^\circ\text{C}$$

$$V = ~~12100~~ \text{ m}^3/\text{hr} \quad 11,285.6$$

$$\rho_d = 1.18 = 1100 \text{ Kg/m}^3$$

$$P_{n+2} = 0.02 \text{ atm.}$$

Sustituyendo valores y realizando operaciones, se encuentra un valor de:

$$T_o = ~~132.6~~ \quad 123.6$$

- 7) Seleccionar un llenado fraccional (f):  
según experiencias de los autores, los mejores valores para (f) están entre 5 y 15% del volumen total del secador

$$f = 15\% = 0.15$$

- 8) Calcular el flujo de aire total a las condiciones de salida.

$$Q_{n+2} = V + V_{(\text{agua})}$$

$$V_{(\text{agua})} = 28438 (24.65 \text{ lt/gmol}) = 701 \text{ m}^3$$

$$Q_{n+2} = (~~12100~~ + 701) \text{ m}^3 = ~~12801~~ \text{ m}^3/\text{hr} \quad 11,986.6$$

- 9) Seleccionar una velocidad de aire a la salida apropiada al tamaño de la partícula (u).

Los secadores comerciales manejan gases a velocidades comprendidas entre 1.5 y 3 m/seg.

Seleccionamos  $u = 2.5 \text{ m/seg} = 9000 \text{ m/hr}$ , que es lo más adecuado para el tamaño de partícula que se tiene.

- 10) Calcular el diámetro del secador.

$$D = \sqrt{\frac{4 (Q_p + 2)}{u(1-f)}}$$

Sustituyendo valores, y realizando operaciones, se tiene:

$$D = 1.46 \text{ m.}$$

LONGITUD DEL SECADOR.  
(Zona de precalentamiento).

- 11) Calcular el coeficiente de transferencia de calor por unidad de longitud.

$$h = \frac{\pi D^2 f B h_m}{4}$$

$$D = 1.46 \text{ m.}$$

$$f = 0.15$$

$$B = 1100 \text{ Kg/m}^3$$

$$h = \text{Coeficiente de transferencia de calor/unidad masa sól.} \\ = 2 \text{ Kcal/Kg hr}^\circ\text{C para partículas de 1.7 a 3.3 mm.}$$

Sustituyendo valores y realizando operaciones, se encuentra un valor de:

$$h_L = 552.1999 \text{ Kcal/hr m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$$

- 12) Estimar la temperatura de bulbo húmedo:

$t_1 = t_2$  ya que la temperatura de bulbo húmedo es constante sobre el período de velocidad constante de secado para el sistema aire-agua.

- 13) Calcular la transferencia de calor sensible en la zona 1:

$$H_1 = \int_{t_0}^{t_1} n C_p$$

$$H_1 = n C_p (t_1 - t_0)$$

$$H_1 = 3125 (0.282)(50-18)$$

$$H_1 = 30050 \text{ Kcal/hr. } \approx 30,000$$

- 14) Calcular la temperatura del aire al final de la zona de precalentamiento.

$$T_1 = T_0$$

$$T_1 = T_0 - \frac{H_1}{V \frac{C}{a p}} \quad 28,200$$

$$T_1 = 123 - \frac{30000}{12100(1.01)(0.235)} \quad 11,203.6$$

$$T_1 = 105 - 40.5$$

$$T_1 = 125.598 \quad 112.47^\circ\text{C}$$

- 15) Checar la temperatura de bulbo húmedo y recalculer si es necesario.  
 16) Calcular la diferencia de temperatura logarítmica media y la longitud de la zona de precalentamiento.

$$L_1 = \frac{H_1}{\Delta T_{1m} h_L}$$

$$T_{1m} = \frac{\Delta t_0 - \Delta t_1}{\ln(\Delta t_0 / \Delta t_1)}$$

$$\Delta t_0 = 123 - 18 = 105$$

$$\Delta t_1 = 125.5 - 50 = 75.5 \quad 62.47$$

$$\Delta T_{1m} = 94.26 \quad 16.7$$

$$L_1 = 0.374 \text{ m.} \quad 0.305$$

ZONA DE SECAO DE VELOCIDAD CONSTANTE

- 17) Calcular la transferencia de calor sensible al sólido.

$$H_2 = \lambda W(m_0 - m_2)$$

$$W = 3,125 \text{ Kg/hr.}$$

$$m_0 = 0.325 \text{ Kg/Kg.}$$

$$m_2 = 0.125 \text{ Kg/Kg. (Valor supuesto)}$$

$$\lambda = 320 \text{ Kcal/Kg.}$$

$$H_2 = 320(3,125)(0.2)$$

$$H_2 = 21000 \text{ Kcal/hr.} \quad 200,000$$

- 18) Calcular la temperatura de salida del gas ( $T_2$ ) por un balance de calor.

$$T_1 V \left( \rho_a C_p + \frac{\rho_w p_1 C_w}{1-p_1} \right) + W m_1 C_m t_1 = H_2 + T_2 V \left( \rho_a C_p + \frac{\rho_w p_2 C_w}{1-p_2} \right) + W m_2 C_m t_2$$

$T_2 = 60.51^\circ\text{C}$  después de sustituir valores y realizar las operaciones necesarias.  
~~63.51~~  $60^\circ\text{C}$

19) Calcular la diferencia de temperatura media logarítmica.

$$\Delta t_{m12} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{2.3 \log(\Delta t_1 / \Delta t_2)}$$

$$\Delta t_1 = 125.5 - 50 = 75.5 \quad 62.47$$

$$\Delta t_2 = 63.51 - 45 = 18.51 \quad 15$$

$$\Delta t_{m12} = \frac{75.5 - 18.51}{2.3 \log(75.5 / 18.51)}$$

$$\Delta t_{m12} = 40.5 \quad 33.3$$

20) Calcular la longitud de la zona de secado constante.

$$L_2 = \frac{H_2}{\Delta t_{m12} h L}$$

$$L_2 = \frac{213120}{40.5 (552.1999)}$$

$$L_2 = 9.58 \text{ m. } 10.87$$

ZONA DE VELOCIDAD DE SECADO DECRECIENTE (ZONA 3).

Auxiliados por computadora es posible dividir esta zona en n secciones y calcular para cada una de ellas, la temperatura de operación correspondiente, las diferencias de temperatura media logarítmica y su longitud.

Para cálculos manuales, se considera esta zona como una sola sección, consiguiéndose una buena aproximación.

20) Calcular la transferencia de calor sensible entre gas y sólido.

$$T_{n+2} = T_3 = 55^\circ\text{C}$$

$$P_3 = P_{n+2}$$

$$H_3 = VT_2(C_p \rho_a + P_2 C_w / W) / (1 - P_2) - VT_3(C_p \rho_a + P_3 C_w / (1 - P_3))$$

$$H_3 = 28407.71 \text{ Kcal/hr. } 26,799.7$$

21) Calcular la diferencia de temperatura media logarítmica y la longitud de la sección, mediante la ecuación de transferencia de calor.

$$L_3 = \frac{H_3}{\Delta t_{m1_3} h_L}$$

$$\Delta t_{m1_3} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_3}{2.3 \log(\Delta t_2 / \Delta t_3)}$$

$$\Delta t_2 = 60.51 - 45 = 15.51 \quad 15$$

$$\Delta t_3 = 55 - 43 = 12 \quad 12$$

$$\Delta t_{m1_3} = 16.59 \quad 13.46$$

$$\Delta t_{m1_3} = \frac{15.51 - 12}{2.3 \log(1.2333333)}$$

$$L_3 = \frac{28407.71 \quad 26,799.7}{16.5979(552.1999)}$$

$$L_3 = 3.401 \text{ m. } 3.6$$

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3$$

$$L_T = 0.305 \quad 10.87 \quad 3.6$$

$$L_T = 0.674 + 9.53 + 3.401$$

$$L_T = 13.206 \text{ m. } 14.775$$

$$L/D = 13.206 / 1.46 = 9.04 \quad 10.12$$

La relación L/D cae en el rango recomendado por diversos autores.

- 22) Encontrar la presión de vapor sobre el sólido a la temperatura de salida.

$$p_{n+2} = 40 \text{ mb.} = 0.04 \text{ atm.}$$

$$\Delta p_m = 0.04 - 0.02 = 0.02 \text{ atm.}$$

- 23) Encontrar el coeficiente de secado correspondiente a la humedad media en la sección de los datos de secado experimentales. Calcular el coeficiente de transferencia de masa por unidad de longitud del secador.

$$K_{L3} = \frac{\pi D^2 f B K_m}{4}$$

$$D = 1.46 \text{ m.}$$

$$f = 0.15$$

$$B = 1100 \text{ Kg/m}^3$$

$$K_{m3} = 7.94$$

$$K_{L3} = 2193.3143 \text{ Kg/(m hr atm)}$$

- 24) Calcular el tiempo de residencia.

$$\begin{aligned} &= \frac{60 D^2 f B \pi}{4W} \\ &= \frac{60(3.1416)(1.46)^2(0.15)(1100)}{4(3330)} \\ &= 4.992 \text{ horas. } 5.3 \end{aligned}$$

- 25) Cálculo de la velocidad angular.

Según criterio del Chemical Engineering Handbook de Perry, la velocidad angular resulta:

$$\text{RPM}(D) = 30 \text{ (El diámetro expresado en ft).}$$

$$\text{RPM} = 30/4.8$$

$$\text{RPM} = 6.2$$

- 26) Cálculo de la pendiente del secador.

Para esta velocidad angular, el Chemical Engineering Handbook de Perry, recomienda una pendiente de  $\frac{1}{2}$  pulgada por cada pie - de longitud.

$$(0.5"/\text{ft})(43.3 \text{ ft}) = 21.7"$$

$$\text{Pendiente} = 0.54 \text{ m}/13.2 \text{ m} = 0.0412$$

27) Cálculo del número de deflectores.

$$\begin{aligned} \# \text{ Deflectores} &= 3D \text{ (Diámetro expresado en ft.)} \\ &= 3(4.8) = 15 \text{ Deflectores.} \\ \text{Profundidad de c/deflector} &= 12 \text{ cm.} \end{aligned}$$

28) Requerimientos de energía eléctrica.

Según tablas del Perry's Chemical Eng. Handbook, para un secador de estas dimensiones y esta capacidad;

$$\begin{aligned} \text{HP} &= 15 \text{ (Secador)} \\ \text{HP} &= 8 \text{ (Ventilador)} \end{aligned}$$

operando a un 80%.

29) Instrumentos requeridos.

2 Registradores e indicadores de temperatura para las temperaturas a la entrada y a la salida del gas.

1 Termómetro para medir la temperatura del producto en la descarga.

1 Medidor de humedad continuo basado en principios físicos tales como constante dieléctrica.

1 Muestreador de producto automático.

30) Operación.

Es suficiente un empleado para:

a) Medir temperaturas entrada y salida de los gases.

b) Medir temperaturas de las flamas.

c) Supervisar la alimentación y la descarga.

d) Eventualmente limpiar el ciclón y el alimentador.

31) Mantenimiento.

Es necesario alinearlos meticulosamente en frío y en caliente. El mantenimiento general incluye renovar rodamientos y chumaceras, deflectores y raspadores, así como refractarios en la cámara de combustión.

CARACTERISTICAS DEL SECADOR

A) Longitud	<del>13.205</del> m. <i>14.775</i>
B) Diámetro	1.46 m.
C) Pendiente	0.0412
D) # Deflectores	15
E) Cap. Motor	15 HP
F) Cap. Ventilador	8 HP
G) Operación	1 Persona
H) Velocidad angular	6.2 RPM
I) Instrumentos	3 Termómetros, 1 Pirómetro 1 Muestreador, 1 Higrómetro.
J) Capacidad	<del>3330</del> Kg/hr <i>3,125</i>
K) Humedad entrada	24.5% Base húmeda
L) Aire	<del>12400</del> m <sup>3</sup> /hr <i>11,283.6</i>
LL) <del>Forma de operación</del>	Continua en paralelo
M) Método de calentamiento	Gases de combustión de diesel.
N) Alimentación	Mediante gusano.
Ñ) Evaporación	700 Kg/hr.
O) Capacidad de evaporación	31.674 Kg/m <sup>3</sup> de vol. de secador.
P) Eficiencia	<del>300</del> Kcal/Kg. <i>309</i>
Q) Temp. aire de entrada	<del>136</del> °C <i>123</i>
R) Temp. aire de salida	55°C
S) Tiempo de residencia	4.9 Horas
T) Capacidad del quemador	271580 Btu/hr.
U) Gasto del quemador	7.56 l/ hr de diesel.
V) Recuperación de finos	Mediante ciclón.

La cámara de combustión es cilíndrica de 2 diámetros de longitud. Los productos de combustión descargan en una cámara de mezclado donde se mezclan con el aire necesario para abatir la temperatura hasta el nivel requerido.

Usando 100% de exceso de aire, la temperatura de la flama es de 1500°C y los gases de combustión salen aproximadamente a 200°C. Con un exceso de aire del 130%, se consiguió una temperatura de 135°C, que es como se había calculado.

## M O L I N O

Para moler este tipo de producto, el molino más adecuado y económico resultaría el de martillos.

Este tipo de molino opera a alta velocidad. La flecha -- del rotor puede ser vertical u horizontal, generalmente horizontal, en donde van montados los martillos. Los martillos pueden ser tipo T, discos, barras o anillos fijos o pivoteados a la -- flecha o a placas fijas a la flecha.

La distancia entre martillos es importante respecto a la finura del producto.

El rotor está encerrado dentro de una malla cilíndrica. La finura del producto puede regularse cambiando la velocidad -- del rotor, velocidad de alimentación y la distancia entre martillos y topes, número y tipo de martillos y tipo de mallas.

Según tabla 8-22 del Perry, es necesario un molino con las siguientes características:

Diámetro interior del Rotor	= 24"
RPM Máximo	= 3450
Potencia del motor	= 40 a 100 HP

Un equipo de las características anteriores puede moler -- entre 7000 y 9000 lb/hr. de un producto de las características del propionato de calcio.

Para determinar la potencia del motor utilizaremos la --- ecuación de Bond:

$$W = W_i (100/L_f)^{.5} \left( \frac{r^{.5} - 1}{r^{.5}} \right) \text{ Kw-hr/Ton}$$

donde:

$L_f$  = Tamaño del producto molido en micrones

$r = L_i/L_f$

$L_i$  = Tamaño del producto alimentado en micras.

Es necesario hacer la aclaración que la fórmula anterior representa numéricamente la luz de aquel tamiz que deje pasar el 80% del producto.

$W_i$  es una constante de energía (Work Index) que requiere ser conocida previamente para poder aplicar la ecuación. Esta constante se define como el número de kilowatts-hora necesarios para dividir una pieza de una tonelada hasta que 800 Kg (el 80 por ciento) tengan tamaño inferior a 100 micras. Esta constante se determina haciendo pruebas en un molino con un motor de potencia conocida y usando la ecuación con  $W_i$  como incógnita.

Necesitamos moler el producto hasta una finura de 300 mallas.

Las pruebas se hicieron con un molino de martillos de 10 HP, moliendo sorgo que es un producto de características mecánicas muy similares a las del propionato de calcio.

Capacidad = 2 Ton/hora

HP = 10

Finura de Entrada = 10 mallas

Finura de Salida = 200 Mallas

Sustituyendo valores:

$$10\text{HP} = W_i (100/75)^{\cdot 5} (33.86^{\cdot 5} - 1) / 33.86^{\cdot 5}$$

200 mallas = 75 micras

300 mallas = 50 micras

10 mallas = 2540 micras

$$L_i/L_f = 2540/75 = 33.86$$

$$10 \text{ HP} = W_i (100/75)^{\cdot 5} (4.8/5.8)$$

$$W_i = 5.315 \text{ HP-hr/Ton.}$$

$$W_i = 3.91 \text{ Kw-hr/Ton.}$$

$$W = 3.91(3.5)/.736 \quad \text{HP}$$

$$W = 20 \text{ HP} \quad (\text{para } 200 \text{ mallas})$$

Para 300 mallas el requerimiento de energía eléctrica sería:

$$W = 35 \text{ HP}$$

$$\# \text{ Martillos } = 96$$

Este equipo estará dotado de un ciclón para recuperación de finos.

Par una molienda que logre un producto de 300 mallas, se recomienda usar una velocidad angular de 25000 ft/min., o sea, 7650 m/min. En molinos de este tipo, se usan velocidades de 3600 RPM, lo cual nos indica el diámetro del rotor necesario:

$$7650/3600 = 2.12 \text{ m/rev.}$$

$$\begin{aligned} \text{Diámetro del rotor} &= 2.12/3.1416 \\ &= 67 \text{ cm.} \end{aligned}$$

### UNIDAD DE ENVASADO

El producto se envasará en sacos de 40Kg. de capacidad, - lo cual nos indica que se necesita un equipo para envasado de

$$\text{CAPACIDAD} = 3500/40 = 88 \text{ Sacos/hora}$$

Esta unidad consistirá en un transportador neumático de - sólidos, separador de aire y sólidos (ciclón), tolva de llenado dotada con báscula automática y cosedora de sacos.

Los transportadores neumáticos de sólidos son los que han tenido más avances que cualquier otro tipo de equipo para el -- mismo servicio. Mediante este sistema se puede manejar una gran variedad de materiales.

Para una longitud y una capacidad dadas, el transportador neumático requiere de más potencia por tonelada que los transportadores mecánicos. Ya que los sistemas neumáticos son completamente cerrados, la contaminación del producto y/o del ambiente, así como las pérdidas del material quedan reducidas considerablemente ó eliminadas.

Los transportadores neumáticos arrastran partículas sólidas de muchas formas y tamaños a través de tuberías horizontales y verticales, convirtiendo energía cinética en una corriente de aire y presión. El sistema consiste de la tubería y el equipo requerido para introducir aire y material en él, y para recibir el aire y separarlo del material al final de su trayectoria.

La cantidad de aire depende de la densidad del material, mientras que la velocidad de la corriente del aire depende del tamaño y el peso de las partículas.

Por lo general, el ventilador o aspirador es del tipo turbina de alta velocidad, protegida con un filtro eficiente para detener el polvo que pueda ser abrasivo tanto para la turbina - como para la carcasa.

Teniendo en cuenta el deslizamiento en el aspirador e inyector y la pérdida de fuerza en la transmisión, podemos calcular la potencia requerida del motor mediante la siguiente fórmula empírica:

$$HP = QP/175$$

en donde Q está expresado en Ft<sup>3</sup> de aire/minuto y P en lb/in<sup>2</sup>.

La cantidad necesaria de aire para transportar 3330 Kg - por hora de producto es aproximadamente 21 m<sup>3</sup>/minuto. Este dato fué determinado mediante pruebas con un equipo similar.

Basta operar el sistema con una presión de 1 psi. La velocidad del aire para la densidad del producto y para el tamaño de partícula que se tiene (300 mallas), debe estar alrededor de 90 ft/seg.

$$HP = 21(35.3)/175$$

$$HP = 4 \text{ HP}$$

Para la cantidad de producto que debe ser transportada y para la velocidad del aire, los ductos son ordinariamente de 4" de diámetro interno.

XIV) ESTUDIO ECONOMICO

Se considerará que el proyecto se integra a una compañía ya establecida.

1) ESTIMACION DE LA INVERSION

A) ACTIVO FIJO

Equipo: La mayor parte de las cotizaciones fueron obtenidas verbalmente y en forma directa de los fabricantes y distribuidores.

CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTO	COTIZACION
1	Tanque de Suspensión	\$ 14000	Fontanot, S.A.
2	Reactores	120000	Operaciones Unit.
2	Centrifugas	425000	Byron Jackson
1	Secador	600000	Ing. Térmica
1	Molino	45000	Evamex, S.A.
1	Sistema Envasado	135000	Toledo Scale
2	Bombas Centrifugas 250 GPM	40000	Worthington
2	Bombas Centrifugas 150 GPM, ac. inox. 316	40000	" "
2	Bombas Centrifugas 150 GPM	28000	" "
Equipo Neto		\$ 1,443,000.00 M.N.	
Equipo Totalmente Conectado y dotado de sus accesorios.		\$ 2,500,000.00 M.N.	
- Terreno; 2000 m <sup>2</sup> x \$400/m <sup>2</sup>		\$ 800,000.00 M.N.	
- Obra civil (1000 m <sup>2</sup> x \$600/m <sup>2</sup> )		\$ 600,000.00 M.N.	
- Vehículos		\$ 86,000.00 M.N.	
TOTAL ACTIVO FIJO		\$ 3,976,000.00 M.n.	

B) ACTIVO CIRCULANTE

Este concepto es un componente del capital de trabajo, y equivale al capital neto para las operaciones de la empresa; materia prima en proceso y en bodega, producto terminado en bodega al precio de producción, cuentas por cobrar, etc.

Si consideramos un crédito a 60 días, el capital necesario para las operaciones será:

MATERIA PRIMA (60 días al precio de compra):

Cal =  $\$ 8710/\text{día} \times 60 = \$222,600$   $\$ 2,849,280$   
Acido =  $\$ 207760/\text{día} \times 60 = \$12,465,600$   $\$ 159,559,680$   
Sacos =  $\$ 1432/\text{día} \times 60 = \$ 85,920$   $\$ 1,099,776$   
TOTAL =  $\$ 12,774,120$  M.N.  $163,508,736$

PRODUCTO TERMINADO (Producción de 15 días al costo):

Producto =  $28840$  Kgs/día  $\times 15$  días =  $432,600$  Kgs.  $750,000$   
Costo de Prod. =  $\$ 840$  /Kg. Aproximadamente.  
=  $432,600 \times \$840/\text{Ton} = \$ 3,638,640.00$  M.N.  
 $750,000 \times 107.52/\text{Kg} = \$ 80,640,000$

CUENTAS POR COBRAR (30 días de ventas totales):

Cuentas p/cobrar =  $26.04$  Ton/día  $\times 30$  días  $\times \$20000/\text{Ton}$ .  $256,000$   
=  $\$ 15,984,000.00$  M.N.  
 $384,000,000$

EFFECTIVO.- Se considera ideal tener como efectivo lo suficiente para 10 días de desembolsos.

Efectivo =  $\$ 2,142,580.00$  M.N.  $\$ 27,435,024$  M.N.

TOTAL ACTIVO CIRCULANTE =  $\$ 47,031,460.00$  M.N.

$655,573,760$

C) ACTIVO DIFERIDO

Consiste básicamente de gastos de preoperación y arranque, que equivalen al 10% del costo del equipo e incluyen los gastos de instalación y pruebas antes y durante el arranque.

Gastos de Preoperación =  $\$ 250,000.00$  M.N.  $\$ 3,200,000$

INVERSION TOTAL = ACTIVO FIJO + ACTIVO CIRCULANTE + ACTIVO DIFERIDO

=  $\$ 51,257,460.00$  M.N.  $\$ 709,793,760$

D) CAPITAL DE TRABAJO

Es igual al activo circulante menos el pasivo circulante.

PASIVO CIRCULANTE:

Crédito de Proov.(60 días) = \$12,774,120.00 M.N. *\$ 163, 28.00*

Préstamos Bancarios (Corto Plazo) = \$ 12,000,000.00 M.N. *153,200,000*

TOTAL PASIVO CIRCULANTE = \$ 24,774,120.00 M.N. *319, 100, 736*

CAPITAL DE TRABAJO = \$ 22,483,340.00 M.N. *\$ 330 400 104.00*

PASIVO FIJO = \$ 23,000,000.00 a 10 años con el 12.5% de interés sobre saldos insolutos.

2) COSTOS DE PRODUCCION

Incluyen costos de materia prima, mano de obra, servicios auxiliares, depreciación y amortización e intereses del activo fijo.

A) Costos Unitarios de Materia Prima y Servicios Auxiliares.

CAL	=	\$ 350.00 /TON.	<i>\$ 4,400 /-</i>	
ACIDO	=	\$9800.00/Ton.	<i>\$ 135,400 /100</i>	
SACOS	=	\$2500.00/Millar	<i>132,000 /12 1/2</i>	
} AGUA	=	\$ 0.60/m3	<i>\$ 3.90</i>	
	ELECTRIC.	=	\$ 0.50/Kw-hr	<i>3.23 Kw-hr</i>
	COMB.	=	\$ 0.80/l.	<i>1 1/2 /l</i>

Gastos por dfa:

CAL = *24.8* Ton/dfa x \$350/Ton *4,400*

= \$ 3710.00/dfa *\$ 111,900 /12*

ACIDO = *49.7* Ton/dfa x \$ 9800.00/Ton. *3,223,400 /100*

= \$ 207,760/dfa *\$ 6,234,360 /12*

SACOS = *50* 26.64 Ton/dfa x 25 Sacos/Ton x \$ 2/Saco

= \$ 1402/dfa *\$ 32,000 /12*

Mano de Obra:

Suspensión	1	Obrero	} <i>por 16.00</i>
Reacción	1	Obrero	
Filtración	2	Obreros	
Secado	1	Obrero	
Molienda	1	Obrero	
Envasado	2	Obreros	

Almacén	1	Obrero	} por 4/6...
TOTAL	9	Trabajadores	
Sueldos	= 9 x	<del>\$3000.00</del> <sup>\$19,500</sup> /mes	
	= \$	27,000.00/mes	175,500 x 2 turnos = \$ 351,000
Prestaciones	= \$27,000.00 x	<del>0.5</del> <sup>0.8</sup>	\$ = 51,000 x 0.8
	= \$	13,500.00/mes	\$ 175,500 /mes
Total	= \$	40,500.00 M.N. /mes	\$ 526,500 /mes
	= \$	1350/dfa	\$ 17,550/dfa

Servicios auxiliares:

La energía eléctrica incluye básicamente la necesaria para la iluminación y la requerida para los motores trabajando a un 80% de su capacidad.

Suspensión	20	HP
Reacción	45	HP
Centrifugas	140	HP
Secador	23	HP
Molino	35	HP
Envasado	13	HP
Bombas	11	HP
TOTAL	<del>287</del> <sup>292</sup>	292HP

Iluminación 3000 Watts aproximadamente.

Electricidad = ~~287~~ <sup>292</sup> x 0.745 Kw-hr/HP x 8 x \$0.50/Kw-hr  
 + 3 Kw-hrx \$0.50/kw-hr x 8  
 = \$ 951.20 M.N./dfa <sup>5,734.04</sup>

AGUA = 10 m3/dfa (Para reacción y servicios)  
 = \$ 39.00 M.N./dfa <sup>39</sup>

COMBUSTIBLE = (Secador + Montacargas)  
 = (7.56 + 10) l/hr = 140.5 l/dfa  
 = \$ 92.40/dfa <sup>2,524</sup>

TOTAL SERVICIOS AUXILIARES = \$ 1049.60/dfa

2,524 + 5,734.04 + 39  
 = \$ 8,302.04

DEPRECIACION (Método de la línea Recta al 10 %):

Costo del Equipo = \$ 2,500,000.00 M.N. *\$ 33,000.00*  
 Depreciación = \$ 250,000.00 M.N./año *\$ 3,200.00*  
 = \$ 685/día *\$ 8,767.16/30*  
 Depr. Eq. Transporte = \$ 86,000.00 x 0.20 anual  
 = \$ 47/día *\$ 601.25/30*

Amortización.- Se considera el 5% anual del capital diferido y el 3% de la obra civil.

Diferido = \$ 148,800 x 0.05 = \$ 7465/año *392,371.00*  
 = \$ 20/día *\$ 258/30*

Obra civil = \$ 600,000 x 0.03 = \$ 18,000/año *\$ 232,000.00*  
 = \$ 49.30/día *\$ 631.2/30*

Interés activo fijo = 0.125 x \$ 23,000,000 *219,000,000*  
 = \$ 2,870,000/año *\$ 176,640,000/año*  
 = \$ 7,900/día *\$ 483,170.2/30*

TOTAL COSTOS DE PRODUCCION = \$ 224,003.90/día *\$ 6,897,523.29/30*

COSTO UNITARIO = \$ 224,003.90/día / 26640 Kg/día  
 = \$ 8.40/Kg. Trabajando la planta al 100 % de la capacidad.

PRECIO DE VENTA.- El precio de venta que se establecerá para el producto, será de \$ 20/Kg, considerando precios actuales de este producto y similares de importación.

MARGEN DE UTILIDAD BRUTA.- Si consideramos el precio de venta anterior, y suponemos que se vende el 100% de la producción, el margen de utilidad bruta será:

VENTAS NETAS = 26640 Kg/día x \$ 20/Kg x 25 días/mes  
 = \$ 13,320,000.00 M.N. *343,600.00*

COSTO VENTAS = \$ 224,003.90/día x 25 días/mes  
 = \$ 5,600,097.50 *\$ 186,233.128.50*

UTILIDAD BRUTA = ( VENTAS NETAS - COSTO VENTAS) / MES  
 = \$ 7,719,902.50 M.N./mes *\$ 159,366.871.2/14*

UTILIDAD DE OPERACION.- Podemos calcularla considerando los gastos de administración y ventas como el 20% de las ventas netas.

69,120,000

GASTOS DE ABMON. Y VENTAS = \$ 2,664,000.00 M.N./mes

UTILIDAD DE OPERACION = UTILIDAD BRUTA - GASTOS ADMON. Y VENTAS

= \$ 5,055,902.50 / 90,246,871.20

PORCIENTO DE UTILIDAD SOBRE LA INVERSION.- Es necesario y útil conocer este valor, ya que para el inversionista, el establecer una relación entre el capital invertido y la utilidad de un negocio es de gran importancia, pues a través de este conocimiento, se decide si es o no costeable el proyecto.

% UTILIDAD SOBRE LA INVERSION = UT. de OP./INVERSION

P.U.S.I. = 5,055,902.50/51,257,460 90,246,871.20 / 709,773,760

13% = 9.9% en base a un mes, y antes del impuesto sobre la renta y el reparto de utilidades.

13%

P.U.S.I. (En base anual) = 9.9% x 12 x 0.50

78% = 59.4% en base anual y después del reparto de utilidades e impuesto sobre la renta.

#### XV) GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

El empleo de los métodos contables en el control económico y financiero de una empresa industrial, se dificulta a las personas no especializadas en las técnicas contables, no sólo por la carencia de conocimientos contables sino también por la falta de proyecciones o tendencias de los fenómenos económicos que se analizan, y deben servir para preveer el futuro de las finanzas y la economía de un negocio tendiente siempre en obtener los rendimientos más atractivos de los capitales invertidos.

Sin embargo, y con el fin de eliminar estas deficiencias en los análisis de los estados financieros, se emplean diversas técnicas que ayudan al control económico y financiero de un negocio industrial.

Entre estas técnicas descuella el empleo de gráficas de rendimientos realizadas mediante tabulaciones de las utilidades o pérdidas que indican varios años los estados de pérdidas y ganancias, ya que por medio de ellas es posible conocer la tendencia de los resultados de las operaciones de una empresa, necesaria para proyectar mediante extrapolaciones el futuro de éstos.

También se emplean y esto es lo más importante, gráficas del punto de equilibrio económico. Estas gráficas muestran un punto clave para el control de la economía de una industria que puede ser deducido gráficamente o analíticamente, y el cual indica que a partir de esa situación de ingresos-gastos del negocio, al aumentar las ventas se empiezan a obtener utilidades crecientes, mientras que para la situación de ventas menores aparecen las pérdidas. Esta gráfica puede hacerse para un ejercicio obteniendo la información de un estado de pérdidas y ganancias, y en ese caso muestra una situación pasada, o por medio de la información que proporciona un presupuesto de ingresos y egresos y en este otro se estudia una situación futura.

De todos modos en cualesquiera de los dos casos es necesario analizar concienzudamente los renglones de los estados financieros o del presupuesto de ingresos y egresos, con el fin de fijar los gastos que se

realizan para un volumen de producción, ajustándolos a una clasificación adecuada para poder construir la gráfica del punto de equilibrio económico o aplicar las fórmulas matemáticas para hacer el control por el método analítico.

De cualesquiera clasificación o catálogo de gastos correspondientes a determinada clase industrial es posible formar un cuadro de gastos como el indicado más adelante, incluyendo dos grupos. El de los gastos constantes y el de los gastos variables; los que como ya se ha dicho se forman ya sea con los renglones de los estados financieros o con los del presupuesto de ingresos y egresos y tienen el fin de mostrar cómo ciertos gastos son fijos para cualquier volumen de producción realizado; mientras que otros, los del otro grupo variable, son proporcionales en cierto grado a los volúmenes de producción vendidos.

Claro está que los gastos variables se aceptan con tendencias de crecimiento en línea recta, lo que no es rigurosamente cierto.

Cuando se desea hacer una gráfica para un período futuro, las cantidades que forman los ingresos y los gastos para estos fines, deben obtenerse de un presupuesto de ingresos y egresos de los documentos auxiliares de éste.

#### PROYECTO DE EGRESOS Y UTILIDADES EN EL PRIMER AÑO

##### Gastos Variables

1) Gastos por materias Primas	\$ 63,870,800.00 M.N. 2,040,741,040
2) Gastos por mano de obra	\$ 486,000.00 M.N. 2,106,000
3) Otros gastos variables	\$ 314,880.00 M.N. 2,656,656.8
TOTAL GASTOS VARIABLES	\$ 64,671,480.00 M.N. 2,048,503,693

##### Gastos Constantes

4) Gastos de Admon. y Ventas	\$ 31,968,000.00 M.N. 329,440,000
5) Intereses, Seguros, Depreciaciones e impuestos fijos.	\$ 3,161,365.00 M.N. 180,382,750
TOTAL GASTOS CONSTANTES	\$ 35,129,365.00 M.N. 1,009,822,750
GASTOS TOTALES	\$ 99,800,845.00 M.N. 3,058,326,443
UTILIDADES PREVISTAS	\$ 60,870,880.00 M.N. 1,082,962,454

Con los datos anteriores se traza la gráfica que se muestra en la figura adjunta, en la cual, en el eje de las "x" se maraca el valor de los ingresos netos anuales a una escala adecuada, y a esta misma escala en el eje de las "y" se representan los gastos totales.

GASTOS TOTALES	\$ 99,800,845.00 M.N.	3,055,376,448
UTILIDADES	\$ 60,670,830.00 M.N.	1,082,967,454
TOTAL INGRESOS	\$ 160,471,675.00	4,138,338,897.-

La recta AC representa la situación real de la empresa en lo relacionado a los gastos anuales en función de los ingresos brutos en millones de pesos. Para dibujar dicha recta se trazó una vertical correspondiente a \$ ~~160,471,675~~<sup>4,138,338,897</sup> de ingresos totales, el valor de "v" corresponde a los gastos variables que son \$ ~~64,671,480~~<sup>2,045,352,653</sup> obteniéndose el punto G; después uniendo este punto con el origen se obtuvo la recta OG, que muestra la variabilidad de los gastos de ésta naturaleza; luego se aumentaron \$ ~~3,161,365~~<sup>180,582,750</sup> correspondientes a gastos fijos y se obtuvo el punto D. Llevando una paralela a OG se fijó el punto F. Se llevó a la vertical el valor "r", igual a los gastos constantes regulados que son \$ ~~31,638,000.00~~<sup>829,449,000.-</sup> M.N. y se obtuvo el punto C. Llevando una paralela desde éste punto a la recta FD, se dibujó finalmente la recta AC que representa la situación real de la empresa.

OA = a es el total de los gastos constantes o sean  
\$ 35,161,365.00 M.N. 1,009,800,350

(v + f + r) = Gastos totales = \$ 99,800,845.00 M.N. 3,055,376

OZ representa la situación de una empresa que ni ganaría ni perdería, es decir, que tiene ingresos y gastos tales iguales.

Las rectas OZ y AC se cortan en el punto B, que es el punto de equilibrio económico del proyecto y a partir de éste punto, a la derecha, el proyecto arroja ganancias y a la izquierda se presentan las pérdidas.

La tendencia general de los gastos totales en relación con el valor de los ingresos, se expresa por la función:

$y = a + bx$  ; en la cual,

y = Gastos totales

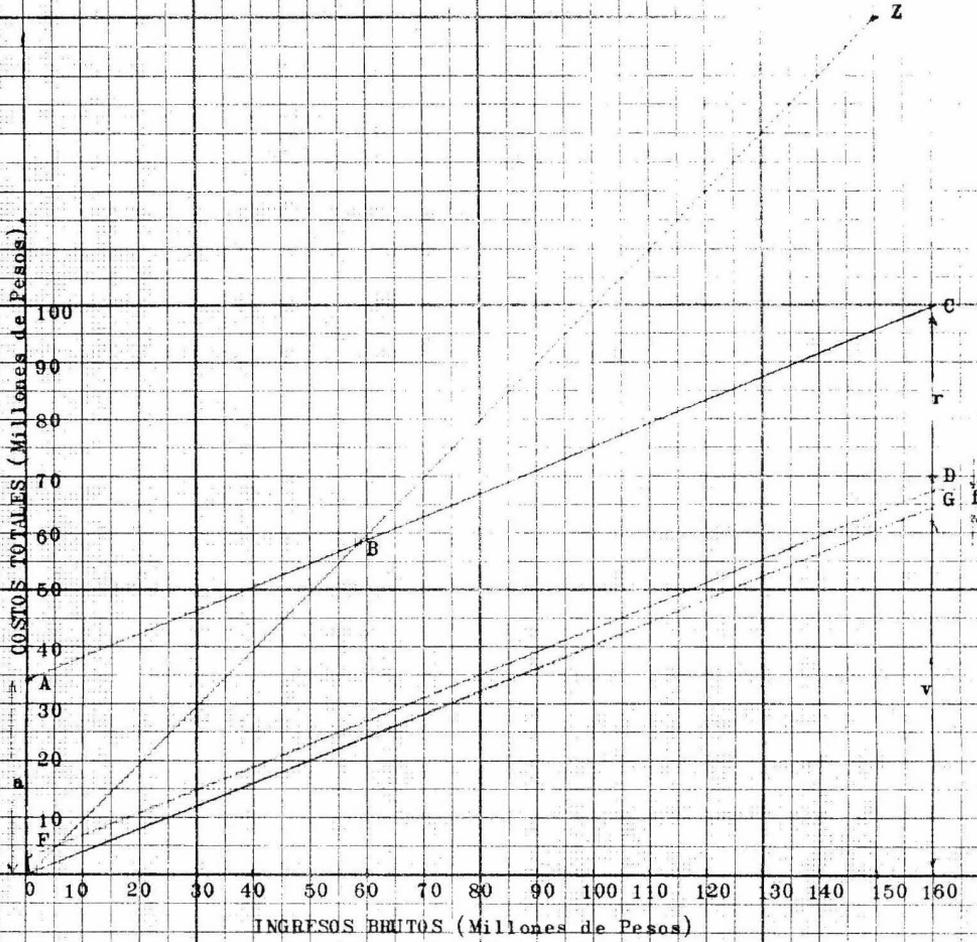
a = Parte constante de los gastos totales.

**b** = Relación entre el total de los gastos variables y el  
valor de los ingresos netos.

**x** = Ingresos netos.

La situación ingresos-gastos iguales de una empresa o proyecto se expresa por la función:  $y = x$ . Con las dos ecuaciones anteriores es fácil controlar analíticamente la economía de un proyecto o de una empresa.

GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO ECONOMICO



#### XVI) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1) El objeto del presente trabajo consiste en determinar la factibilidad técnica y económica para fabricar propionato de calcio en México.

2) La necesidad del producto queda justificada por el conocimiento que tienen al respecto los fabricantes y distribuidores de alimentos.

3) La demanda fué establecida mediante encuestas semi-cuantitativas entre los posibles consumidores. Se determinó de 8000ton/año.

4) El proceso consiste básicamente en la neutralización de ácido propiónico con hidróxido de calcio, filtración, secado y molienda;

5) El diseño del equipo arrojó los siguientes resultados;

Un tanque para suspensión de 4.312 m<sup>3</sup> de capacidad

Dos reactores de 5.9 m<sup>3</sup> de capacidad cada uno, con sistema de agitación.

Dos centrífugas para filtración de 36ft<sup>3</sup> de volúmen.

Un secador rotatorio de 13.205 m de longitud, 1.46 m de diámetro y de 6.2 rpm.

Un molino de martillos de 70 cm de diámetro del rotor.

Un transportador neumático de sólidos.

Un montacargas.

6) Para la fabricación de propionato de calcio, se utiliza equipo de fabricación nacional y mano de obra mexicana. El ácido propiónico, que es materia prima sería de importación ya que por el momento no se fabrica en México. Esto ocasionaría fuga de divisas, pero si este factor es limitante para llevar a cabo el proyecto, existe otro factor que apremia la realización del mismo y que consiste en las pérdidas en la rama agropecuaria por la carencia del producto en cuestión.

7) El proyecto acusa una buena rentabilidad, que lo hace factible y atractivo. Si este estudio se integra a una empresa ya existente, la rentabilidad crece debido al ahorro de considerables gastos.

8) La demanda encontrada justifica la fabricación de --> ácido propiónico en México, proyecto muy cercano a realizar.

9) La fabricación de propionato de calcio tendría como resultado lo siguiente:

a) Mejor **conservación** de los alimentos balanceados.

b) Prevención de algunas enfermedades peligrosas para la industria pecuaria.

c) Reducción de fuga de divisas, renglón que se me-  
joraría cuando se fabrique el ácido propiónico en el país.

d) Creación de nuevas fuentes de trabajo.

10) **Como** consecuencia de lo anterior llegamos a la conclusión siguiente: El proyecto es rentable.

XVII) A N E X O

FABRICACION DE ALIM. BALANCEADOS EN MEXICO

LINEAL	Y =	.33025000E+02 + ( .14019559E+03) * X	ERROR =	.12036180E+03
CUADRATICA	Y =	.23181964E+03 + ( .73930707E+02) * X + ( .38979342E+01) * X**2	ERROR =	.96553807E+02
EXPONENCIAL	Y =	.34382492E+03 * EXP( .12972820E+00 * X)	ERROR =	.16511587E+03
LOGARITMICA	Y =	-.22773945E+03 + ( .75765966E+03) * LOGN(X)	ERROR =	.32014723E+03
POTENCIAL	Y =	.23963067E+03 * X ** ( .76355262E+00)	ERROR =	.19814917E+03
GEOMETRICA	Y =	.34382625E+03 * .11385189E+01 **X	ERROR =	.17091332E+03

X	Y	YCL	YCC	YCE	YCLN	YCP	YCN
.1000000E+01	.3140000E+03	.1732206E+03	.3096483E+03	.3914511E+03	.2277394E+03	.2396307E+03	.3914527E+03
.2000000E+01	.4790000E+03	.3134162E+03	.3952728E+03	.4456745E+03	.2974302E+03	.4068128E+03	.4456763E+03
.3000000E+01	.4880000E+03	.4536118E+03	.4886932E+03	.5074088E+03	.6046348E+03	.5544337E+03	.5074109E+03
.4000000E+01	.5990000E+03	.5938074E+03	.5899094E+03	.5776944E+03	.9225999E+03	.6906323E+03	.5776969E+03
.5000000E+01	.6990000E+03	.7340029E+03	.6989215E+03	.6577160E+03	.9916667E+03	.8189225E+03	.6577188E+03
.6000000E+01	.7350000E+03	.8741985E+03	.8157295E+03	.7488220E+03	.1129304E+04	.9412431E+03	.7488253E+03
.7000000E+01	.8680000E+03	.1014394E+04	.9403334E+03	.8525479E+03	.1246598E+04	.1058813E+04	.8525517E+03
.8000000E+01	.9980000E+03	.1154590E+04	.1072733E+04	.9706418E+03	.1347770E+04	.1172463E+04	.9706462E+03
.9000000E+01	.1093000E+04	.1294785E+04	.1212929E+04	.1105094E+04	.1437009E+04	.1282794E+04	.1105099E+04
.1000000E+02	.1330000E+04	.1434981E+04	.1360920E+04	.1258170E+04	.1516836E+04	.1390257E+04	.1258176E+04
.1100000E+02	.1675000E+04	.1575176E+04	.1516707E+04	.1432450E+04	.1589049E+04	.1495204E+04	.1432457E+04
.1200000E+02	.1800000E+04	.1715372E+04	.1680291E+04	.1630872E+04	.1654974E+04	.1597916E+04	.1630880E+04
.1300000E+02	.1945000E+04	.1855568E+04	.1851670E+04	.1856778E+04	.1715619E+04	.1698622E+04	.1856787E+04
.1400000E+02	.2135000E+04	.1995763E+04	.2030845E+04	.2113977E+04	.1771768E+04	.1797511E+04	.2113988E+04
.1500000E+02	.2202000E+04	.2135959E+04	.2217815E+04	.2406802E+04	.1824041E+04	.1894741E+04	.2406815E+04
.1600000E+02	.2235000E+04	.2276154E+04	.2412582E+04	.2740190E+04	.1872939E+04	.1990450E+04	.2740204E+04
.1700000E+02		.2416390E+04	.2615145E+04	.3119758E+04	.1918872E+04	.2084754E+04	.3119774E+04
.1800000E+02		.2556546E+04	.2825503E+04	.3551903E+04	.1962179E+04	.2177755E+04	.3551922E+04
.1900000E+02		.2696741E+04	.3043657E+04	.4043908E+04	.2003143E+04	.2269541E+04	.4043930E+04
.2000000E+02		.2836937E+04	.3269607E+04	.4604065E+04	.2042006E+04	.2360192E+04	.4604091E+04
.2100000E+02		.2977132E+04	.3503353E+04	.5241815E+04	.2078972E+04	.2449776E+04	.5241844E+04
.2200000E+02		.3117328E+04	.3744895E+04	.5967905E+04	.2114219E+04	.2538357E+04	.5967939E+04
.2300000E+02		.3257524E+04	.3994233E+04	.6794572E+04	.2147898E+04	.2625991E+04	.6794611E+04
.2400000E+02		.3397719E+04	.4251367E+04	.7735747E+04	.2180144E+04	.2712728E+04	.7735793E+04

FABRICACION DE ALIM. BALANCEADOS EN MEXICO

RESIDUOS

YCL	YCC	YCE	YCLN	YCP	YCN	YCR	YCK
.1407794E+03	.4351716E+01	-.7745114E+02	.5417394E+03	.7436933E+02	-.7745269E+02	.5561438E+03	-.9106875E+03
.1655838E+03	.8372721E+02	.3332552E+02	.1815698E+03	.7218717E+02	.3332372E+02	-.2087554E+03	-.7456875E+03
.3438824E+02	-.6931723E+00	-.1940877E+02	-.1166348E+03	-.6643366E+02	-.1941086E+02	-.5097218E+03	-.7366875E+03
.5192647E+01	.9090581E+01	.2130558E+02	-.2235999E+03	-.9163230E+02	.2130314E+02	-.5537050E+03	-.6256875E+03
-.3500294E+02	.7846639E-01	.4128404E+02	-.2926667E+03	-.1199225E+03	.4128121E+02	-.5466950E+03	-.5256875E+03
-.1391985E+03	-.8072952E+02	-.1382198E+02	-.3948044E+03	-.2062431E+03	-.1382527E+02	-.5726883E+03	-.4896875E+03
-.1463941E+03	-.7233337E+02	.1545210E+02	-.3785982E+03	-.1908129E+03	.1544829E+02	-.4839692E+03	-.3566875E+03
-.1565897E+03	-.7473309E+02	.2735819E+02	-.3497695E+03	-.1744630E+03	.2735377E+02	-.3871799E+03	-.2266875E+03
-.2017853E+03	-.1199287E+03	-.1209395E+02	-.3440090E+03	-.1997936E+03	-.1209908E+02	-.3180104E+03	-.1316875E+03
-.1049809E+03	-.3092013E+02	.7182976E+02	-.1868364E+03	-.6025678E+02	.7182382E+02	-.1016748E+03	.1053125E+03
.9982353E+02	.1582925E+03	.2425495E+03	.8595093E+02	.1797958E+03	.2425426E+03	.2264179E+03	.4503125E+03
.8462794E+02	.1197093E+03	.1691282E+03	.1450259E+03	.2020835E+03	.1691202E+03	.3373285E+03	.5753125E+03
.8943235E+02	.9333029E+02	.8822183E+02	.2293808E+03	.2463779E+03	.8821257E+02	.4704068E+03	.7203125E+03
.1392368E+03	.1041554E+03	.2102315E+02	.3632322E+03	.3374894E+03	.2101243E+02	.6501881E+03	.9103125E+03
.6604118E+02	-.1581544E+02	-.2048024E+03	.3779590E+03	.3072585E+03	-.2048148E+03	.7083319E+03	.9773125E+03
-.4115441E+02	-.1775821E+03	-.5051898E+03	.3820608E+03	.2445496E+03	-.5052041E+03	.7335827E+03	.1010312E+04

FABRICACION DE ALIM. BALANCEADOS EN MEXICO

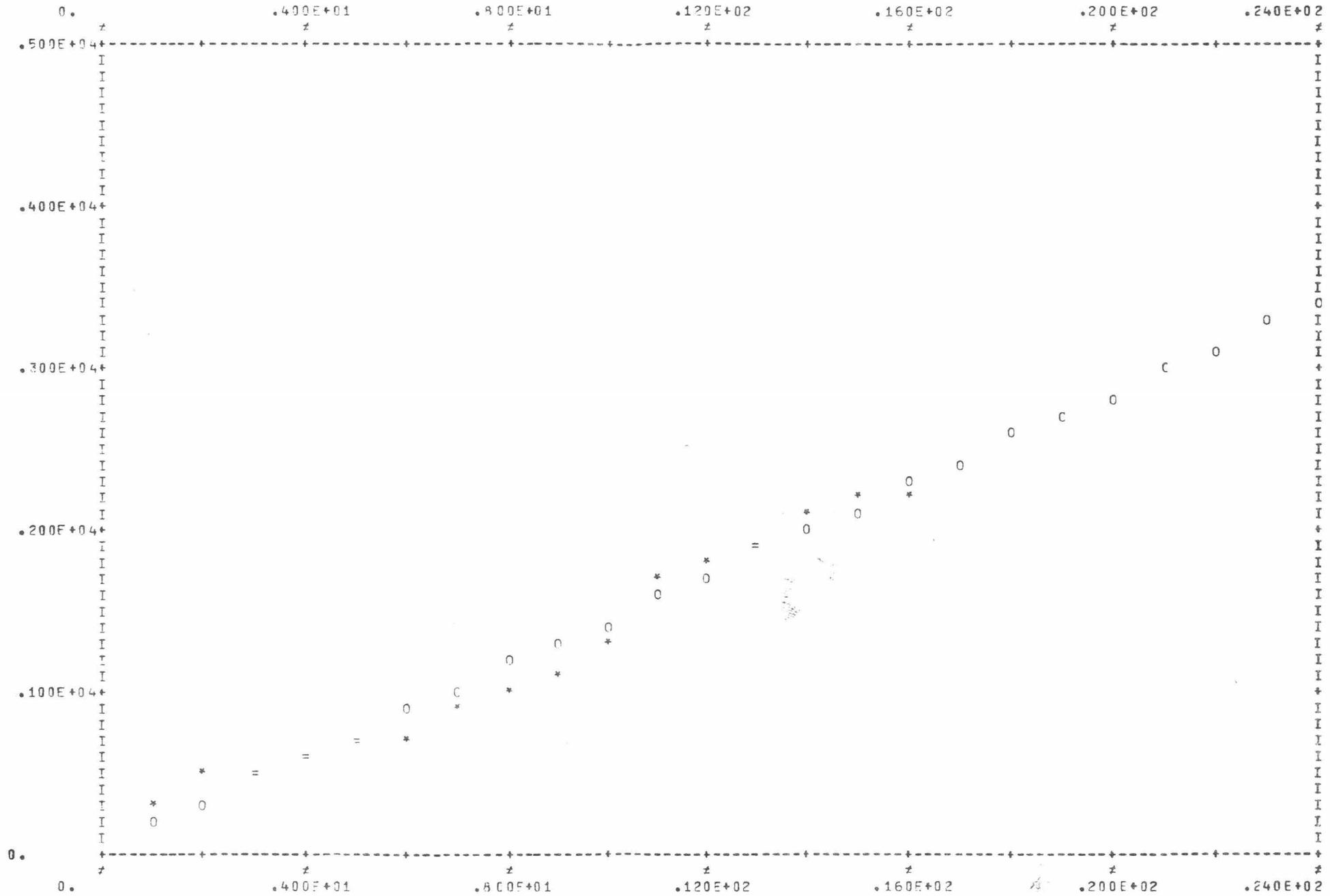
LINEAL RECIPROCA Y= .16176547E+04 + -.18597985E+04/X  
 CONSTANTE Y= .12246875E+04

ERRCR = .50929303E+03  
 ERRCR = .67822992E+03

X	Y	YCR	YCK
.1000000E+01	.3140000E+03	-.2421438E+03	.1224687E+04
.2000000E+01	.4790000E+03	.6877554E+03	.1224687E+04
.3000000E+01	.4880000E+03	.9977218E+03	.1224687E+04
.4000000E+01	.5990000E+03	.1152705E+04	.1224687E+04
.5000000E+01	.6990000E+03	.1245695E+04	.1224687E+04
.6000000E+01	.7350000E+03	.1307688E+04	.1224687E+04
.7000000E+01	.8680000E+03	.1351969E+04	.1224687E+04
.8000000E+01	.9980000E+03	.1385180E+04	.1224687E+04
.9000000E+01	.1093000E+04	.1411010E+04	.1224687E+04
.1000000E+02	.1330000E+04	.1431675E+04	.1224687E+04
.1100000E+02	.1675000E+04	.1448562E+04	.1224687E+04
.1200000E+02	.1800000E+04	.1462671E+04	.1224687E+04
.1300000E+02	.1945000E+04	.1474593E+04	.1224687E+04
.1400000E+02	.2135000E+04	.1484812E+04	.1224687E+04
.1500000E+02	.2202000E+04	.1493668E+04	.1224687E+04
.1600000E+02	.2235000E+04	.1501417E+04	.1224687E+04
.1700000E+02		.1508255E+04	.1224687E+04
.1800000E+02		.1514333E+04	.1224687E+04
.1900000E+02		.1519771E+04	.1224687E+04
.2000000E+02		.1524665E+04	.1224687E+04
.2100000E+02		.1529093E+04	.1224687E+04
.2200000E+02		.1533118E+04	.1224687E+04
.2300000E+02		.1536794E+04	.1224687E+04
.2400000E+02		.1540163E+04	.1224687E+04

FABRICACION DE ALIM. BALANCEADOS EN MEXICO

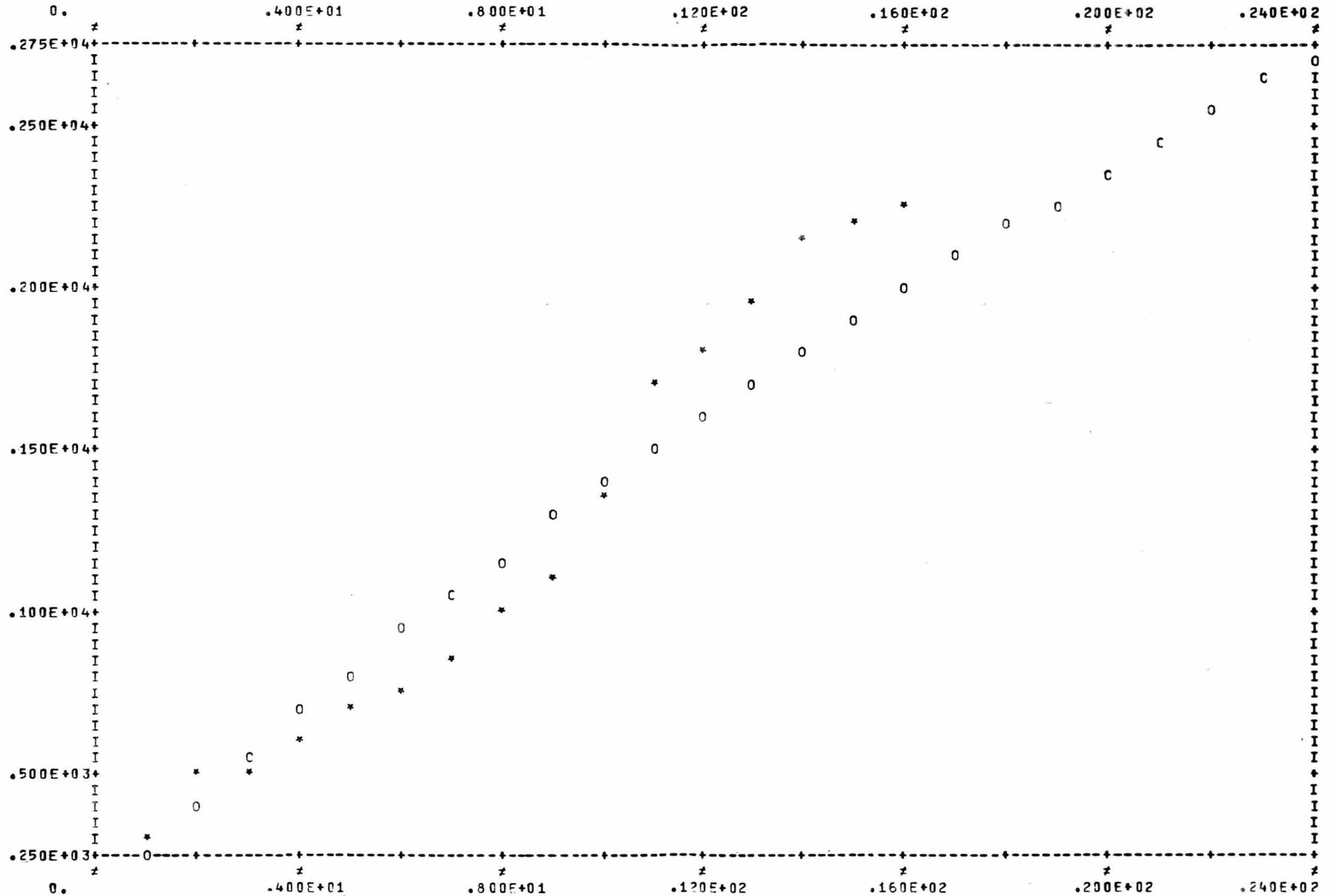
CURVA COMPARATIVA ENTRE LOS VALORES OBSERVADOS Y LOS CALCULADOS POR EL MODELO LINEAL  
 LOS PUNTOS COINCIDENTES SE MUESTRAN COMO \* = REAL. O = CALCUL.  
 UNA UNIDAD EN LA DIRECCION X = .2000E+00 EN LA DIRECCION Y = .1000E+03





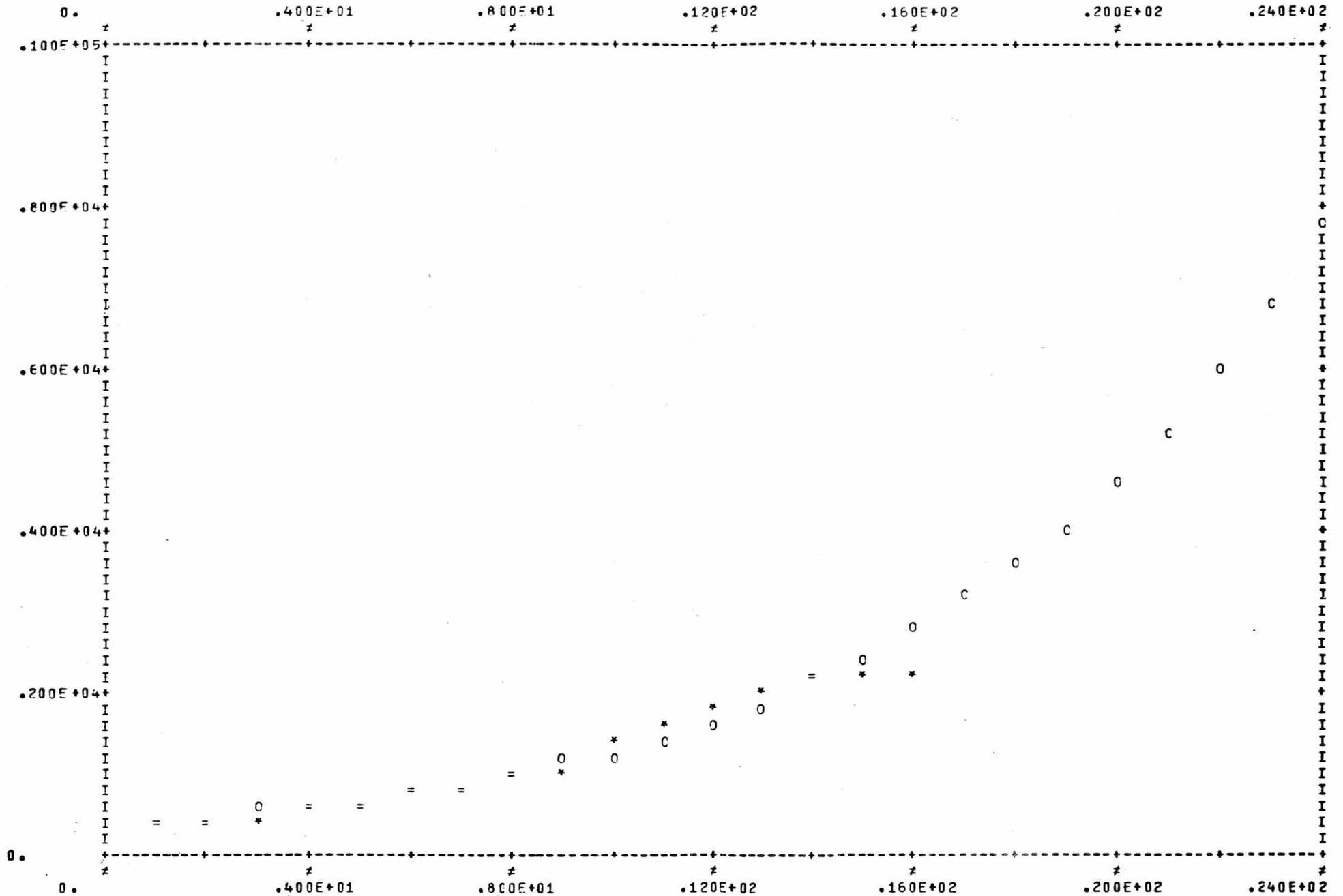
FABRICACION DE ALIM. BALANCEADOS EN MEXICO

CURVA COMPARATIVA ENTRE LOS VALORES OBSERVADOS Y LOS CALCULADOS POR EL MODELO POTENCIAL  
 LOS PUNTOS COINCIDENTES SE MUESTRAN CCMC = \* = REAL. O = CALCUL  
 UNA UNIDAD EN LA DIRECCION X= .2000E+00 EN LA DIRECCION Y= .5000E+02



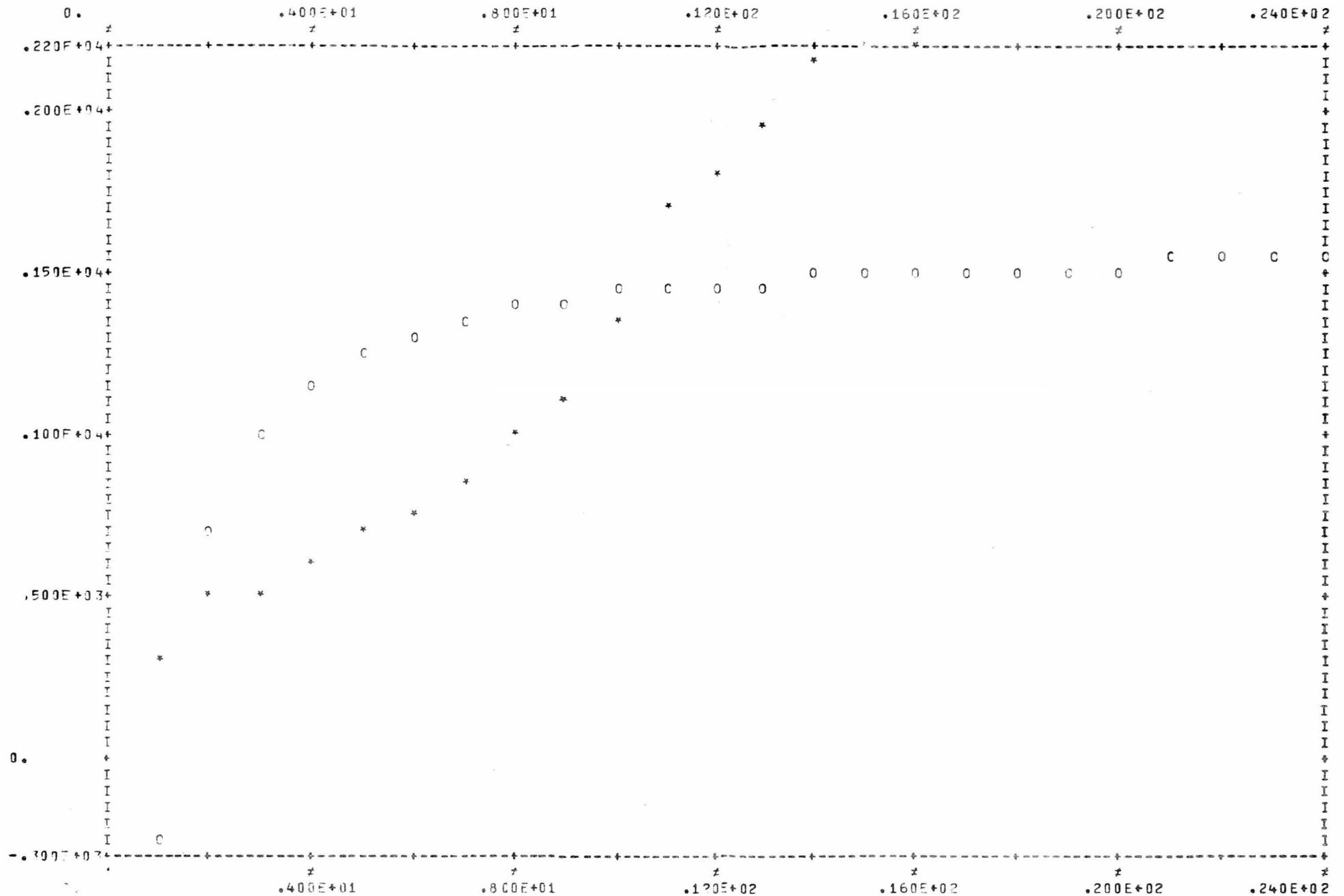
FABRICACION DE ALIM. BALANCEADOS EN MEXICO

CURVA COMPARATIVA ENTRE LOS VALORES OBSERVADOS Y LOS CALCULADOS POR EL MODELO GEOMETRICO  
 LOS PUNTOS COINCIDENTES SE MUESTRAN COMO = \* = REAL. O = CALCUL  
 UNA UNIDAD EN LA DIRECCION X= .2000E+00 EN LA DIRECCION Y= .2000E+03



FABRICACION DE ALIM. BALANCEADOS EN MEXICO

CURVA COMPARATIVA ENTRE LOS VALORES OBSERVADOS Y LOS CALCULADOS POR EL MODELO RECIPROCO  
 LOS PUNTOS COINCIDENTES SE MUESTRAN COMO \* = REAL. O = CALCULO  
 UNA UNIDAD EN LA DIRECCION X= .2000E+00 EN LA DIRECCION Y= .5000E+02



FABRICACION DE ALIM. BALANCEADOS EN MEXICO

ANALISIS DE VARIANCIA MODELO LINEAL

ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS	GRAC.LIB	VARIANCIA	F	CCEF. DE CORRELACION
ELM	.6682633E+07	1.	.6682633E+07	.4305336E+03	.9841272E+00
RES	.2173044E+06	14.	.1552175E+05	-----	

ANALISIS DE VARIANCIA MODELO CUADRATICO

ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS	GRAC.LIB	VARIANCIA	F	CCEF. DE CORRELACION
ELM	.6789421E+07	2.	.3384710E+07	.3371305E+03	.9904970E+00
RES	.1309199E+06	13.	.1003976E+05	-----	

ANALISIS DE VARIANCIA MODELO EXPONENCIAL

ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS	GRAC.LIB	VARIANCIA	F	CCEF. DE CORRELACION
ELM	.8093256E+07	1.	.8093256E+07	.2770655E+03	.9756541E+00
RES	.4089487E+06	14.	.2921062E+05	-----	

ANALISIS DE VARIANCIA MODELO LOGARITMICO

ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS	GRAC.LIB	VARIANCIA	F	CCEF. DE CORRELACION
ELM	.5362524E+07	1.	.5362524E+07	.4883222E+02	.8815806E+00
RES	.1537414E+07	14.	.1098153E+06	-----	

ANALISIS DE VARIANCIA MODELO POTENCIAL

ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS	GRAC.LIB	VARIANCIA	F	CCEF. DE CORRELACION
ELM	.4480313E+07	1.	.4480313E+07	.1065027E+03	.9401170E+00
RES	.5889464E+06	14.	.4206760E+05	-----	

ANALISIS DE VARIANCIA MODELO GEOMETRICO

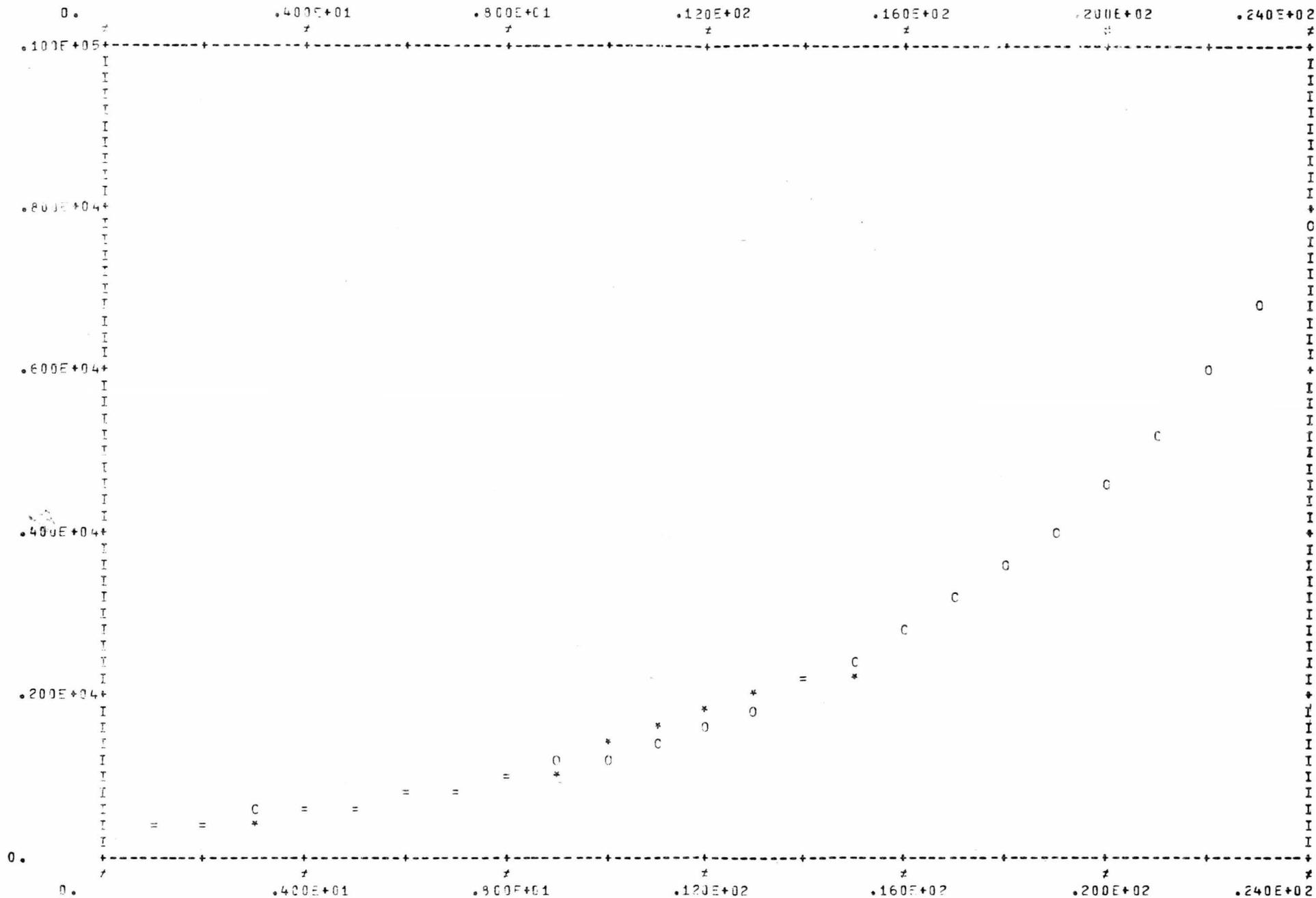
ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS	GRAC.LIB	VARIANCIA	F	CCEF. DE CORRELACION
ELM	.8093346E+07	1.	.8093346E+07	.2770616E+03	.9756537E+00
RES	.4089591E+06	14.	.2921136E+05	-----	

ANALISIS DE VARIANCIA MODELO LINEAL RECIPROCO

ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS	GRAC.LIB	VARIANCIA	F	CCEF. DE CORRELACION
ELM	.3009247E+07	1.	.3009247E+07	.1082827E+02	.6603989E+00
RES	.3890691E+07	14.	.2779065E+06	-----	

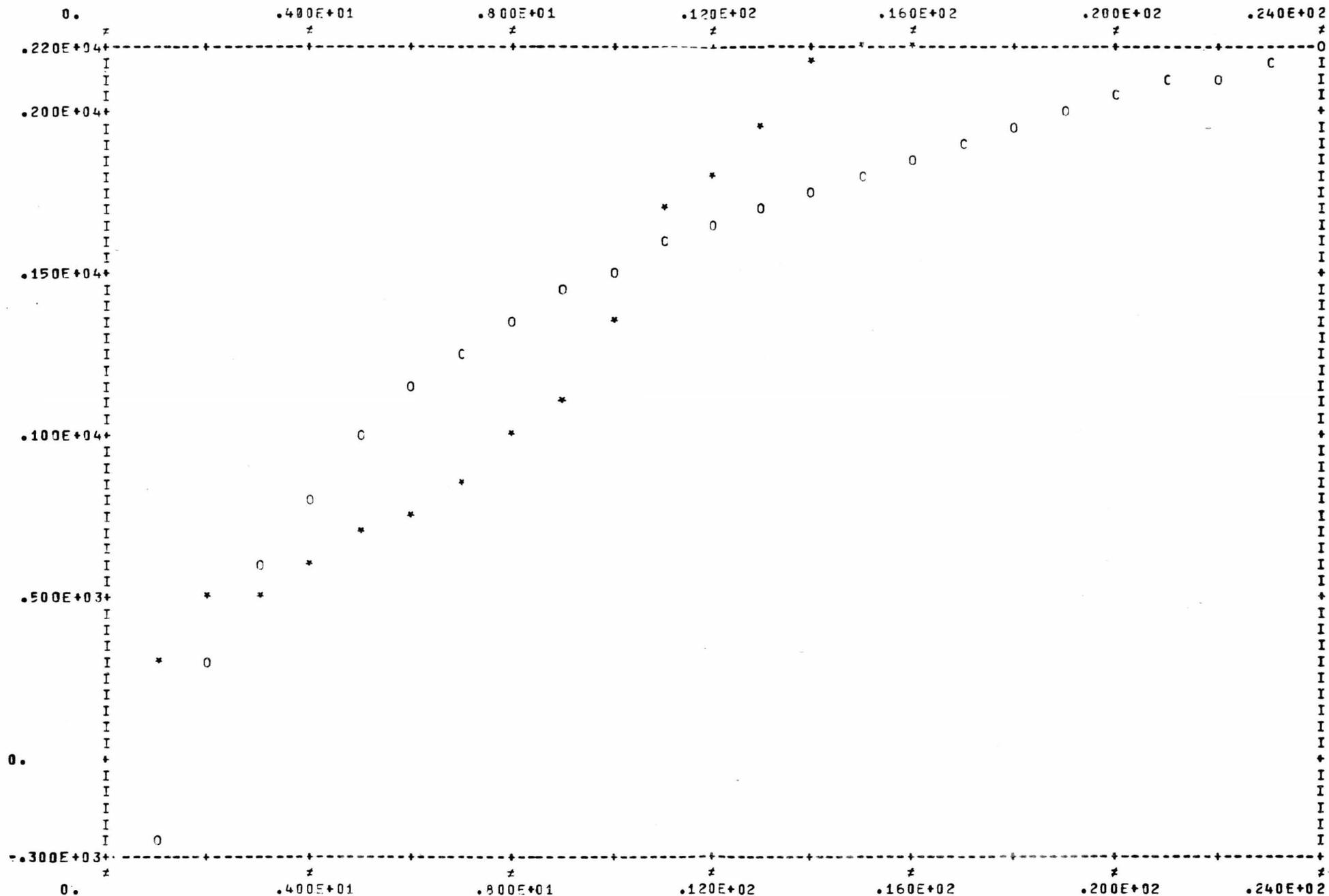
FABRICACION DE ALIM. BALANCEADOS EN MEXICO

CURVA COMPARATIVA ENTRE LOS VALORES OBSERVADOS Y LOS CALCULADOS POR EL MODELO EXPONEN.  
 LOS PUNTOS COINCIDENTES SE MUESTRAN COMO = REAL. O = CALCUL.  
 UNA UNIDAD EN LA DIRECCION X= .2000E+00 EN LA DIRECCION Y= .2000E+03



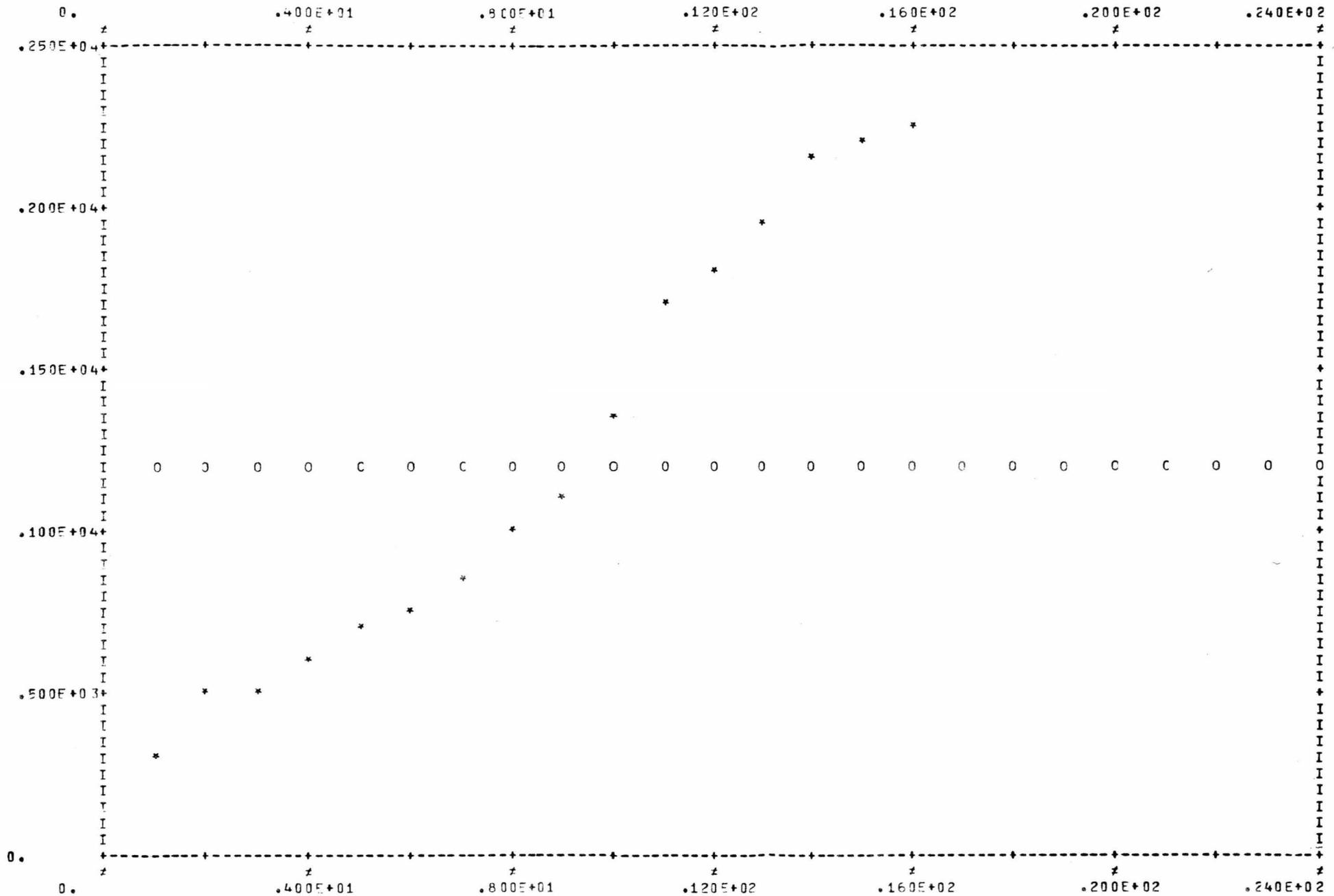
FABRICACION DE ALIM. BALANCEADOS EN MEXICO

CURVA COMPARATIVA ENTRE LOS VALORES OBSERVADOS Y LOS CALCULADOS POR EL MODELO LOGARITM.  
 LOS PUNTOS COINCIDENTES SE MUESTRAN COMO \* = REAL. O = CALCUL.  
 UNA UNIDAD EN LA DIRECCION X = .2000E+00 EN LA DIRECCION Y = .5000E+02



FABRICACION DE ALIM. BALANCEADOS EN MEXICO

CURVA COMPARATIVA ENTRE LOS VALORES OBSERVADOS Y LOS CALCULADOS POR EL MODELO CONSTANTE  
 LOS PUNTOS COINCIDENTES SE MUESTRAN CCMC = \* = REAL. O = CALCUL  
 UNA UNIDAD EN LA DIRECCION X = .2000E+00 EN LA DIRECCION Y = .5000E+02



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

- 1) Perry, John H.  
Chemical Engineering Handbook  
Cuarta Edición  
McGraw Hill  
1969
- 2) McCabe & Smith  
Unit Operations of Chemical Engineering  
Cuarta Edición  
McGraw Hill-Novaro  
1970
- 3) Smith, J.M.  
Chemical Engineering Kinetics  
Segunda Edición  
McGraw Hill  
1970
- 4) Ortega Mata, Rolfo  
Economía Industrial  
Primera Edición  
ESIME (IPN)  
1967
- 5) Rautenstrauch & Villers  
Economía de las Empresas Industriales  
Tercera Edición  
Fondo de Cultura Económica  
México  
1971
- 6) Himmelblau, David M.  
Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química  
Primera Edición  
CECSA

- 7) Kirk & Othmer  
Enciclopedia de Tecnología Química  
Primera Edición en español  
UTEHA  
México (1972)
  
- 8) Ogando Valdez, Eliseo  
Diseño de una planta empacadora de melones  
Tesis Profesional  
Facultad de Química, UNAM  
1973
  
- 9) Brown, George Granger  
Operaciones Básicas de la Ingeniería Química  
Segunda Edición  
Editorial Marín  
Barcelona  
1965
  
- 10) Purchas, Derek B.  
Industrial Filtration of Liquids  
Segunda Edición  
Leonard Hill  
Londres  
1971
  
- 11) Código A.S.M.E.  
Sección VIII  
(Recipientes sometidos a Presión)
  
- 12) Hudson, Wilbur G.  
Conveyors & related Equipment  
Tercera Edición  
John Wiley & Sons, Inc.  
New York  
1970

- 13) Harrington, Carl C.  
Materials Handling Manual  
Primera Edición  
Conover-Mast Publications, Inc.  
New York - Chicago  
1965
- 14) Holland & Chapman  
Liquid Mixing & Processing in Stirred Tanks  
Segunda Edición  
Reinhold Publishing, Co.  
1970
- 15) Sloan, Wheelock & Tsao  
Chemical Engineering  
Junio 19, (1967)
- 16) Chemical Engineering (Desbook Issue)  
Octubre 13, (1969)
- 17) Moreno Martínez, Ernesto, Homero Ramos Guerrero y Beatriz  
Murillo Sánchez  
" Las micotoxinas y los alimentos"  
Avance Agrícola y Ganadero  
Febrero 15, (1972)
- 18) Studies on Feed Spoilage  
Texas Agricultural Experiment Station  
Noviembre, (1957)
- 19) "Enfermedades Micóticas"  
Publicación Especial de Arco de México, S.A.
- 20) "Hongos y sus posibles efectos derivados"  
Industria Avícola, Enero (1968)

- 21) "Los Mohos Afectan También la Salud del Avicultor"  
Industria Avícola  
Febrero (1970)
  
- 22) Datos Técnicos de:  
Eastman Chemicals  
Union Carbide
  
- 23) Datos estadísticos de:  
Secretaría de Agricultura y Ganadería  
Secretaría de Industria y Comercio  
Almacenes Nacionales de Depósito, S.A.