



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología



**“CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE  
SOYA TEXTURIZADA Y ANÁLISIS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE  
LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE MAYONESA”**

INFORME TÉCNICO DE LA OPCIÓN CURRICULAR EN LA MODALIDAD DE

**ESTANCIA INDUSTRIAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

**DUQUE RODRÍGUEZ MARIANA**

DIRECTOR INTERNO: **M.C. Patricia Vázquez Lozano**

DIRECTORES EXTERNOS: **Tec. Ma. De la Luz Zúñiga Espinoza**

**Ing. Guillermina López González**

EVALUADORES: **M.C. Verónica Herrera Coronado**

**Dr. Ramón Villanueva Arce**

México, D.F., mayo de 2008

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por haberme dado los medios para terminar mi carrera, a través, de mis padres, hermanos y todas aquellas personas que me rodearon durante este tiempo.

A mis padres, por haberme dado todo cuanto pudieron para que yo lograra esta meta en mi vida, que más que mía es de ustedes.

A mis hermanos, por darme ejemplo de responsabilidad y esmero para lograr el término de una carrera profesional.

A Carlos, por ser la persona con la que puedo y se que podré contar para todo.

A mis profesores, que compartieron sus conocimientos, en especial a todos aquellos que lo son por convicción y no por circunstancias; aquellos con responsabilidad, que en verdad desean formar profesionales competitivos.

A mis compañeros de escuela, que me apoyaron y supieron trabajar en equipo para lograr esta meta en conjunto.



SECRETARÍA  
DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGIA**



México D. F. a 10 de Septiembre del 2007  
Of. No. SA-UPIBI-1457/2007

**DUQUE RODRÍGUEZ MARLANA**  
**ALUMNA DEL 7º SEMESTRE DE LA CARRERA DE**  
**INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**Presente**

Comunico a Usted que, como resultado de la evaluación del Comité de Proyecto Terminal, con fecha 7 de septiembre del 2007, queda registrado su Proyecto Terminal en la modalidad de "ESTANCIA INDUSTRIAL" realizada en "NUTRIMENTOS Y COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS S. A. DE C. V. Y HERDEZ S. A. DE C. V." con el trabajo que lleva por Título "CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE SOYA TEXTURIZADA Y ANÁLISIS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE MAYONESA", bajo la dirección externa de la Ing. Guillermina López González e interna de la M. en C. Patricia Vázquez Lozano.

De cumplir con las condiciones que abajo se indican, será acreditada la Opción Curricular de Titulación. Así mismo, me permito recordarle que el trabajo experimental deberá concluir en el octavo semestre y entregar, en el mismo, el informe técnico final, de conformidad con los lineamientos que para tal fin establezca el mencionado Comité.

**CONDICIONES**

- 1.- Permanecer en la misma modalidad en el Proyecto Terminal I, II y III
- 2.- Obtener una calificación igual o superior a 8.0 en Proyecto Terminal I, Proyecto Terminal II y en Proyecto Terminal III
- 3.- Cumplir con el 90% de asistencia a las actividades asignadas
- 4.- Cumplir con los demás requisitos que se fijan en el programa de estudios de la asignatura

Sin otro particular por el momento, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

  
ING. YÉSICA MARÍA DOMÍNGUEZ GALICIA  
SUBDIRECTORA ACADÉMICA

c.c.p. Expediente de Proyecto Terminal  
c.c.p. Archivo



**INSTITUTO POLITECNICO**  
**NACIONAL**  
**UNIDAD PROFESIONAL**  
**INTERDISCIPLINARIA DE**  
**BIOTECNOLOGIA**  
**DIRECCIÓN ACADÉMICA**

## **INTRODUCCIÓN**

En este informe se presentan las actividades realizadas para cubrir los objetivos de la asignatura de Proyecto Terminal mediante la opción de “Estancia Industrial” la cual se llevó a cabo en dos empresas, Nutrimentos y Complementos Alimenticios S.A de C.V, (página 1 a la 28 ) y Herdez S.A. de C.V. (página 29 a la 56).

Se presenta el informe con todos sus elementos, para cada una por separado.

**ESTANCIA INDUSTRIAL EN:**  
**NUTRIMENTOS Y COMPLEMENTOS**  
**ALIMENTICIOS S.A. DE C.V.**

## ÍNDICE

<b>I. RESUMEN</b> .....	1
<b>II. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
2.1. Descripción técnica y administrativa de la empresa.....	2
2.1.1. Giro.....	2
2.1.2. Organigrama.....	2
2.1.3. Misión .....	3
2.1.4. Visión.....	3
2.1.5. Croquis de la Planta.....	4
2.2 Antecedentes .....	5
2.2.1. Los extrusores .....	8
2.3. Proceso .....	10
2.3.1 Descripción del proceso.....	12
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	14
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	14
4.1 Objetivo general .....	14
4.2 Objetivos Específicos .....	14
<b>V. METODOLOGÍA</b> .....	15
5.1. Análisis Físicoquímicos.....	15
5.2. Verificación de la calidad en el envasado .....	17
<b>VI. RESULTADOS</b> .....	18
6.1. Análisis Físicoquímicos.....	18
6.2. Verificación de la calidad en el envasado .....	24
<b>VII. CONCLUSIONES</b> .....	27
<b>VIII. SUGERENCIAS</b> .....	27
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la Empresa Nutricasa.....	2
Figura 2. Croquis de las instalaciones de la planta.....	4
Figura 3. Componentes básicos del extrusor de tornillo único.....	9
Figura 4. Diagrama de bloques del proceso de texturizado de soya.....	10
Figura 5. Diagrama de flujo.....	11
Figura 6. Densidad en producto CH-3.....	18
Figura 7. Densidad en producto C-180.....	19
Figura 8. Porcentaje de humedad en producto CH-3.....	20
Figura 9. Porcentaje de humedad en producto C-180.....	20
Figura 10. Porcentaje de absorción en producto CH-3.....	21
Figura 11. Porcentaje de absorción en producto C-180.....	22
Figura 12. Porcentaje de retención en producto CH-3.....	22
Figura 13. Porcentaje de retención en producto C-180.....	23
Figura 14. Porcentaje de soya CH-3 que no pasa malla Tyler No. 3.....	23
Figura 15. Porcentaje de soya C-180 que no pasa malla Tyler No. 4.....	24
Figura 16. Monitoreo de peso en presentación de 250 g.....	25
Figura 17. Monitoreo de peso en presentación de 330 g.....	25
Figura 18. Monitoreo de peso en presentación de 1 kg.....	26

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de Aminoácidos de la proteína de soya.....	2
Cuadro 2. Balance de materia.....	10
Cuadro 3. Tolerancia en el envasado.....	17





## **I. RESUMEN**

Una de las clasificaciones la incluye a la soya como semilla proteica, por un alto contenido de proteína vegetal. La soya se emplea como ingrediente, o como producto principal, ya que aporta un excelente valor nutritivo por sus distintas propiedades funcionales en los sistemas alimentarios, dentro de los que se incluye la emulsificación, formación de gel, la formación de espuma, y la capacidad de retención de agua. La extrusión de proteínas de soya es de las aplicaciones exitosas en este proceso de cocción, por lo cuál el conocer y controlar las variables del proceso realizando pruebas fisicoquímicas permiten obtener texturizados de calidad.

En este informe se presentan las actividades realizadas durante la estancia en la empresa NUTRIMENTOS Y COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS, S.A. DE C.V. (Nutricasa), se realizaron análisis fisicoquímicos para verificar la calidad de soya texturizada. Se conoció el proceso de extrusión, así como los factores de dicho proceso que afectan las variables fisicoquímicas que se controlaron. Determinar la cantidad de masa en una cantidad de volumen es importante debido a que esto será un indicador de que tanta adsorción de agua tendrá en su uso posterior, debido a que esta es una de las propiedades funcionales más apreciadas en la soya texturizada. La humedad es un indicador del correcto funcionamiento del secador y del tiempo en que el producto después de salir del extrusor recorre la banda de secado. La absorción determina la cantidad de agua absorbida por el producto final, y esto dependerá de que tan denso y seco este, así como de las condiciones y tiempos de la prueba. La retención indica que tanta agua queda atrapada en el producto, en este caso la prueba depende de las condiciones en que esta se realice. La granulometría es importante sobre todo para el uso que el consumidor le pretenda dar; además de evitar partículas en polvo, ya que esto degrada la calidad del producto. Como complemento de la calidad del producto también se realizó la revisión del envasado donde se observó el color, olor y sabor, confirmando que no fuera diferente al característico. Otro parámetro importante fue el sellado de las bolsas, así como el peso de éstas en cada una de sus presentaciones de 250, 330 y 1000 g.

En conclusión, la densidad del producto texturizado depende de la rapidez con que trabaje el extrusor, así también a mayor densidad del producto texturizado menor es la absorción y por lo tanto se tiene menor retención de agua se tiene. La humedad final del producto texturizado depende del tiempo y la temperatura en el secador así como un correcto preacondicionamiento del producto.

## II. INTRODUCCIÓN

### 2.1. Descripción técnica y administrativa de la empresa.

En 1973 establece su actual planta productiva bajo la Razón Social NUTRIMENTOS Y COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS, S.A. DE C.V. (Nutricasa). Siendo la primera productora de productos extrudidos a base de soya en latinoamérica, actualmente fabrica productos para consumo humano, como el texturizado de soya en sus diferentes presentaciones y, la producción de atoles adicionados con proteína de soya.

Actualmente esta empresa es considerada como mediana, por la cantidad de empleados que tiene.

#### 2.1.1. Giro

Industria Alimentaria: Producción de texturizado de soya para consumo humano.

#### 2.1.2. Organigrama

En la figura 1 se muestra el organigrama de la empresa Nutricasa, resaltando el departamento de control de calidad, donde se desarrolló la estancia.

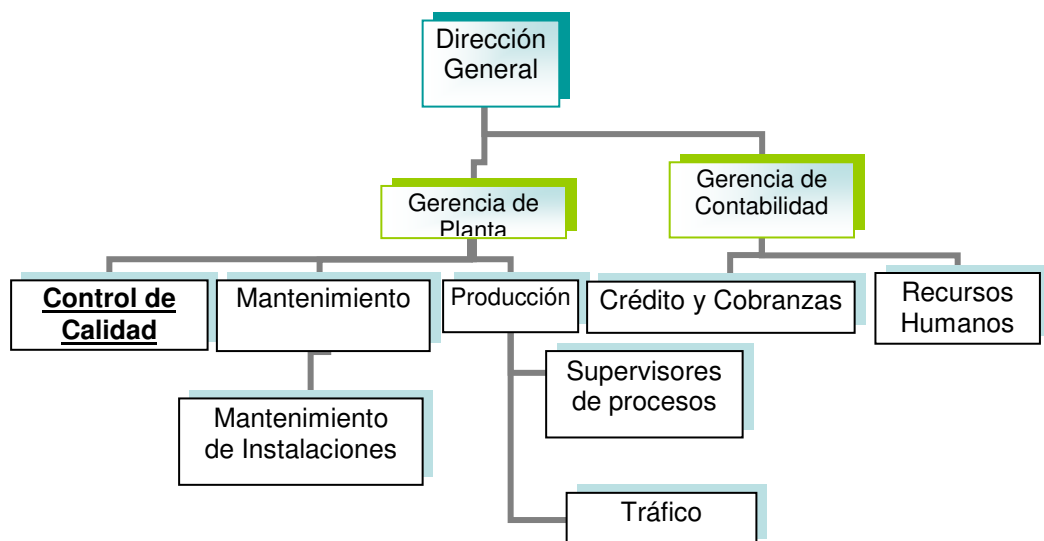


Figura I. Organigrama de la empresa Nutricasa

Durante la estancia se puede observar, la relación entre control de calidad y los demás departamentos, producción es con el departamento con el cuál se trabaja directamente, al ser este controlado por calidad.

### **2.1.3. Misión**

Nutricasa tiene como misión apoyar la disminución de la desnutrición Infantil, ofreciendo productos altamente proteicos de Soya, como el texturizado de diferentes sabores, a precios bajos.

### **2.1.4. Visión**

Ser una empresa líder en elaborar productos a base de soya, otorgando considerables beneficios a la salud, por la ausencia de colesterol y grasas animales. Siendo de carácter social, con una elevada calidad a precio accesible.

### 2.1.5. Croquis de la Planta

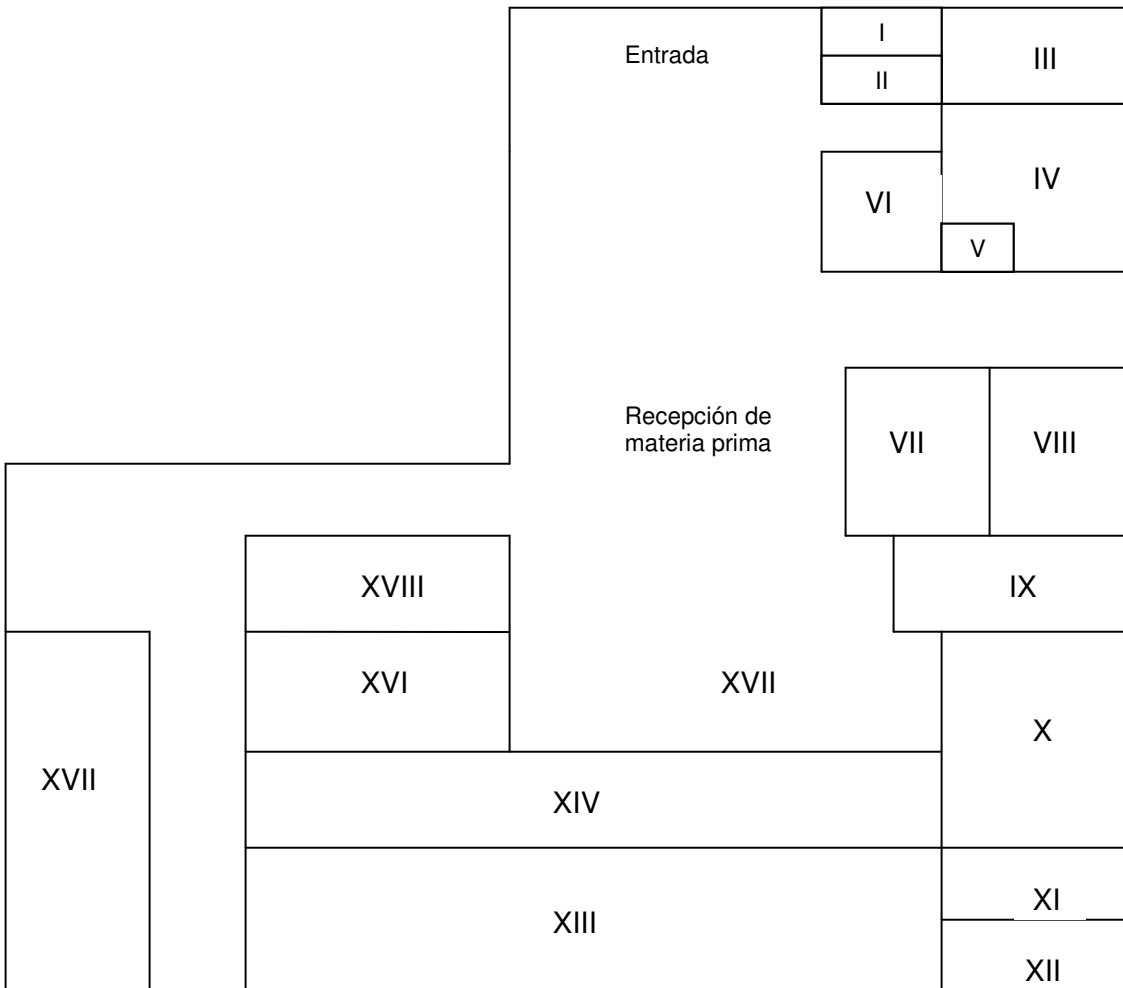


Figura 2. Croquis de instalaciones de la planta. I Baños, II recepción, III oficinas administrativas, IV comedor de personal, V tráfico (distribución del producto a los clientes), VI vigilancia, VII almacén, VIII laboratorio IX descarga de pasta de soya, X silos de almacenamiento de pasta de soya, XI mantenimiento, XII caldera, XIII planta de producción, XIV tolvas de proceso, XV área de envasado de soya texturizada, XVI área de elaboración de atole, XVII subestación eléctrica, XVIII producto terminado

La empresa nutricasa de encuentra localizada en privada de Ceylan N° 59-B, colonia Industrial Vallejo. C.P.02300 México, Distrito Federal.

## **2.2 Antecedentes**

Proteína soya texturizada (p.s.t.), es un producto en el cual los materiales proteínicos básicos han sido modificados por extrusión. Mediante presión, temperatura y humedad, las proteínas de la soya adquieren una nueva textura y estructura. La apariencia física de este producto es parecida a la de un cereal seco, de forma irregular, consistencia crujiente y textura porosa. Algunos de estos productos pueden contener otros ingredientes alimenticios como albúmina de huevo, grasa, saborizantes y colorantes.

La soya en México. En nuestro país la demanda de pasta de soya ha tenido un importante crecimiento tanto en la industria de alimentos balanceados y como materia prima en la elaboración de productos de consumo humano.

Existen 80 plantas para la elaboración de alimentos balanceados, con una capacidad instalada de 7 millones de toneladas, siendo los estados de Jalisco, Yucatán, México y Veracruz que contribuyen con el 51 % de la infraestructura en el país.

La soya pertenece a las leguminosas, y por su elevado contenido de aceite, se incluye junto con el cártamo, algodón, girasol, aceitunas y cacahuate en las oleaginosas. Otra de las clasificaciones la incluye como semilla proteica, por un alto contenido de proteína vegetal. (Badui. 1993).

Los frijoles de soya maduros son de forma casi esférica y varían considerablemente en tamaño, dependiendo de las condiciones de cultivo y crecimiento. El tamaño de las semillas es generalmente determinado por el peso de cien semillas que va de 14 a 24 gramos en variedades comerciales. Morfológicamente, la semilla de soya consta de tres partes principales, la llamada cobertura de la semilla (también conocida como testa o cáscara), los cotiledones y el germen (hipocotílico). La cobertura de la semilla forma la mayor parte externa de la semilla de soya. Contiene un área fácilmente identificable conocida como hilum tiene un color distinto al resto de la cobertura de la semilla. Algunas variedades tienen un hilum negro, otros grises o color café. Debido a que el hilum oscuro puede contaminar los productos elaborados a partir de soya, las variedades de hilum claras son generalmente preferidas para procesamiento. (Asociación Americana de Soya)

Las proteínas y lípidos son los componentes que proporcionan mayor importancia y valor comercial al frijol de soya; representan en conjunto aproximadamente un 60%, el resto se divide entre carbohidratos (35%) y cenizas (5%).

El contenido proteico puede variar del 20 hasta el 50% y el de aceite entre el 12 y el 24%, sin embargo en condiciones normales de cultivo, los valores se alejan poco del 40% para las proteínas y del 20% para el aceite. (Venturi y Amaducci. 1984)

Las proteínas, casi totalmente localizadas en los cotiledones, se caracterizan por una proporción satisfactoria entre los aminoácidos esenciales, a pesar de que escaseen, metionina y cistina. Por otra parte su elevado contenido en lisina, con relación a otras plantas cultivadas, hace que la soja sea especialmente interesante para incrementar el valor nutritivo de las mezclas alimenticias. (Venturi y Amaducci. 1984)

La soja se emplea como ingrediente, o como producto principal, ya que aporta un excelente valor nutritivo por sus distintas propiedades funcionales en los sistemas alimentarios, dentro de los que se incluye la emulsificación, la gelación, la formación de espuma, y la capacidad de retención de agua. El procesamiento del grano juega un papel importante en la mejora o modificación de las propiedades funcionales de la proteína y por lo tanto, puede ayudar a ampliar su aplicación, prácticamente en todos los sistemas alimentarios.

A comienzos de la década del '90, la FDA (Administración de Alimentos y Drogas), así como la Asociación de Agricultura y Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció, para evaluar la calidad de las proteínas, el método de Score de Aminoácidos Corregido por Digestibilidad Proteica – PDCAAS -. Este método determina la calidad de la proteína en estudio según su perfil de aminoácidos comparado con el requerimiento en humanos. Las proteínas que luego de ser evaluadas por este método proveen igual o superior cantidad de aminoácidos respecto del requerimiento, tienen un PDCAAS igual a 1. Este valor significa que, cuando se consume como única fuente de proteínas, es capaz de satisfacer la necesidad de proteínas según las recomendaciones para niños mayores de 2 años y adultos. Este es el caso de la proteína de soja que tiene un score de 1.

Anteriormente, cuando se utilizaba el PER (Relación de Eficacia Proteica) como método biológico para evaluar la calidad de las proteínas, se consideraba que la proteína de soja era de calidad inferior a la proteína de origen animal, debido a que los animales de laboratorio requieren mayor cantidad de metionina que los humanos. La OMS estableció que la proteína de soja contiene todos los aminoácidos esenciales y en cantidades suficientes para alcanzar los requerimientos de proteínas, cuando se ingiere en cantidades acordes a las necesidades según edad y situación biológica.

Si se toma como patrón la Proteína FAO, los valores de índice químico de la soja (adecuadamente inactivada) son de 100, al igual que el huevo y la carne, tal como puede observarse en la tabla 1:

Cuadro 1. Contenido de aminoácidos de la proteína de soja

<b>Aminoácido esencial (mg por g de proteína)</b>	<b>Soja (*)</b>	<b>Patrón FAO</b>
Histidina	28	19
Isoleucina	50	28
Leucina	85	66
Lisina	70	58
Metionina + Cisteína	28	25
Fenilalanina + Tirosina	88	63
Treonina	42	34
Triptofano	14	11
Valina	53	15
Aminoácidos esenciales totales (sin Histidina)	430	320
% de proteína	40	
Índice químico % (patrón FAO 85)	100	

\*Frijoles de soja inactivados por calor. Resultados experimentales obtenidos en el CEMPAM· CEIGRA  
Fuente: J-C.Cheftel y H. Cheftel. 1976.

Esto significa que las proteínas de la soja tienen un perfil singular de aminoácidos que al asemejarse al patrón de aminoácidos dados por la FAO/ OMS para niños de 2 a 5 años de edad, ostentan un PDCAAS de 1. Este valor es el más alto para una proteína.

Formas comerciales de la soja: Existen tres tipos generales de productos de proteína de soja. De acuerdo con su contenido proteínico se clasifican de la siguiente manera:

- Las harinas y sémolas de soja: son productos que contienen entre 40 y 50% de proteína. Se elaboran a partir de hojuelas desgrasadas las que pasan a un molino para transformarse en harina o sémola de soja. Las harinas y sémolas difieren únicamente por el tamaño de partícula. Las partículas de sémola son de mayor tamaño que las de harina (no pasa por la malla 100). A las harinas se les puede agregar aceite de soja o lecitina para aplicaciones especiales en panificación. Existen un gran número de harinas de soja que varían en grado de molienda, contenido de aceite, contenido de proteína y grado de tratamiento térmico.
- Concentrado de proteína de soja: se obtiene a partir de hojuelas de soja desengrasadas las que sometidas a un proceso de lavado que elimina la mayor parte de los constituyentes no proteínicos (azúcares solubles). Contiene un mínimo de

proteína del 70% en base seca. Se encuentran disponibles en diferente tamaño de partícula.

- Aislado de proteína de soya: es la principal fracción proteínica de la soya, se obtiene al procesar a las hojuelas de soya desgrasadas eliminando de éstas los demás componentes no proteínicos. Es el producto más refinado de soya con un contenido mínimo de proteína del 90% en base seca.
- Productos especiales de proteínas de soya: actualmente se fabrican una gran variedad de productos de proteína de soya para satisfacer las necesidades específicas en el procesamiento y formulación de alimentos.

### **2.2.1. Los extrusores**

Son equipos que facilitan el proceso de moldeado y reestructuración para los ingredientes alimentarios. Es una operación unitaria altamente versátil que se puede aplicar a una gran variedad de procesos alimentarios.

El extrusor sólido de tornillo único se muestra en la figura 3, con el cual se puede explicar el principio de cómo trabaja un extrusor.

Se debe hacer notar que el área del volumen del producto disminuye, desde la alimentación al final de la descarga del tornillo por el engrosamiento del corazón de este, que da como resultado roscas de grado de inclinación fijado menos profundas. Si no se preacondiciona, los ingredientes sólidos secos se humedecen y mezclan inicialmente en la primera sección de alimentación, y luego se comprimen en la sección de transición, cocidos en la sección de medida, descargados a través del troquel de moldeado, y cortados en la longitud deseada mediante un cuchillo giratorio adecuado. La compresión en la zona de transición puede ser tan alta como 5:1. El extrusor de la figura 3, también está equipado con varias camisas, que permiten el enfriamiento del cilindro. Por ejemplo, durante la operación, la sección siguiente a la alimentación final se puede enfriar para mantener la viscosidad del producto y evitar el golpe hacia atrás del vapor desde la sección de cocción. El cilindro siguiente al final del troquel se puede mantener caliente si se desea un producto expandido, o frío (para reducir la temperatura del producto por debajo del punto de ebullición del agua) si no se desea expansión. A medida que el producto comprimido es secado tiene lugar un cizallamiento frente a la pared del cilindro del extrusor y se alimenta hacia delante frente a la presión posterior creada por la placa del troquel.



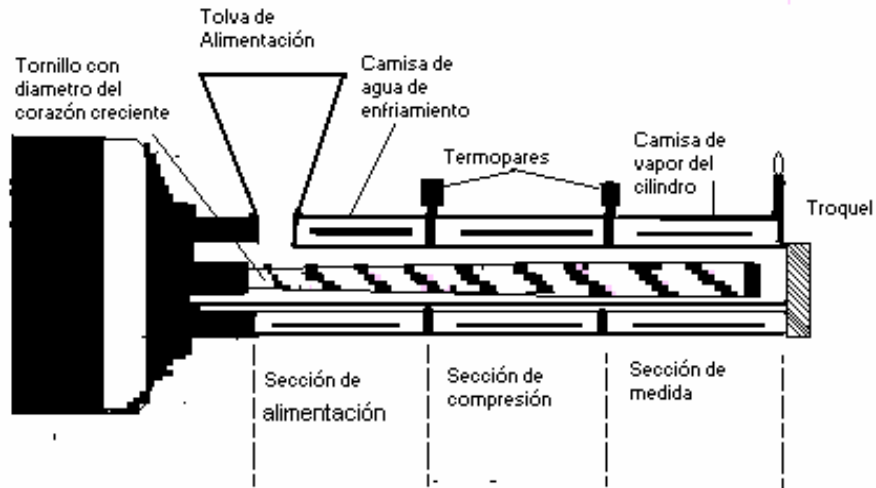


Figura 3. Componentes básicos del extrusor de tornillo único (Mian N. R.2004)

Un extrusor tiene una amplia variedad de funciones, por lo cual es utilizado en una gran variedad de alimentos, piensos y aplicaciones industriales.

- Aglomeración: Con un extrusor los ingredientes se pueden compactar en trozos distintos.
- Desgasificado: Los ingredientes que contiene bolsa de gas pueden desgasificar.
- Deshidratación. Durante un proceso normal de extrusión, puede tener lugar una pérdida de humedad
- Desnaturalización de proteínas: Las proteínas animales y vegetales se pueden desnaturalizar por la cocción con extrusión.
- Moldeado. Un extrusor puede realizar cualquier forma deseada del producto mediante el cambio del troquel al final del cilindro del extrusor.
- Alteración de la textura. En el sistema de extrusión se pueden alterar sus estructuras química y física. . (Mian N. R.2004)

### 2.3. Proceso

En esta empresa se hace la recepción de sémola de soja desengrasada a partir de la cuál se realiza el texturizado, esta es descargada por gravedad en una fosa, de la cuál mediante un elevador de cangilones alimenta 3 silos de almacenamiento con una capacidad entre las 90 y 110 toneladas cada uno.

En la figura 4, se muestra el proceso de elaboración de soja texturizada, mediante un diagrama de bloques. La figura 5 muestra el diagrama de flujo del proceso de extrusión en la empresa nutricasa En el cuadro 2 se presenta el balance de materia para este diagrama.

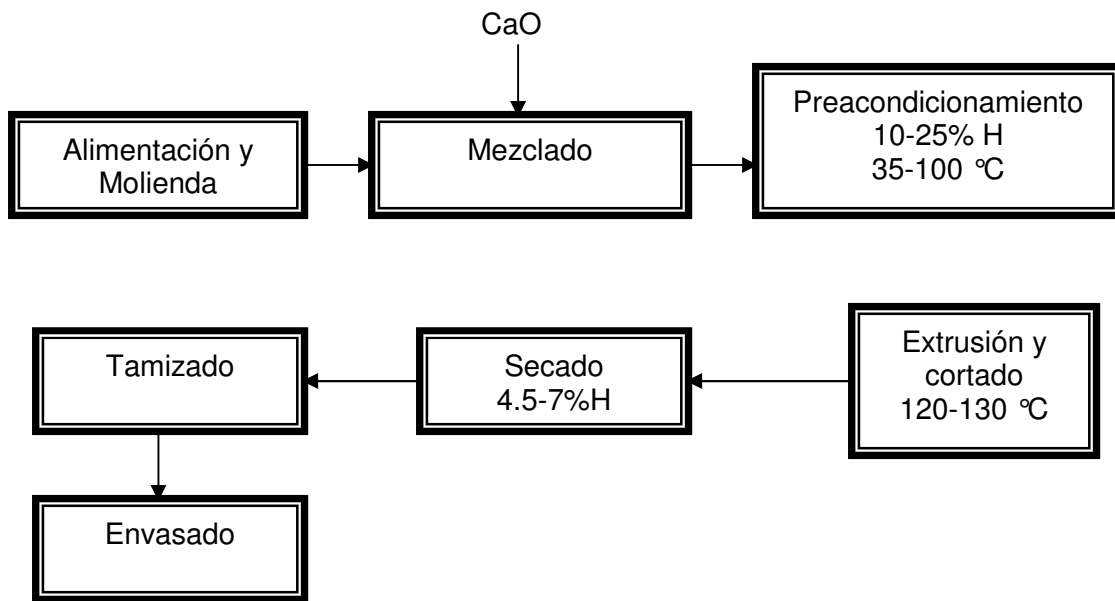


Figura 4. Diagrama de bloques del proceso de texturizado de soja

Cuadro.2. Balance de materia.

Componentes	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg
Proteína	526.5	526.3	516	510
Grasa Total	23	23	22.5	22
Carbohidratos	400	400	390	380
Sodio	45	4.5	4.5	4
Fibra Dietética	28.7	28.7	28	28
Agua	40	105	84	56
<b>Total</b>	<b>1022.7</b>	<b>1087.5</b>	<b>1045.7</b>	<b>1000</b>

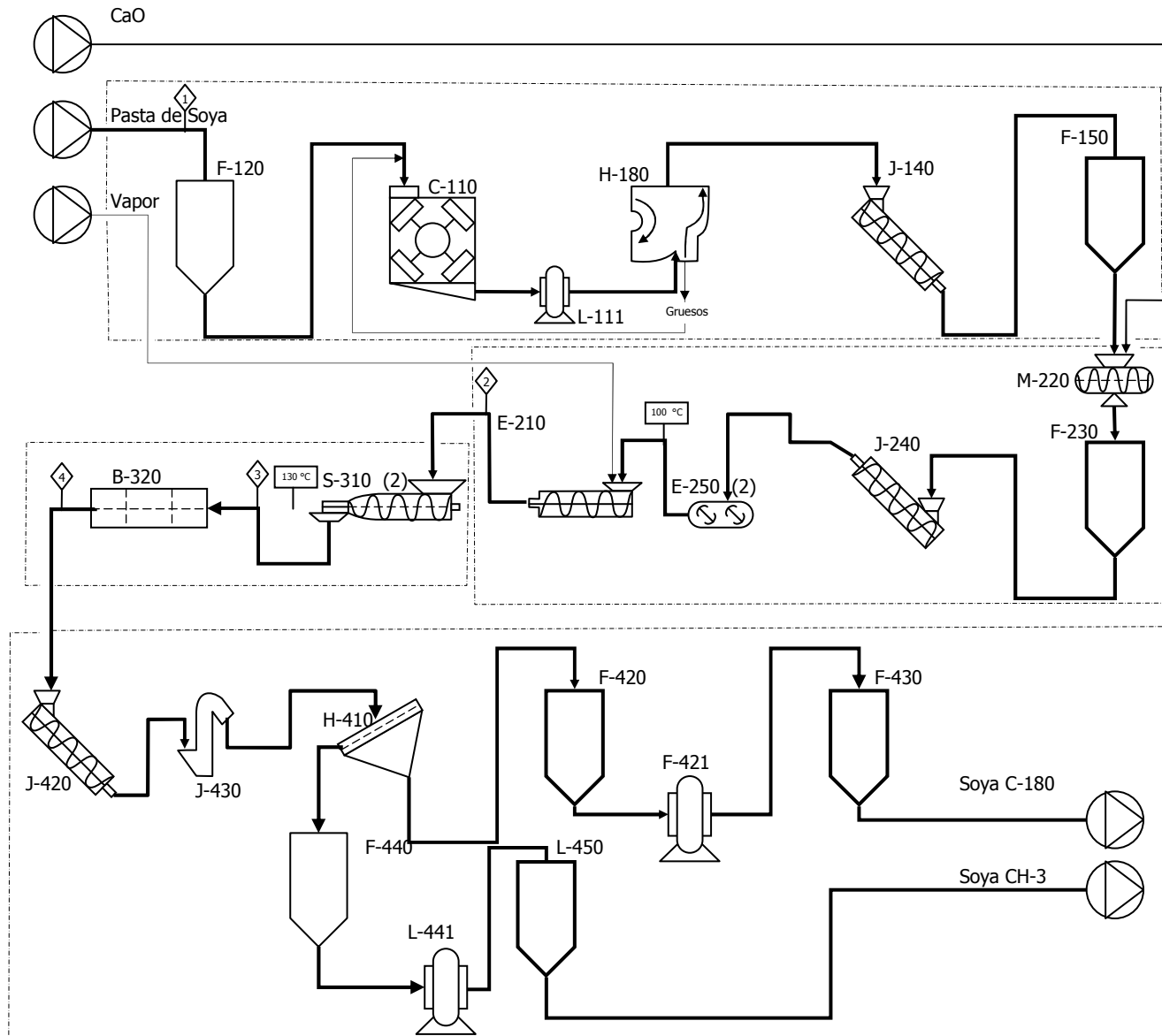


Figura 5. Diagrama de flujo

El Diagrama de flujo de la figura 5 tiene la siguiente nomenclatura:

F-120 Tolva de Almacenamiento	B-320 Secador Enfriador
C-110 Molino Strike de Martillos	J-420 Transportador Helicoidal
L111 Bomba Neumática	J-430 Elevador de Cangilones
H-130 Separador de Partículas	H-410 Tamiz
J-140 Transportador Helicoidal	F-420 Tolva de Almacenamiento
F-150 Tolva de Paso	L-421 Bomba Neumática
M-220 Bascula Mezcladora	F-430 Tolva de Alimentación
F-230 Tolva de Compensación	F440 Tolva de Almacenamiento
J-240 Transportador Helicoidal	L-441 Bomba Neumática
E-250 Tolva circular	F-450 Tolva de Alimentación
E-210 Cilindro Preacondicionador	
S-310 Extrusor	

### **2.3.1 Descripción del proceso**

Alimentación y molienda. La sémola de soya es desplazada por medio de un transportador de cadena, pasando a un elevador de cangilones llevándola a una tolva alimentadora de un molino de martillos, el cuál tiene como función convertir la sémola, en una harina. Por medio de una bomba, pasa a un separador de partículas, ubicado en la parte más alta de la empresa.

Mezclado. La harina por gravedad y con un transportador helicoidal, es llevada a una báscula mezcladora de listón con capacidad de una tonelada, en donde se agrega hidróxido de calcio, en una proporción aproximada de tres kilogramos por tonelada de harina de soya. Esta tiene la función de ayudar a elevar la temperatura, al contacto con el vapor de agua que se lleva acabo en el preacondicionado.

Acondicionamiento. La mezcla pasa a una tolva de compensación, la cuál se está abriendo y cerrando de acuerdo al nivel de llenado de las siguientes tolvas que, alimentan un cilindro preacondicionador donde se forma una pasta por la adición de vapor de agua proveniente de una caldera, llevando la mezcla a un contenido de humedad entre 10 y 25%, así como el aumento de temperatura por la presencia de CaO en la mezcla. En este punto la materia prima equilibra la cantidad de calor y humedad en toda la mezcla.

Extrusión. Formada la pasta, esta va pasando por el extrusor, en la empresa existen dos, para cubrir la producción requerida. Los extrusores utilizados son de tornillo único, cada uno esta dividido en tres partes, sección de alimentación amasado y medida. En la primer sección se recibe la pasta, se trasporta y se mezcla. En la sección de amasado, la compresión de la pasta aumenta con el diámetro del tornillo y la mayor parte de la energía mecánica se transforma en energía térmica, esto provoca un rápido aumento de la temperatura y por lo consiguiente la desnaturalización de proteínas y, finalmente la sección de medida contribuye a que el flujo de medida sea homogéneo (para que el texturizado tenga las dimensiones uniformes adecuadas), y generar la superficie en el material y a forzar el paso de la masa plástica a través de la boquilla. Esta boquilla esta adaptada con una cuchilla, la cuál corta, forma y da presentación al texturizado, entre 0.5 y 2 cm. aproximadamente.

Secado. La soya extrudida tiene un alto contenido de humedad, entre 30 y 40 por ciento, por lo cuál para terminar el proceso hay que realizar un secado. Se utiliza un secador continuo, el cuál es alimentado con aire caliente obtenido por medio de la combustión de gas. Esta seccionado, en la parte final ya no hay calentamiento, para que posteriormente al ser transportado al tamiz se evite la aglomeración de partículas debido a la evaporación de agua por que el producto aún no se encuentre frío.

Tamizado. Después del secado entre 4.5 y 7 por ciento de humedad, el producto resultante es traslado por medio de un transportador helicoidal a un tamiz vibratorio, en el que obtenemos como resultado dos tamaños de producto. Con la nomenclatura dada por la empresa CH-3 en la que del 85 al 95 % no debe pasar la malla Tyler del número 3 (0.223" de abertura) y C-180 aquella que entre un 40 y 60 % no pase por la malla Tyler del número 4 (0.187" de abertura). Siendo el principal producto el CH-3. Debido a que es el más comercial y de mayor tamaño.

Envasado. Después del tamizado cada producto se dirige a tolvas de almacenamiento, pasando a las tolvas de las máquinas envasadoras. Este se realiza en diferentes presentaciones, para 10 Kg en bolsas de papel, de 15 Kg en bolsas de plástico, para presentaciones de 250, 330, 500 y 1000 g es usada bolsa de celofán con las especificaciones necesarias como lo son el gramaje, el contenido nutrimental y la fecha de caducidad.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

La extrusión de proteínas de soya es de las aplicaciones exitosas en este proceso de cocción, por lo cuál el conocer y controlar las variables del proceso al realizar pruebas fisicoquímicas permite obtener texturizados de calidad, que tengan una mayor vida de anaquel con bajo contenido de humead y las propiedades funcionales que le interesan a l consumidor.

### **IV. OBJETIVOS**

#### **4.1 Objetivo general**

- Realizar pruebas fisicoquímicas al texturizado de soya, para determinar la calidad del producto, así como la influencia de las variables de proceso en la calidad funcional del extrudido y con base en ello, definir los parámetros fisicoquímicos y los puntos de evaluación en el proceso que permitan evaluar y controlar esta calidad.

#### **4.2 Objetivos Específicos**

- Conocer el proceso de elaboración de Soya Texturizada, en la empresa “Nutrimentos y Complementos Alimenticios S.A. de C.V.”
- Conocer las variables que afectan el proceso de extrusión de harina de soya y pueden alterar las propiedades fisicoquímicas del producto final.

## **V. METODOLOGÍA**

En la empresa Nutricasa se realizaron análisis fisicoquímicos para verificar la calidad del producto terminado.

- Analizar el proceso y como afecta las variables de operación, la funcionalidad del producto.
- Determinar con base en estas variables, los parámetros fisicoquímicos a determinar para evaluarlos.
- Seleccionar las técnicas analíticas para su evaluación.
- Determinar la frecuencia de las pruebas, el tamaño de la muestra y el número de repeticiones.
  - obtener los datos.
  - analizar resultados.
  - proponer controles.

### **5.1. Análisis Fisicoquímicos**

- **Metodología**

Densidad. Es importante determinar la cantidad de masa en una cantidad de volumen debido a que esto será un indicador de que tanta adsorción de agua tendrá en su uso posterior.

Por este método se determina la cantidad de masa contenida en una unidad de volumen a temperatura ambiente.

Equipo utilizado: Balanza granataria y cubo con capacidad de 1000 mL.

Procedimiento según manuales de control de calidad de la empresa:

- Pesar cubo de 1000mL
- Llenar con muestra y razar con una regla
- Pesar
- Por diferencia de pesos determinar la densidad, dividiendo entre los 1000 mL

Humedad. Esta es un indicador del correcto funcionamiento del secador y del tiempo en que el producto después de salir del extrusor recorre esta banda de secado.

Este método determina el porcentaje de humedad del producto durante su elaboración y como producto terminado.

Equipo utilizado: Termobalanza y molino de mano.

Procedimiento según manuales de control de calidad de la empresa

- Preparar muestra en molino
- Calibrar termobalanza
- Pesar directamente 10 g de muestra
- Pasados 10 min. la termobalanza arroja un resultado en porcentaje de humedad de la muestra.

Absorción. Este nos determina la cantidad de agua absorbida por el producto final, y esto dependerá de que tan denso y seco este, así como de las condiciones y tiempos de la prueba.

Equipo utilizado: Balanza granataria, coladores, recipientes con pesos conocidos de capacidad de 1.5 L.

Procedimiento según manuales de control de calidad de la empresa:

- Pesar recipiente
- Pesar 100 g de muestra
- Agregar agua para llenar el recipiente.
- Dejar en reposo durante 15 min.
- Escurrir 5 min
- Pesar el texturizado escurrido
- Restar al peso del texturizado escurrido, el peso del recipiente con muestra seca.

Retención. Esta indica que tanta agua queda atrapada en el producto, en este caso la prueba depende de las condiciones en que esta se realice.

Procedimiento según manuales de control de calidad de la empresa:

- Extraer agua comprimiendo con la mano, la muestra obtenida en la prueba de absorción
- Pesar el texturizado prensado
- Restar el peso del texturizado escurrido del texturizado ya comprimido.

Granulometría. Esta es importante sobre todo para uso que el consumidor posteriormente le dará. Además al controlar el tamaño de partícula, evita que se exceda la cantidad de partículas en polvo, ya que esto degrada la calidad del producto.

Procedimiento según manuales de control de calidad de la empresa:

- Pesar recipiente
- Pesar 100 g de muestra en el recipiente
- Apilar los tamices:



- Para CH-3 , de arriba hacia abajo, malla Tyler 3 (0.223” de abertura), 4 (0.187 “ de abertura) y 35 (0.0165” de abertura)
- Para C-180 , de arriba hacia abajo, malla Tyler 4 (0.187” de abertura),10 (0.0661” de abertura), 18 (0.0394” de abertura) y 35 (0.0165 “ de abertura)
- Vaciar muestra desde el primer tamiz y agitar aproximadamente durante un minuto.
- Pesar lo retenido en el primer tamiz, restando el peso del recipiente, sin vaciar lo ya pesado, agregar lo retenido en el siguiente tamiz, de forma que al llegar al ultimo se obtengan los 100 g iniciales, en este caso equivalente al 100%.

## 5.2. Verificación de la calidad en el envasado

En el momento del envasado es importante monitorear algunas muestras, para verificar su calidad. Observar el color, olor y sabor, que no sea diferente al característico. Otro parámetro importante es el sellado de las bolsas, así como el peso de éstas en cada una de sus presentaciones de 250, 330 y 1000 g

A productos deshidratados cuya consistencia facilita su rompimiento, que provoca un polvo heterogéneo de diferente densidad, que se incrementa por manejo, (por ejemplo: hojuelas de maíz, cereales y otros). La tolerancia de contenido neto declarado (la cantidad de masa o volumen de producto preenvasado declarado en la etiqueta del envase) es la citada en el cuadro 3.

Cuadro 3. Tolerancia en el envasado

<i>Rango (g)</i>	<i>Tolerancia</i>
201-300	11 g
301-500	3.7 %
501-1000	18.5 g

Fuente: PROY-NOM-022-SCFI-2003.

La empresa Nutricasa cumple y rebasa las especificaciones de norma debido a que maneja una tolerancia de  $\pm 10$  g para cada una de las presentaciones.

## VI. RESULTADOS

### 6.1. Análisis Fisicoquímicos

Las pruebas realizadas en el proceso a la soya fueron: densidad, humedad, absorción, retención y, granulometría. Cada una nos hace referencia a la calidad final del producto, ya que al final este debe tener un aspecto fibroso, compacto, seco y con apariencia a carne.

Las gráficas obtenidas muestran los resultados obtenidos durante la estancia y monitoreo del producto en esta empresa, la cuál hace especificaciones en el producto, estos son señalados en las gráficas con límites.

La densidad es importante en el llenado de las bolsas, se sabe que la densidad es la relación de masa a volumen, la masa tiene que ser constante en el llenado, de lo contrario el producto se rechaza (tolerancia según norma), si su densidad es baja, se tiene la misma masa en un volumen muy grande que hace que las bolsas se rompan.

En las gráfica de la figura 6 se puede ver puntos fuera de los límites de control, en el producto CH-3 densidades bajas, este parámetro es afectado por la velocidad con la que trabaja el extrusor, a mayor velocidad menor cuerpo tiene el producto, el extrudido es más compacto. Por lo consiguiente los puntos con densidades altas en el producto C-180 indican, una velocidad baja de trabajo en el extrusor. Por esto se rechaza y manda a reproceso un 0.5 % de lo obtenido en el análisis.

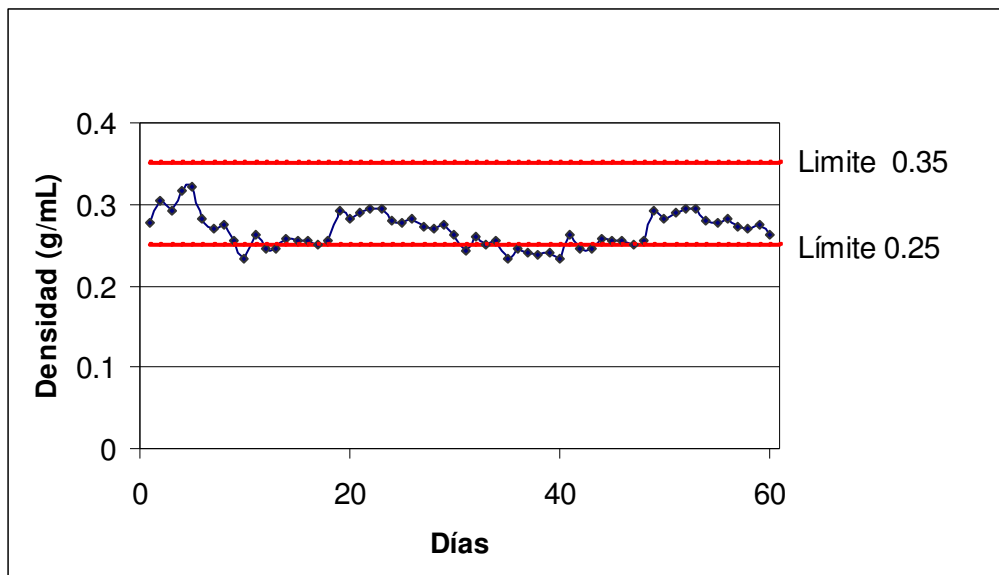


Figura 6. Densidad en producto CH-3

En la figura 6, además de tener densidades bajas fuera de límites, tenemos una adhesión de puntos en el límite inferior de control, por lo cuál es importante sugerir a la empresa una verificación de los límites recontrol y dar mantenimiento al extrusor. En la figura 7 existe una adhesión de puntos en la parte central de la gráfica, es recomendado verificar que los límites de control sean los correctos, esta adhesión también indica que la variabilidad en el proceso se redujo.

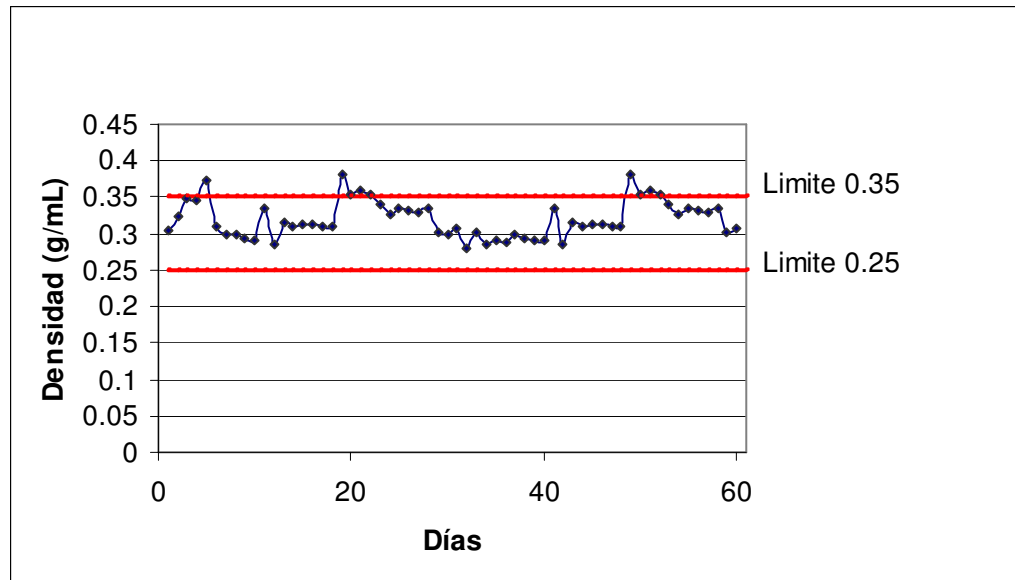


Figura 7. Densidad en producto C-180

En las figuras 8 y 9, definitivamente se observa un proceso fuera de control. Los puntos fuera de control por arriba de la humedad límite indican principalmente que el proceso de secado no esta controlado correctamente, este se puede ajustar subiendo la temperatura o que la banda del secador gire más lentamente.

Los puntos con humedades bajas, posiblemente se deben a elevadas temperaturas y tiempos prolongados en el secador.

La adición de vapor en el preacondicionador asegura que cada partícula individual es prehumedecida uniformemente y mejora la estabilidad y la calidad del producto final. También promueve la penetración de la humedad (Mian N.R.2004). Por lo tanto si el preacondicionamiento no es el adecuado el producto final puede llegar a tener un porcentaje de humedad muy bajo, además de no alcanzar la estructura fibrosa con apariencia a carne, que se espera.

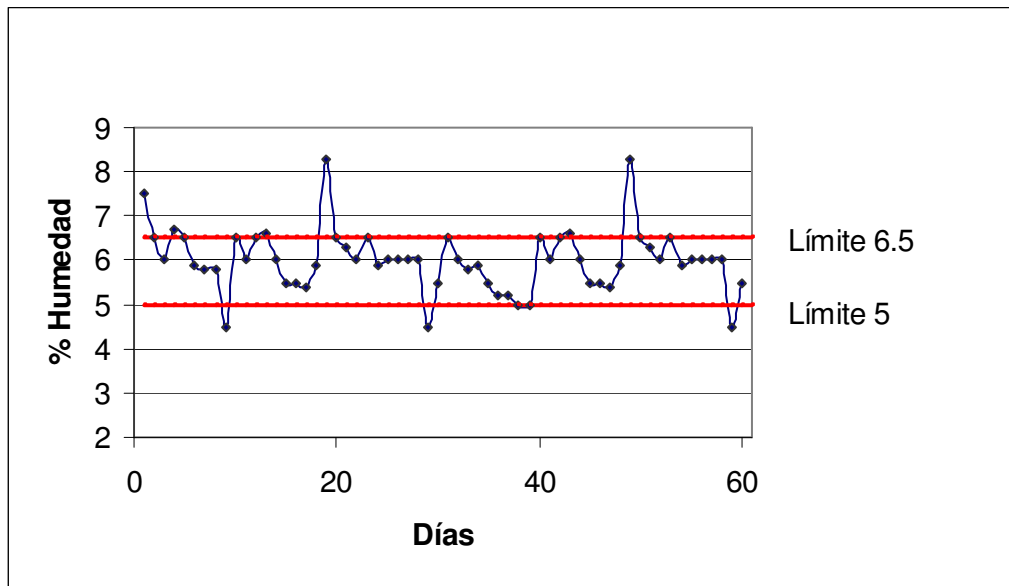


Figura 8. Porcentaje de humedad en producto CH-3.

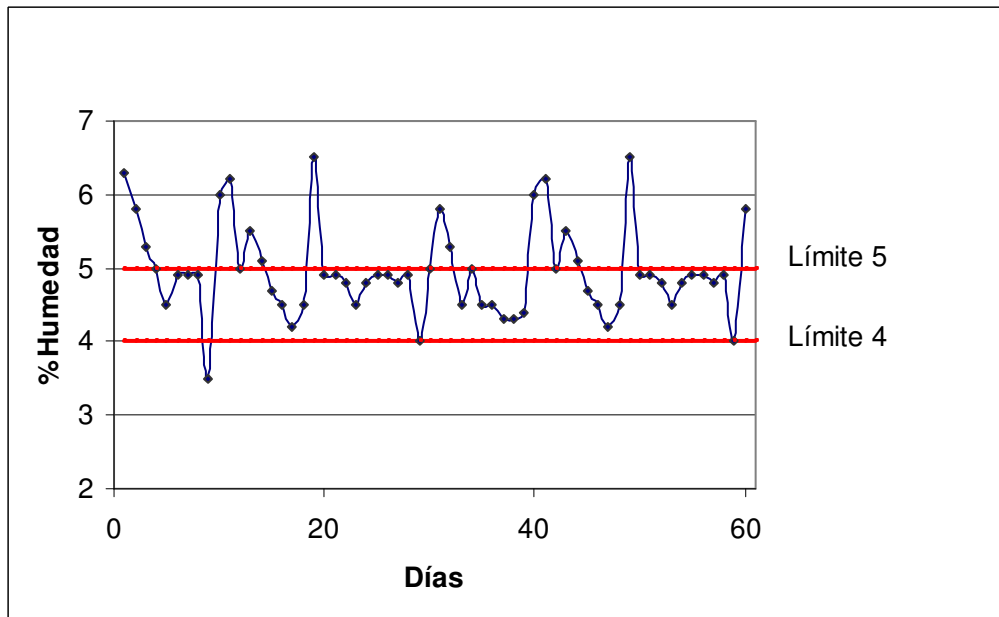


Figura 9. Porcentaje de humedad en producto C-180

La humedad es un parámetro que se debe cuidar, ya que de esta depende la vida de anaquel del producto, así que si esta es alta, el producto se tiene que reprocesar, en caso contrario podemos llegar al grado que se queme, y por lo tanto el producto se tiene que desechar.

En los análisis realizados se observa que cuando la densidad sube, la absorción y por lo consiguiente la retención de agua disminuye, y viceversa. Esto se debe a que cuando el agua es agregada en exceso a un alimento, parte del agua interactúa con los sólidos, es decir que una porción añadida queda como agua ligada. Dicha absorción se realiza mejor cuando hay un equilibrio de moléculas que componen el texturizado, las proteínas de soya contiene numerosas cadenas polares laterales junto con las uniones peptídicas, lo cuál hace más hidrófila a la proteína.

En la figuras 10 se encuentran puntos fuera de límites de control, con una baja absorción estos como ya se mencionó ligados a una alta densidad y por lo consiguiente a un rápido funcionamiento del extrusor. Observando la figura 11, sin puntos fuera de los límites de control, el proceso se encuentra bajo control.

En la figuras 12 y 13 con una cantidad tan alta de puntos fuera de control, lo recomendable es verificar los límites establecidos por la empresa. Es importante destacar que este método no es preciso ya que depende de las condiciones en que se realice la prueba, el error humano siempre estará presente, porque depende de la fuerza con la que se realice la compresión se obtiene el resultado.

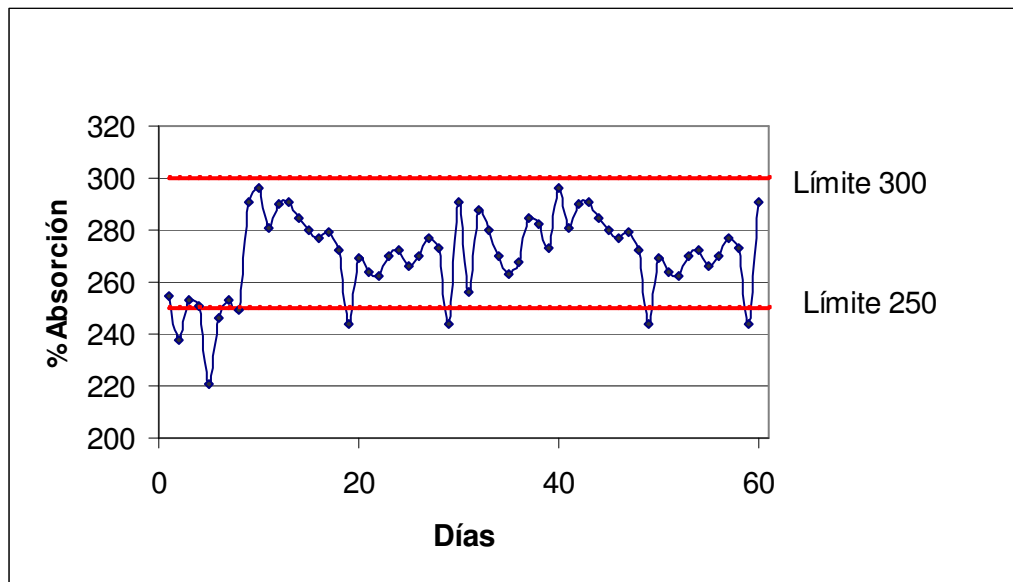


Figura 10. Porcentaje de absorción en producto CH-3

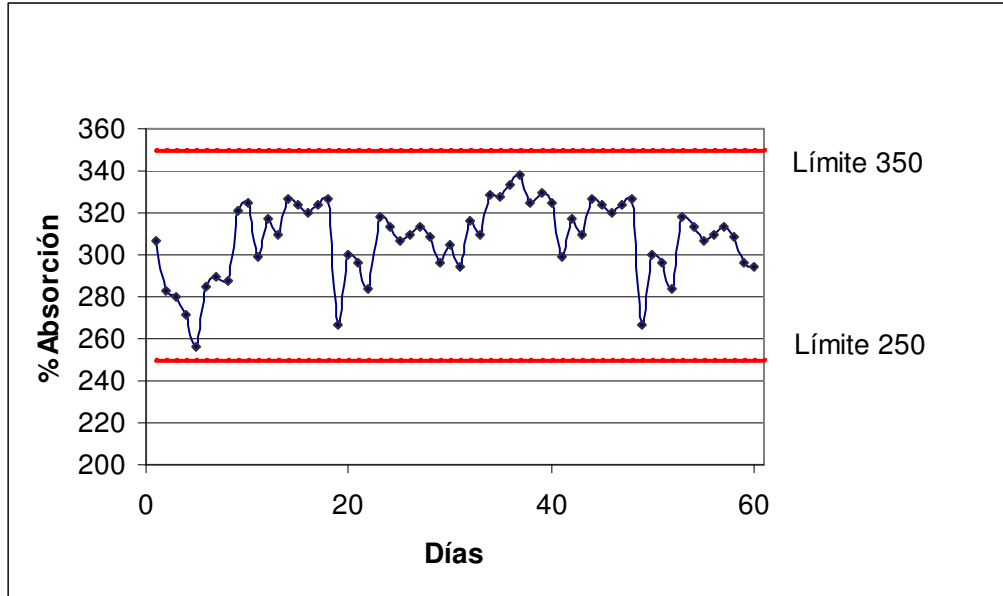


Figura 11. Porcentaje de absorción en producto C-180

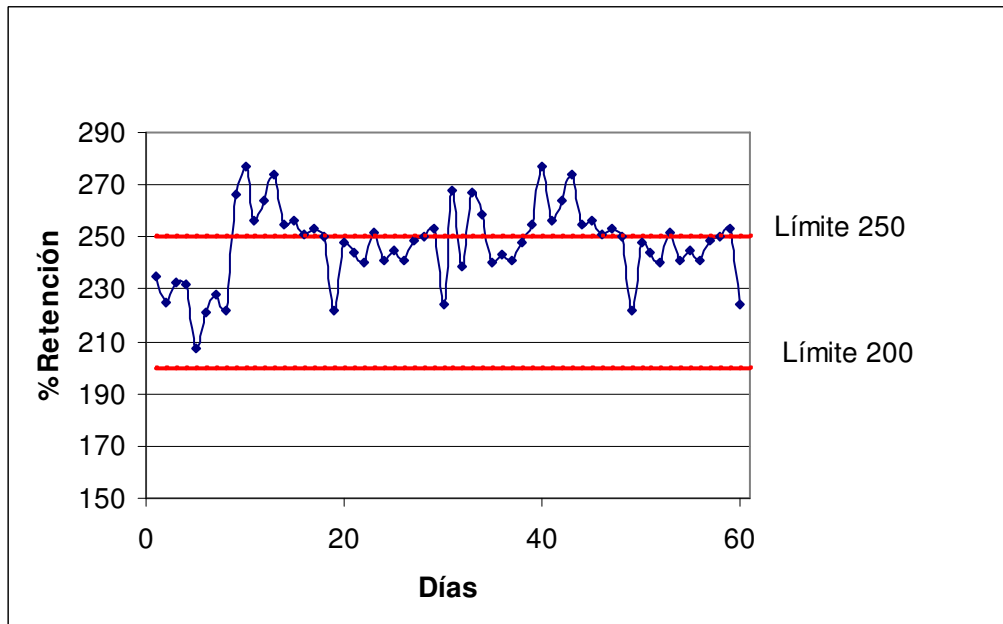


Figura 12. Porcentaje de retención en producto CH-3

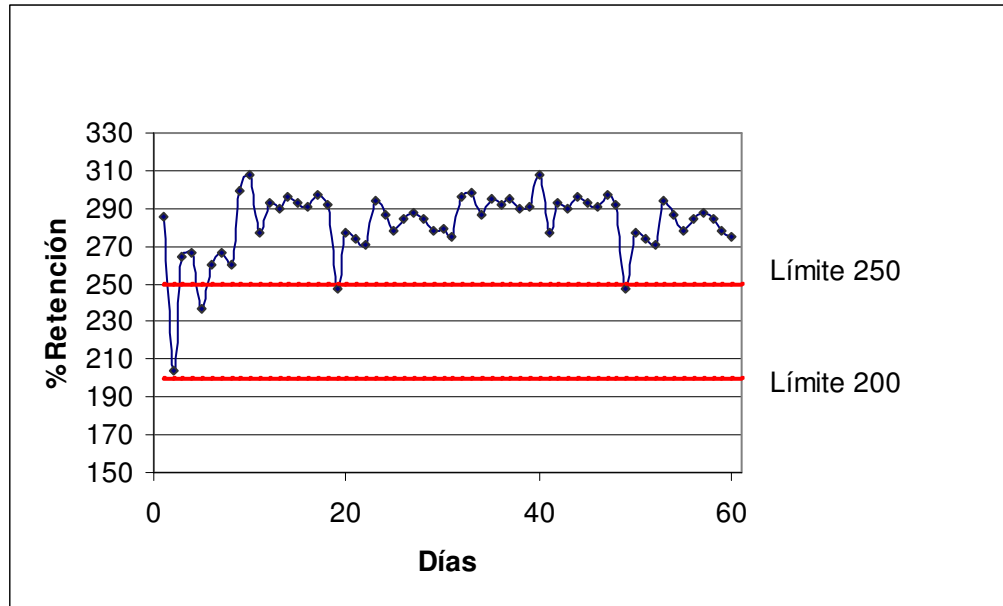


Figura 13. Porcentaje de retención en producto C-180

Las figuras 14 y 15 contiene un numero importante de puntos fuera de control, estos básicamente se debe al mal funcionamiento de las cuchillas del extrusor. Pero no se descarta las posibles rupturas del producto al ser transportado del secador al tamiz, este se hace por medio de un transportador helicoidal, el cuál no es el más adecuado, y existe una reducción de tamaño.

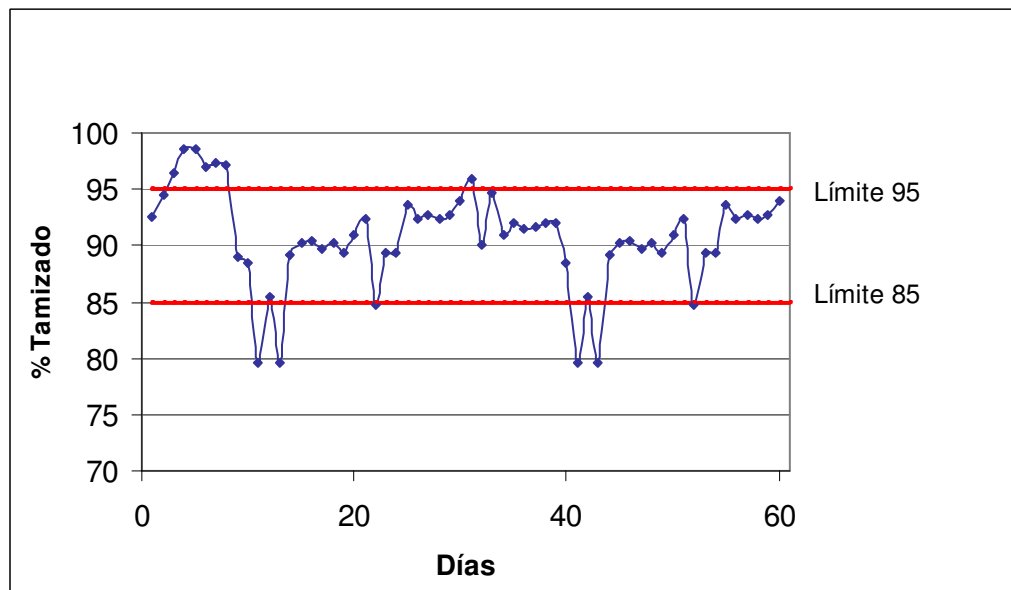


Figura 14. Porcentaje de soya CH-3 que no pasa malla Tyler no.3

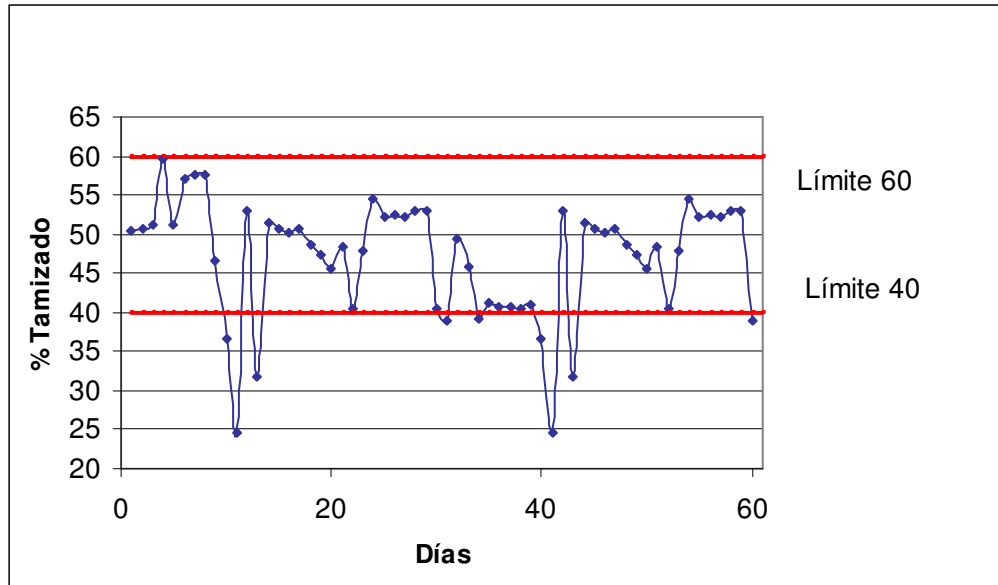


Figura 15. Porcentaje de soya C-180 que no pasa malla Tyler no.4

Es recomendable buscar una constancia en la materia prima, debido a que si los niveles de grasa aumentan, el extrusor necesita aumentar las temperaturas de procesado y las entradas de energía del cizallamiento, esta es la única forma de que se pueda mantener la calidad del producto (Mian N.R.2004). Al variar temperatura y cizallamiento también se obtienen variables en los atributos fisicoquímicos del texturizado.

## 6.2. Verificación de la calidad en el envasado

Los límites establecidos por la empresa en cuanto al peso neto declarado, son menores a los establecidos por la norma, sin embargo en la figura 14 existe un punto fuera de los límites incluso de la norma ( $\pm 11$  g), esto muy debido tanto a las variables fisicoquímicas como a la máquina envasadora que no siempre se encuentra bien calibrada para que se obtenga un peso adecuado, así como la falta de producto en la tolva de alimentación.

Por lo consiguiente en la figura 15, los puntos fuera principalmente son atribuidos a la máquina envasadora porque al intentar bajar esos puntos fuera del límite superior, automáticamente, los puntos cercanos al límite inferior rebasan este y por cuestiones legales, la empresa toma la decisión de mantener por arriba de los límites y no por debajo de estos.



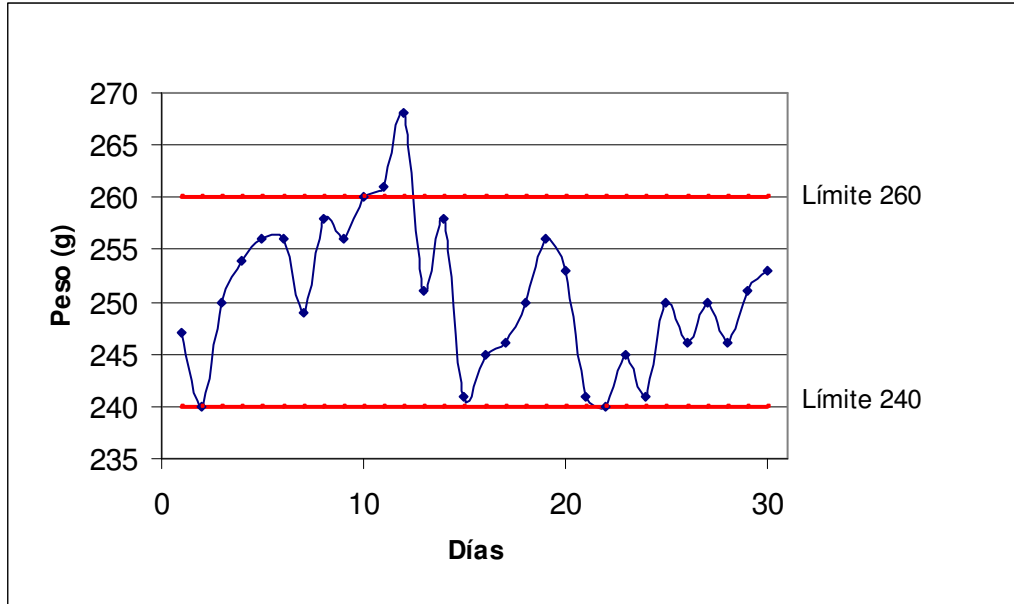


Figura 16. Monitoreo de peso en presentación de 250 g

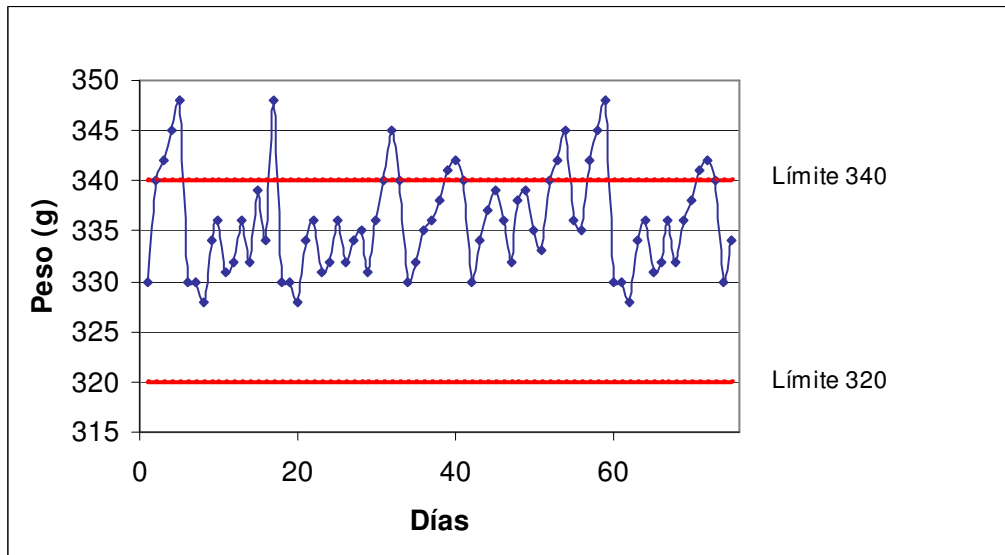


Figura 17. Monitoreo de peso en presentación de 330 g

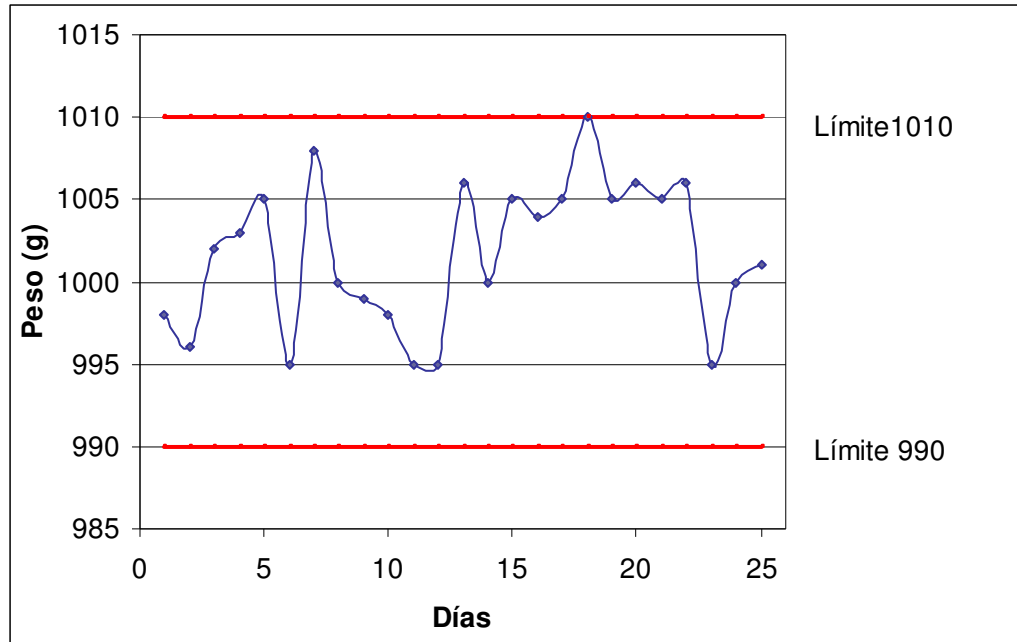


Figura 18. Monitoreo de peso en presentación de 1Kg

Tomando en cuenta que la mayor parte de veces se trabaja con un producto final muy similar en características fisicoquímicas, la máquina envasadora tiene problemas importantes al dosificar 330 y 250 g. pero observando la figura 16, al dosificar en presentación de 1 Kg. el problema disminuye, observando un comportamiento no tan variable y que no excede los límites de control.

## **VII. CONCLUSIONES**

- Se observó el proceso de elaboración de soya texturizada, en la empresa “Nutrimentos y Complementos Alimenticios S.A. de C.V.”, donde una de las variables a controlar más importante fue el contenido de humedad y la densidad del producto.
- Se realizaron análisis fisicoquímicos al producto terminado para verificar su calidad, antes de su venta al consumidor.
- Se reconocieron las variables que afectan el proceso de extrusión de harina de soya y pueden alterar las propiedades fisicoquímicas del producto final, tales, como porcentaje de humedad, adsorción, retención y densidad.
- La velocidad de operación del extrusor, mostró influencia en la calidad del producto en función de la densidad del mismo, la cual repercute en la absorción de agua en la rehidratación y, en el envasado siendo insuficiente el empaque utilizado.
- A mayor densidad del producto texturizado menor absorción y por lo tanto menor retención de agua se tiene.
- La humedad final del producto texturizado se vio influenciada por las condiciones de operación del secador así como por las condiciones aplicadas en el preacondicionamiento del producto.
- Las variables de los pesos en el producto final, estuvieron dentro de los límites establecidos por PROY-NOM-022-SCFI-2003

## **VIII. SUGERENCIAS**

- Verificar límites de control para cada uno de los parámetros fisicoquímicos.
- Buscar un proveedor de pasta de soya, el cuál garantice propiedades adecuadas de la materia prima.
- Buscar métodos más exactos para la realización de las pruebas, donde el error humano no intervenga en su mayoría, en los resultados obtenidos.
- Dar un mantenimiento preventivo a toda la maquinaria.
- Establecer un control en las condiciones de operación de las máquinas.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Badui.D.S.1993.Química de los Alimentos.Editorial Pearson Educación. Naucalpan de Juárez,México. pp 617-623
2. Guy.R. y Ibarz R.A. 2002.Extrusión de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp 21-24.
3. Mian.N.R.2004.Extrusores en las aplicaciones de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp 1-13, 129-142, 176-179.
4. Ulrich. D.G. 1992. Diseño y Economía de los procesos de Ingeniería Química.Editorial McGraw-Hill. México, D.F. pp 29-47.
5. Ventura.G. y Amaducci.M.T. 1984. La Soja. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp 190-195
6. Instituto Politécnico Nacional. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas. Educación Continua y Proyectos. 2004. Diplomado en control total de la calidad. Iztacalco, México D.F. Pp 60-70
7. PROY-NOM-022-SCFI-2003.Productos preenvasados-contenido neto - tolerancias y métodos de verificación. (Para la correcta aplicación de esta Norma, se deben consultar las siguientes normas oficiales mexicanas o normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan: NMX-Z-012/2-1987, NOM-008-SCFI-2002, NOM-030-SCFI-1993, NMX-F-315- 1978)
8. Asociación Americana de Soya. Disponible en línea [www.asociacionamericanadesoya.com](http://www.asociacionamericanadesoya.com) (05-09-07)
9. De Luna J.A. 2006. Valor Nutritivo de la proteína de soya. Investigación y ciencia. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Revista: 14: 29-34. Disponible en línea <http://redalyc.uaemex.mx> (18-10-07)
10. <http://www.infomine.com/Dictionary/hardrockminers/spanish/welcome.aspx> (10-04-08)
11. J-C.Cheftel y H. Cheftel. 1976. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Volumen II. Ed. Acribia.  
Disponible en Línea: [http://www.nutrisol.com.ar/info\\_soja.htm](http://www.nutrisol.com.ar/info_soja.htm). (07-04-08)
12. Nutrimentos y Complementos Alimenticios S.A. de C.V. Disponible en Línea: <http://nutricasa.com.mx>. (02-06-07)

**ESTANCIA INDUSTRIAL EN:**  
**HERDEZ S.A. DE C.V.**

## INDICE

<b>I. RESUMEN</b> .....	29
<b>II. INTRODUCCIÓN</b> .....	30
2.1. Descripción técnica y administrativa de la empresa.....	30
2.1.1. Giro.....	30
2.1.2. Organigrama.....	30
2.1.3. Misión .....	32
2.1.4. Visión.....	32
2.1.5. Valores .....	32
2.1.6. Política de Calidad.....	32
2.1.7. Croquis de la Planta.....	33
2.1.8. Antecedentes Históricos de la empresa.....	34
2.2 Antecedentes.....	34
2.2.1. Emulsión.....	35
2.3. Proceso.....	37
2.3.1. Descripción del proceso.....	37
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	40
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	40
4.1 Objetivo general: .....	40
4.2 Objetivos Específicos: .....	40
<b>V. METODOLOGÍA</b> .....	41
<b>VI. RESULTADOS</b> .....	42
6.1. Resultados de un primer monitoreo, en diferentes líneas de producción. ....	42
6.2. Resultados del primer y segundo turno en línea 3. ....	43
6.3. Resultados en línea 6. ....	44
6.4. Resultados en línea 7. ....	45
6.5. Comparación de preparadores seleccionados, trabajando en una misma línea.....	45
6.6. Seguimiento al preparador seleccionado .....	48
6.7. Validación de Preparación en Automático. ....	49
6.8. Resultados con la línea automatizada. ....	53
<b>VII. CONCLUSIONES</b> .....	54
<b>VIII. SUGERENCIAS</b> .....	54
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la empresa Herdez S.A. de C.V. ....	31
Figura 2. Croquis de las instalaciones de la planta.....	33
Figura 3. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de mayonesa.....	39
Figura 4. Viscosidad de premezcla en el mes de junio.....	42
Figura 5. Viscosidad en línea 3.....	43
Figura 6. Viscosidad en línea 6.....	44
Figura 7. Comparativo de viscosidad en línea 6.....	46
Figura 8. Operador 4 en línea 6.....	48
Figura 9. Sentido de giro de los agitadores en cada charlotte.....	50
Figura 10. Viscosidad utilizando diferente yema en charlotte 9.....	51
Figura 11. Viscosidad utilizando diferente yema en charlotte 10.....	52
Figura 12. Viscosidad utilizando diferente yema en charlotte 11.....	52
Figura 13. Comparativo en línea 7, antes y después de la automatización.....	53

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis estadístico de viscosidad del mes de junio de 2007.....	42
Cuadro 2. Análisis estadístico de viscosidad en línea 3.....	43
Cuadro 3. Comparativo en línea 6.....	44
Cuadro 4. Resultados en línea 7.....	45
Cuadro 5. Comparativo en una misma línea.....	45
Cuadro 6. Análisis del seguimiento al preparador modelo.....	48
Cuadro 7. Porcentaje de ingredientes agregados en un batch.....	49
Cuadro 8. Parámetros fisicoquímicos en mayonesa limones en línea 7.....	49
Cuadro 9. Monitoreo en línea 7 automatizada.....	50
Cuadro 10. Porcentaje de ingredientes agregados en un batch en línea automatizada.....	53





## I. RESUMEN

Se presenta el informe de la estancia industrial realizada en la compañía Herdez, S. A. de C.V., en la que se tuvo como objetivo revisar el proceso de producción de mayonesa y establecer condiciones de operación que permitieran sistematizarlo para que la calidad del producto fuera constante.

La mayonesa es un producto emulsionado y de acuerdo a la asociación para aderezos y salsas (ADS, por sus siglas en inglés), de Estados Unidos, los estándares de mayonesa son: un mínimo de 65% en peso de aceite vegetal (algunas marcas de mayonesa, contienen 80% o más de aceite), 2.5 % de ácido acético o cítrico (impedir crecimiento microbiano) y yema de huevo (la yema contiene propiedades emulsificantes y da a la mayonesa un color amarillo pálido). (Larsson. 1990). Una emulsión se define como una suspensión o dispersión de un líquido en otro, siendo las moléculas de los dos líquidos, inmiscibles, o mutuamente antagónicas. Las variables más importantes que determinan las propiedades de una emulsión son las siguientes: tipo, es decir, aceite en agua (o/w) o agua en aceite (w/o); distribución de tamaño de las gotas; fracción volumétrica de la fase dispersa ( $\phi$ ); composición y grosor de la película superficial en torno a las gotículas; la composición de la fase continua, que determina las relaciones entre el disolvente y el surfactante y, por lo tanto, las interacciones coloidales. Para mantener las gotitas de un líquido, suspendidas en el otro, en el cuál no se puede mezclar, se requiere de una tercera sustancia, cuyas moléculas tengan cierta afinidad por ambos líquidos. La afinidad debe ser parcial y desigual. Dicha sustancia se denomina emulsificante. Los emulsificantes pertenecen a un grupo de compuestos denominados surfactantes. (Charley. 2006)

La automatización en las líneas de producción es elemental, ya que logra que la empresa aumente su productividad y eleve la calidad del producto. En la empresa Herdez S.A de C.V. se realizó un seguimiento: se conoció el proceso de elaboración de mayonesa, observando detenidamente a cada uno de los preparadores; se recopiló información de viscosidades obtenidas de varios lotes para cada uno de los preparadores;; se hizo una selección de preparadores, a los cuáles se les hizo un seguimiento, tanto en su forma de preparación, como en las viscosidades obtenidas; se seleccionó un preparador modelo, al cual se le continuó el seguimiento. Se automatizó la línea en base al preparador seleccionado. Con el panel de automatización instalado, se realizaron pruebas de validación para el sistema; se localizaron posibles causas, por las que la viscosidad de la mayonesa podía variar.

## II. INTRODUCCIÓN

### 2.1. Descripción técnica y administrativa de la empresa.

A nivel operativo el grupo funciona mediante unidades de negocio, teniendo cada una de ellas los siguientes objetivos principales:

1. Satisfacer plenamente las necesidades de sus cliente y consumidores
2. Acrecentar el liderazgo de sus productos.
3. Obtener rentabilidad en cada una de las operaciones que atiende.
4. Incrementar constantemente la eficiencia y la eficacia de sus operaciones

Herdez Planta México, es una empresa con una gran infraestructura y actualmente certificada con el sistema ISO 9000. En Planta México se cuenta con diversos procesos de producción para:

- Elaboración de mayonesas y aderezos.
- Elaboración de mermeladas.
- Elaboración de mostaza.
- Elaboración de jugos y néctares.
- Elaboración de productos cárnicos enlatados.
- Elaboración de salsas para guisar.
- Elaboración de consomé de pollo.

Herdez cuenta con diferentes plantas, centros y bodegas de distribución a lo largo de la república, lo que le permite vender sus productos prácticamente en todo el país, con la garantía de que los productos llegan a sus destinos en buenas condiciones.

#### 2.1.1. Giro

Industria Alimentaria: Alimentos, aderezos y bebidas.

#### 2.1.2. Organigrama

En la figura 1 se muestra el organigrama, de la empresa Herdez, S.A. de C.V. Se destaca el área de producción, donde se realizó la estancia.

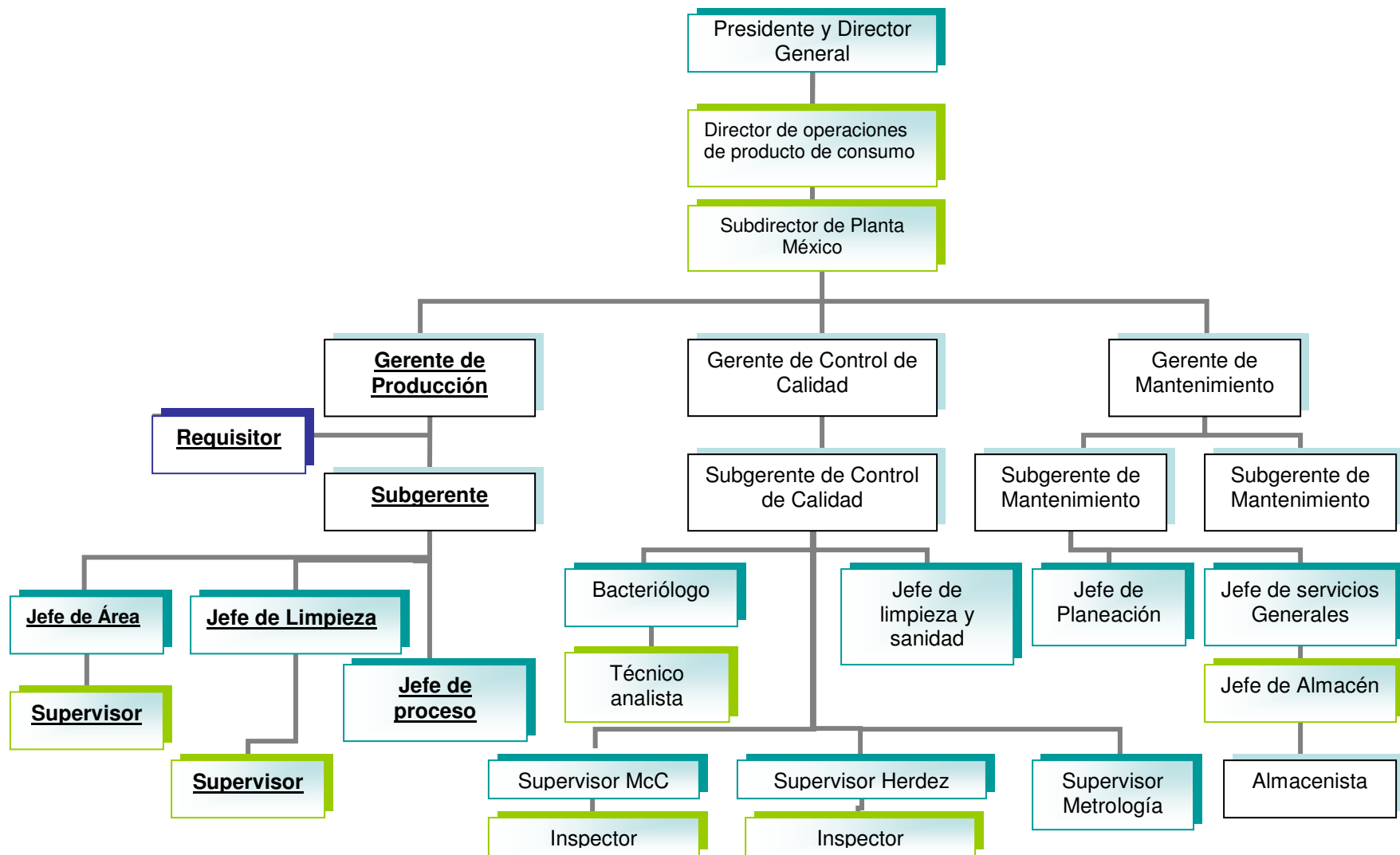


Figura 1. Organigrama de la empresa Herdez S. A de C.V.

Durante la estancia industrial se logró observar la relación entre los diferentes departamentos, y la importancia de cada uno de ellos. El departamento de producción esta directamente relacionado con el departamento de control de calidad, ya que este controla la calidad del producto final, verifica durante toda la jornada que el producto que se esta fabricando se encuentre dentro de los parámetros establecidos, tanto en normas como en los establecidos por la propia empresa.

### **2.1.3. Misión**

Poner al alcance de los consumidores, principalmente en los mercados de México y Estados Unidos, alimentos y bebidas de calidad, con marcas de prestigio y valor crecientes.

### **2.1.4. Visión**

Crecer y posicionarse como una organización líder en el negocio de alimentos y bebidas, reconocida por la calidad de sus productos y por la efectividad de sus esfuerzos orientados a asegurar la satisfacción de las necesidades y expectativas de sus consumidores, en un marco de atención y servicio competitivos para sus clientes.

### **2.1.5. Valores**

Honestidad, Orientación a resultados, Trabajo en equipo y confianza.

### **2.1.6. Política de Calidad.**

La empresa, como una gran familia, asegura la satisfacción del consumidor, y de sus clientes externos e internos. Comprometida con la calidad de sus productos, vigila que sean seguros y saludables, para que puedan consumirse con toda confianza; en Herdez servir es un signo de perfección. Tiene como objetivos: rentabilidad, limpieza y buenas prácticas de manufactura, seguridad, apego a las especificaciones, faltantes de producto, destrucciones y reacondicionamiento

### 2.1.7. Croquis de la Planta

En la figura 2 se presenta es croquis de las instalaciones de la empresa Herdez S.A. de C.V., la cuál se encuentra localizada en Calzada San Bartolo Naucalpan No.360, Col Argentina Poniente. C.P. 11230 México, Distrito Federal.



Figura 2. Croquis de instalaciones de la planta.

### **2.1.8. Antecedentes Históricos de la empresa.**

En 1914 en la ciudad de Monterrey, los hermanos Fernández, crean una empresa cien por ciento mexicana, que más tarde se convertiría en el grupo Herdez. En 1921 se constituye formalmente como una empresa en sociedad.

En 1929 ingresa a la empresa Don Ignacio Hernández del Castillo, asumiendo el puesto de gerente de ventas, en 1941 Don Ignacio adquiere la compañía comercial Herdez S.A y, para 1945 la empresa contaba ya con sucursales en la ciudad de Monterrey, Guadalajara y Mérida. En 1947, la compañía se asocia con McCormick de México.

En 1956 debido a su constante crecimiento, se ubica en su actual establecimiento en: Calzada San Bartolo Naucalpan No.360, Col Argentina Poniente. C.P. 11230.México, Distrito Federal, el cuál cuenta con una superficie de 35000 m<sup>2</sup> distribuidos entre oficinas, fabricas y almacenes. En 1962, nace la línea Herdez.

### **2.2 Antecedentes.**

La mayonesa es un producto emulsionado. La “Norma de identidad” de 1952 describe la mayonesa como un semisólido emulsionado, con no menos de 65%, en peso de aceite vegetal comestibles. La mayonesa contiene un componente ácido tal como vinagre, zumo de limón o ácido cítrico, para impedir el crecimiento bacteriano, y yema de huevo o huevo entero. Opcionalmente la mayonesa puede contener sal, mostaza, pimentón, un agente edulcorante y glutamato monosódico. (Vaclavik.1998).

De acuerdo a la asociación para aderezos y salsas (ADS, por sus siglas en inglés), de Estados Unidos, los estándares de mayonesa son: un mínimo de 65% en peso de aceite vegetal (algunas marcas de mayonesa, contienen 80% o más de aceite), 2.5 % de ácido acético o cítrico (inhibe el crecimiento microbiano) y yema de huevo (la yema contiene propiedades emulsificantes y da a la mayonesa un color amarillo pálido). (Larsson. 1990).

Para hacer mayonesa, se combinan el ácido más el condimento y la yema de huevo. La forma del recipiente debe ser estrecho y profundo, y las hojas de la batidora utilizada para incorporar el aceite, son importantes para hacer una buena emulsión. Además, la mostaza y la yema de huevo disminuyen la tensión interfacial entre el agua y el aceite. La fracción de livetina de las proteínas de la yema de huevo y las micelas parecen ser los agentes activos de superficie más activos. Con cada porción de aceite añadida, la mezcla se bate lo suficiente para romper la grasa en pequeñas gotitas. Es importante que al principio se

añadan pequeñas porciones de aceite, y que cada porción este totalmente emulsionada antes de añadir la siguiente. El batido puede ser continuo o intermitente. Después de que parte del aceite se ha emulsionado, las siguientes porciones se emulsionan más fácilmente. Para evitar cortar la emulsión, no se debe añadir una mayor cantidad de aceite de la que ya ha sido emulsionada. (Charley. 2006).

La mayonesa se espesa a medida que se incorpora más aceite. La pregunta es por qué al añadir un aceite líquido a la yema de huevo y al ácido, ambos líquidos, se obtiene un producto tan espeso como la mayonesa. Primero, considérese qué pasa con el aceite. En volumen fluye. Pero cuando se separa en gotas que se encuentran rodeadas por una capa de emulsificante, el aceite se inmoviliza y pierde su fluidez. A medida que se incorpora más aceite, las gotitas se hacen más numerosas y aumenta el área interfacial entre el aceite y el ácido. El siguiente ejemplo, servirá para ilustrar la magnitud del aumento en el área superficial cuando se emulsiona el aceite. Imaginar un cilindro con un diámetro de un centímetro cuadrado que contiene 10 mililitros de aceite y una cantidad determinada de agua. El área interfacial entre el aceite y el agua es de 1 centímetro cuadrado. Si este aceite se emulsiona en el agua como gotitas de 0.1 micrómetros de diámetro, el área interfacial a aumentado 3 millones de veces (a 300 metros cuadrados). El agua en la mayonesa, que separa las gotitas de aceite, se reduce a una capa muy delgada, gran parte de la cuál se fija a la superficie de las gotitas de grasa. El flujo de cualquier agua libre en estas capas, es impedido por las gotas de grasa. Entre más aceite se agregue y más finamente se divida, mas espesa es la mayonesa. De hecho, puede adquirir la suficiente consistencia como para ser cortada y mantener un borde bien delimitado. Una yema de huevo contiene suficiente emulsificante para cubrir las gotitas de grasa de 2 o posiblemente 3 tazas de aceite.(Charley. 2006).

### **2.2.1. Emulsión**

Una emulsión se define como una suspensión o dispersión de un líquido en otro, siendo las moléculas de los dos líquidos, inmiscibles, o mutuamente antagónicas.

Las variables más importantes que determinan las propiedades de una emulsión son las siguientes:

- Tipo, es decir, o/w o w/o. El tipo determina, entre otras cosas, con qué líquido puede diluirse una emulsión.
- Distribución de tamaño de las gotas. Repercute en un modo importante en la estabilidad física; generalmente las gotas más pequeñas constituyen emulsiones más estables. Un diámetro típico de las gotas dispersas es el de 1  $\mu\text{m}$ , pero puede oscilar entre 0.2, y varios micrómetros. La amplitud de la distribución de tamaño es igualmente importante, por la gran dependencia de la estabilidad con respecto al tamaño de partícula.
- Fracción volumétrica de la fase dispersa ( $\phi$ ). En la mayor parte de los alimentos,  $\phi$  oscila entre 0.01 y 0.4. En la mayonesa, puede ser de 0.8, que es un valor superior al máximo para el empaquetamiento de esferas rígidas, aproximadamente 0.7; esto significa que las gotas de aceite tienen que estar algo distorsionadas.
- Composición y grosor de la película superficial en torno a las gotículas. Determina la tensión interfacial, las fuerzas de interacción coloidales etc.
- La composición de la fase continua, que determina las relaciones entre el disolvente y el surfactante y, por lo tanto, las interacciones coloidales.

La energía necesaria para formar y romper las gotículas se suministra generalmente mediante una agitación intensa. La agitación puede generar fuerzas de cizalla suficientemente intensas si la fase continua es muy viscosa, como suele suceder al fabricar emulsiones w/o, lo que resulta en gotículas con diámetros de hasta unos pocos micrómetros (que no es un diámetro muy pequeño). En una emulsión o/w, la viscosidad de la fase continua tiende a ser baja; para romper las gotículas se requieren fuerzas de inercia producidas por las rápidas e intensas fluctuaciones de presión debidas al flujo turbulento. (Fenemma 2000).

Para mantener las gotitas de un líquido, suspendidas en el otro, en el cuál no se puede mezclar, se requiere de una tercera sustancia, cuyas moléculas tengan cierta afinidad por ambos líquidos. La afinidad debe ser parcial y desigual. Dicha sustancia se denomina emulsificante. Los emulsificantes pertenecen a un grupo de compuestos denominados surfactantes. (Charley. 2006)

Los emulsificantes, también llamados emulgentes, actúan de las siguientes formas:

- Se adsorbe a la interfase entre dos líquidos inmiscibles como aceite y agua.
- Reduce la tensión interfacial entre dos líquidos, permitiendo que un líquido se distribuya más fácilmente alrededor de otro.



- Forma una película interfacial estable, coherente y viscoelástica, que evita o retrasa la coalescencia de las gotitas dispersas de la emulsión.

Las moléculas que pueden actuar como emulgentes tienen tanto una sección polar hidrofílica, que es atraída por el agua, como una sección hidrofóbica, que es atraída por los solventes hidrofóbicos tales como el aceite. (Vaclavik.1998).

La regla de Bancroft dice: "La fase continua será aquella en la que el emulsificante es más soluble." (Fenemma 2000).

Los buenos emulgentes son capaces de interactuar en la interfase para formar una película continua que no se rompe fácilmente. Por lo tanto, cuando dos gotitas colisionan, la película de emulgente permanece intacta, las gotitas no coalescen para formar una gota grande. Por el contrario se alejan unas de otras.

Los mejores emulgentes son proteínas, como la yema de huevo o las proteínas lácteas, porque son capaces de interactuar en la interfase para formar películas estables, y por lo tanto formar emulsiones estables. (Vaclavik.1998).

### **2.3. Proceso.**

En la figura 3, se muestra el diagrama de bloques del proceso de elaboración de mayonesa, utilizado dentro de la empresa Herdez.

#### **2.3.1. Descripción del proceso**

- Recepción de materia prima. La yema de huevo, se recibe congelada, en bolsas, dentro de cubetas de 13.6 Kg. y un 10% de sal. Las especias se reciben en polvo, en bolsas, que se van estibando, el aceite se recibe, y almacena en silos. Durante la recepción, se realizan pruebas microbiológicas y de calidad, a cada una de las materias primas.
- Premezcla. Tanto el vinagre como las especias, son mezclados, dentro de la empresa, esta primera mezcla es denominada slurry.

- Enfriamiento. Para que la emulsión se realice, es necesario que los ingredientes, se encuentren a bajas temperaturas, entre 8 y 10 °C , en el caso de la yema de huevo, desde que se recibe se encuentra congelada, solo se mantiene en un cámara para evitar que aumente la temperatura, es importante destacar que la temperatura a la cuál entra finalmente la yema de huevo no es controlada, durante la estancia en la empresa se logro identificar un rango de -10°C hasta aproximadamente 10°C. El aceite es enfriado con un intercambiador de calor, este enfría el aceite con agua previamente enfriada en otro intercambiador de calor utilizando etilenglicol. Para el caso del slurry, este es enviado a través de una bomba centrífuga a un intercambiador de calor, el cuál lo enfría por medio de agua, proveniente igual que en el caso del aceite, de otro intercambiador que enfría el agua utilizando etilenglicol.
- Elaboración de emulsión. Los ingredientes son mezclados en un tanque, el cual tiene en el fondo, tres impulsores, colocados en forma horizontal, en el centro uno más grande y a los lados dos más pequeños , estos similares a una turbina Rushton, solo que cada una de las paletas, están colocadas con una inclinación, aproximadamente de 45°, este equipo es llamado Charlotte (CH).
- Molienda (estabilización) .Realizada la emulsión, esta se pasa a través de un molino coloidal, el cuál ayuda a que la emulsión sea permanente, así como el aumento de la viscosidad. Esto debido a que las moléculas tanto de la fase continua , como de la fase dispersa, disminuyen su tamaño y por lo tanto es más difícil que se llegue a romper la emulsión.
- Envasado. El envasado se realiza con llenadoras, las diferentes líneas de producción cuentan con diferentes presentaciones, de 4,8,16 y 64 onzas.

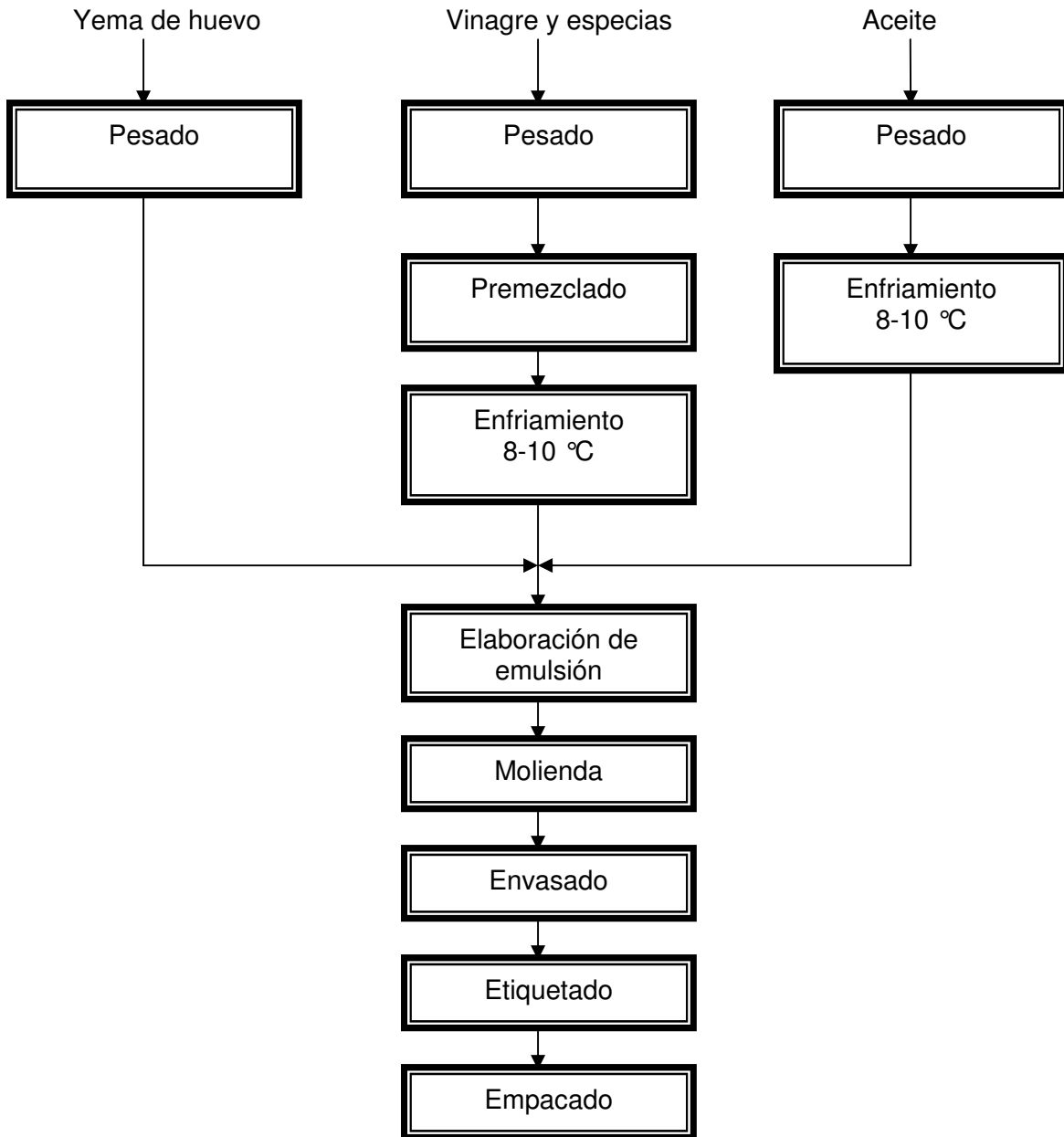


Figura 3. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de mayonesa

### **III. JUSTIFICACIÓN**

La automatización en las líneas de producción es elemental, logra que una empresa aumente su productividad y eleve la calidad del producto; se consigue mediante la exactitud de las máquinas automatizadas. En la elaboración de mayonesa, la perspectiva es eliminar toda variante por cuestiones de metodología en la elaboración, para obtener siempre mayonesa de alta calidad, donde sus propiedades siempre sean las mismas, para que así la empresa pueda aumentar su competitividad, estando siempre a la vanguardia en tecnología.

### **IV. OBJETIVOS**

#### **4.1 Objetivo general:**

- Revisar el proceso de producción de mayonesa y establecer condiciones de operación que permitan sistematizarlo para que la calidad del producto sea constante.

#### **4.2 Objetivos Específicos:**

- Conocer el proceso de elaboración de Mayonesa, en la empresa Herdez, S.A. de C.V.
- Monitorear el desarrollo de las habilidades de los operarios durante la elaboración de mayonesa.
- Identificar un preparador modelo.
- Hacer la propuesta para automatizar el sistema de producción.

## **V. METODOLOGÍA**

Durante la estancia en la empresa Herdez, S.A. de C.V., se trabajó en un proyecto de automatización de líneas de producción de mayonesa. Las etapas del proyecto fueron las siguientes:

1. Se conoció el proceso de elaboración de mayonesa, observando detenidamente a cada uno de los preparadores.
2. Se recopiló información de viscosidades obtenidas por cada uno de los preparadores. Siendo la viscosidad un parámetro de calidad y funcionalidad muy importante para la empresa. Esta viscosidad se tomaba en un viscosímetro rotacional de Brookfield, con varilla en forma de T, por ser la mayonesa un fluido altamente viscoso.
3. Se compiló información de viscosidades obtenidas, en cada línea de producción.
4. A partir de las observaciones de su desempeño, se hizo una selección de preparadores, a los cuáles se les continuó haciendo un seguimiento, tanto en su forma de preparación, como en las viscosidades obtenidas en los lotes que trabajaron.
5. Se seleccionó un preparador modelo, al cuál se le continuó el seguimiento.
6. Se automatizó la línea en base a las condiciones de operación del preparador seleccionado.
7. Con el panel de automatización instalado, se realizaron pruebas de validación para el sistema.
8. Se localizaron posibles causas, por las que la viscosidad de la mayonesa podía variar.

## VI. RESULTADOS

### 6.1. Resultados de un primer monitoreo, en diferentes líneas de producción.

Se presentan tanto en la figura 4, como en el cuadro 1, resultados de viscosidad de premezclas las cuáles fueron de interés para saber quién sería el preparador modelo, y analizar las causas que hacen que estas viscosidades varíen, independientemente del preparador.

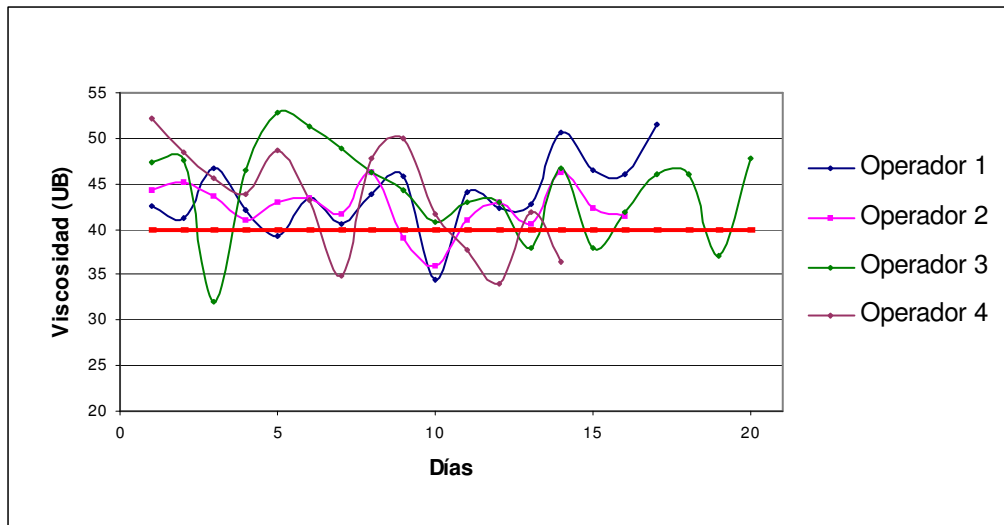


Figura 4. Viscosidad de premezcla en el mes de junio

Cuadro 1. Análisis estadístico de viscosidad en el mes de junio de 2007

\*MC: Indica el número de línea de producción

	<b>Operador 1</b> <b>MC 7</b>	<b>Operador 2</b> <b>MC 6</b>	<b>Operador 3</b> <b>MC 4</b>	<b>Operador 4</b> <b>MC 3</b>
Desviación Estándar	3.43	2.71	4.47	5.50
Promedio	44.67	42.75	44.77	43.65
Coefficiente de. variación	0.33	0.13	0.12	0.70

Respecto al análisis hecho, observado en el cuadro 1, se puede observar que el operador 2 fue el más constante en la obtención de viscosidades respecto a su promedio (menor desviación estándar), pero no por ello con las mejores. Observando los promedios, de mayor a menor viscosidad tenemos a los preparadores en el siguiente orden: operador 3, operador

1, operador 4 y operador 2. Teniendo al operador 3 con la menor dispersión de datos pues la mayoría son parecidos entre si (menor coeficiente de variación).

Aunque es importante analizarlos en las diferentes líneas porque no todas trabajan de la misma manera, además que estos datos no se pudieron considerar confiables, en la figura 4, no se puede distinguir quien es el preparador con mejor viscosidad.

### 6.2. Resultados del primer y segundo turno en línea 3.

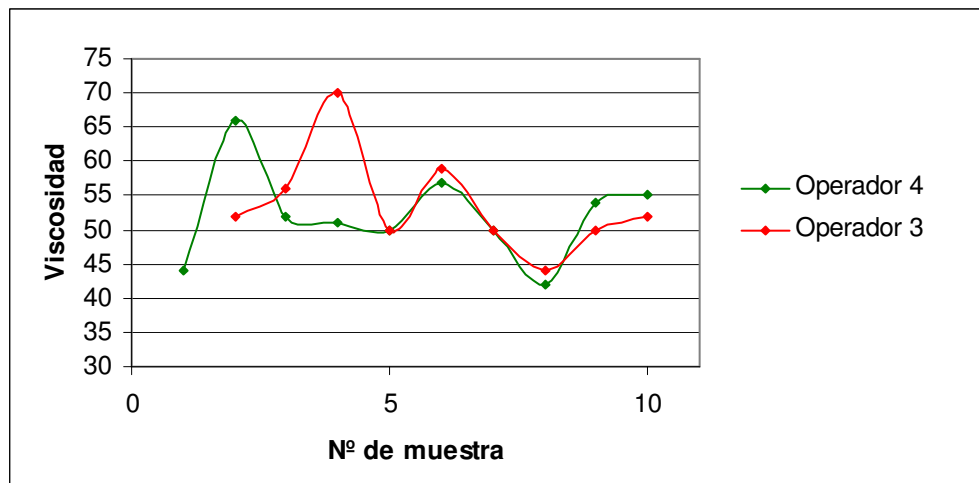


Figura 5. Viscosidad en línea 3

Cuadro 2. Análisis estadístico de viscosidad en línea 3.

	<b>Operador 4</b> <b>MC03/1</b>	<b>Operador 3</b> <b>MC03/2</b>
Promedio	37.38	37.30
Desviación Estándar	4.50	3.27
Coeficiente de Variación	0.12	0.42

\*MC: Indica el número de línea de producción. /1 primer turno y /2 segundo turno

Comparando al operador 4 y al operador 3 trabajando en una misma línea, según el cuadro 2, el operador 4, obtuvo mejor viscosidad aunque no en una diferencia mayor a la unidad, el operador 3 obtuvo una desviación menor con respecto a su media (desviación estándar) pero su media fue más baja por lo cuál se tuvo que observar el coeficiente de variación y, el operador 4 tiene uno menor, esto quiere decir que el comportamiento de sus datos no es tan disperso, estos son parecidos entre sí por lo cuál la viscosidad obtenida es más constante.

El comportamiento también se puede observar en la figura 5, donde la mayoría de las muestras del operador 4, fueron superiores en viscosidad, con respecto al operador 3.

6.3. Resultados en línea 6.

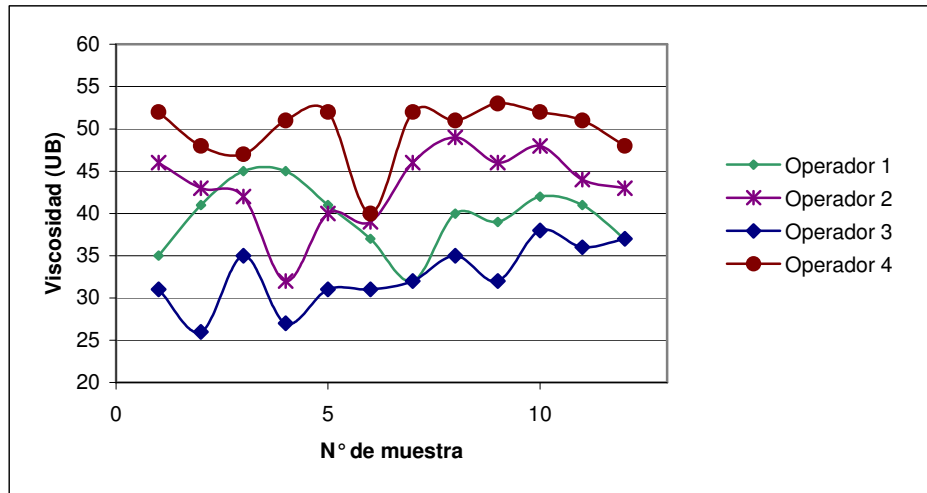


Figura 6. Viscosidades en línea 6.

Cuadro 3. Comparativo en línea 6

	<i>Operador 1</i>	<i>Operador 2</i>	<i>Operador 3</i>	<i>Operador 4</i>
Promedio	39.61	43.50	32.58	50.35
Desviación Estándar	3.38	4.38	3.75	3.16
Coficiente de Variación	0.00	0.20	0.52	0.02

Como se observa en el cuadro 3, la persona más constante fue el operador 1 con un coeficiente de variación muy cercano a cero, pero la desviación estándar no fue la mejor es decir sus datos están alejados de su propio promedio. Y observando los promedios, el que mayor viscosidad obtuvo en premezcla fue el operador 4, además que sus valores fueron los más cercanos a su media debido a que su desviación estándar fue la menor y; en cuanto a su dispersión de datos el resultado es bueno, comparado con el mejor, la diferencia no es muy significativa.

En este monitoreo realizado, en la figura 6 se observa claramente que el mejor preparador fue el operador 4.



#### 6.4. Resultados en línea 7.

En la línea 7, solo trabajaba una persona, el operador 1, por lo tanto no se pudo realizar una comparación, solamente se compilaron los datos, para tener un antecedente de su trabajo en esta línea, presentando promedio, desviación estándar y coeficiente de variación en el cuadro 4.

Cuadro 4. Resultados en línea 7

Desviación Estándar	3.43
Promedio	44.67
Coeficiente de Variación	0.33

En esta parte se llegó a la eliminación del operador 3, porque sus alta viscosidad obtenida y su poca variación fue atribuida al equipo, la mayoría de veces este operador trabajó en la línea 4 la cuál tiene un mejor funcionamiento, y al estar trabajando en otra línea, la viscosidad no es muy buena.

El operador 1, no se eliminó ya que al trabajar en la línea 7 el presento resultados de viscosidad variados pero algunos muy altos y, en esta línea no se pudo comparar con nadie más, por lo cuál se requirió llevar un seguimiento.

El operador 4, se le dio seguimiento ya que sus resultados bajos fueron atribuidos a su trabajo en la línea tres, la cual es automática y aún no se encontraba en optimas condiciones de trabajo además de sus altas viscosidades trabajando en otras líneas, por ejemplo en línea seis.

#### 6.5. Comparación de preparadores seleccionados, trabajando en una misma línea.

En el seguimiento se monitorearon a los tres preparadores, comparando los resultados de viscosidad obtenidos, trabajando en la misma línea.

Cuadro 5. Comparativo en una misma línea

	<i>Operador 1</i>	<i>Operador 2</i>	<i>Operador 4</i>
Promedio	37.61	38.33	46.11
Desviación Estándar.	3.04	3.06	4.09
Coeficiente de variación	0.2963	0.0002	0.0018

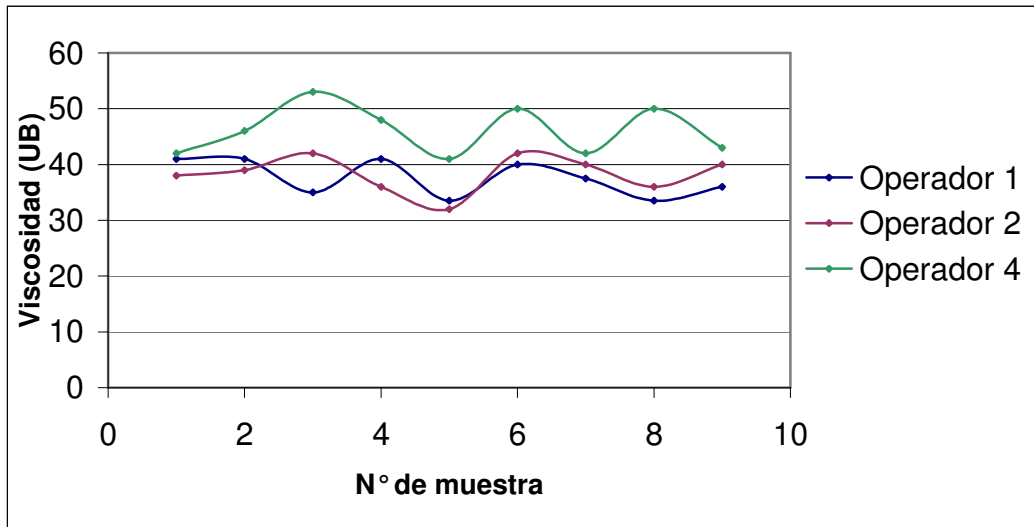


Figura 7. Comparativo de viscosidad en línea 6

Durante este seguimiento, también se logró identificar diferentes formas de preparación. Cada preparador fue monitoreado al momento de realizar la emulsión, después de cierto número de batch (lote), se observaron que algunos tienen diferentes formas de preparar entre un batch y otro.

#### Operador 1:

Se identificaron tres formas de preparar la emulsión:

1. Realiza descarga de slurry, terminada esta comienza agregar la yema de huevo, terminando esta etapa, agrega el aceite y hace la segunda descarga de slurry.
2. Agrega la mitad de yema de huevo, comienza la descarga de slurry y sin terminar de agregar la yema de huevo, comienza a descargar el aceite, terminado de descargar este, comienza la segunda descarga de slurry.
3. Sin agitación agrega la yema de huevo, comienza agitación y descarga de slurry, siguiendo con aceite y la segunda descarga de slurry.

### Operador 2:

Tiene 2 formas de preparar:

1. Se comienza con agitación agregando primero el slurry y sin terminar de añadirlo se comienza a adicionar la yema de huevo y ya terminado el slurry, pero aún sin terminar de agregar el huevo, se comienza a agregar el aceite, seguido de la segunda carga de slurry. Agrega los ingredientes muy rápido.
2. Primero agrega yema de huevo, sin agitación; comienza agitación y agrega el slurry, siguiendo con el aceite y la segunda carga de slurry.

### Operador 4:

Durante un buen tiempo de observación, se vio que este preparador tiene la misma forma de realizar la emulsión, es decir no tiene grandes variantes en su técnica:

1. Comienza con agitación, comienza la incorporación del slurry y aún sin terminar esta se va agregando la yema de huevo, pasando unos cuantos segundos comienza a sumarse el aceite seguido de la segunda carga de slurry.

En este monitoreo, el operador 1 fue descartado debido a que obtuvo las viscosidades más bajas, y aunque su desviación también fue baja, no era de interés una buena desviación con una viscosidad baja además que sus resultados fueron los más dispersos entre sí; sumándose a esto que se encontraron tres distintas formas de preparar por lo cuál es el preparador menos constante en este análisis.

El operador 2, es el que menor desviación tuvo con respecto a su promedio y fue el más constante ya que su coeficiente de variación fue bajo (0.0002), aunque se localizaron dos diferentes formas de preparar y muy posiblemente por esto, no con el mejor promedio de viscosidad lo cuál es lo que se buscaba.

El operador 4, en este caso es el que menos variaciones tiene entre sus datos, ya que su coeficiente de variación es muy cercano a cero y aunque la desviación con respecto a su media fue la más alta su promedio de viscosidad es el mayor. Agregando a esto que en el tiempo que fue monitoreado, tuvo una sola forma de realizar su preparación, lo cuál es muy importante para cubrir el objetivo deseado.

En conclusión, el preparador modelo fue el operador 4 siendo más constante y con las mejores viscosidades.

### 6.6. Seguimiento al preparador seleccionado

En la figura 8 y en el cuadro 6, se pueden apreciar los resultados, estos son buenos y las variaciones son debidas a la forma de operar el agitador, porque la agitación es un parámetro muy importante para obtener resultados de viscosidad más altos.

Dentro del seguimiento realizado, se encontró un orden para agregar los ingredientes y en forma manual también hubo variaciones con los medidores de flujo dentro de los siguientes rangos porcentuales:

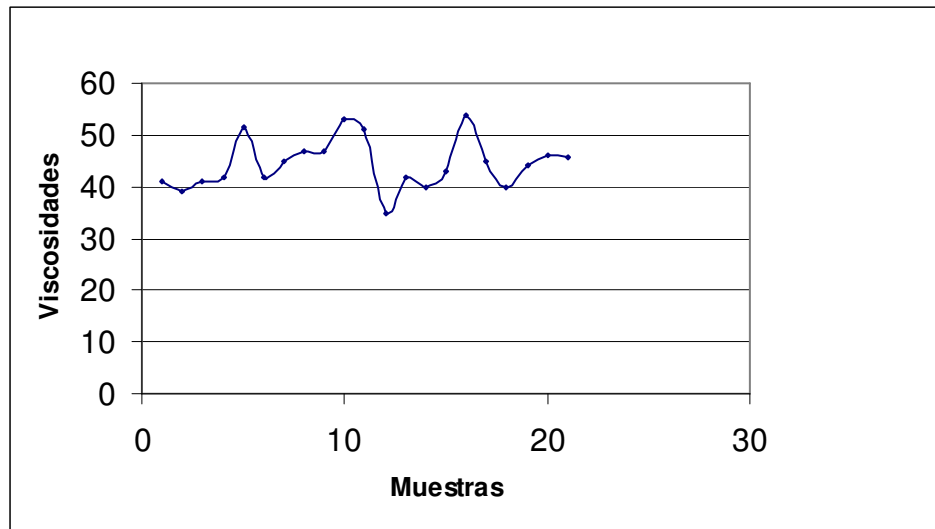


Figura 8. Operador 4 en línea 6

Cuadro 6. Análisis del seguimiento al preparador modelo

	<b><i>Operador 4</i></b>
Promedio	44.48
Desviación Estándar.	4.88
Coeficiente de variación	0.02

En el cuadro 7, se presentan los ingredientes, en el orden en que se agregaban, sin contar la yema de huevo, ya que esta, era agregada manualmente, no se usaba un medidor de flujo, solo se incorporaba tal como llegaban del proveedor (bolsas en cubetas, fría, líquida o congelada, de 13.6 Kg).

Cuadro 7. Porcentaje de ingredientes agregados en un batch

<i>Ingredientes</i>	<i>Rango de porcentaje agregado</i>
Slurry	14.3-19.05 %
Aceite	20.6-24.5 %
Aceite	75.5-79.4 %
Slurry	80.95-85.7 %

Como se sabe, para formar una emulsión es importante las cantidades de aceite y el otro líquido inmiscible, para el caso slurry (mezcla de vinagre y especias), para evitar que esta se cortara, por lo cuál, al hacer la mayonesa, el slurry y el aceite, se fraccionaban en dos partes, pero no siempre caía la misma cantidad, o el medidor de flujo no registraba lo mismo en cada preparación. Por lo tanto al automatizar la línea, también fue necesario que se cambiaran los medidores de flujo.

Con los datos recabados se procedió a la automatización de la línea.

### 6.7. Validación de Preparación en Automático.

Lo primero que se realizó fue ver los parámetros fisicoquímicos del producto final, para ver si estaban dentro de los rangos de calidad.

Cuadro 8. Parámetros fisicoquímicos de mayonesa limones en línea 7.

<i>CH</i>	<i>% Sal</i>	<i>% Acidez</i>	<i>% Humedad</i>	<i>% Grasa</i>	<i>Sólidos totales</i>	<i>Viscosidad</i>	<i>T° Slurry (°C)</i>	<i>T° Aceite (°C)</i>
9	1.52	0.47	13.31	81.27	5.92	35	8.4	8.4
10	1.55	0.52	13.32	81	5.41	47	8.1	8.1
11	1.5	0.5	13.69	81.3	5.01	63	8.3	8.3

En el cuadro 8 se observan los parámetros en cada una de las tres Charlottes (CH), que componen la línea 7. Todas las medidas son aceptadas en los rangos y valores mínimos requeridos para mayonesa por consiguiente se pudo seguir realizando análisis para seguir en una mejora al producto.

Dando un seguimiento al funcionamiento de la línea recién automatizada, se obtuvieron datos en cada una de las Charlottes.

En el monitoreo realizado, mostrándose los resultados en el cuadro 9, se observó que en la charlotte 9 se obtuvieron las viscosidades más bajas y en la 10 las más altas, por lo cuál se analizaron las posibles causas.

Cuadro 9. Monitoreo en línea 7 automatizada

	<b>CH-9</b>	<b>CH-10</b>	<b>CH-11</b>
Promedio	41.91	46.43	46.30
Desviación	2.70	3.09	3.90
Cof. Var	0.29	0.32	0.19

### Sentido de giro de los agitadores

Para cada charlotte tenemos diferente sentido en el que giran los agitadores. Recordando que son tres, colocados en un mismo eje, el sentido de giro es el mostrado en la figura 9.

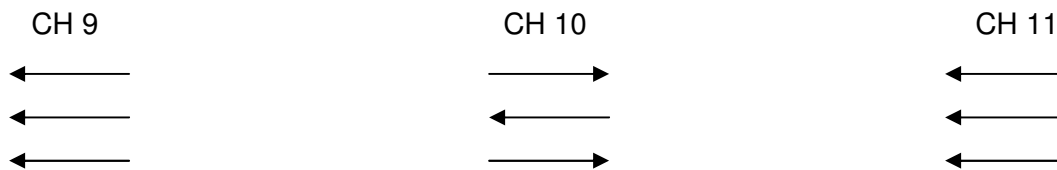


Figura 9. Sentido de giro de los agitadores en cada charlotte.

Por lo tanto es recomendable, que los agitadores giren con las aspas encontradas y no todas hacia el mismo sentido de giro, ya que en la charlotte 9 se obtuvo una viscosidad promedio de 41.23 UB y en la 10 de 46.6 UB.

En la charlotte 9 y 11, el sentido de giro, es el mismo sin embargo, hay una diferencia de viscosidades, por lo cuál es importante revisar otras posibles causas.

### Tipo de yema utilizada

Dentro de esta empresa, se manejan dos proveedores de yema, una es yema congelada y otra es yema líquida, algunas personas que laboran en esta empresa pensaban que esta diferencia, es un factor importante, en la viscosidad final del producto, pero más que esto es la temperatura.

En las figuras 10,11 y 12 se observan puntos en los que al utilizar yema congelada la viscosidad es mayor, pero también existen puntos con todo lo contrario, por lo tanto, gracias a esta pequeña recopilación de datos, se puede decir que el tipo de yema utilizada no influye en cambio, si la temperatura a la que llega a incorporarse a la emulsión.

Es importante tomar en cuenta los errores que pudieron existir al tomar las muestras, estas fueron tomadas en la línea de producción, donde se esperaba cierto tiempo para poder tomar más y así poder medir la viscosidad, ya que esta era medida en el laboratorio de control de calidad el cuál se encontraba un poco lejos del lugar de toma de muestra. Por lo tanto, la dejar pasar el tiempo existe una disminución de viscosidad por el aumento de la temperatura,

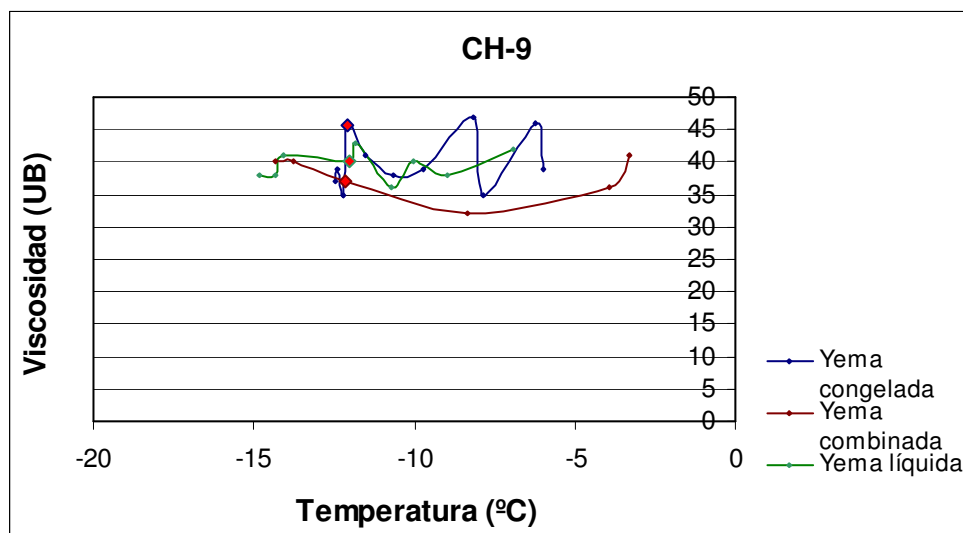


Figura 10. Viscosidad utilizando diferente yema en charlotte 9

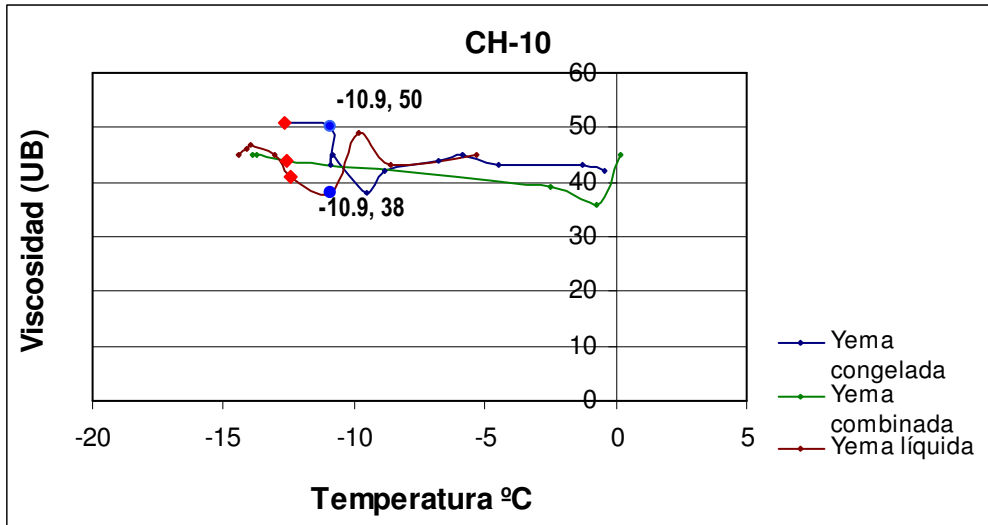


Figura 11. Viscosidad utilizando diferente yema en charlotte 10

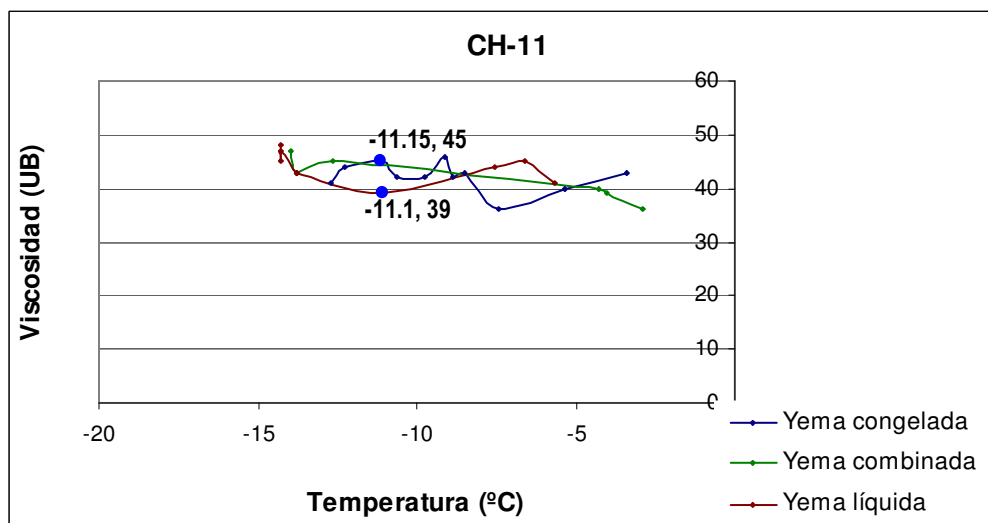


Figura 12. Viscosidad utilizando diferente yema en charlotte 11

### Temperatura

La viscosidad depende mucho de la temperatura; así, es importante tanto controlar la temperatura durante su determinación experimental como señalar la temperatura cuando se citan datos de viscosidad. Todos los líquidos disminuyen su viscosidad cuando aumenta la temperatura. En promedio hay alrededor de un 2% de cambio de viscosidad por cada grado Celsius de cambio en la temperatura, pero para algunas sustancias el cambio puede ser



superior. Las temperaturas deberían controlarse con error máximo de 0.1 °C, durante las determinaciones de viscosidad. (Lewis. 1993).

Por lo tanto la temperatura es un factor muy importante en la viscosidad, y en esta empresa se tendrá una viscosidad constante, siempre y cuando también la yema sea enfiada en la misma empresa, para poder controlar las temperaturas de todos los ingredientes.

**6.8. Resultados con la línea automatizada.**

Cuadro 10. Porcentaje de ingredientes agregados en un batch en línea automatizada

<i>Ingredientes</i>	<i>Rango de porcentaje agregado</i>
<i>Slurry</i>	<i>23.7 – 28.6 %</i>
<i>Aceite</i>	<i>20.6 – 24.5 %</i>
<i>Aceite</i>	<i>75.5 – 79.4 %</i>
<i>Slurry</i>	<i>71.4 – 76.3 %</i>

Los medidores de flujo fueron cambiados y las cantidades de slurry, cambiaron, de modo que la emulsión se realizara con mayor facilidad.

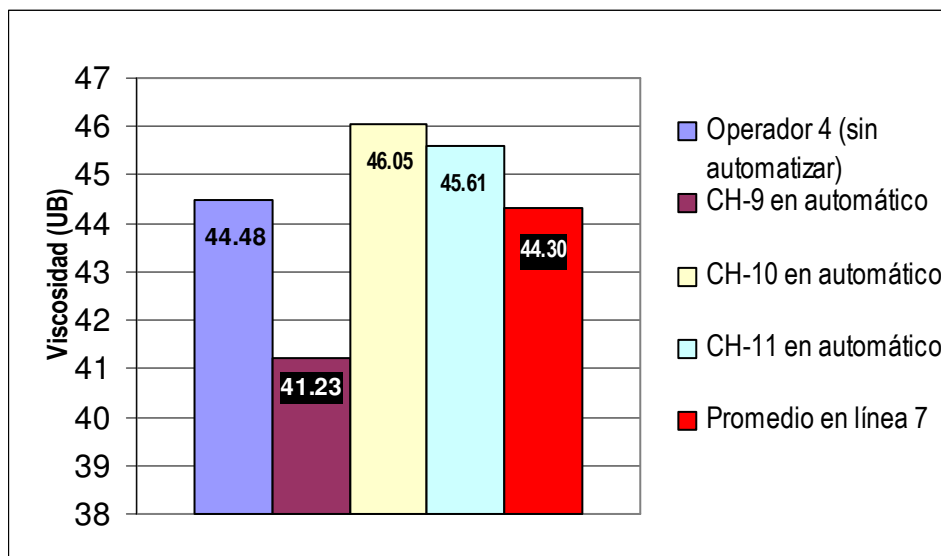


Figura 13. Comparativo en línea 7, antes y después de la automatización

En la figura 13, se observa un comparativo, con las viscosidades obtenidas por el preparador modelo y las obtenidas en automático, donde se puede decir que la automatización fue exitosa debido a que la viscosidad promedio en la línea es prácticamente la misma que la del preparador modelo.

## **VII. CONCLUSIONES**

- Se conoció el proceso de elaboración de Mayonesa, en la empresa Herdez, S.A. de C.V.
- Se revisó el proceso de producción de mayonesa y establecieron las condiciones de operación que permitieron sistematizarlo para que la calidad del producto fuera constante.
- El dejar el proceso a las habilidades de los operadores no permitía estandarizar la calidad del producto.
- Se identificó un preparador modelo, el cuál funcionó para la automatización de proceso.
- Al automatizar el sistema de producción se logró una mayor constancia en las características finales del producto, obteniendo una menor desviación estándar y coeficiente de variación.
- Se efectuaron los análisis necesarios para automatizar líneas de producción de mayonesa.

## **VIII. SUGERENCIAS**

- Para mejorar el proceso, es importante que se controle la temperatura de todos los ingredientes, antes de entrar a la preparación de la emulsión, ya que esta afecta directamente la viscosidad final del producto.
- Es importante que la yema de huevo sea agregada directamente en la empresa, con un tratamiento térmico, donde se controle la temperatura y, la cantidad agregada por un medidor de flujo.

- Revisar el proceso de producción en automático y optimizarlo a través de otras variantes, no solamente el equipo y la materia prima, si no también con la asesoría de los preparadores,

## **IX. BIBLIOGRAFÍA**

1. Charalambous. G. y Doxastakis. G. 1989. Food Emulsifiers. Chemistry Technology, functional properties and applications. Developments in food science 19. Editorial Elsevier. The Netherlands. Pp. 63-85.
2. Charley.H. 2006. Tecnología de Alimentos. Proceso químicos y físicos en la preparación de alimentos. Editorial Limusa Noriega editores. México. Pp.355-368.
3. Fenemma. O.R. 2000. Química de los Alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pp 158-161.
4. Larsson.K y Stige. F. 1990. Food Emulsions. Segunda Edición. Editorial Marcel Dekker. Inc. New Cork And Basel. Pp 327-353.
5. Lewis.M.J. 1993.Propiedades Físicas de los Alimentos y de los Sistema de Procesado. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pp 101-126.
6. Vaclavik. A.V. 1998.Fundamento de ciencia de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pp 203-205,273-278.
7. Anónimo. 2007. Manual de Bienvenida. P. 34.
8. Herdez. S.A. de C.V. Disponible en Línea:  
<http://www.herdez.com.mx>. (05-11-07)



