



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



---

**“EFECTO DEL TIPO DE CARNAZA SOBRE LAS PROPIEDADES  
REOLÓGICAS DEL LICOR DE GELATINA PURA DE ORIGEN BOVINO”**

---

Trabajo de Investigación (Graduación), Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI), presentado como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

**Autor:** José Luis Gutiérrez Lara

**Tutor:** Ing. M. Sc. Juan De Dios Alvarado

**Ambato – Ecuador**

**2013**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Ing. M. Sc. Juan De Dios Alvarado

Siendo el Tutor del Trabajo de Investigación realizado bajo el tema: “EFECTO DEL TIPO DE CARNAZA SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL LICOR DE GELATINA PURA DE ORIGEN BOVINO”, por el egresado José Luis Gutiérrez Lara; tengo a bien afirmar que el estudio es idóneo y reúne los requisitos de un trabajo de investigación de Ingeniería en Alimentos; y el señor egresado posee los méritos académicos suficientes para ser sometido a la evaluación del Jurado Examinador que sea designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, Julio del 2013

---

Ing. M. Sc. Juan De Dios Alvarado

TUTOR

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad del contenido del Trabajo de Investigación (Graduación), Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente: “EFECTO DEL TIPO DE CARNAZA SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL LICOR DE GELATINA PURA DE ORIGEN BOVINO”, corresponde exclusivamente a José Luis Gutiérrez Lara y como patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

---

José Luis Gutiérrez Lara

AUTOR

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Agosto de 2013

Para constancia firman:

---

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación va dedicado primero a DIOS, quien me ha dado la sabiduría y prudencia para poder administrar mi vida, en segundo lugar se lo dedico a Teresa Cobo y Mercedes Lara, quienes han cumplido con el rol de padre y madre, con su amor, cariño y dedicación me han convertido en un hombre de bien, hecho y derecho, en tercer lugar se lo dedico a Vicente Yáñez, mi hermano quien es mi orgullo, mi compañía, mi ñaño querido y por último a toda mi familia en especial a mis tías quienes con esmero siempre nos han brindado su caluroso apoyo incondicional.

José Luis

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato quien a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, me han acogido en su seno para educarme con sus conocimientos, valores, principios y ética profesional.

A todos los docentes de la facultad que contribuyeron con sus conocimientos, experiencias y anécdotas, gracias por su tiempo y por su paciencia.

A mi tutor del presente trabajo de investigación, quien ha sido un modelo de Ingeniero en Alimentos a seguir, gracias Ing. Juan De Dios Alvarado, por compartir con nosotros su vida, su conocimiento y lo más importante gracias por confiar en nosotros.

A PRODEGEL S.A. por permitirme realizar el presente trabajo de investigación y aportar con datos experimentales reales que puedan contribuir en su desarrollo industrial.

Un agradecimiento especial a Patricia González, quién con su AMOR, cariño, paciencia, afecto y respeto ha sido mi compañera sentimental y ha cambiado positivamente mi vida.

En general a todos mis mejores amigos, quienes han compartido conmigo muchas experiencias universitarias, nunca cambien.

José Luis

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

## CAPITULO I PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema de investigación .....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	1
1.2.1. Contextualización .....	1
1.2.2. Análisis crítico .....	4
1.2.3. Prognosis .....	5
1.2.4. Formulación del problema .....	5
1.2.5. Preguntas directrices .....	5
1.2.6. Delimitación del objeto de investigación .....	6
1.3. Justificación .....	6
1.4. Objetivos .....	8
1.4.1. Objetivo general .....	8
1.4.2. Objetivos específicos .....	8

## CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos .....	9
2.2. Fundamentación filosófica .....	16
2.3. Fundamentación legal .....	16
2.4. Categorías fundamentales .....	17
2.4.1. Marco Conceptual de la variable Independiente .....	17
2.4.1.1. Carnaza bovina .....	18
2.4.1.2. Extracción de gelatina pura .....	19
2.4.1.3. Gelatina .....	20
2.4.2. Marco Conceptual de variable Dependiente .....	22
2.4.2.1. Reología .....	22
2.4.2.2. Fluidos Newtonianos .....	24
2.4.2.3. Fluidos no Newtonianos .....	25

2.4.2.3.1. Fluido Dilatante o espesante al corte .....	27
2.4.2.3.2. Fluido Pseudoplástico o adelgazamiento al corte .....	27
2.4.2.3.3. Fluido plástico de Bingham y mixto (HB) .....	27
2.4.2.3.4. Fluidos Tixotrópicos y Reopéptidos .....	28
2.4.2.4. Viscosímetro rotacional Brookfield LVTD.....	30
2.4.2.5. Ley de la potencia .....	31
2.4.2.6. Energía de Activación.....	33
2.5. Hipótesis.....	34
2.6. Señalamiento de variables de la hipótesis .....	34

### **CAPITULO III**

#### **MARCO METODOLÓGICO**

3.1. Enfoque .....	35
3.2. Nivel o tipo de investigación .....	35
3.3. Modalidad básica de la investigación.....	36
3.4. Población y Muestra .....	37
3.4.1. Diseño experimental.....	37
3.4.2. Respuestas Experimentales .....	38
3.5. La operacionalización de variables .....	39
3.6. La recolección de datos .....	40
3.7. Plan de procesamiento de la información .....	41

### **CAPITULO IV**

#### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. Análisis e Interpretación de los Resultados .....	42
4.1.1. Carnaza Fresca .....	43
4.1.1.1. Newtoniano .....	43
4.1.1.2. No Newtoniano.....	47
4.1.2. Carnaza Seca.....	51
4.1.2.1. Newtoniano .....	51
4.1.2.2. No Newtoniano.....	55
4.2. Verificación de Hipótesis .....	63



**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones .....	64
5.2. Recomendaciones .....	65

**CAPITULO VI**  
**PROPUESTA**

6.1. Datos Informativos .....	66
6.2. Antecedentes de la propuesta .....	67
6.3. Justificación .....	68
6.4. Objetivos .....	68
6.4.1. Objetivo General .....	68
6.4.2. Objetivos específicos .....	69
6.5. Análisis de factibilidad .....	69
6.6. Fundamentación .....	70
6.7. Metodología .....	72
6.8. Administración .....	73
6.9. Prevención de la evaluación .....	74
6.10. Resultados de la propuesta .....	75
6.11. Conclusiones .....	79
6.12. Recomendaciones .....	79

**MATERIALES DE REFERENCIA**

Bibliografía .....	80
Anexos .....	86

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Análisis bromatológico de la carnaza (base seca).....	18
<b>Cuadro 2.</b> Contenido de aminoácidos (g/100g) de gelatina pura.....	21
<b>Cuadro 3.</b> Comparación nutricional de la gelatina con alimentos básicos.....	21
<b>Cuadro 4.</b> Modelos Reológicos para viscosidad de alimentos independientes del tiempo.....	29

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Árbol de problemas.....	4
<b>Gráfico 2.</b> Red de inclusiones.....	17
<b>Gráfico 3.</b> Relación entre el índice de consistencia y la temperatura del licor de gelatina de carnaza fresca.....	75
<b>Gráfico 4.</b> Relación entre el índice de consistencia y la temperatura del licor de gelatina de carnaza seca.....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Factores que multiplican a las lecturas del viscosímetro.....	31
<b>Tabla 2.</b> Dimensiones de los rotores.....	31
<b>Tabla 3.</b> Variable Independiente: Tipo de carnaza utilizada para la extraer el licor de gelatina.....	39
<b>Tabla 4.</b> Variable Dependiente: Propiedades reológicas.....	40
<b>Tabla 5.</b> Ecuaciones que relacionan la viscosidad del licor de gelatina de carnaza fresca con la temperatura como fluido Newtoniano.....	45

<b>Tabla 6.</b> Energía de activación del licor de gelatina de carnaza fresca como fluido Newtoniano.....	46
<b>Tabla 7.</b> Ecuaciones que relacionan el índice de consistencia del licor de gelatina de carnaza fresca con la temperatura como fluido no Newtoniano.....	49
<b>Tabla 8.</b> Energía de activación del licor de gelatina de carnaza fresca como fluido no Newtoniano.....	51
<b>Tabla 9.</b> Ecuaciones que relacionan la viscosidad del licor de gelatina de carnaza seca con la temperatura como fluido Newtoniano.....	53
<b>Tabla 10.</b> Energía de activación del licor de gelatina de carnaza seca como fluido Newtoniano.....	55
<b>Tabla 11.</b> Ecuaciones que relacionan el índice de consistencia del licor de gelatina de carnaza fresca con la temperatura como fluido no Newtoniano.....	57
<b>Tabla 12.</b> Energía de activación del licor de gelatina de carnaza seca como fluido no Newtoniano.....	59
<b>Tabla 13.</b> Recursos económicos de la propuesta.....	70
<b>Tabla 14.</b> Modelo operativo (Plan de acción).....	72
<b>Tabla 15.</b> Administración de la propuesta.....	73
<b>Tabla 16.</b> Prevención de la evaluación.....	74
<b>Tabla 17.</b> Ecuaciones que relacionan el índice de consistencia del licor de gelatina de carnaza fresca con la temperatura.....	76
<b>Tabla 18.</b> Ecuaciones que relacionan el índice de consistencia del licor de gelatina de carnaza seca con la temperatura.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Clasificación de la reología.....	24
--	----

<b>Figura 2.</b> Reogramas de fluidos Newtonianos y no Newtonianos independientes del tiempo.....	26
<b>Figura 3.</b> Reogramas de fluidos no Newtonianos dependientes del tiempo.....	28
<b>Figura 4.</b> Viscosímetro Brookfield LVTD con accesorios para control de temperatura. ....	30
<b>Figura 5.</b> Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 43°Brix como fluido Newtoniano.....	43
<b>Figura 6.</b> Relación entre la viscosidad y la temperatura del licor de gelatina de carnaza fresca como fluido Newtoniano.....	44
<b>Figura 7.</b> Relación entre la viscosidad y la concentración del licor de gelatina de carnaza fresca como fluido Newtoniano.....	45
<b>Figura 8.</b> Gráfico tipo Arrhenius del licor de gelatina de carnaza fresca como Newtoniano.....	46
<b>Figura 9.</b> Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 43°Brix como fluido no Newtoniano.....	47
<b>Figura 10.</b> Relación entre el índice de consistencia y la temperatura del licor de gelatina de carnaza fresca como fluido no Newtoniano.....	48
<b>Figura 11.</b> Relación entre el índice de consistencia y la concentración del licor de gelatina de carnaza fresca como fluido no Newtoniano.....	50
<b>Figura 12.</b> Gráfico tipo Arrhenius del licor de gelatina de carnaza fresca como no Newtoniano.....	50
<b>Figura 13.</b> Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 32°Brix como fluido Newtoniano.....	52

<b>Figura 14.</b> Relación entre la viscosidad y la temperatura del licor de gelatina de carnaza seca como fluido Newtoniano.....	52
<b>Figura 15.</b> Relación entre la viscosidad y la concentración del licor de gelatina de carnaza seca como fluido Newtoniano.....	54
<b>Figura 16.</b> Gráfico tipo Arrhenius del licor de gelatina de carnaza seca como Newtoniano.....	54
<b>Figura 17.</b> Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 32°Brix como fluido no Newtoniano.....	56
<b>Figura 18.</b> Relación entre el índice de consistencia y la temperatura del licor de gelatina de carnaza seca como fluido no Newtoniano.....	56
<b>Figura 19.</b> Relación entre el índice de consistencia y la concentración del licor de gelatina de carnaza seca como fluido no Newtoniano.....	58
<b>Figura 20.</b> Gráfico tipo Arrhenius del licor de gelatina de carnaza seca como no Newtoniano.....	59
<b>Figura 21.</b> Estado nativo y desnaturalizado de las proteínas.....	61
<b>Figura 22.</b> Etapas de renaturalización de las proteínas.....	62

## ANEXOS

### ANEXO A. RESPUESTAS EXPERIMENTALES

**Tabla A.1.** Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 43°Brix

**Tabla A.2.** Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 38°Brix

**Tabla A.3.** Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 34°Brix

**Tabla A.4.** Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 32°Brix

**Tabla A.5.** Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 30°Brix

**Tabla A.6.** Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 28°Brix

**Tabla A.7.** Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 26°Brix

**Tabla A.8.** Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza seca a 34°Brix

**Tabla A.9.** Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza seca a 32°Brix

**Tabla A.10.** Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza seca a 30°Brix

**Tabla A.11.** Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza seca a 28°Brix

**Tabla A.12.** Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza seca a 26°Brix

**Tabla A.13.** Índice de consistencia para las dos réplicas de los tratamientos

## **ANEXO B. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

**Tabla B.1.** Análisis de variancia para la Carnaza, Concentración y Temperatura del licor de gelatina

**Tabla B.2.** Prueba de comparación de Tukey para el tipo de carnaza

**Tabla B.3.** Prueba de comparación de Tukey para la temperatura del licor de gelatina

**Tabla B.4.** Prueba de comparación de Tukey para la concentración de licor de gelatina

**Figura B.1.** Interacción entre la carnaza y la concentración

**Figura B.2.** Interacción entre la carnaza y la temperatura

**Figura B.3.** Interacción entre la concentración y la temperatura

**Figura B.4.** Interacción e intervalos de Tukey al 95% para la concentración y la carnaza

**Figura B.5.** Interacción e intervalos de Tukey al 95% para la temperatura y la carnaza

**Figura B.6.** Interacción e intervalos de Tukey al 95% para la concentración y la temperatura

## **ANEXO C. GRÁFICOS**

**Figura C.1.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 38°Brix como fluido Newtoniano

**Figura C.2.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 38°Brix como fluido no Newtoniano

**Figura C.3.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 34°Brix como fluido Newtoniano

**Figura C.4.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 34°Brix como fluido no Newtoniano

**Figura C.5.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 32°Brix como fluido Newtoniano

**Figura C.6.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 32°Brix como fluido no Newtoniano

**Figura C.7.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 30°Brix como fluido Newtoniano

**Figura C.8.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 30°Brix como fluido no Newtoniano

**Figura C.9.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 28°Brix como fluido Newtoniano

**Figura C.10.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 28°Brix como fluido no Newtoniano

**Figura C.11.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 26°Brix como fluido Newtoniano

**Figura C.12.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 26°Brix como fluido no Newtoniano

**Figura C.13.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 32°Brix como fluido Newtoniano

**Figura C.14.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 32°Brix como fluido no Newtoniano

**Figura C.15.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 30°Brix como fluido Newtoniano



**Figura C.16.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 30°Brix como fluido no Newtoniano

**Figura C.17.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 28°Brix como fluido Newtoniano

**Figura C.18.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 28°Brix como fluido no Newtoniano

**Figura C.19.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 26°Brix como fluido Newtoniano

**Figura C.20.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 26°Brix como fluido no Newtoniano

## **ANEXO D. MÉTODO EMPLEADO PARA LOS ANÁLISIS**

**Anexo D.1.** Manual de uso del Viscosímetro Rotacional Brookfield LVTD

**Anexo D.2.** NORMA INEN 1961, 1993-11. Gelatina Pura Comestible. Requisitos

## **ANEXO E. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE GELATINA PURA**

**Anexo E.1.** Diagrama de proceso de la elaboración de gelatina pura

**Anexo E.2.** Esquematización del proceso

## **ANEXO F. FOTOGRAFÍAS**

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito principal determinar las propiedades reológicas de licor de gelatina pura de origen bovino, para lo cual se tomaron como factores principales de estudio, el tipo de carnaza (fresca y seca), la temperatura del licor de gelatina (50, 55 y 60)°C y la concentración del licor de gelatina (43, 38, 34, 32, 30, 28 y 26)°Brix. Utilizando un viscosímetro rotacional Brookfield LVTD se obtuvo el porcentaje de escala total (%FS) como respuesta experimental, se determinó las propiedades reológicas del licor de gelatina como fluido Newtoniano y como fluido no Newtoniano, este último analizado a través del modelo propuesto por Ostwald de Waele o Ley de la Potencia.

Como fluido Newtoniano, se obtuvo un índice de comportamiento ( $n$ ) de 1,0 característico de este tipo de fluidos, para el licor de gelatina de carnaza fresca el máximo valor de viscosidad que se alcanzó a 50°C con 43°Brix fue 3098[cP], y el mínimo valor obtenido a 60°C con 26°Brix fue 201 [cP] y para el licor de gelatina de carnaza seca fueron 1190[cP] y 88[cP], respectivamente.

Como fluido no Newtoniano, se obtuvo un valor promedio de índice de comportamiento ( $n$ ) de 1,2, que indico que el licor de gelatina se comporta como un fluido dilatante, es decir que a medida que se incrementa la velocidad de deformación o de corte el índice de consistencia aumenta. Para el licor de gelatina de carnaza fresca el máximo valor de índice de consistencia que se alcanzó a 50°C con 43°Brix fue 3200[cP], y el mínimo valor obtenido a 60°C con 26°Brix fue 140[cP] y para el licor de gelatina de carnaza seca fueron 1260[cP] y 85 [cP], respectivamente.

Además se determinó la energía de activación en el licor de gelatina de carnaza fresca y de carnaza seca, los valores energía de activación fueron mayores en la carnaza fresca en comparación a la seca, dichos valores indicaron la energía que se requiere para inducir el flujo de los licores de gelatina.

Los parámetros reológicos obtenidos podrían ser útiles para el cálculo, diseño y construcción de equipos industriales a fines con la industria de alimentos.

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Tema de investigación**

Efecto del tipo de carnaza sobre las propiedades reológicas del licor de gelatina pura de origen bovino.

#### **1.2. Planteamiento del problema**

##### **1.2.1. Contextualización**

Según la Gelatine Manufacturers of Europe (GME, 2012), que traducido al español es la Asociación Europea de Fabricantes de Gelatina, la gelatina es una proteína natural pura que se obtiene de materias primas de origen animal que contienen colágeno. Los consumidores son cada día más conscientes de los componentes que se utilizan en sus productos de uso diario. Cada vez hay una mayor demanda de un "etiquetado limpio", sobre todo en la Unión Europea. La gelatina, como producto alimenticio natural, cumple esta exigencia perfectamente.

El uso más común de la gelatina es el alimenticio, seguido del farmacéutico, fotográfico y técnico. Lo que diferencia a la gelatina es la gran cantidad de propiedades combinadas en un solo producto. Funciones de gelificante, espesante, formación de espuma, estabilizante, aglutinante de agua, entre los principales, además es 100% natural, sin colesterol, purinas ni grasas.

Son pocos los ingredientes en el mundo que combinan todas las propiedades mencionadas en un único alimento. En muchas de sus aplicaciones se

necesitan varias propiedades de la gelatina para obtener el producto final. Si no existiera la gelatina habría que combinar varios ingredientes para conseguir algo parecido a las propiedades holísticas de la gelatina, pero sin igualarlas.

Todos los fabricantes de gelatina europeos importantes son miembros de la GME y representan cerca de un 45% de la producción mundial de gelatina. La GME, que fue fundada en 1974 y tiene su sede en Bruselas, es un punto de comunicación entre sus miembros y los entes decisorios de las instituciones europeas. La GME ha creado comités de trabajo para llevar a cabo su principal función: el aseguramiento de una calidad elevada constante de la gelatina para los clientes y consumidores. La investigación y el desarrollo ulterior de estándares técnicos, los impulsos para nuevos marcos legales para la industria de la gelatina y la creación de la necesaria transparencia son los pilares de nuestras actividades. La investigación de la gelatina desarrollada específicamente por la GME constituye un instrumento importante para el cumplimiento de unos estándares de calidad unificados.

Esta investigación, que se continúa desarrollando constantemente, pone a disposición de todos sus miembros los métodos de análisis completamente actualizados. La GME colabora también con instituciones internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) con el fin de fijar estándares para la gelatina unificados a escala mundial.

El Código Alimentario de la FAO tiene por objeto proteger la salud de los consumidores de todo el mundo. La GME ha propuesto ampliar los pocos criterios de calidad definidos hasta ahora para la gelatina. De esta forma la GME aporta una contribución importante al aseguramiento de la calidad de la gelatina en todo el mundo.

Otras asociaciones de fabricantes de gelatina a nivel mundial son:

- Gelatin Manufacturers Association of Asia and Pacific (GMAP)
- Gelatin Manufacturers Association of Japan (GMJ)
- Gelatin Manufacturers Institute of America (GMIA)
- South American Gelatin Manufacturing Association (SAGMA)

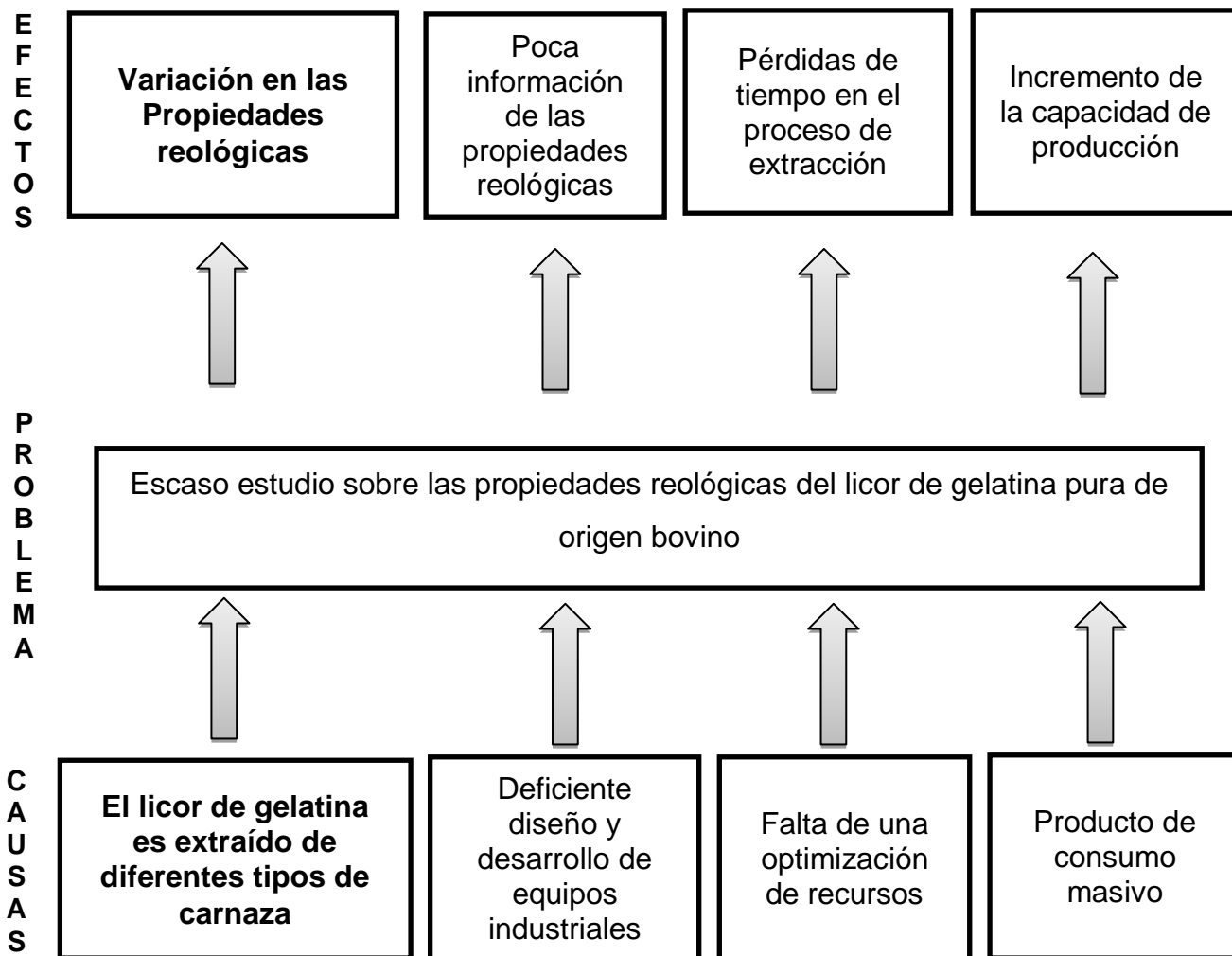
En cuanto a Sur América con su Asociación de Fabricantes de Gelatina (SAGMA) que tiene como miembros a los países Argentina, Brasil, Colombia y Ecuador, siguen la legislación vigente en cada país en la producción de gelatina de alta calidad para el consumo humano. Todos poseen certificación de la familia ISO.

Desde recolectar la materia prima, el acondicionamiento de la piel bovina, así como de la piel porcina, hasta que la gelatina es secada y molida, el Control de Calidad está siempre presente en todos los pasos del proceso de producción. Los fabricantes tienen Sistemas de Calidad que, al ser aplicados en todos los sectores, garantizan los procedimientos necesarios y adecuados para obtener gelatina calificada para todas las aplicaciones.

En Ecuador existe solo una planta Procesadora de Gelatina Pura “PRODEGEL S.A.”, que abastece casi toda la demanda Nacional y además que exporta a ciertos países de acuerdo a las necesidades de sus clientes. El volumen total de producción es 240 toneladas al mes de las cuales el 20 % de la producción se vende localmente a LEVAPAN, INLECHE y ALIMEC, entre los principales; el resto de la producción es vendida a KRAFT FOODS, en Costa Rica y Venezuela, alimentos HEINZ en Venezuela; a MAPRIAL e industrial comercial de América ICAL SRL de Bolivia y a Colombia el 80 % restante de la producción.

Los Reglamentos para la Fabricación y la Comercialización de la Gelatina en Ecuador son los que se mencionan a continuación: Ley de Mataderos R.O. N° 221 de 07.04.1964, ley 2000-8; Ley de Sanidad Animal, R.O. N° 409 de 31.03.1981; Norma INEN 1961, 1993-11 Requisitos Gelatina Pura Comestible y Ley de Erradicación de la Fiebre Aftosa R.O. N° 48 de 31.03.2000.

### 1.2.2. Análisis crítico



**Gráfico 1.** Árbol de problemas

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez, 2013.

#### Relación causa – efecto

**Causa:** El licor de gelatina es extraído de diferentes tipos de carnaza

**Efecto:** Variación en las Propiedades reológicas

### **1.2.3. Prognosis**

En el caso de no ejecutarse la presente investigación, no se daría solución a los problemas relacionados con la pérdida de recursos económicos, espaciales y temporales, principalmente en las industrias que se dedican a la extracción de gelatina, ya que el desconocimiento de las propiedades reológicas del licor de gelatina pura limita enormemente la posibilidad del cálculo, diseño y construcción de equipos industriales adecuados para el procesamiento de alimentos.

El poder contar con información válida y confiable, que se ajuste a la realidad de Ecuador y mucho más allá a la de Ambato bajo las condiciones específicas en que se procesan la gelatina, serviría como soporte para posteriores investigaciones relacionadas con este producto de consumo masivo, cabe mencionar que las propiedades reológicas de los alimentos constituyen la base de la industria, ya que con el conocimiento de ellas se busca la optimización de recursos y procesos tecnológicos en industrias de alimentos.

### **1.2.4. Formulación del problema**

¿Cómo influye el tipo de carnaza sobre las propiedades reológicas del licor de gelatina pura de origen bovino?

### **1.2.5. Preguntas directrices**

- ¿Qué carnaza presentará mayor influencia sobre las propiedades reológicas del licor de gelatina?
- ¿Cómo se verán afectadas las propiedades reológicas del licor de gelatina?

- ¿Qué ventajas presentará el conocimiento de las propiedades reológicas licor de gelatina?
- ¿Qué mejoras se obtendrán en el cálculo, diseño y construcción de equipos para extraer el licor de gelatina?

### **1.2.6. Delimitación del objeto de investigación**

**Área:** Alimentos

**Subárea:** Reología en Alimentos

**Categoría:** Otros alimentos

**Subcategoría:** Gelatina

**Delimitación Temporal:** Septiembre 2012 – Julio 2013

**Delimitación Espacial:** El trabajo de investigación se realizó en los Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos en la Universidad Técnica de Ambato.

### **1.3. Justificación**

En las prácticas pre profesionales realizadas en la planta productora de gelatina Ecuatoriana PRODEGEL S.A., llevadas a cabo del 1 de agosto hasta el 7 de septiembre del año 2012, se ha observado que en ocasiones se presentan problemas relacionados con equipos en los que intervienen procesos térmicos como el enfriamiento y calentamiento de licor de gelatina; se ha indagado las posibles causas de los problemas y se ha determinado que uno de los principales factores que contribuye es el desconocimiento de las propiedades reológicas del licor de gelatina.



Además en las fuentes de información confiables como bases científicas, bibliotecas virtuales, bibliotecas académicas y artículos científicos, se ha encontrado muy poca información acerca de propiedades reológicas de gelatina pura, por lo que se plantea una alternativa de estudio a través de un proyecto de investigación con el fin de aportar con valores reales de las propiedades reológicas del licor de gelatina que puedan ser utilizados en el cálculo, diseño y construcción de equipos industriales.

Las propiedades reológicas de los alimentos han contribuido enormemente en la industria, en el sentido de que se ha podido realizar el cálculo, diseño y construcción de equipos que permitan optimizar recursos y mejorar los procesos industriales, principalmente aquellos en los que se ven involucradas la transferencia de calor. El presente estudio pretende determinar las propiedades reológicas del licor de gelatina basándose en fundamentos teóricos y prácticos de la Reología de alimentos.

La presente investigación está orientada a la contribución con datos experimentales reales de las propiedades reológicas del licor de gelatina que se ajusten a la realidad de nuestro país, y especialmente a la realidad de la planta pionera productora de gelatina ecuatoriana PRODEGEL S.A.

Existe la facilidad de la obtención de las muestras de licor de gelatina a diferentes concentraciones, mismas que se recogerán en un tiempo determinado y serán transportadas desde la planta productora de gelatina ecuatoriana PRODEGEL S.A. hasta el Laboratorio de Ingeniería de Procesos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Comparar el efecto del tipo de carnaza sobre las propiedades reológicas del licor de gelatina pura de origen bovino.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades reológicas del licor de gelatina pura a diferentes temperaturas.
- Analizar la variación de las propiedades reológicas del licor de gelatina pura en función de la concentración.
- Construir un gráfico que relacione el comportamiento reológico del licor de gelatina con la temperatura.
- Calcular la energía de activación de flujo del licor de gelatina relacionando los cambios del índice de consistencia con la temperatura absoluta.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes investigativos**

Las investigaciones que se han llevado a cabo en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato acerca de estudios reológicos de alimentos que servirán de soporte para la presente investigación son las que se mencionan a continuación:

Según el estudio de Barona y Martínez en 1994, en una “mezcla base” de helado conformada por leche entera, leche en polvo, crema de leche, azúcar, vainilla y estabilizantes, se determinó que la utilización del estabilizante CMC (Carboxi - Metil - Celulosa), presentó el mayor índice de consistencia durante la maduración, reportándose como valor inicial 1327,79 mPa.s<sup>n</sup>, a las 3 horas un valor de 1792,06 mPa.s<sup>n</sup> y a las 72 horas un valor de 2834,34 mPa.s<sup>n</sup>. Mientras que el otro estabilizante, la maicena no mejoró el índice de consistencia de la mezcla de helado.

El mayor índice de consistencia se alcanzó con la concentración de 0,50% en todos los tiempos de maduración, con promedios de 1247,38; 2318,13; 2688,13 mPa.s<sup>n</sup> para las 0 y 3 (CMC y gelatina), 8 (gelatina y maicena) y 72 horas de maduración, respectivamente. La viscosidad ideal para el caso de CMC, según la evaluación sensorial, es la de 0,20%. El índice de comportamiento de flujo ( $n$ ) es común para todos los tratamientos en un rango de 0,75 a 0,89; considerando la determinación de viscosidad en el tiempo óptimo de maduración de las muestras, lo que indicó que la mezcla base de helado estudiada se comporta como un fluido Pseudoplástico.

Peñafiel y Teneda en 1995, utilizaron las propiedades reológicas como índices de control en la elaboración de chocolate, y en base a los objetivos propuestos llegaron a concluir que los dos tipos de chocolate obtenidos son fluidos no Newtonianos ya que conforme se incrementa la velocidad de rotación desde 0,3 hasta 60 revoluciones por minuto, la viscosidad aparente disminuye.

El cacao tostado a 160°C por 40 minutos da un licor de cacao que describe un comportamiento reológico tipo Bingham – Pseudoplástico, determinado a través del modelo propuesto por Casson que fue el más adecuado para describir el comportamiento reológico del chocolate. La temperatura influye grandemente sobre las propiedades reológicas del chocolate.

En los parámetros reológicos aplicando el modelo de Casson se observó que los valores de tensión mínima de deformación son mucho más bajos en masa refinada de chocolate negro que los valores para masa refinada de chocolate con leche. Los valores de índice de consistencia y viscosidad plástica son más altos para masa refinada de chocolate negro que para la masa refinada de chocolate con leche, al aplicar el método Heldman y Singh se obtuvo resultados similares.

Ortega en 1995, mencionó que el comportamiento de los almidones durante su cocción puede estudiarse de modo aceptable con la ayuda de reómetros, pues la razón de calentamiento y de agitación en estos instrumentos es de fácil y rápido control, además, con las previsiones necesarias se puede lograr una buena sensibilidad en el método.

En los almidones estudiados, se comprueba el comportamiento Pseudoplástico, caracterizado por la disminución de la viscosidad y el coeficiente de consistencia de la suspensión a medida que se incrementa la velocidad de rotación (incremento del esfuerzo de cizalla con el aumento de la velocidad de cizalla). Por la naturaleza del experimento, no se verificó el comportamiento tixotrópico que ya ha sido reportado para estos productos.

Se comprueba que el comportamiento reológico de una suspensión de almidón depende de la forma de las partículas que la contienen, de la forma de empaque de las partículas y de la concentración.

Nuñez en 1996, determinó características reológicas de pulpas de frutas ecuatorianas utilizando un viscosímetro rotacional, entre las que se pueden mencionar: aguacate, babaco, banano seda, capulí, cereza, claudia, durazno, fresa, frutilla, guanábana, guayaba, lima, limón sutil, mandarina valle, mango, manzana Emilia, maracuyá, melón, mora, naranja, naranjilla, papaya, pera, piña, sandía, taxo, tomate de árbol, tomate riñón, toronja y uva.

El esfuerzo de deformación y la velocidad de deformación corregida para las dos pruebas estudiadas, van disminuyendo conforme aumenta la temperatura y es directamente proporcional al incremento de la velocidad del equipo.

Los índices de correlación cuando se utiliza el modelo de la ley de la potencia para fluidos Pseudoplásticos, en la mayoría de frutas sobrepasan a 0,9 excepto en las frutas sandía, melón, lo que implica que el modelo es aplicable en la mayoría de las mismas.

Ortiz y Gutiérrez en 1998, en base al uso de parámetros reológicos como índices de control durante la elaboración de leche acidófila, concluyeron que la leche semidescremada con bajo nivel de caseinato de sodio y un alto porcentaje de iniciador, así como la leche descremada y entera con bajos niveles de caseinato de sodio y de iniciador, presentaron el mejor comportamiento reológico.

La leche acidófila se mantiene mejor almacenada a 5°C por un tiempo máximo de 5 días, presentando un cambio mínimo en el índice de consistencia que tiende a subir y se mantiene hasta los 7 días, con ausencia de microorganismos patógenos.

La adición de caseinato de sodio en polvo, causa un incremento de la concentración de la proteína como también de la viscosidad y con ello de la consistencia de la leche acidófila.

Utilizando las propiedades reológicas, como índices de control de proceso de elaboración, se puede establecer el tiempo mínimo y máximo de incubación de productos fermentados (yogurt, leche acidófila, kéfir, etc.)

Pilatásig en el 2008, construyó un equipo de fácil manejo para la determinación de parámetros reológicos en fluidos alimentarios, especialmente para yogurt. Se realizaron pruebas preliminares de funcionamiento empleando dos fluidos Newtonianos: agua y leche. Los factores de estudio fueron la temperatura y el diámetro interior del capilar. Se concluyó que la utilización del equipo construido con el capilar de 2,5mm proporciona resultados adecuados en fluidos Newtonianos, además se observó que las temperaturas de 10 y 20 °C son las que proporcionan datos más cercanos a los bibliográficos.

Manzano en el 2008, empleó parámetros reológicos como indicadores de la calidad de yogurt, específicamente viscosidad aparente e índice de consistencia en yogurt, los datos obtenidos en dicho equipo fueron validados con el uso de un viscosímetro rotacional y estadísticamente no hubo diferencia significativa. Además calculó rangos para establecer límites de control de calidad y elaboró un manual para el correcto funcionamiento del equipo construido, herramientas que serán útiles en industrias de alimentos.

Naranjo en el 2008, realizó una caracterización reológica y térmica de miel de dos variedades de caña, concluyendo que las muestras de miel presentaron un comportamiento Newtoniano. La viscosidad varió por efecto del contenido de sólidos solubles y la temperatura entre 1,83 mPa\*s a 105,26 mPa\*s, siendo valores significativos ( $p \leq 0,05$ ) para los factores variedad de caña, concentración y temperatura.

La viscosidad sirve como parámetros de control de calidad y en el caso de las propiedades mecánicas y térmicas para el diseño y construcción de

equipos específicos para elaborar miel de caña como un producto nuevo en el mercado.

Mayorga en el 2010, realizó un estudio de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo racimo de uva (*Zea mays*), concluyendo que puede ser considerado como un alimento funcional con propiedades nutritivas, antioxidantes y funcionales, siendo los componentes de mayor interés el almidón y el aceite. El almidón puede ser caracterizado por su viscosidad máxima de 1480 U.B. (Unidades Brabender) y su facilidad de cocción.

Los ecotipos morado y amarillo duro presentan mayores contenidos de amilosa (23,49% y 22,24%), lo que influye en el comportamiento viscosográfico y en la digestibilidad del almidón de estos materiales. Las harinas de maíz carecen de propiedades extensibles y elásticas, por lo que no se pudo evaluar el comportamiento farinográfico y extensográfico.

Lascano en el 2010, determinó el porcentaje óptimo de sustitución de harina de trigo importado por harinas nacionales de cebada (*Hordeumvulgare*), maíz (*Zea mays*), Quinoa (*Chenopodiumquinoa*), Trigo (*Triticum vulgare*) y el tubérculo: papa (*Solanumtuberosum*) y su facilidad en la elaboración de pan y pastas alimenticias.

Los análisis farinográficos de absorción de agua de las mezclas de trigo nacional, cebada, maíz y quinua presentaron valores similares al trigo importado (63,7%) y para la harina de papa precocida valores superiores a 69,4%. El comportamiento reológico se determinó mediante el uso del Mixolab Chopin, donde las mezclas con cebada y trigo nacional y harina de trigo importada poseen un buen potencial de hidratación de agua con valores entre 7 y 8, asimismo, estas mezclas son resistentes al amasado con valores entre 3 a 5; la fuerza del gluten manifiesta que las mezclas de cebada con índices entre 7 y 8 tienen mejor calidad proteínica que la mezcla de trigo nacional; la viscosidad en mezclas de cebada nacional y trigo con índices de 4 a 6 no afecta las propiedades viscoelásticas.

En los siguientes artículos científicos se reportan las últimas investigaciones relacionadas con el presente trabajo:

Serna, L., et al., en el 2010, investigaron acerca del efecto de la ultrafiltración sobre las propiedades reológicas de gelatina comestible de origen bovino y llegaron a la conclusión de que el mayor efecto se presentó en la tercera hora de procesamiento con el uso de ultrafiltración y mezcla de carnaza entera y desorillo-sebo, donde el 38,5% de la producción presentó viscosidades mayores a 42 milipoises y el 69% poder gelificante por encima de 300 g. En contraste, se obtuvo 7,7% y 46% respectivamente con evaporación, lo que revela los beneficios de la ultrafiltración en el proceso de concentración y en la calidad de la gelatina.

En la gelatina, las propiedades reológicas de viscosidad y poder gelificante dependen de la materia prima, de su pretratamiento (alcalino o ácido), del método de extracción e hidrólisis del colágeno, del método de concentración de la solución, y del método de secado (Olsen et al., 2003; Simonnot et al., 1997).

La gelatina se extrae mayoritariamente de pieles de vacuno y porcino (Yoshimura et al., 2000; Gilsenan, 2001; Haug et al., 2004) sin embargo, en la literatura científica poco se reporta sobre las propiedades reológicas obtenidas a partir de éstas materias primas.

En gelatina obtenida a partir de pieles de pescado, se obtienen propiedades reológicas con valores inferiores (Gudmundsson y Hafsteinsson, 1997) o iguales a las obtenidas a partir de pieles de mamíferos (Gilsenan y Ross Murphy, 2000; Gómez et al., 2009).

En el proceso convencional de producción de gelatina comestible tipo A y B, la extracción del colágeno a partir de materiales en crudo como pieles de cerdo, cuero de vaca, huesos, entre otros se hace con ácidos o con álcalis respectivamente, y los extractos acuosos ricos en colágeno son clarificados y desmineralizados a través de intercambio iónico y posteriormente



concentrados en evaporadores al vacío hasta valores entre 25- 35 % en peso de gelatina. Se reporta que la Ultrafiltración posee ventajas frente al método tradicional de concentración de gelatina por evaporación, como la disminución del consumo de energía, menor degradación térmica de las moléculas de gelatina y aumento del nivel de pureza del producto (Wasswa et al., 2007). En la concentración de la solución colagenosa, el método de concentración y la temperatura son factores que tienen una alta influencia en las propiedades reológicas del producto final (Eysturskarðet al., 2009).

Serna, et. al, en 2007, analizaron el efecto de enzimas alcalinas sobre la calidad de la gelatina, concluyen que en el proceso de producción de gelatina tipo B tratado con álcali, el uso de endopeptidasa alcalina para el pretratamiento de carnaza bovina entera y de carnaza desorrillo - sebo mejora los parámetros de calidad. Para carnaza húmeda con enzima se obtuvo valores de viscosidad entre 45,4 y 39,9 mPa durante 13 horas de proceso, en comparación con el tratamiento de carnaza húmeda sin enzima que se obtuvo valores entre 41 y 35,8 mPa que son más bajos. El tratamiento con enzima, desorrillo y carnaza seca se obtuvieron valores más altos en comparación al tratamiento sin el uso de enzimas valores promedios de 43,7 y 40,6 mPa, respectivamente. Los mayores valores de viscosidad obtenidos con el uso de enzima se explican por la baja actividad proteolítica de la enzima frente al colágeno nativo, por la alta actividad proteolítica de la enzima sobre el colágeno desnaturalizado y por la especificidad de la enzima para romper selectivamente los enlaces cruzados intermoleculares presentes en las fibras de colágeno; esto permite que en la conversión de colágeno a gelatina las fibras de colágeno sufran menor encogimiento y desorganización, y la estructura helicoidal triple sufra menor colapso en sus subunidades polipeptídicas.

## **2.2. Fundamentación filosófica**

La presente investigación se basa en el paradigma positivista que según Hernández, et al. (2008), este paradigma tiene como escenario de investigación de laboratorio a través de un diseño pre estructurado y esquematizado; su lógica de análisis está orientada a la confirmación reduccionista, verificación inferencial e hipotética deductivo mediante el respectivo análisis de resultados. Teniendo como fundamento experiencias. Además la realidad es única y fragmentable en partes que se puede manipular independientemente.

Al tratarse de una investigación experimental, donde se busca la explicación, predicción y control de fenómenos físicos y químicos; el enfoque del estudio se lo puede relacionar a una dirección positivista, donde la generalización científica se basa en leyes naturales inmutables, según lo mencionado por Herrera, et al. (2008).

## **2.3. Fundamentación legal**

La información de la Norma INEN 1961. (Anexo D.2), Requisitos Gelatina Pura Comestible, sirvió de soporte para el desarrollo del presente proyecto de investigación.

Para el análisis reológico se utilizó la metodología reportada por Alvarado en 1996, para el viscosímetro rotacional Brookfield LVTD (Anexo D.1).

## 2.4. Categorías fundamentales

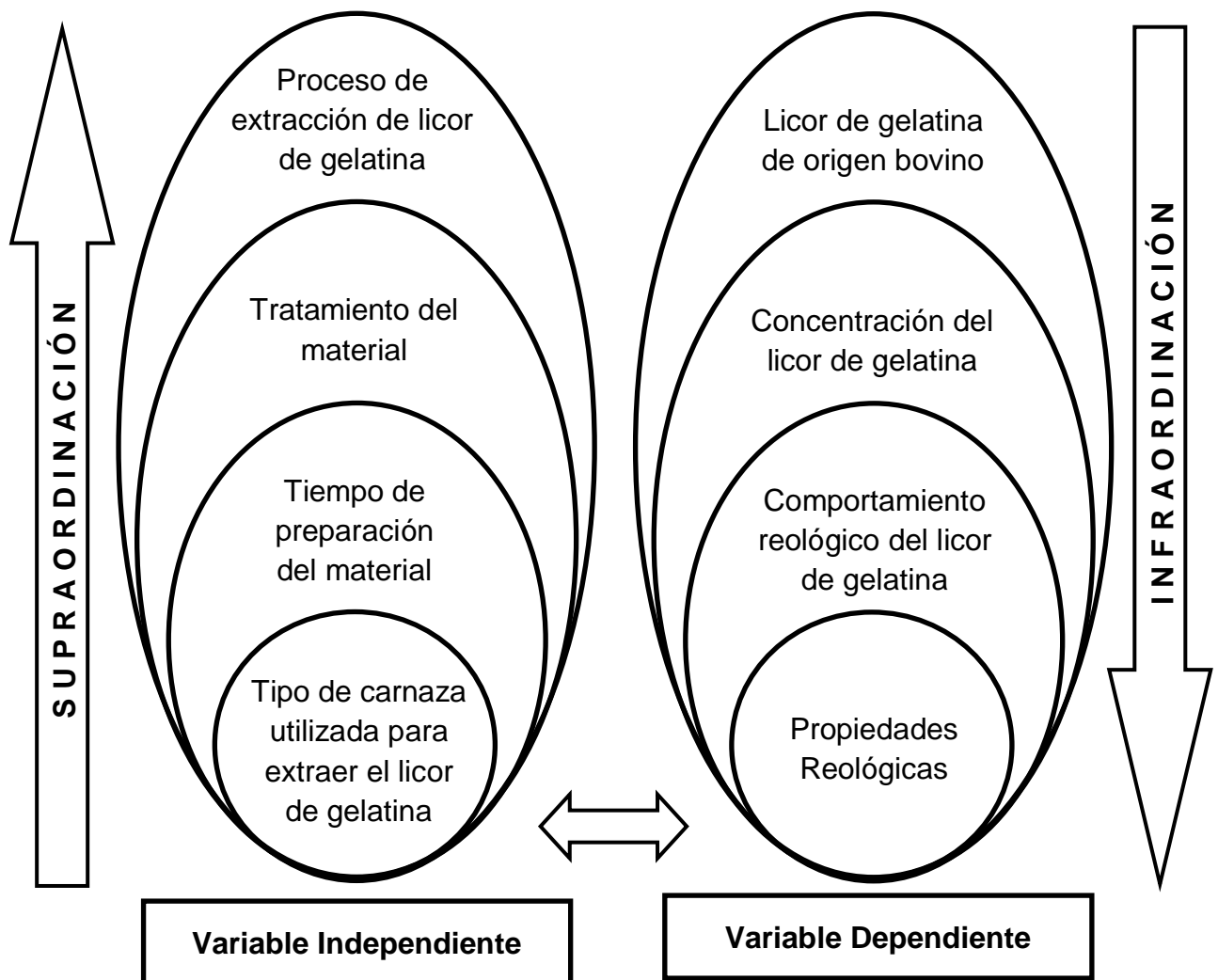


Gráfico 2. Red de inclusiones

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013.

### 2.4.1. Marco Conceptual de la variable Independiente

**Tipo de carnaza utilizada para extraer el licor de gelatina:** se enfoca principalmente en analizar el tipo de carnaza utilizada durante el proceso de extracción de licor de gelatina pura de origen bovino, al hablar de tipos de carnaza se tomó en cuenta dos grandes grupos: la carnaza fresca y la carnaza seca.

### 2.4.1.1. Carnaza bovina

Según González en el 2002, la carnaza es un material que está constituido por colágeno principalmente, residuos de carne y sebo que acompañan a las pieles y se separan de ellas en el proceso de precurtición. Al tratar el colágeno con agua hirviente se transforma en una sustancia soluble: la cola (gelatina).

**Cuadro 1.** Análisis bromatológico de la carnaza (base seca)

<b>Análisis bromatológico de la carnaza (base seca)</b>	
<b>Indicador</b>	<b>%</b>
Materia seca	12,8
Proteína bruta	58,8
Extracto etéreo	13,1
Cenizas	20,4
Calcio	6,7
Fósforo	0,2

**Fuente:** González, et. al, 2002.

No obstante tener un alto contenido de proteína bruta, García (1985) reportó que es deficitaria en metionina, cistina, treonina, isoleucina y fenilalanina, en comparación con otras fuentes proteicas tradicionales. Esto es de esperarse por ser un desecho industrial constituido por una proteína colagénica, formada por escleroproteínas de conocido desbalance en su composición en aminoácidos esenciales. La ceniza tiene valores elevados y ello se debe a la constitución de este material y a las sustancias químicas que se adicionan durante el proceso de pelambre. Autores como Biktashev et al. (1981) y García (1985) reportan niveles de cenizas en un rango de 12 a 26%.

El alto nivel de calcio encontrado se justifica por la abundante inclusión de hidróxido de calcio durante el proceso de pelambre, resultado este que coincide con García (1985), pero no con Cervantes et al. (1995) los que reportaron 1,6% de calcio en la carnaza fresca.

El fósforo se encuentra en niveles relativamente bajos (0,2%) coincidente con lo reportado por García (1985) y Cervantes et al. (1995). Estos bajos niveles de fósforo pueden estar asociados a los lavados sucesivos a que son sometidos estos desechos cuando son separados de las pieles.

**Carnaza fresca:** Conceptualizado como lo que procede de un pretratamiento en el que se retira gran parte de la grasa y el pelo, dejando el colágeno, con un alto valor de humedad.

**Carnaza seca:** Conceptualizado como lo que resulta del secado de las pieles y sus retazos de ganado vacuno, de baja humedad.

#### **2.4.1.2. Extracción de gelatina pura**

La calidad y rendimiento de la gelatina obtenida a partir de carnaza de origen animal, están determinados por propiedades físico-químicas como *bloom*, viscosidad y claridad que dependen a la vez de la materia prima, y su pretratamiento del método de extracción del colágeno, del número de enlaces rotos en las moléculas de colágeno original, del pH, la temperatura empleada en la extracción y del número de electrolitos en el material resultante (Olsen, et. al, 2003. Duthie, et. al, 1977. Cole and McGillt, 1988)

La naturaleza del pretratamiento de la materia prima determina la caracterización de la gelatina en “tipo A” cuando el pre tratamiento se lleva a cabo con ácido, y en “tipo B” cuando el pretratamiento se realiza con álcali (Cole and McGillt, 1988).

Lo que se busca con estos pretratamientos es eliminar el material no colagenoso de la materia prima, hinchar las partículas fibrosas de colágeno y debilitar las uniones de las cadenas proteicas por hidrólisis topoquímica, de modo que en la conversión a gelatina por agua caliente y vapor se produzca la ruptura final de uniones covalentes presentes en las moléculas de tropocolágeno, conservando la proteína un elevado peso molecular (DUTHIE, et. al, 1977).

En los procesos de producción de gelatina tipo B, para reducir el tiempo de pretratamiento de la materia prima, se ha propuesto el uso de enzimas (Novo Industries, 1977). Las endopeptidasas cumplen esta función ya que son proteasas que hidrolizan las cadenas peptídicas en las regiones internas alejadas de los extremos carboxi y aminoterminal (Kenny, 1999), y aunque hidrolizan selectivamente los constituyentes no colagenosos de la piel, eliminan las proteínas no fibrilares como albúminas y globulinas (Rao, et. al, 1998)

El colágeno sin tratar es atacado por la pepsina, pero no por la tripsina. La gelatina, por el contrario, es digerida por todos los fermentos proteolíticos. Los valores del pH, entre 12 y 14, son altos, ya que este debe ser neutro o acercarse a la neutralidad para evitar trastornos en los animales. Esto se explica porque en el proceso de pelambre se adiciona sulfuro de sodio e hidróxido de calcio. Esta sal y el calcio que queda en exceso por ser muy insoluble, son los responsables de esta alta basicidad. Por esta razón se hace necesario añadir una solución ácida la cual puede ser ácido sulfúrico concentrado a razón de 5g/100g de carnaza, para evitar la putrefacción y conservar el producto por unos siete días. (González, et. al, 2002).

En el Anexo F.1 y F.2 se ilustra el proceso a nivel detalle de la obtención de gelatina pura de carnaza bovina.

#### **2.4.1.3. Gelatina**

Es una mezcla heterogénea de proteínas de alto peso molecular, solubles en agua, de diferentes puntos isoeléctricos y diferentes propiedades de gelificación; la cual se obtiene comercialmente por hidrólisis selectiva del colágeno (Saddler and Horsey, 1987).

La gelatina contiene 18 aminoácidos en distintas concentraciones unidas en cadenas polipeptídicas, que contienen cada una hasta 1000 aminoácidos. La estructura de la gelatina es una molécula en forma de varilla con una estructura primaria, secundaria y terciaria.

**Cuadro 2.** Contenido de aminoácidos (g/100g) de gelatina pura

<b>Alanina</b>	<b>11,3</b>
<b>Arginina*</b>	<b>9,0</b>
<b>Ácido aminosuccínico</b>	<b>6,7</b>
<b>Ácido glutámico</b>	<b>11,6</b>
<b>Glicina</b>	<b>27,2</b>
<b>Histidina*</b>	<b>0,7</b>
<b>Prolina</b>	<b>15,2</b>
<b>Hidroxiprolina</b>	<b>13,3</b>
<b>Hidroxilisina</b>	<b>0,8</b>
<b>Isoleucina*</b>	<b>1,6</b>
<b>Leucina*</b>	<b>3,5</b>
<b>Lisina*</b>	<b>4,4</b>
<b>Metionina*</b>	<b>0,6</b>
<b>Fenilalanina*</b>	<b>2,5</b>
<b>Serina</b>	<b>3,7</b>
<b>Treonina*</b>	<b>2,4</b>
<b>Triptofan*</b>	<b>0,0</b>
<b>Tirosina</b>	<b>0,2</b>
<b>Valina*</b>	<b>2,8</b>

*\*aminoácidos esenciales*

**Fuente:** Base de datos de la GME

**Cuadro 3.** Comparación nutricional de la gelatina con alimentos básicos

	gelatina (100g)	leche (100g)	pan (100g)
glicina	20.6 g	0.1 g	0.3 g
prolina	11.7 g	0.4 g	0.9 g
lisina	3.4 g	0.3 g	0.2 g

*La gelatina contiene como promedio un 84-90% de proteína pura. Hemos convertido los valores de aminoácidos incluidos en la tabla para permitir una comparación directa con la leche y el pan.*

**Fuente:** Base de datos de la GME

La gelatina es una proteína fibrosa que tiene numerosas aplicaciones principalmente en la industria farmacéutica y alimenticia debido a sus propiedades químicas y físicas; tiene la habilidad de formar geles térmicamente reversibles (Saxena et al., 2009), puede ser usada como agente emulsificante, estabilizante, o para mejorar algunas características como textura y capacidad de retención de agua (Simon et al., 2002).

#### **2.4.2. Marco Conceptual de variable Dependiente**

**Propiedades Reológicas:** Su principal objetivo es caracterizar la gelatina pura de origen bovino determinando parámetros como el índice de consistencia o viscosidad aparente expresado en mili Pascales por segundo y el índice de comportamiento que indica el tipo de fluido dentro del que se encuentra.

##### **2.4.2.1. Reología**

La Reología proviene de dos vocablos griegos: *Rheos* que significa movimiento y *logía* que involucra el tratado de la ciencia, entonces la Reología se puede definir como el estudio de los principios físicos que regulan el movimiento de los fluidos. Se atribuye el uso de la palabra Reología al profesor Crawford, quien la utilizó para definir a la ciencia del flujo. Actualmente se acepta que la reología es la ciencia dedicada al estudio de la deformación y el flujo. (Alvarado, 1996)

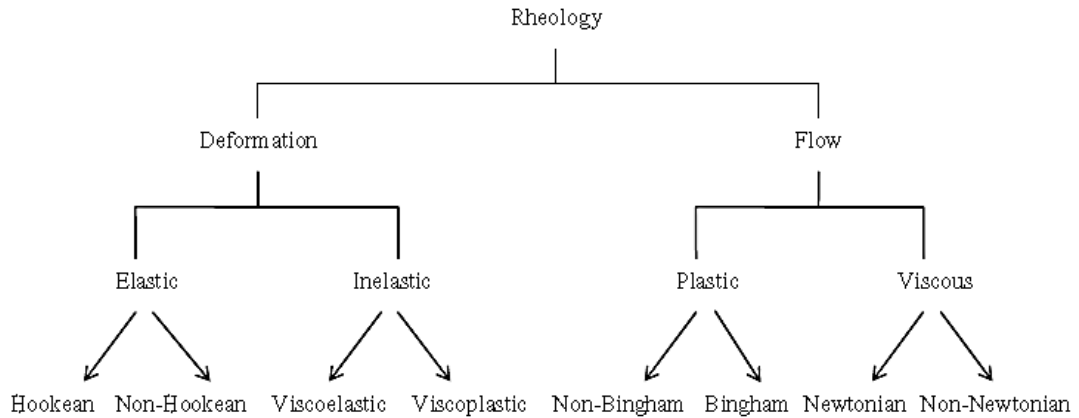
El conocimiento del comportamiento reológico de los alimentos fluidos es de suma importancia para el diseño de equipos de proceso (concentración, bombeo, tamizado, desairado, mezclado y tratamientos térmicos diversos, entre otros), así como para evaluación sensorial, determinación de la estructura del alimento y control de calidad (Rao y Anantheswaram, 1982 y Rao, 1986).



Sahin and Gulum en el 2006, los datos reológicos son requeridos en la evaluación de productos de calidad, cálculos de ingeniería y diseño de procesos. Sharma et al, 2003 indicó que los alimentos líquidos como la leche, miel, jugos de fruta, bebidas y aceites vegetales presentan propiedades de flujo sencillas, mientras que los productos más espesos como los aderezos cremosos para ensaladas, la salsa de tomate, la mayonesa, las emulsiones y los aditivos alimentarios como los geles, se comportan de manera compleja. La mayor parte de estos materiales alimenticios se transportan por medio de bombas en alguna etapa del procesamiento o el empaque, por lo que sus características de comportamiento de flujo son importantes para determinar la potencia de la bomba que se necesita y el tamaño de tubería, y además, de qué manera se relacionan con las propiedades sensoriales como la textura de los alimentos.

Varias son las razones para determinar las propiedades reológicas de alimentos: en el cálculo de operaciones básicas para transferencia de calor, masa, cantidad de movimiento y dimensiones de tuberías y válvulas, también se aprovechan para el control instrumental de calidad del material crudo previo al procesamiento, de productos intermedios, durante la manufactura y los productos terminados. (Alvarado, 1996).

Pocos alimentos de peso molecular inferior a 500 g/mol como: agua, vino, leche, etc. presentan un comportamiento newtoniano, sin embargo la mayoría de sus derivados pertenecen al otro grupo de altos pesos moleculares que no cumplen con la ley de Newton de la viscosidad entre los que se puede mencionar: geles, emulsiones, suspensiones, salsas, pulpas de frutas, etc. por lo que se dice que se comportan como fluidos no newtonianos.



**Figura 1.** Clasificación de la reología

**Fuente:** Sahin and Gulum. 2006

#### 2.4.2.2. Fluidos Newtonianos

Charm (1981) indicó que la consistencia de un fluido es la propiedad que gobierna sus características de flujo., aquellos fluidos que mantiene la consistencia constante de manera independiente de la velocidad son conocidos como Newtonianos.

Para un fluido newtoniano ideal, el esfuerzo cortante es una función lineal de la velocidad de corte, y la constante de proporcionalidad para la relación  $\eta$  se conoce como viscosidad dinámica, en el caso de los fluidos Newtonianos se puede plantear la siguiente ecuación:

$$\tau = \eta (\dot{\gamma}) \quad (1)$$

Donde:  $\tau$ : esfuerzo de cizallamiento o cortante [Pa]

$\eta$ : viscosidad dinámica [Pa\*s]

$\dot{\gamma}$ : velocidad de deformación o de corte [1/s]

El cociente entre esfuerzo cortante y velocidad de corte es proporcional, es decir que a medida que el esfuerzo de corte aumenta la velocidad de corte también aumenta, la pendiente es totalmente una línea recta y su índice de comportamiento es igual a la unidad ( $n=1$ ).

Muchos materiales alimenticios como leche, jugo de manzana, jugo de naranja, vino y cerveza tienen un comportamiento newtoniano. En el caso de los fluidos newtonianos, la viscosidad se determina aplicando una sola velocidad de corte y midiendo el esfuerzo cortante correspondiente. Pero para ser preciso, siempre se debe estimar a varias velocidades de corte. La unidad de viscosidad es  $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ , que es  $\text{Pa}\cdot\text{s}$ , mientras que en el sistema C.G.S., es  $\text{dina}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ , que también se conoce como Poise.

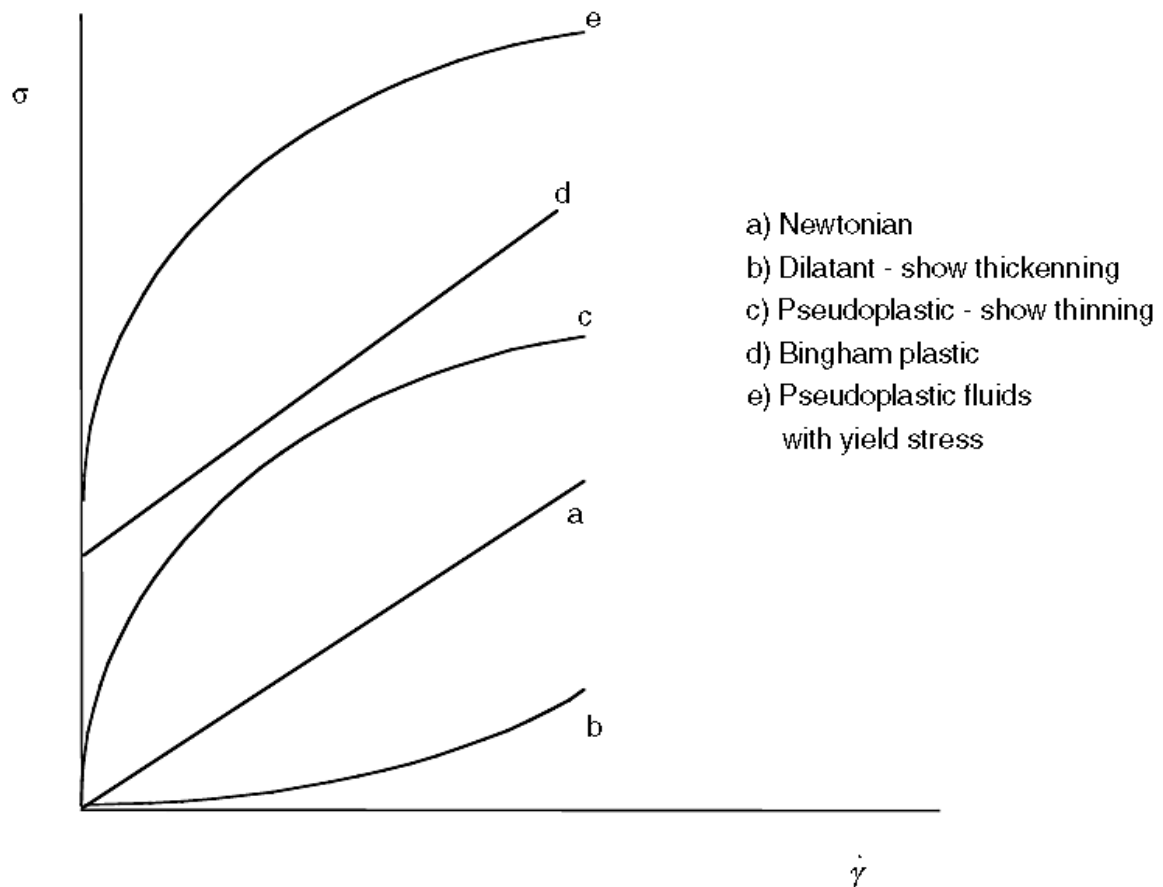
$$1\text{Poise} = 100 \text{ centiPoises (cP)}, 1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s} \text{ o } 1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$$

Desde el punto de vista reológico los zumos concentrados, clarificados y despectinizados presentan un comportamiento newtoniano. Sin embargo los derivados de frutas pertenecientes a los otros grupos no cumplen con la ley de Newton de la viscosidad, por lo que se dice que se comportan como fluido no newtonianos. (Saravacos, 1970)

El comportamiento de estos últimos, puede describirse mediante modelos de o Reogramas de flujo para fluidos tanto independientes como dependientes del tiempo (Crandall y col., 1982).

#### **2.4.2.3. Fluidos no Newtonianos**

Para la mayoría de productos alimenticios como crema, azúcar, jarabe, miel, geles y aderezos, el cociente entre esfuerzo cortante ( $\bar{\sigma}$ ) y velocidad de corte ( $\dot{\gamma}$ ) no es lineal y estos fluidos se conocen como no Newtonianos. A continuación se presenta los comportamientos típicos para este tipo de fluidos:



**Figura 2.** Reogramas de fluidos Newtonianos y no Newtonianos independientes del tiempo

**Fuente:** Ibarz, Barbosa – Cánovas. 2003

Algunos de estos materiales presentan un esfuerzo inicial que debe alcanzarse antes de que comience el flujo lineal, éstos se conocen como fluidos de Bingham de tipo plástico, los ejemplos incluyen salsa cátsup, pasta de tomate, etcétera.

El comportamiento de estos últimos, puede describirse mediante la ley de la potencia (Saravacos, 1970; Holdsworth, 1971; Crandall y Nelson; 1975; Rao, 1986), o mediante el modelo de Herschel–Bulkley, en el caso que presenten una tensión de fluencia diferente de cero (Crandall y col., 1982).

#### **2.4.2.3.1. Fluido Dilatante o espesante al corte**

En este comportamiento se observa el incremento del esfuerzo cortante con el incremento de la velocidad de corte, la curva de comportamiento de flujo presenta un perfil cóncavo en el que la tangente o pendiente incrementa al incrementar la velocidad de corte. Esto significa que la viscosidad incrementa conforme se incrementa la velocidad de corte. Este comportamiento es típico en suspensiones de alta concentración. Si se somete un alimento a altas velocidades de deformación, su valor de viscosidad aparente aumentará también y cuando se deje de aplicar la fuerza este retomará su estado de viscosidad inicial, su índice de comportamiento es mayor a la unidad ( $n > 1$ ).

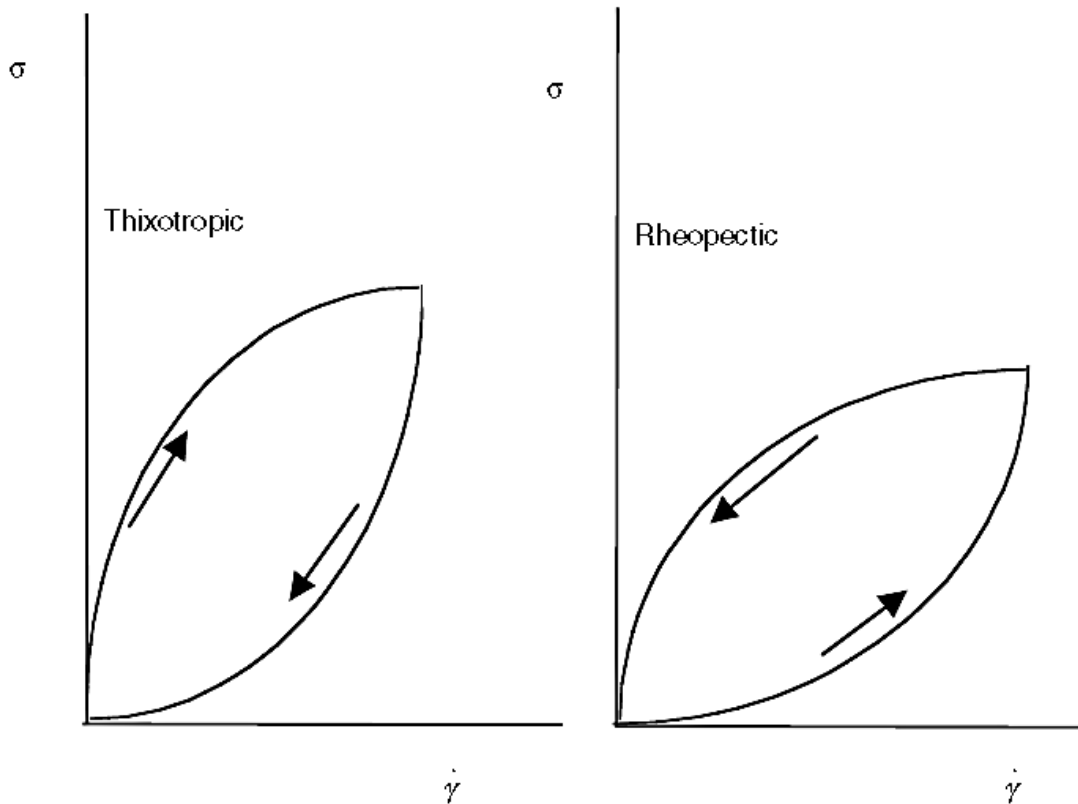
#### **2.4.2.3.2. Fluido Pseudoplástico o adelgazamiento al corte**

El comportamiento de este flujo denota que a medida que se incrementa el esfuerzo de cizallamiento va disminuyendo la velocidad de corte. La curva del comportamiento de flujo presenta un perfil convexo el cual tiene una tangente o pendiente que va decreciendo con el incremento de la velocidad de corte. Esto se debe a la viscosidad que a medida que la velocidad de corte aumenta esta va disminuyendo, el fenómeno puede ser explicado por una deformación en su estructura molecular, la misma que cuando se deja de aplicar la fuerza de cizallamiento puede volver a retomar su estado de viscosidad inicial. Su índice de comportamiento es menor a la unidad ( $n < 1$ ).

#### **2.4.2.3.3. Fluido plástico de Bingham y mixto (HB)**

Este comportamiento se denota cuando un alimento no fluye a bajas velocidades de corte, esto significa que requieren de una fuerza inicial para fluir que es conocido como  $\tau_0$ , es por ello que en la figura no inician desde el origen de del plano. Estos fluidos son conocidos como fluidos plásticos,

en este tipo de comportamiento no hay reversibilidad es decir que no volverá a su estado inicial de viscosidad. Su índice de comportamiento es mayor a la unidad ( $n > 1$ ).



**Figura 3.** Reogramas de fluidos no Newtonianos dependientes del tiempo

**Fuente:** Ibarz, Barbosa – Cánovas. 2003

#### 2.4.2.3.4. Fluidos Tixotrópicos y Reopéptidos

Estos comportamientos son mostrados cuando los fluidos son dependientes del tiempo esto quiere decir que sus propiedades físico – químicas cambian en función del tiempo, también puede verse alterada su estructura por lo que su viscosidad es inestable y varía constantemente.

**Cuadro 4.** Modelos Reológicos para viscosidad de alimentos independientes del tiempo

Denom ination	Equation	Notes
Newton's Law	$\sigma = \eta \dot{\gamma}$	1 Parameter
Bingham's Model	$\sigma = \eta_p \dot{\gamma} + c$	2 Parameters
Ostwald-de-Waele Nutting's Model or Power Law	$\sigma = \eta (\dot{\gamma})^n$	2 Parameters
Herschel-Bulkley Modified Power Law	$\sigma = \eta (\dot{\gamma})^n + c$	3 Parameters
Casson's Model	$\sigma^{0.5} = k_1 + k_2 (\dot{\gamma})^{0.5}$	3 Parameters
Modified Casson's Equation	$\sigma^{0.5} = k'_1 + k'_2 (\dot{\gamma})^m$	3 Parameters
Elson's Equation	$\sigma = \mu \dot{\gamma} + B \text{sen} k^{-1} + \sigma_0$	3 Parameters
Vocadlo's Model	$\tau = (\tau_0^{1/n} + k \dot{\gamma})^n$	3 Parameters
Shangraw's Model	$\sigma = a \dot{\gamma} + b(1 - \exp(-c \dot{\gamma}))$	2 Parameters
Generalized Model	$\dot{\gamma} = \frac{1}{\eta_0} \left[ \frac{1 + \left( \frac{\tau_{rz}}{\tau_m} \right)^{\alpha-1}}{1 + \left( \frac{\tau_{rz}}{\tau_m} \right)^{\alpha-1} \frac{\eta_\infty}{\eta_0}} \right]$	4 Parameters
Sutterby's Model	$\tau_{rz} = -\mu_0 \left[ \frac{\text{arcsen} \beta \dot{\gamma}}{\beta \dot{\gamma}} \right]^\alpha \dot{\gamma}$	3 Parameters
Springs Truncated Power Law	$\tau_{rz} = -\mu_0 \left[ \frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_0} \right]^{n-1} \dot{\gamma}$	3 Parameters
Williamson's Model	$\tau = A \frac{\dot{\gamma}}{B + \dot{\gamma}} + \mu_\infty \dot{\gamma}$	3 Parameters
Sisko's Model	$\tau = A \dot{\gamma} + B \dot{\gamma}^n$	3 Parameters

**$\sigma$** : esfuerzo de cizallamiento [Pa]  **$\dot{\gamma}$** : velocidad de corte o deformación [1/s]

**$\eta$** : viscosidad aparente [Pa\*s]  **$n$** : índice de comportamiento  **$k, b, c$** : constantes

**Fuente:** Ibarz, Barbosa – Cánovas. 2003

#### 2.4.2.4. Viscosímetro rotacional Brookfield LVTD

Según lo mencionado por Sahin and Gulum en el 2006, este tipo de viscosímetros tienen un rotor adaptado de forma vertical que al ser introducido en un líquido este va a medir el torque necesario para vencer la resistencia al flujo que presenta la muestra, producto de esto se visualizará valores de porcentaje de Full Scale (%FS); con ello es posible determinar la viscosidad aparente a diferentes velocidades (velocidad de corte).



**Figura 4.** Viscosímetro Brookfield LVTD con accesorios para control de temperatura.

Diferentes rotores se pueden utilizar para varias muestras dependiendo de su viscosidad, pero cada uno de ellos presenta sus características específicas suministradas por el fabricante como el factor por el cual tiene que ser multiplicada la lectura del viscosímetro y las dimensiones de cada rotor como se muestra a continuación:



**Tabla 1.** Factores que multiplican a las lecturas del viscosímetro

Velocidad [RPM]	Rotor LV1	Rotor LV2	Rotor LV3	Rotor LV4
0,3	200	1000	4000	20000
0,6	100	500	2000	10000
1,5	40	200	800	4000
3	20	100	400	2000
6	10	50	200	1000
12	5	25	100	500
30	2	10	40	200
60	1	5	20	100

**Fuente:** Adaptado de Manual de Brookfield.

**Tabla 2.** Dimensiones de los rotores

Rotor	Radio [cm]	Longitud [cm]
LV1	0,9421	7,493
LV2	0,5128	6,121
LV3	0,2941	4,846
LV4	0,1588	3,396

**Fuente:** Adaptado de Manual de Brookfield.

#### 2.4.2.5. Ley de la potencia

El comportamiento Pseudoplástico y dilatante de los alimentos puede describirse mediante la ley de la potencia o el modelo propuesto por Ostwald de Waele que se presenta a continuación:

$$T = K (\dot{\gamma})^n \quad (2)$$

**Donde:** ( $T$ ) es esfuerzo de cizallamiento o de corte [Pa], ( $K$ ) es el índice de consistencia o viscosidad aparente [Pa\*s], ( $\dot{\gamma}$ ) es la velocidad de corte o deformación y ( $n$ ) es el índice de comportamiento.

Los valores del esfuerzo de cizallamiento ( $T$ ) a las diferentes velocidades de rotación, se calculan con la ecuación:

$$\tau = \frac{\Omega}{2\pi R^2 L} \quad (3)$$

**Donde:** ( $\Omega$ ) es el torque necesario para vencer la resistencia al flujo, ( $R$ ) es el radio de rotor LV, ( $L$ ) es la longitud efectiva del rotor LV.

El torque ( $\Omega$ ) necesario para vencer la resistencia al flujo puede ser calculado de la siguiente manera:

$$\Omega = k_v^* \left( \frac{\%FS}{100} \right) \quad (4)$$

**Donde:** ( $k_v^*$ ) es la constante del viscosímetro ( $673,7 \cdot 10^{-7}$  [N\*m]) y ( $\%FS$ ) es el porcentaje de Full Scale o lectura que da el viscosímetro.

Según Steffe (1992), una aproximación de la velocidad de cizallamiento ( $\gamma$ ) se obtiene con la ecuación siguiente:

$$\gamma = \frac{4\pi N}{60} \quad (5)$$

**Donde:** ( $N$ ) es la velocidad de deformación o de corte en [rpm] o [revoluciones por minuto].

Para poder obtener los parámetros de viscosidad aparente ( $K$ ) e índice de comportamiento ( $n$ ) se linealiza aplicando logaritmos la ecuación 2 y se tiene lo siguiente:

$$\log(\tau) = \log(K) + n * \log(\gamma) \quad (6)$$

**Donde:** ( $n$ ) va ser igual a la pendiente de la regresión lineal y ( $k$ ) va ser igual al antilogaritmo del intercepto con el eje de las ordenadas.

#### 2.4.2.6. Energía de Activación

Según Rao (1997), durante el procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización y consumo de alimentos líquidos, se registran diferentes temperaturas; por esta razón sus propiedades reológicas se estudian como función de la temperatura.

Con pocas excepciones, el efecto de la temperatura sobre la viscosidad se expresa por la ecuación tipo Arrhenius:

$$\eta = \eta_0 e^{-(E_a)/(RG)(TA)}$$

Que linealizada corresponde a:

$$\ln \eta = \ln \eta_0 - \frac{E_a}{(RG)(TA)}$$

**Donde:** ( $E_a$ ) es la Energía de Activación, ( $RG$ ) es la constante de los gases (8,314 [J/mol\*K]), ( $TA$ ) es la temperatura absoluta y ( $\eta_0$ ) es una constante del factor de frecuencia.

Por la dificultad de conocer los valores de la constante de los gases, en especial el peso molecular, una forma de expresar esta ecuación es:

$$\ln \eta = \ln \eta_0 - \frac{K^*}{(TA)}$$

En la cual  $K^*$  es una constante que relaciona los cambios de la viscosidad con la temperatura absoluta.

## **2.5. Hipótesis**

### **Hipótesis nula ( $H_0$ )**

El tipo de carnaza no tiene influencia significativa sobre las propiedades reológicas del licor de gelatina pura de origen bovino.

### **Hipótesis alternativa ( $H_a$ )**

El tipo de carnaza si tiene influencia significativa sobre las propiedades reológicas del licor de gelatina pura de origen bovino.

## **2.6. Señalamiento de variables de la hipótesis**

### **Variable independiente**

- Tipo de carnaza utilizada para extraer el licor de gelatina.

### **Variable dependiente**

- Propiedades reológicas.

## CAPITULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Enfoque

Herrera, et al., 2002, señalan que el enfoque asumido por el investigador está permanentemente en todo el proceso de estudio. En presente proyecto se realizará de manera cuantitativa, ya que se pondrá énfasis en la obtención de datos experimentales reales que permitan determinar las propiedades reológicas del licor de gelatina pura de origen bovino, con el fin de caracterizar el tipo comportamiento del licor como fluido y establecer sus respectivos valores de índice de consistencia y comportamiento.

#### 3.2. Nivel o tipo de investigación

Según Herrera, et al., 2002, es de suma importancia tomar en cuenta el nivel de investigación, pues cada uno de ellos tiene características específicas y objetivas que se articulan con los objetivos tomados en cuenta para la investigación. Los niveles al que llegará la investigación son:

**Explorativa**, puesto existe poca información conocida acerca de las propiedades reológicas de licor de gelatina pura de origen bovino, por lo que sus resultados constituirán un aporte valioso al campo de la investigación de alimentos.

**Correlacional**, el cual se refiere al grado de relación (no causal) que existe entre dos o más variables. Para realizar este tipo de estudio se debe medir la asociatividad de las variables mediante pruebas de hipótesis y la

aplicación de técnicas estadísticas, que determinarán el efecto del tipo carnaza sobre las propiedades reológicas de licor de gelatina de origen bovino.

### **3.3. Modalidad básica de la investigación**

En el presente estudio va a utilizar dos modalidades de investigación mencionados por Herrera, et al., 2002:

**a) Investigación de campo.-** Es el estudio sistemático de los hechos en el lugar en el que se producen los acontecimientos. En esta modalidad se toma contacto en forma directa con la realidad (fuentes primarias), para obtener información de acuerdo con los objetivos del proyecto.

**b) Investigación documental-bibliografía.-** Tiene el propósito de conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada, basándose en documentos o en libros, revistas, periódicos, y otras publicaciones.

La investigación de campo será netamente de tipo experimental, que se llevara a cabo en el Laboratorio de Ingeniería de Procesos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

La investigación documental – bibliográfica, hace referencia a múltiples determinaciones con el fin de obtener valores reológicos a diferentes concentraciones de licor de gelatina pura de origen bovino y a diferentes ensayos de temperatura.

### 3.4. Población y Muestra

#### 3.4.1. Diseño experimental

La investigación responderá a un diseño factorial de tipo A\*B\*C (2\*3\*7) corrido con 2 réplicas por duplicado, obteniéndose un total de 84 tratamientos, este diseño experimental, permitirá evaluar efectos combinados o interacciones entre los factores, según Saltos H., 2010.

#### Modelo Matemático

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + R_l + \epsilon_{ijkl}$$

#### Dónde:

$\mu$  = efecto global

$A_i$  = efecto del i-ésimo nivel del factor A

$B_j$  = efecto del j-ésimo nivel del factor B

$C_k$  = efecto del k-ésimo nivel del factor C

$(AB)_{ij}$  = efecto de la interacción entre los factores A y B

$(AC)_{ik}$  = efecto de la interacción entre los factores A y C

$(BC)_{jk}$  = efecto de la interacción entre los factores B y C

$(ABC)_{ijk}$  = efecto de la interacción entre los factores A, B y C

$R_l$  = efecto de la replicación del experimento

$\epsilon_{ijkl}$  = residuo o error experimental

A continuación se detalla los factores y niveles que se van a tomar en cuenta para el diseño experimental:

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>
<b>A:</b> Tipo de carnaza	a <sub>0</sub> :fresca a <sub>1</sub> :seca
<b>B:</b> Temperatura de licor de gelatina	b <sub>0</sub> :50°C b <sub>1</sub> :55°C b <sub>2</sub> :60°C
<b>C:</b> Concentración del licor de gelatina	c <sub>0</sub> : 43°Brix c <sub>1</sub> : 38°Brix c <sub>2</sub> : 34°Brix c <sub>3</sub> : 32°Brix c <sub>4</sub> : 30°Brix c <sub>5</sub> : 28°Brix c <sub>6</sub> : 26°Brix

### **3.4.2. Respuestas Experimentales**

Se tomaron datos de acuerdo a las lecturas que proporcionó el Viscosímetro rotacional Brookfield LVTD a las diferentes velocidades de deformación o corte: (0,3; 0,6; 1,5; 3; 6; 12; 30 y 60) rpm (revoluciones por minuto) y se expresa de la siguiente manera:

#### **Porcentaje de Escala Total (%FS)**



### 3.5. La operacionalización de variables

**Tabla 3. Variable Independiente:** Tipo de carnaza utilizada para la extraer el licor de gelatina

Categoría	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos	
<p><b>Carnaza fresca:</b></p> <p>Conceptualizado como lo que procede de un pretratamiento en el que se retira gran parte de la grasa y el pelo, dejando el colágeno.</p>	Licor de gelatina extraído	<p><b>Temperatura:</b></p> <p>50°C</p> <p>55°C</p> <p>60°C</p>	<p>Influirá la temperatura en las propiedades reológicas de licor de gelatina pura?</p>	Baño Termostático	
<p><b>Carnaza seca:</b></p> <p>Conceptualizado como lo que resulta del secado de las pieles y sus retazos de ganado vacuno.</p>		<p><b>Concentración:</b></p> <p>43°Brix</p> <p>38°Brix</p> <p>34°Brix</p> <p>32°Brix</p> <p>30°Brix</p> <p>28°Brix</p> <p>26°Brix</p>	<p>Influirá la concentración en las propiedades reológicas de licor de gelatina pura?</p>		Brixómetro (0 -60) °Brix

Elaborado por: José Luis Gutiérrez. 2013.

**Tabla 4. Variable Dependiente:** Propiedades reológicas

Categoría	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p><b>Propiedades reológicas:</b></p> <p>Conceptualizado como la ciencia dedicada al estudio de la deformación y el flujo de alimentos líquidos.</p>	<p>Análisis de las Propiedades Reológicas</p>	<p>Índice de consistencia</p> <p>Índice de comportamiento</p>	<p>Disminuirán o aumentarán en función de la temperatura y concentración?</p> <p>Se comportará como un fluido Newtoniano, Pseudoplástico, Dilatante o Mixto?</p>	<p>Hoja Guía de Laboratorio de Ingeniería de Procesos. Reología de fluidos no Newtonianos</p> <p>Viscosímetro rotacional Brookfield LVTD</p>

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez. 2013.

### 3.6. La recolección de datos

Se planificó 84 corridas experimentales, las cuales culminaron en un mes dentro de sus días hábiles, llevadas a cabo durante la fase experimental del presente trabajo de investigación, que se efectuó en el Laboratorio de Ingeniería de Procesos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

### **3.7. Plan de procesamiento de la información**

Para el procesamiento de la información obtenida se utilizó el paquete informático de Microsoft Office a través de los programas: Word y Excel; respecto al diseño experimental y para aplicar los respectivas Análisis de Varianza se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 4.0

Para el análisis de resultado se tomó en cuenta:

- Análisis de los resultados estadísticos, destacando relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos e hipótesis.
- Interpretación de los resultados, con apoyo del marco teórico, comparando con resultados obtenidos en investigaciones similares o de interés.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Análisis e Interpretación de los Resultados

Los valores obtenidos con el viscosímetro rotacional Brookfield LVTD de porcentaje de escala total (%FS), a las diferentes temperaturas (50, 55 y 60)°C y concentraciones (43, 38, 34, 32, 30, 28 y 26)°Brix, fueron utilizados para calcular las propiedades reológicas del licor de gelatina pura de origen bovino, a través de un programa de computadora del paquete Microsoft Office (Excel 2010).

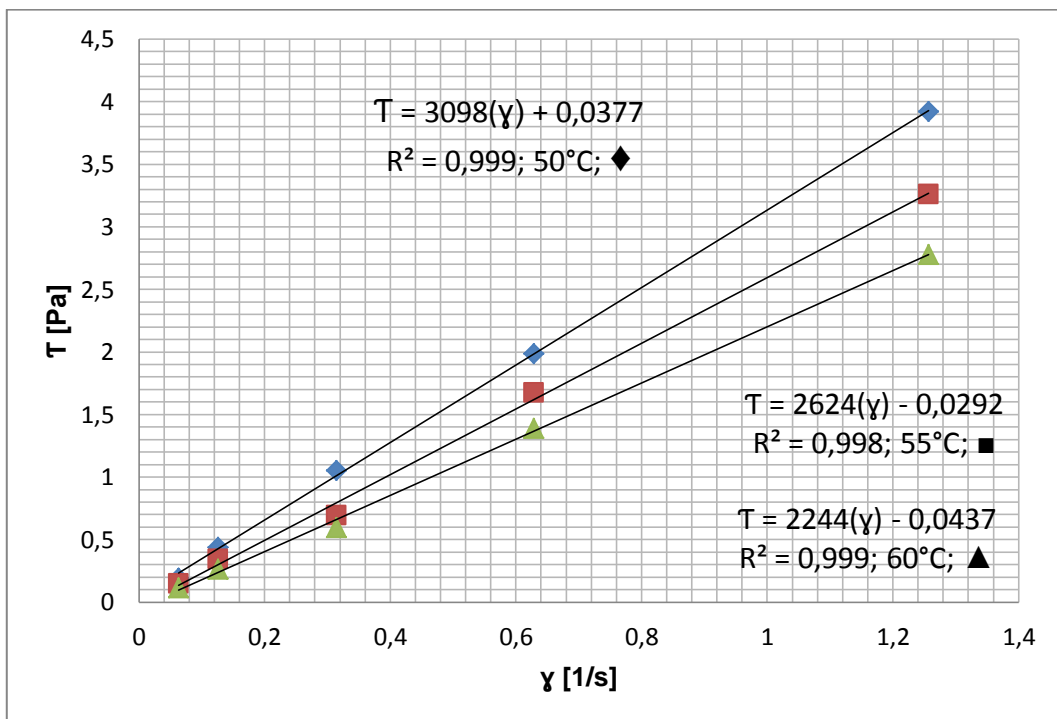
Al realizar el gráfico del esfuerzo de cizallamiento ( $T$ ) [Pa] contra la velocidad de corte o deformación ( $\dot{\gamma}$ ) [1/s] del licor de gelatina pura a diferentes concentraciones y temperaturas (figura 5), se puede notar claramente que la dispersión tiende a la linealidad, es decir que existe una relación directamente proporcional que es característica de los fluidos que cumplen la ley de Newton, por ello se presenta a continuación la determinación de propiedades reológicas de los dos tipos de carnaza, tanto como fluido Newtoniano y como no Newtoniano, el último analizado a través del modelo propuesto por Ostwald de Waele o más conocido ampliamente como la Ley de la Potencia.

Los valores de viscosidad (fluidos Newtonianos) e índice de consistencia (fluidos no Newtonianos) están expresados en centiPoise [cP] que es equivalente a los miliPascales [mPa\*s].

#### 4.1.1. Carnaza Fresca

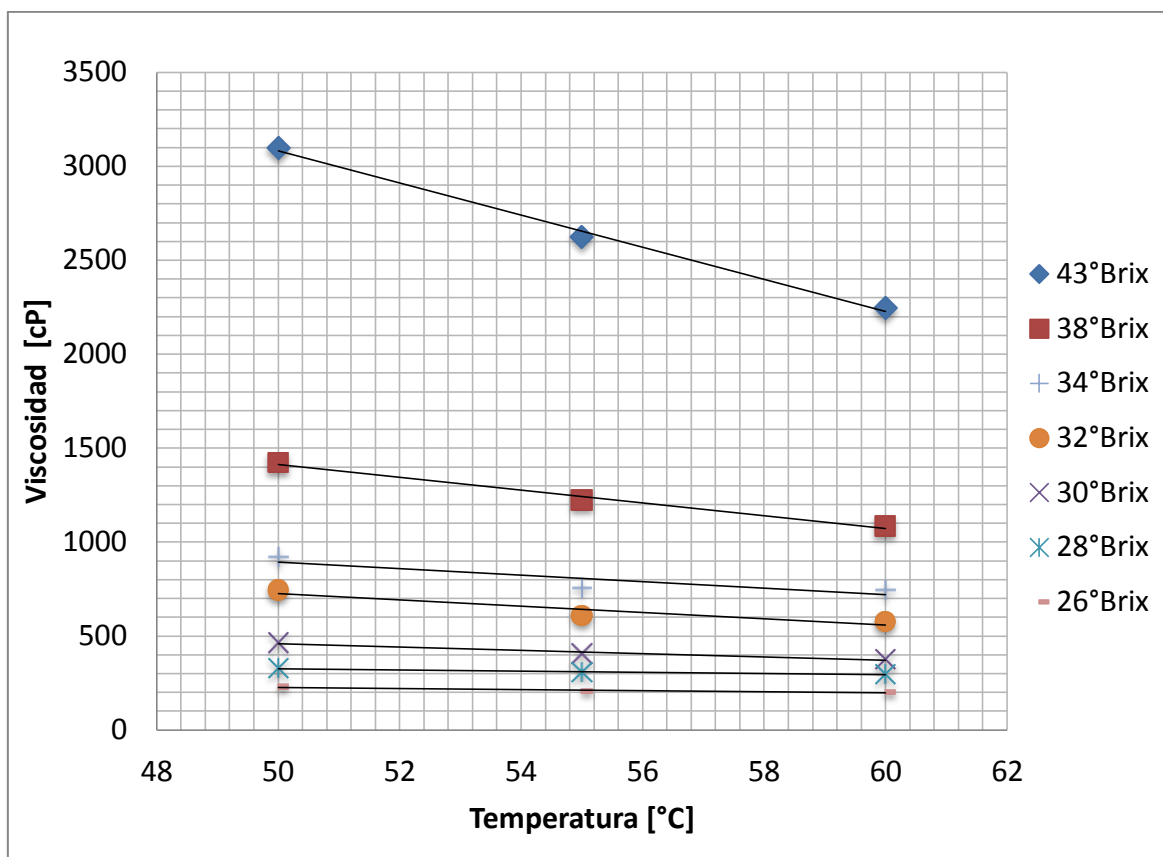
##### 4.1.1.1. Newtoniano

La determinación de la viscosidad como fluido Newtoniano fue realizada graficando el esfuerzo de cizallamiento contra la velocidad de deformación, al aplicar una regresión lineal, la pendiente resultante corresponde al valor de viscosidad del licor de gelatina, como se muestra a continuación para el la concentración de 38°Brix:



**Figura 5.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 43°Brix como fluido Newtoniano

Bajo el mismo criterio a continuación se presentan los valores de viscosidad en función de la temperatura para las diferentes concentraciones:



**Figura 6.** Relación entre la viscosidad y la temperatura del licor de gelatina de carnaza fresca como fluido Newtoniano

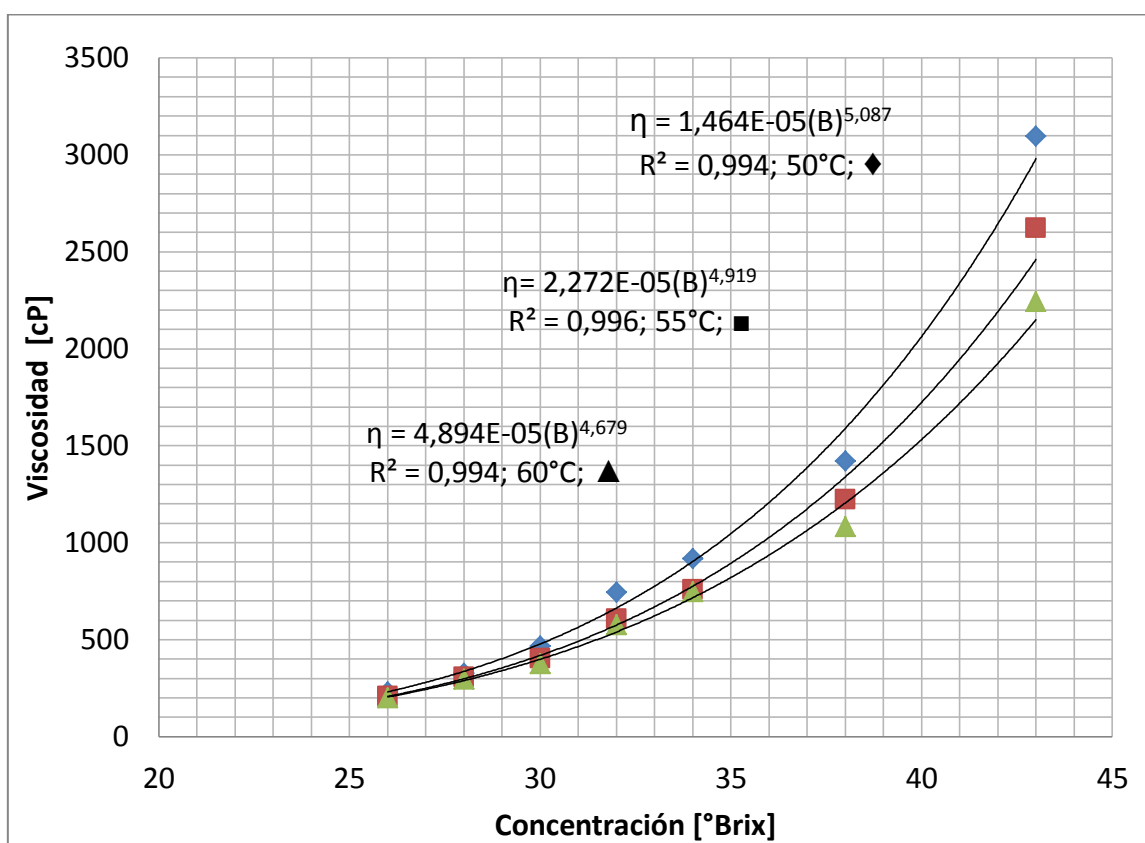
Se puede apreciar claramente que la relación que presenta la viscosidad en función de la temperatura es inversamente proporcional, es decir que a medida que la temperatura aumenta los valores de viscosidad disminuyen, mientras que la relación entre la viscosidad y la concentración es directamente proporcional, entendiéndose que a medida que aumenta la concentración aumenta la viscosidad. El índice de comportamiento ( $n$ ) es 1,0 característico de este tipo de fluidos, el máximo valor de viscosidad que se alcanza a 50°C para licor de gelatina de carnaza fresca a 43°Brix es 3098 [cP], y el mínimo valor obtenido a 60°C con 26°Brix es 201 [cP].

A continuación se presenta las ecuaciones lineales a las diferentes concentraciones correspondientes a la figura 5:

**Tabla 5.** Ecuaciones que relacionan la viscosidad del licor de gelatina de carnaza fresca con la temperatura como fluido Newtoniano

Concentración [°Brix]	Ecuación	r
43	$\eta = -85,3(T) + 7346,5$	0,998
38	$\eta = -33,9(T) + 3106,8$	0,995
34	$\eta = -17,2(T) + 1753$	0,893
32	$\eta = -16,8(T) + 1566,7$	0,943
30	$\eta = -8,9(T) + 905,2$	0,975
28	$\eta = -3,0(T) + 475,7$	0,988
26	$\eta = -2,8(T) + 366,3$	0,950

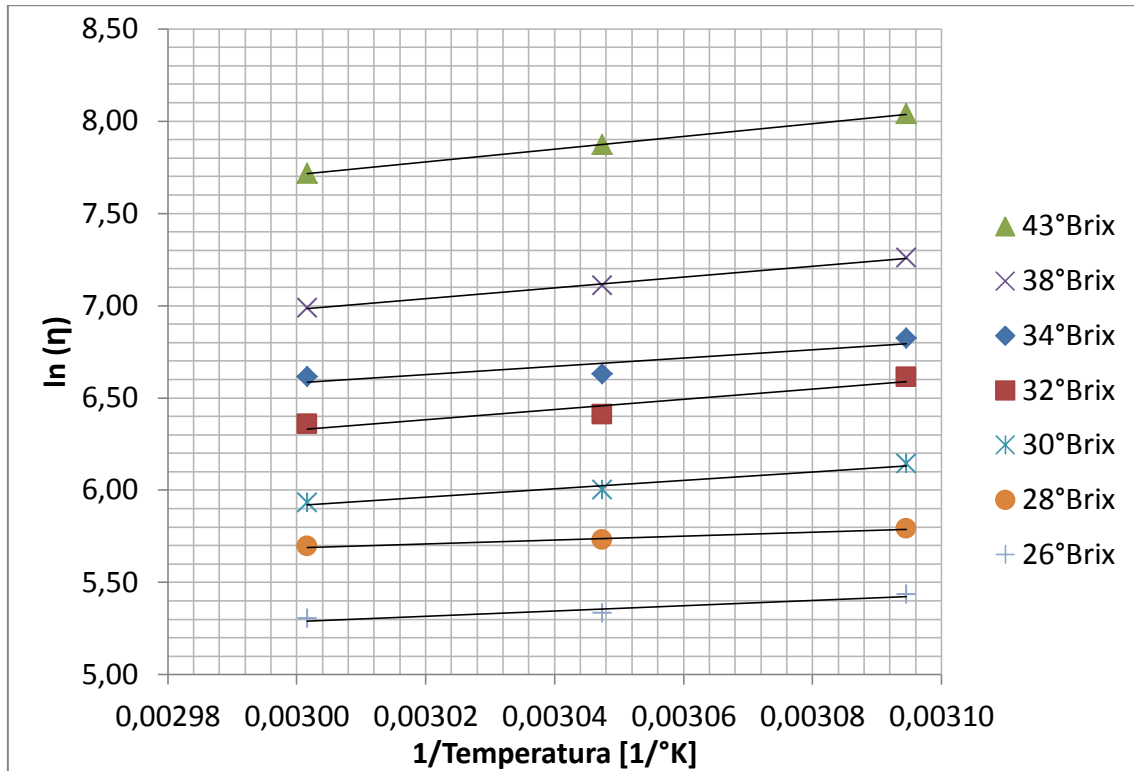
Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013



**Figura 7.** Relación entre la viscosidad y la concentración del licor de gelatina de carnaza fresca como fluido Newtoniano

En la figura 7, se puede observar la relación directamente proporcional entre la viscosidad y la concentración, es decir que a medida que aumenta la

concentración aumenta la viscosidad, además se presentan las respectivas ecuaciones potenciales que pueden ser útiles para determinar la viscosidad a otras concentraciones deseadas.



**Figura 8.** Gráfico tipo Arrhenius del licor de gelatina de carnaza fresca como Newtoniano

**Tabla 6.** Energía de activación del licor de gelatina de carnaza fresca como fluido Newtoniano

Concentración [°Brix]	K*	E <sub>a</sub> [J/mol K]	r
43	3469	28839	1,000
38	2933	24387	0,998
34	2763	22973	0,900
32	2286	19002	0,951
30	2243	18650	0,982
28	1408	11705	0,991
26	1037	8623	0,956

K\*: pendiente (constante de Arrhenius)

E<sub>a</sub>: Energía de activación

r: coeficiente de correlación

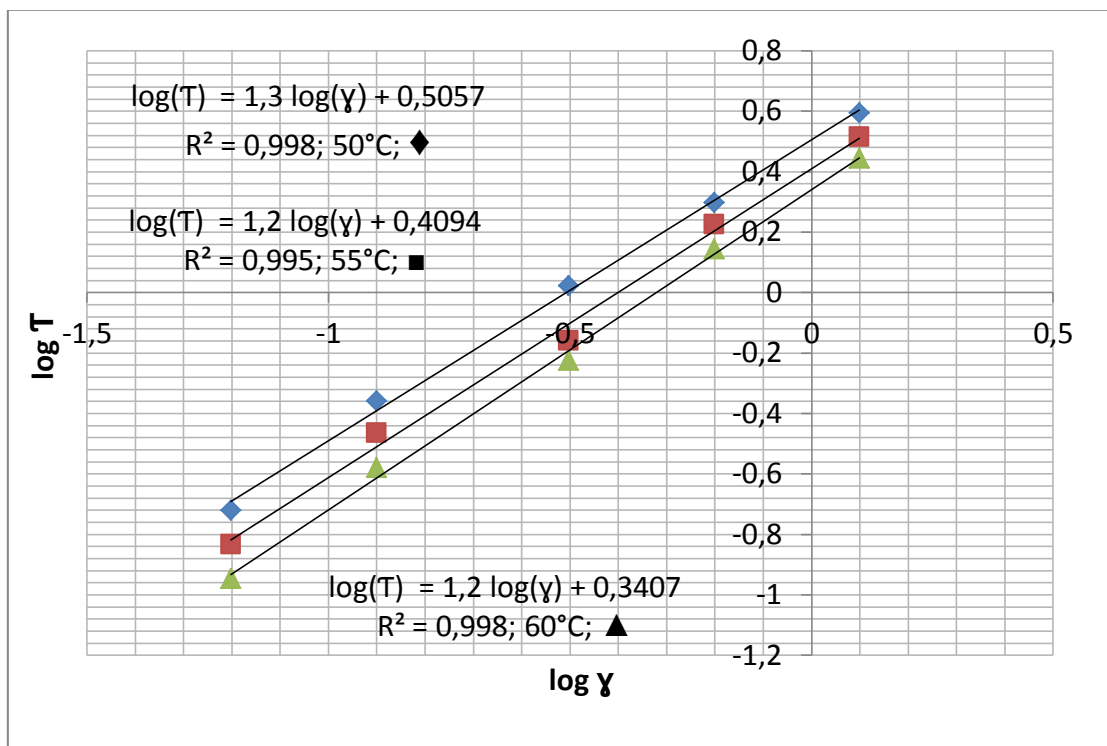
**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez, 2013



Los valores de energía de activación de flujo viscoso indicados están entre 8623 a 28839 [J/mol K], mayores valores se obtuvieron a mayores concentraciones del licor de gelatina, es decir que a altas concentraciones se requerirá mayor cantidad de energía para inducir al flujo y que pueda ser transportado.

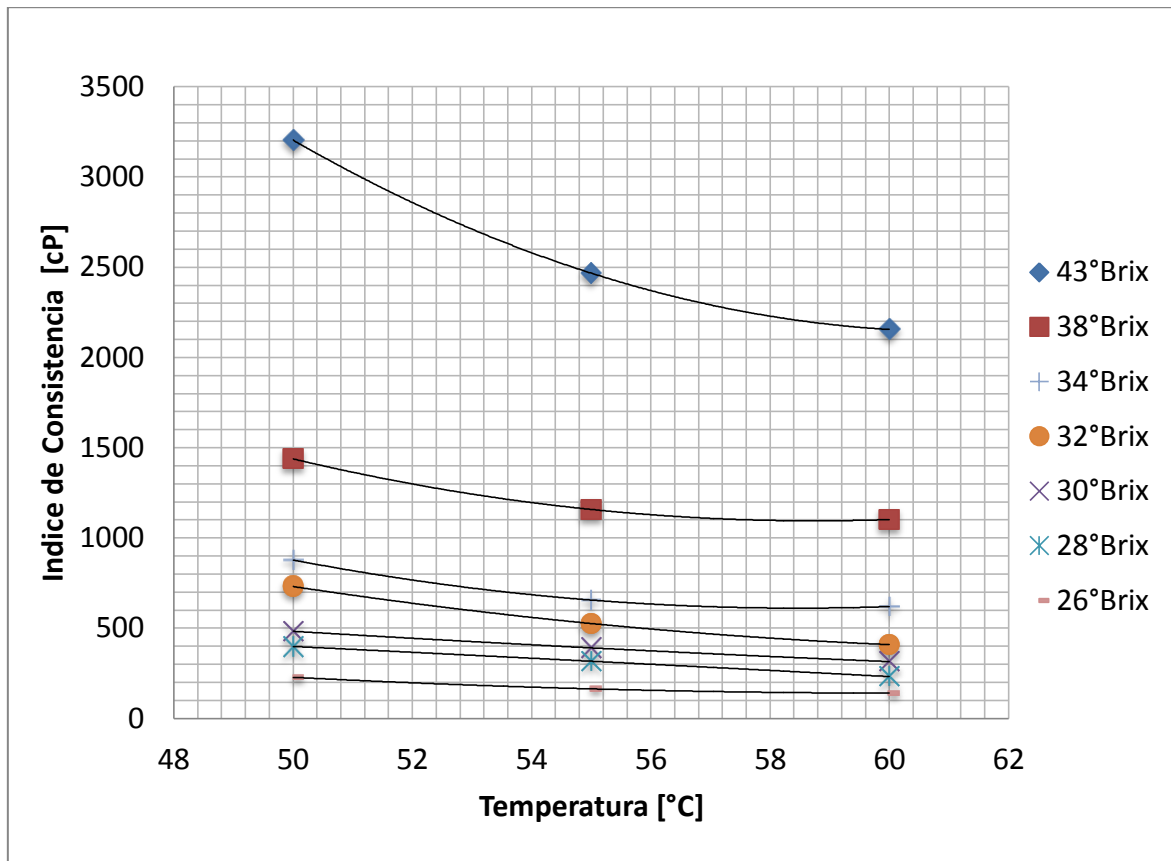
#### 4.1.1.2. No Newtoniano

Utilizando la Ley de la Potencia se pudo obtener los valores de índice de consistencia e índice de comportamiento, los cuales fueron determinados graficando logaritmos del esfuerzo de cizallamiento contra la velocidad de deformación, al aplicar una regresión lineal, la pendiente corresponde al índice de comportamiento y aplicando el antilogaritmo del corte con el eje de las ordenadas, se obtiene el valor de índice de consistencia, como se muestra a continuación para el licor de gelatina de 38°Brix:



**Figura 9.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 43°Brix como fluido no Newtoniano

Los valores de índice de consistencia obtenidos anteriormente pueden ser relacionados con la temperatura para las diferentes concentraciones como se muestra a continuación:



**Figura 10.** Relación entre el índice de consistencia y la temperatura del licor de gelatina de carnaza fresca como fluido no Newtoniano

Nótese que si se analiza como fluido no Newtoniano el licor de gelatina de carnaza fresca, a altas concentraciones (43°Brix) empieza aparecer una tendencia que se ajusta a una regresión polinómica de segundo orden, y conforme sigue disminuyendo la concentración esta se va aproximando a la linealidad, el índice de comportamiento ( $n$ ) determinado por este modelo es de 1,2 lo que significa que el fluido tiende a ser dilatante, es decir que a medida que se incrementa la velocidad de deformación o de corte el índice de consistencia aumenta. El máximo valor de índice de consistencia que se alcanza a 50°C para licor de gelatina de carnaza fresca a 43°Brix es 3200 [cP],

y el mínimo valor obtenido a 60°C con 26°Brix es 140 [cP]. Estos valores de índice de consistencia son similares a los obtenidos como fluido Newtoniano.

A continuación se presenta las ecuaciones polinómicas de segundo orden a las diferentes concentraciones correspondientes a la figura 10:

**Tabla 7.** Ecuaciones que relacionan el índice de consistencia del licor de gelatina de carnaza fresca con la temperatura como fluido no Newtoniano

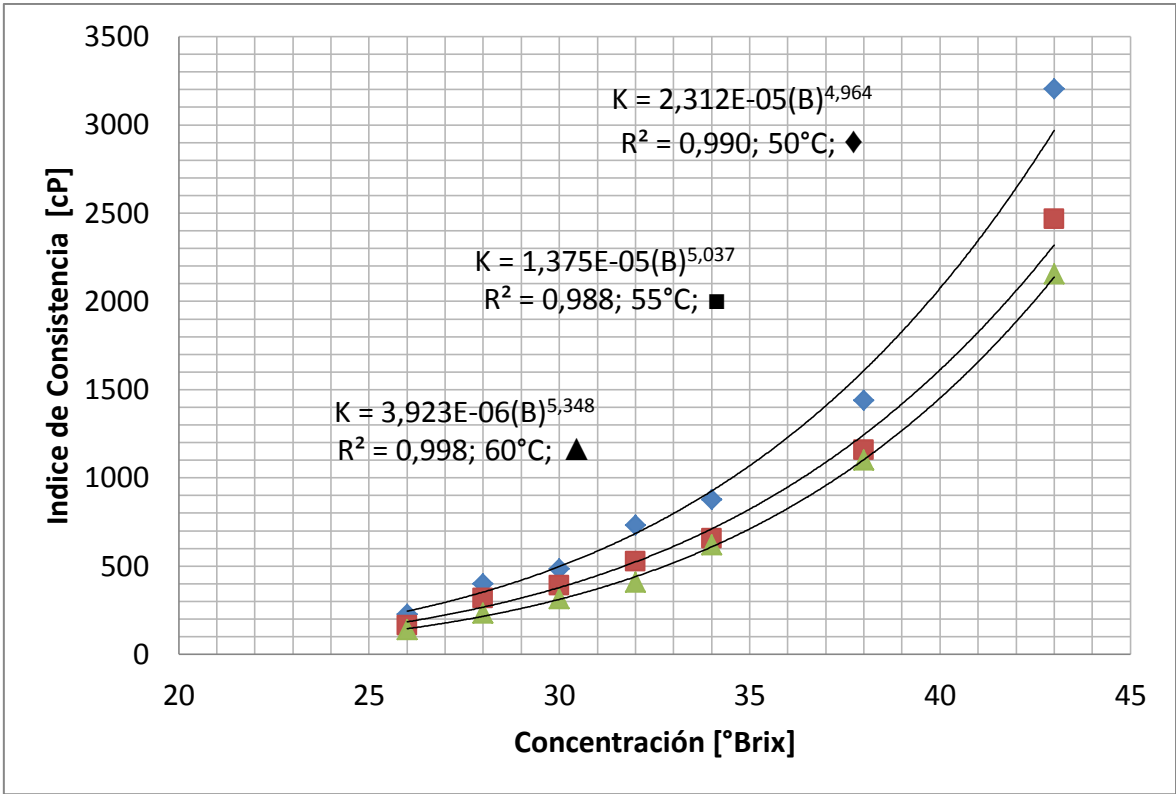
Concentración [°Brix]	Ecuación	r
43	$K= 8,5(T^2) - 1039,9(T) + 33949$	1,000
38	$K= 4,48(T^2) - 526,4(T) + 16558$	1,000
34	$K= 3,72(T^2) - 435(T) + 13328$	1,000
32	$K= 1,76(T^2) - 225,8(T) + 7621$	1,000
30	$K= 0,32(T^2) - 52(T) + 2283$	1,000
28	$K= 0,06(T^2) - 10,1(T) + 1054$	1,000
26	$K= 0,8(T^2) - 96,8(T) + 3068$	1,000

K: Viscosidad [cP]    T: Temperatura [°C]    r: coeficiente de correlación

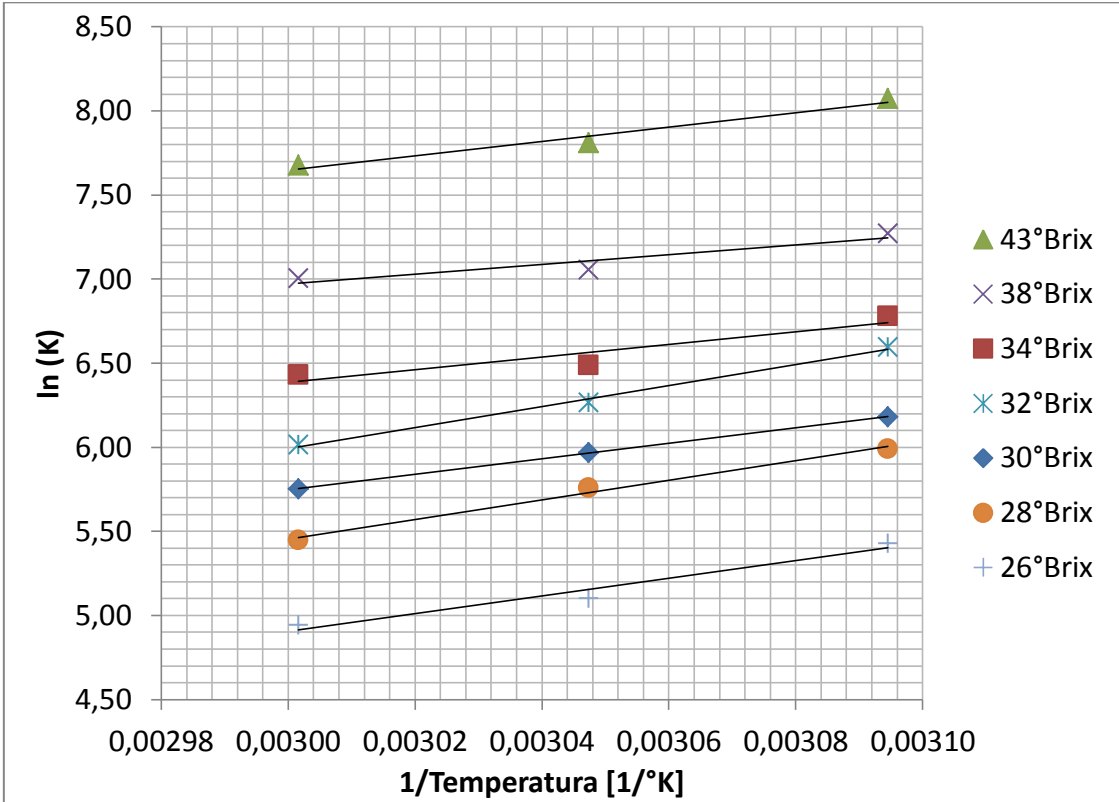
**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez, 2013

El índice de correlación de variables es mayor en comparación a los obtenidos como fluido Newtoniano, porque los datos obtenidos a través de la Ley de la Potencia son más consistentes y confiables.

La relación entre el índice de consistencia y la concentración es directamente proporcional, es decir que a medida que aumenta la concentración aumenta el índice de consistencia. En la siguiente figura, se presentan las respectivas ecuaciones potenciales para poder determinar valores puntuales de índice de consistencia a otras concentraciones.



**Figura 11.** Relación entre el índice de consistencia y la concentración del licor de gelatina de carnaza fresca como fluido no Newtoniano



**Figura 12.** Gráfico tipo Arrhenius del licor de gelatina de carnaza fresca como no Newtoniano

**Tabla 8.** Energía de activación del licor de gelatina de carnaza fresca como fluido no Newtoniano

Concentración [°Brix]	K*	E <sub>a</sub> [J/mol K]	r
43	6255	52007	0,998
38	5833	48491	0,943
34	5259	43727	0,935
32	4601	38254	0,998
30	4276	35554	0,999
28	3758	31246	0,995
26	2874	23894	0,982

K\*: pendiente (constante de Arrhenius)

E<sub>a</sub>: Energía de activación

r: coeficiente de correlación

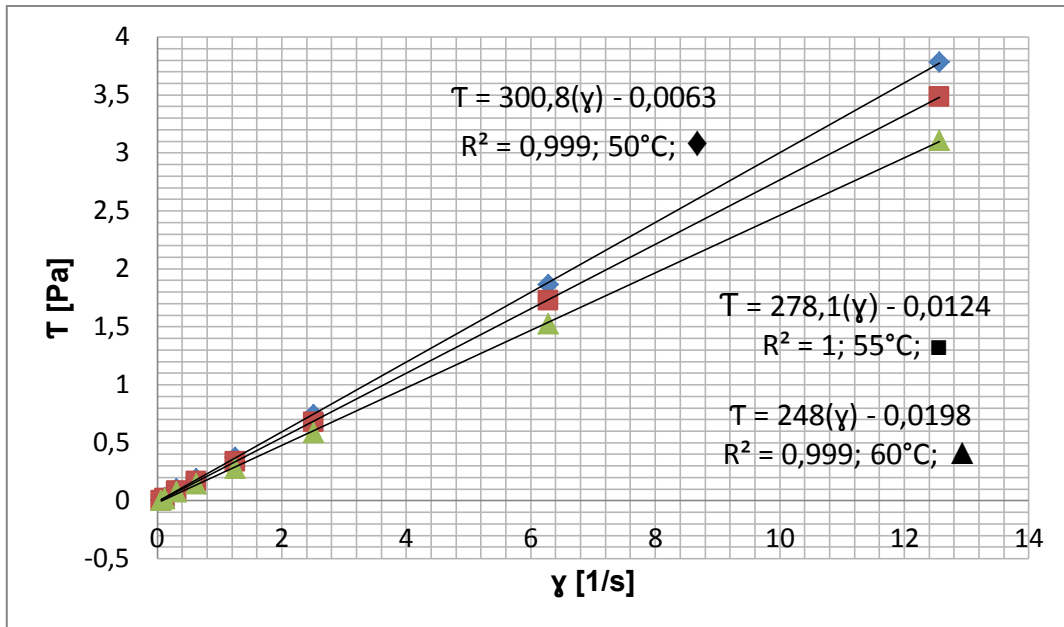
**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez, 2013

Los valores de energía de activación de flujo indicados están entre 23894 a 52007 [J/mol K], mayores valores se obtuvieron a mayores concentraciones del licor de gelatina, es decir que a altas concentraciones se requerirá mayor cantidad de energía para inducir al flujo y que pueda ser transportado.

#### **4.1.2. Carnaza Seca**

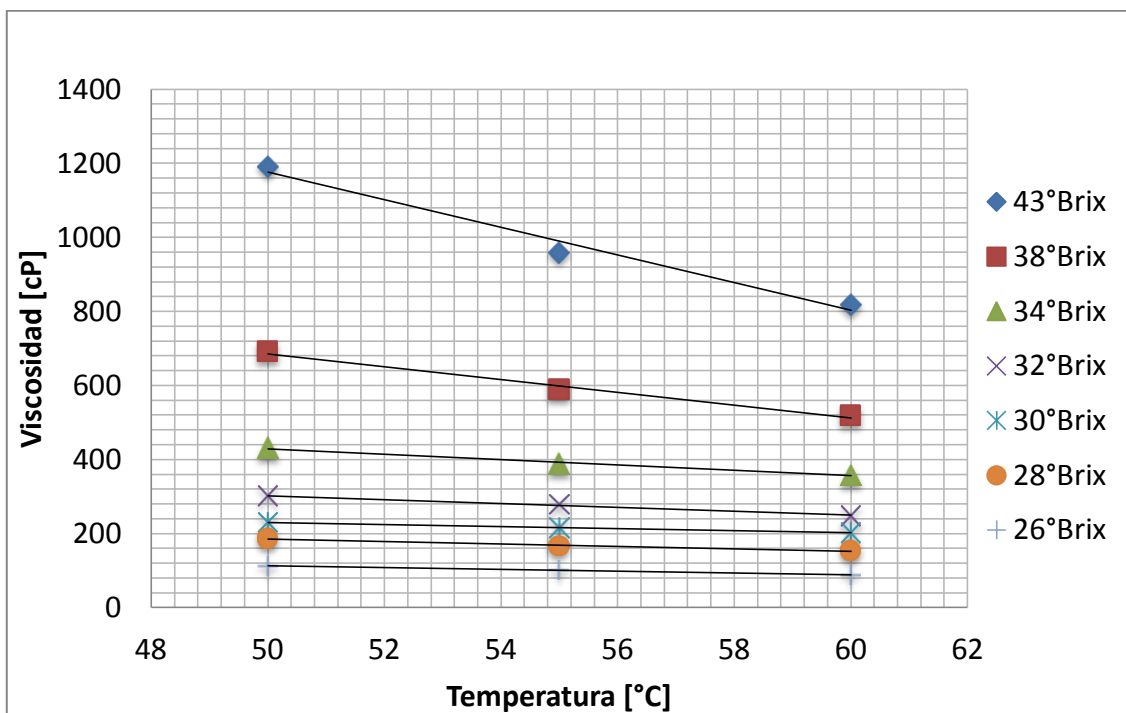
##### **4.1.2.1. Newtoniano**

Para el análisis del comportamiento reológico del licor de gelatina de carnaza seca se procedió de la misma manera que para carnaza fresca, es decir que el valor de viscosidad corresponde a la pendiente de la regresión lineal, se presentan a continuación los resultados para la concentración de 32°Brix:



**Figura 13.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 32°Brix como fluido Newtoniano

A continuación se presentan los valores de viscosidad en función de la temperatura para las diferentes concentraciones:



**Figura 14.** Relación entre la viscosidad y la temperatura del licor de gelatina de carnaza seca como fluido Newtoniano

Al igual que la carnaza fresca los valores de viscosidad en función de la temperatura son inversamente proporcionales, siguen la misma tendencia como modelos lineales, pero la diferencia principal que se puede recalcar son los valores de viscosidad que se obtuvieron, como valor máximo se obtuvo 1190 [cP] a 50°C a la máxima concentración 43°Brix, y el valor más bajo obtenido a 60°C con 26°Brix es 88 [cP], es decir valores más bajos en comparación a los obtenidos con la carnaza fresca.

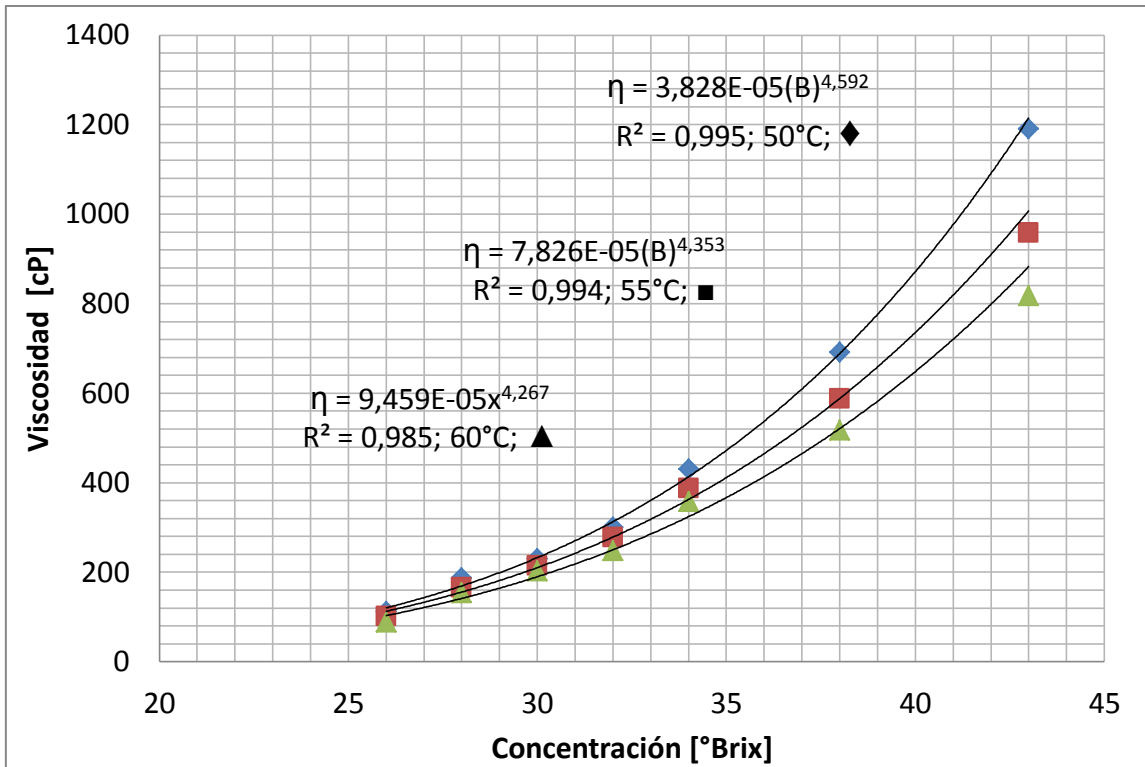
**Tabla 9.** Ecuaciones que relacionan la viscosidad del licor de gelatina de carnaza seca con la temperatura como fluido Newtoniano

Concentración [°Brix]	Ecuación	r
43	$\eta = -37,3(T) + 3040,5$	0,990
38	$\eta = -17,3(T) + 1550,5$	0,994
34	$\eta = -7,3(T) + 793,8$	0,995
32	$\eta = -5,3(T) + 567,2$	0,997
30	$\eta = -2,7(T) + 364,5$	0,998
28	$\eta = -3,3(T) + 350,5$	0,988
26	$\eta = -2,4(T) + 232,7$	0,995

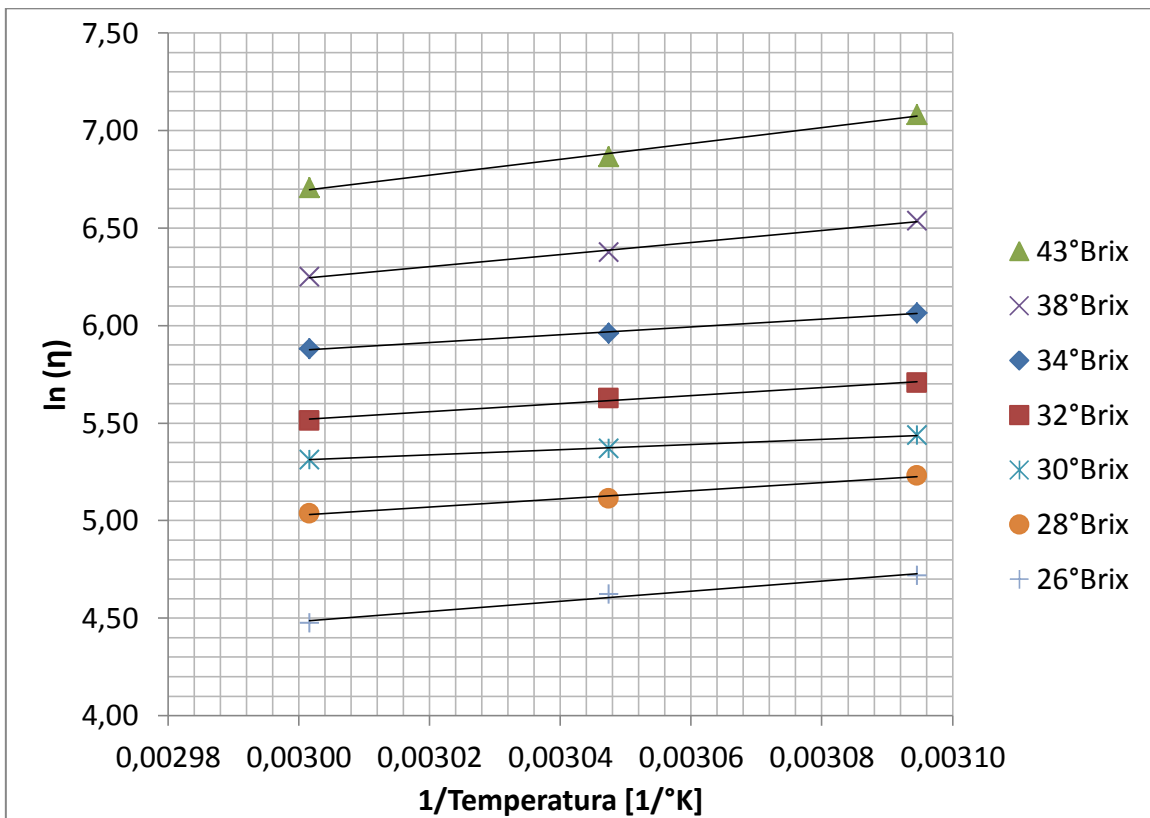
$\eta$ : Viscosidad [cP]    T: Temperatura [°C]    r: coeficiente de correlación

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez, 2013

En la siguiente figura, se puede observar la relación directamente proporcional entre la viscosidad y la concentración, es decir que a medida que aumenta la concentración aumenta la viscosidad, además se presentan las respectivas ecuaciones potenciales que pueden ser útiles para determinar la viscosidad a otras concentraciones deseadas.



**Figura 15.** Relación entre la viscosidad y la concentración del licor de gelatina de carnaza seca como fluido Newtoniano



**Figura 16.** Gráfico tipo Arrhenius del licor de gelatina de carnaza seca como Newtoniano



**Tabla 10.** Energía de activación del licor de gelatina de carnaza seca como fluido Newtoniano

Concentración [°Brix]	K*	E <sub>a</sub> [J/mol K]	r
43	4047	33651	1,000
38	3104	25806	0,998
34	2593	21559	0,900
32	2092	17397	0,951
30	2083	17319	0,982
28	1999	16620	0,991
26	1345	11181	0,956

K\*: pendiente (constante de Arrhenius)

E<sub>a</sub>: Energía de activación

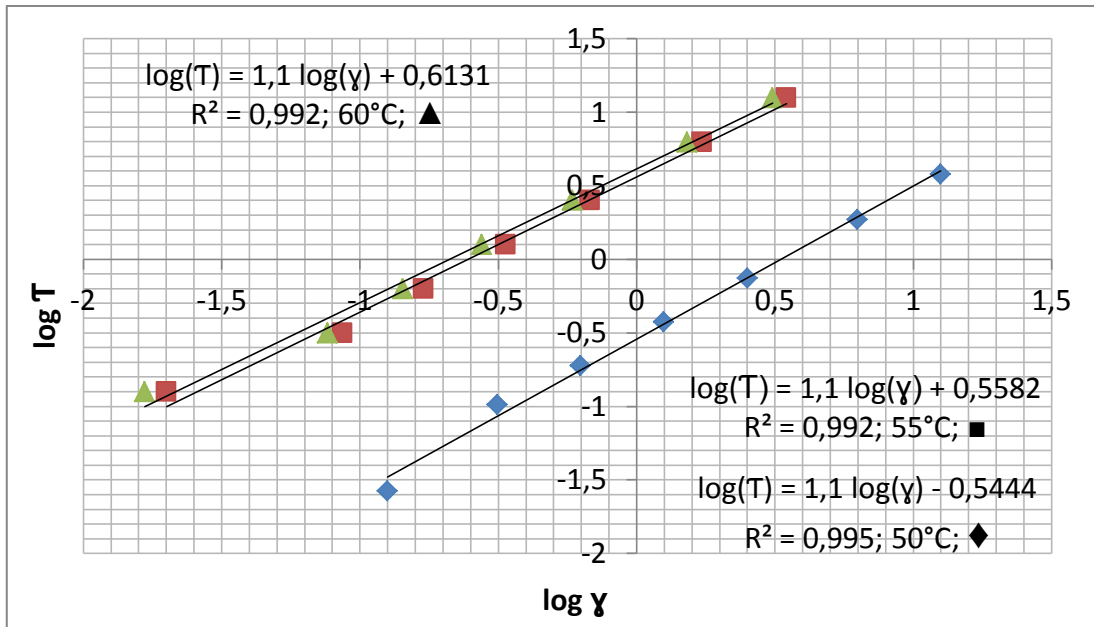
r: coeficiente de correlación

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez, 2013

Los valores de energía de activación de flujo viscoso indicados están entre 11181 a 33651 [J/mol K], mayores valores se obtuvieron a mayores concentraciones del licor de gelatina, es decir que a altas concentraciones se requerirá mayor cantidad de energía para inducir al flujo y que pueda ser transportado.

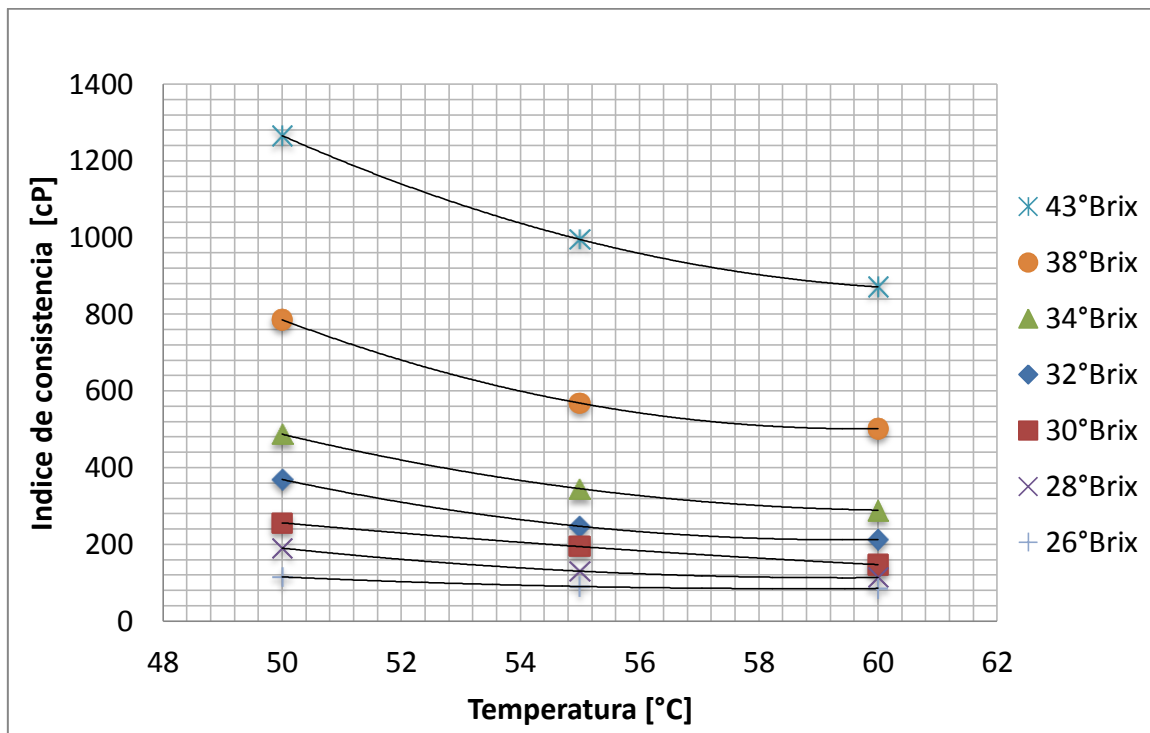
#### 4.1.2.2. No Newtoniano

De la misma forma que para la carnaza fresca, utilizando la Ley de la Potencia se pudo obtener los valores de índice de consistencia e índice de comportamiento para la carnaza seca, a continuación se presenta los parámetros reológicos para el licor de gelatina de 32°Brix:



**Figura 17.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 32°Brix como fluido no Newtoniano

A continuación se presenta la relación entre el índice de consistencia la temperatura para las diferentes concentraciones:



**Figura 18.** Relación entre el índice de consistencia y la temperatura del licor de gelatina de carnaza seca como fluido no Newtoniano

La marcada relación entre el índice de consistencia y la temperatura se puede apreciar claramente, al igual que en la carnaza fresca presenta una relación inversamente proporcional, la regresión que mejor se ajusta es la polinómica de segundo orden pudiendo resaltar que a las altas concentraciones se aproxima más a una curva y mientras esta disminuye se aproxima una línea recta. El índice de consistencia (n) es de 1,2, lo que indica que el fluido tiende a dilatarse conforme se aumenta la velocidad de deformación o de corte aumentando la resistencia al movimiento y por ende su índice de consistencia, el máximo valor de índice de consistencia que se alcanza a 50°C con 43°Brix es 1260 [cP] y a 60°C con 26°Brix 85 [cP], correspondiente al mínimo valor obtenido. Los valores son similares a los obtenidos como fluido Newtoniano.

Las ecuaciones polinómicas de segundo orden pueden ser apreciados en la siguiente tabla correspondiente a la figura 18:

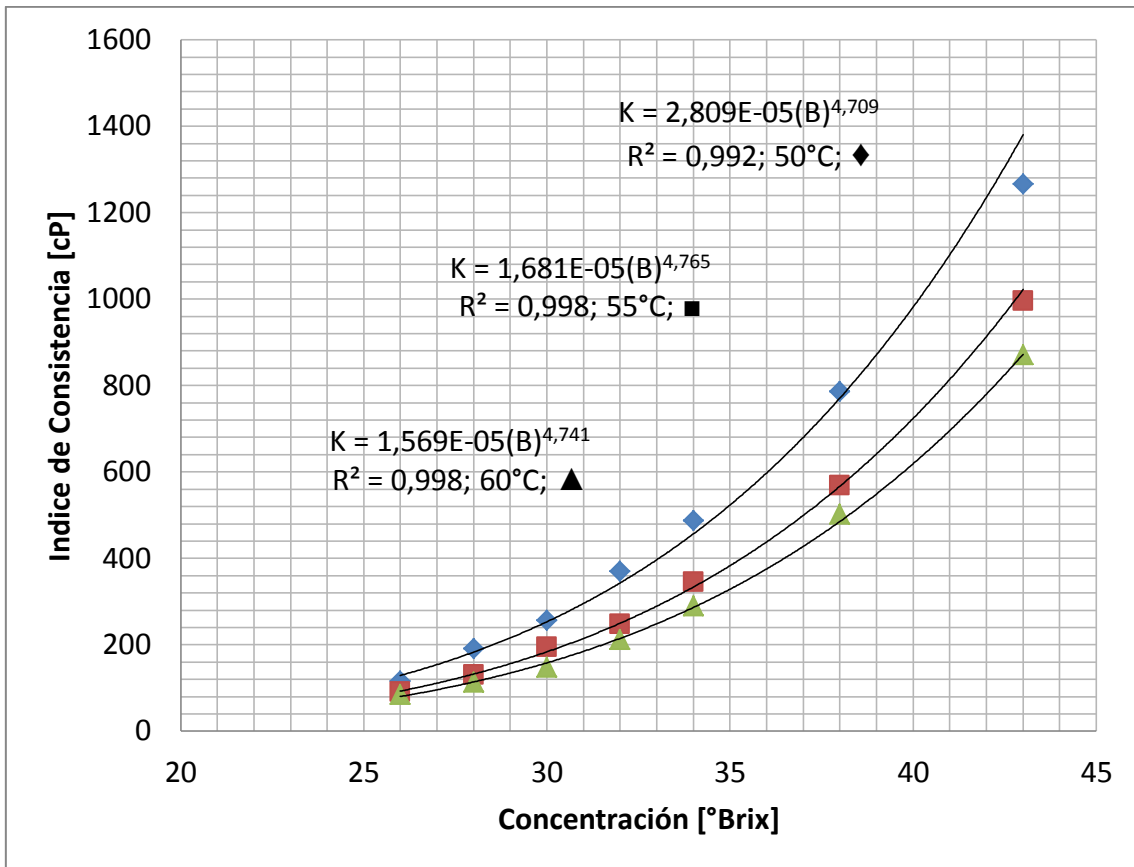
**Tabla 11.** Ecuaciones que relacionan el índice de consistencia del licor de gelatina de carnaza fresca con la temperatura como fluido no Newtoniano

Concentración [°Brix]	Ecuación	r
43	$K= 2,94(T^2) - 362,57(T) + 12051$	1,000
38	$K= 3,02(T^2) - 360,89(T) + 11274$	1,000
34	$K= 1,72(T^2) - 209,19(T) + 6642$	1,000
32	$K= 1,74(T^2) - 207,1(T) + 6374$	1,000
30	$K= 0,30(T^2) - 43,9(T) + 1701$	1,000
28	$K= 0,86(T^2) - 102,3(T) + 3155$	1,000
26	$K= 0,40(T^2) - 47(T) + 1465$	1,000

K: Viscosidad [cP]    T: Temperatura [°C]    r: coeficiente de correlación

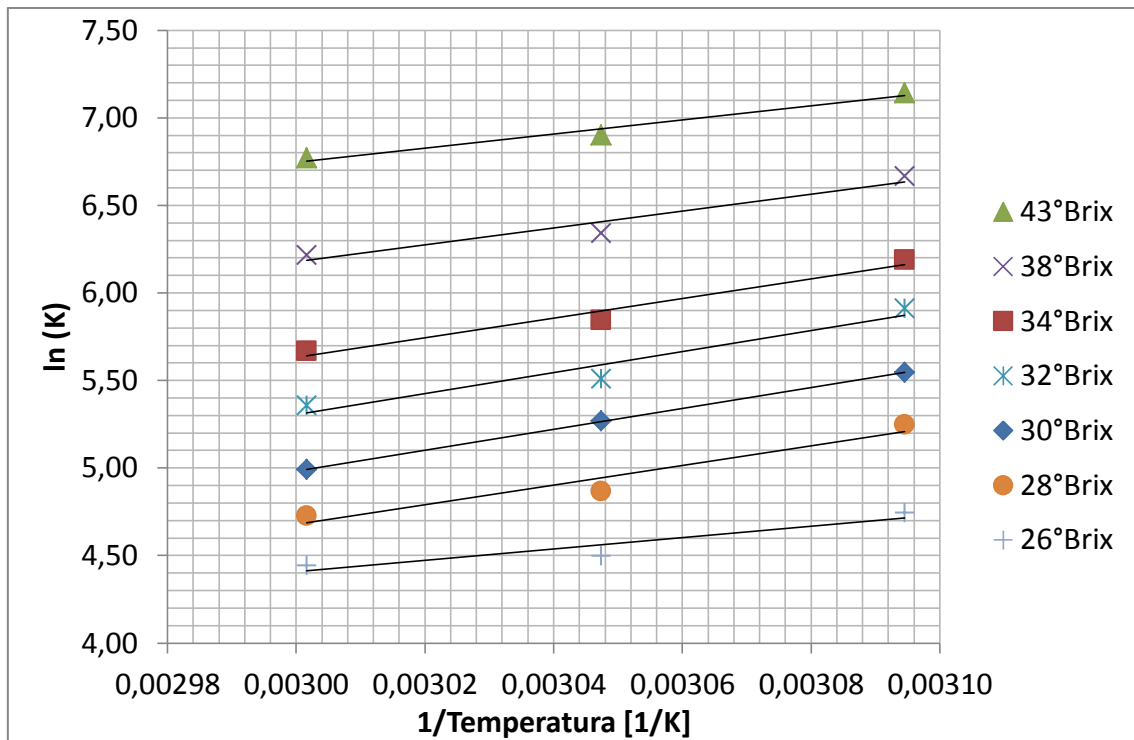
**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez, 2013

Los coeficientes de correlación de variables al igual que los obtenidos en la carnaza fresca son más altos que los obtenidos como fluido Newtoniano, por lo que los valores de parámetros reológicos obtenidos como fluido no Newtoniano son más consistentes y válidos.



**Figura 19.** Relación entre el índice de consistencia y la concentración del licor de gelatina de carnaza seca como fluido no Newtoniano

La relación entre el índice de consistencia y la concentración es directamente proporcional, es decir que a medida que aumenta la concentración aumenta el índice de consistencia. También se presentan las respectivas ecuaciones potenciales para poder determinar valores puntuales de índice de consistencia a otras concentraciones.



**Figura 20.** Gráfico tipo Arrhenius del licor de gelatina de carnaza seca como no Newtoniano

**Tabla 12.** Energía de activación del licor de gelatina de carnaza seca como fluido no Newtoniano

Concentración [°Brix]	K*	E <sub>a</sub> [J/mol K]	r
43	5980	49715	1,000
38	5972	49649	0,998
34	5623	46753	0,900
32	5607	46616	0,951
30	4842	40257	0,982
28	4028	33485	0,991
26	3264	27139	0,956

K\*: pendiente (constante de Arrhenius)

E<sub>a</sub>: Energía de activación

r: coeficiente de correlación

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez, 2013

Los valores de energía de activación de flujo indicados están entre 27139 a 49715 [J/mol K], mayores valores se obtuvieron a mayores concentraciones del licor de gelatina, es decir que a altas concentraciones se requerirá mayor cantidad de energía para inducir al flujo y que pueda ser transportado.

Los valores obtenidos por la Ley de Potencia con el modelo propuesto por Ostwald de Waele, sin duda son los que mejor describen el comportamiento reológico del licor de gelatina pura de origen bovino, se puede afirmar esto por los valores de coeficiente de correlación ( $r$ ) obtenidos, los cuales son mayores a 0,9 en comparación a los valores obtenidos como modelo Newtoniano.

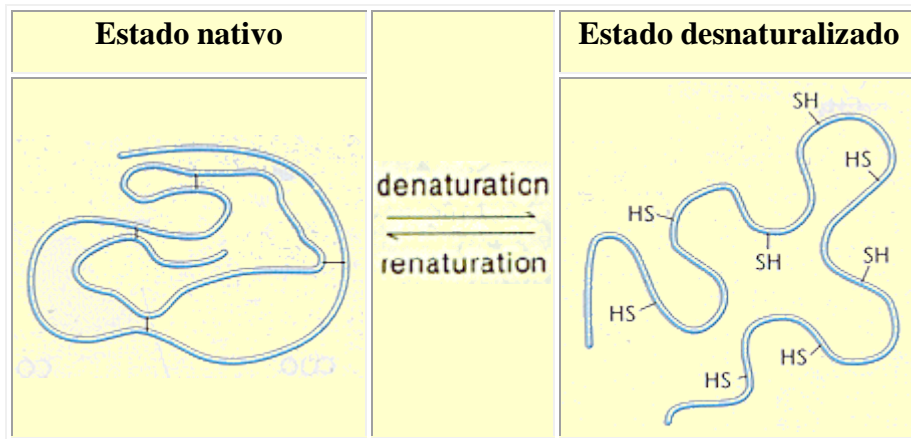
Los valores de índice de consistencia de licor de gelatina de carnaza fresca son mayores en comparación a los de carnaza seca, esto puede deberse a que el colágeno de la carnaza fresca es de mejor calidad que el de la carnaza seca, porque este último ha recibido un tratamiento previo que es el secado, este proceso que involucra transferencia de calor afecta directamente a la calidad de la carnaza, además pueden estar involucrados otros factores que intervienen la preparación del material como: pH, encalado (tratamiento con sosa caustica), adición de enzimas, tiempo de preparación. Esta diferencia entre los valores de índice de consistencia concuerda con lo mencionado por Serna y colaboradores en el 2007, quienes obtuvieron valores mayores de viscosidad medida con viscosímetros de tubo capilar, en licor de gelatina (7,5% de sólidos totales) de carnaza fresca con relación a la seca.

Según el índice de comportamiento ( $n$ ) de 1,2 evaluado como fluido no Newtoniano, a pesar que el valor es próximo a uno, indica que el licor de gelatina se comporta como un fluido dilatante, este efecto es más remarcado a medida que la concentración aumenta, esto puede ser relacionado a través de una regresión potencial, asociado directamente con lo propuesto por Ostwald de Waele a través de la Ley de la Potencia.

Este comportamiento puede explicarse por la naturaleza del licor de gelatina, hay que tomar en cuenta que aproximadamente el 70% de su composición es proteína, el colágeno, se va a explicar este fenómeno desde el punto de vista de las propiedades de las proteínas:

Según Levinthal en 2009, cuando la proteína no ha sufrido ningún cambio en su interacción con el disolvente, se dice que presenta una estructura nativa. Se llama desnaturalización de las proteínas a la pérdida de las estructuras de orden superior (secundaria, terciaria y cuaternaria), quedando la cadena

polipeptídica reducida a un polímero estadístico sin ninguna estructura tridimensional fija.



**Figura 21.** Estado nativo y desnaturalizado de las proteínas

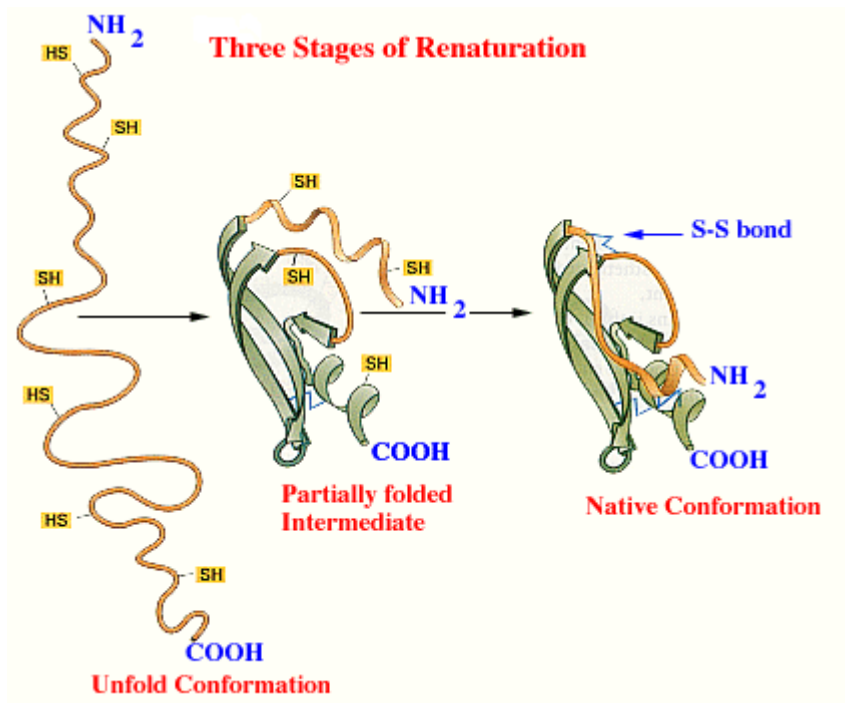
**Fuente:** González, 2010

González en el 2010, menciona que cualquier factor que modifique la interacción de la proteína con el disolvente disminuirá su estabilidad en disolución y provocará la precipitación. Así, la desaparición total o parcial de la envoltura acuosa, la neutralización de las cargas eléctricas de tipo repulsivo o la ruptura de los puentes de hidrógeno facilitarán la agregación intermolecular y provocará la precipitación. La precipitación suele ser consecuencia del fenómeno llamado desnaturalización.

En una proteína cualquiera, la estructura nativa y la desnaturalizada tan sólo tienen en común la estructura primaria, es decir, la secuencia de aminoácidos que la componen. Los demás niveles de organización estructural desaparecen en la estructura desnaturalizada.

La desnaturalización provoca diversos efectos en la proteína:

- Cambios en las propiedades hidrodinámicas de la proteína: aumenta la viscosidad y disminuye el coeficiente de difusión.
- Una drástica disminución de su solubilidad, ya que los residuos hidrofóbicos del interior aparecen en la superficie.
- Pérdida de las propiedades biológicas.



**Figura 22.** Etapas de renaturalización de las proteínas

**Fuente:** González, 2010

Una proteína desnaturalizada cuenta únicamente con su estructura primaria, por este motivo, en muchos casos, la desnaturalización es reversible ya que es la estructura primaria la que contiene la información necesaria y suficiente para adoptar niveles superiores de estructuración. El proceso mediante el cual la proteína desnaturalizada recupera su estructura nativa se llama renaturalización.

Según lo expuesto anteriormente el carácter dilatante que presenta el licor de gelatina puede ser explicado, ya que si aplica una fuerza de cizallamiento a una determinada velocidad lo que se está provocando es que los puentes disulfuro de la estructura terciaria y los puentes de hidrogeno de la estructura secundaria se rompan quedando únicamente la estructura lineal o primaria del colágeno, producto de ello se menciona anteriormente que aumenta la viscosidad, esto causa que a medida que la velocidad de deformación aumenta el esfuerzo de cizallamiento que realiza el Brookfield para inducir el flujo definitivamente sea mayor. El efecto dilatante se ve más pronunciado a medida que la concentración de licor de gelatina aumenta, esto también está influenciado



directamente porque la concentración de proteína también aumenta y la relación que sigue es directamente proporcional.

La energía de activación obtenida en el licor de gelatina de carnaza fresca es mayor que la de carnaza seca, eso se ve influenciado directamente por los valores de índice de consistencia que fueron mayores en la carnaza fresca que en la seca, dichos valores indican la energía necesaria para inducir el flujo de los licores de gelatina para su transporte.

#### **4.2. Verificación de Hipótesis**

Según la probabilidad ( $p < 0,05$ ), de nivel de significancia que se puede apreciar en la tabla de análisis de varianza (anexo B.1), se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), y se concluye que el tipo de carnaza si presenta influencia significativa sobre las propiedades reológicas del licor de gelatina.

Para poder identificar las diferencias entre los factores, se aplicó la prueba de comparación de Tukey HSD a un 95% de nivel de confianza (Anexo B.2 – B.4), según el análisis realizado, en el factor A, presenta mayor influencia significativa la carnaza fresca alcanzando un valor promedio de índice de consistencia de 862,26 [cP], en el factor B, presenta mayor influencia significativa cuando el licor de gelatina fue sometido a los 50°C, obteniendo un valor promedio de índice de consistencia de 740,68 [cP] y en el factor C, presenta mayor influencia la concentración de 43°Brix, alcanzando un valor promedio de índice de consistencia de 1826,75 [cP]. Se puede afirmar que en la carnaza fresca a valores de temperatura bajas (50°C) y concentraciones altas (43°Brix) se presenta la mayor influencia significativa sobre las propiedades reológicas del licor de gelatina.

Las figuras (Anexo B.1 – B.3) presentan las interacciones dobles entre los factores de estudio y las figuras (Anexo B.4 – B.6) presentan las interacciones e intervalos de Tukey al 95% para el licor de gelatina. En donde se puede contrastar con lo antes mencionado, la relación existente entre los diferentes factores y sus los limites superior e inferior de control para cada caso.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- El tipo de carnaza influye significativamente sobre las propiedades reológicas del licor de gelatina pura de origen bovino, se obtuvieron valores de índice de consistencia mayores con la carnaza fresca en relación a la carnaza seca.
- El licor de gelatina presentó un comportamiento dilatante, obteniéndose un valor de índice de comportamiento de  $(n=1,2)$ , para carnaza fresca el máximo valor de índice de consistencia obtenido a 50°C y 43°Brix, fue de 3200 [cP] y para carnaza seca el valor máximo de índice de consistencia que se alcanzó a 50°C con 43°Brix fue 1260 [cP].
- Las propiedades reológicas del licor de gelatina pura en función de la concentración, presentaron una relación directamente proporcional, se obtuvieron valores mayores de índice de consistencia a medida que la concentración se incrementó desde 26°Brix hasta 43°Brix.
- Se construyó gráficos que relacionaron el comportamiento reológico del licor de gelatina con la temperatura, la relación que presentó es inversamente proporcional, se obtuvieron valores mayores de índice de consistencia a la temperatura de 50°C y conforme está se incrementó hasta los 60°C, los valores de índice consistencia fueron disminuyendo.

- Se calculó la energía de activación de flujo del licor de gelatina relacionando los cambios del índice de consistencia con la temperatura absoluta, obteniéndose valores mayores para carnaza fresca en relación a la carnaza seca, valores que pueden ser utilizados para transportar el licor de gelatina pura.

## **5.2. Recomendaciones**

- Para próximos trabajos de investigación relacionados con el tema de estudio se recomienda tomar en cuenta otros factores importantes como: diferentes tipos de carnaza utilizados (retales, pieles, recortes, pelambre), pH del tratamiento alcanzado con la sosa caustica, adición de enzimas, tiempo de preparación de la carnaza, que podrían influir directamente sobre las propiedades reológicas del licor de gelatina pura.
- Tomando en cuenta como factor importante la temperatura a la que se determina las propiedades reológicas del licor de gelatina pura, se recomienda ampliar los intervalos de temperatura, desde los 40°C hasta los 65°C para que se pueda analizar en qué punto el licor de gelatina alcanza el máximo de índice de comportamiento como fluido dilatante.

## CAPITULO VI

### PROPUESTA

#### 6.1. Datos Informativos

- **Título:** Construcción de gráficos que relacionen el índice de consistencia del licor de gelatina pura de origen bovino con la temperatura a diferentes concentraciones.
- **Institución ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato (UTA) a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (FCIAL).
- **Beneficiarios:** Industrias que elaboran gelatina pura (PRODEGEL productora de gelatina pura ecuatoriana S.A.).
- **Ubicación:** Ambato – Ecuador.
- **Tiempo estimado para la ejecución:** 8 meses.
- **Equipo técnico responsable:** Egdo. José Luis Gutiérrez, Ing. Juan De Dios Alvarado M. Sc.
- **Costo:** \$ 5720

## 6.2. Antecedentes de la propuesta

Serna, L., et al., en el 2010, investigaron acerca del efecto de la ultrafiltración sobre las propiedades reológicas de gelatina comestible de origen bovino y llegaron a la conclusión de que el mayor efecto se presentó en la tercera hora de procesamiento con el uso de ultrafiltración y mezcla de carnaza entera y desorillo-sebo, donde el 38,5% de la producción presentó viscosidades mayores a 42 milipoises y el 69% poder gelificante por encima de 300 g. En contraste, se obtuvo 7,7% y 46% respectivamente con evaporación, lo que revela los beneficios de la ultrafiltración en el proceso de concentración y en la calidad de la gelatina.

Serna, et. al, en 2007, analizaron el efecto de enzimas alcalinas sobre la calidad de la gelatina, concluyen que en el proceso de producción de gelatina tipo B tratado con álcali, el uso de endopeptidasa alcalina para el pretratamiento de carnaza bovina entera y de carnaza desorillo - sebo mejora los parámetros de calidad. Para carnaza húmeda con enzima se obtuvo valores de viscosidad entre 45,4 y 39,9 mPa durante 13 horas de proceso, en comparación con el tratamiento de carnaza húmeda sin enzima que se obtuvo valores entre 41 y 35,8 mPa que son más bajos. El tratamiento con enzima, desorillo y carnaza seca se obtuvieron valores más altos en comparación al tratamiento sin el uso de enzimas valores promedios de 43,7 y 40,6 mPa, respectivamente. Los mayores valores de viscosidad obtenidos con el uso de enzima se explican por la baja actividad proteolítica de la enzima frente al colágeno nativo, por la alta actividad proteolítica de la enzima sobre el colágeno desnaturalizado y por la especificidad de la enzima para romper selectivamente los enlaces cruzados intermoleculares presentes en las fibras de colágeno; esto permite que en la conversión de colágeno a gelatina las fibras de colágeno sufran menor encogimiento y desorganización, y la estructura helicoidal triple sufra menor colapso en sus subunidades polipeptídicas.

### **6.3. Justificación**

Las propiedades reológicas de los alimentos han contribuido enormemente en la industria, en el sentido de que se ha podido optimizar recursos y mejorar los procesos industriales, principalmente aquellos en los que se ven involucradas la transferencia de calor.

En las fuentes de información confiables como bases científicas, bibliotecas virtuales, bibliotecas académicas y artículos científicos, se ha encontrado muy poca información acerca de propiedades reológicas de gelatina pura, por lo que se plantea una propuesta a través de un proyecto de investigación con el fin de aportar con valores reales de las propiedades reológicas del licor de gelatina que puedan ser utilizados en la construcción de gráficos que relacionen el índice de consistencia con la temperatura a diferentes concentraciones, esto podría servir para el cálculo, diseño y construcción de equipos industriales como intercambiadores de calor o bombas para que pueda ser transportado de un lugar a otro, además de servir como herramienta de control de calidad.

La contribución con datos experimentales reales de las propiedades reológicas del licor de gelatina que se ajusten a la realidad de nuestro país, y especialmente a la realidad de la planta pionera productora de gelatina ecuatoriana PRODEGEL S.A.

### **6.4. Objetivos**

#### **6.4.1. Objetivo General**

- Construir gráficos que relacionen el índice de consistencia del licor de gelatina pura de origen bovino con la temperatura a diferentes concentraciones.

#### **6.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el índice de consistencia del licor de gelatina pura a (50, 55 y 60)°C.
- Presentar gráficos a intervalos de uno, desde 26°Brix hasta 43°Brix a las diferentes temperaturas.

#### **6.5. Análisis de factibilidad**

El presente proyecto de investigación es de tipo científico, ya que utilizando modelos propuestos por Ostwald de Waele (Ley de la Potencia) para fluidos no Newtonianos se determinarán las propiedades reológicas del licor de gelatina pura de origen bovino, parámetros que servirán para la construcción de gráficos específicos del índice de consistencia en función de la temperatura, considerando diferentes concentraciones del licor de gelatina.

La factibilidad del proyecto se basa principalmente en la obtención de datos experimentales reales de parámetros reológicos del licor de gelatina, que se ajusten a la realidad de Ecuador y más aun de Ambato, para la Planta productora de gelatina Ecuatoriana PRODEGEL S.A.

El factor socio económico juega un papel muy importante dentro del presente proyecto de investigación, puesto que conseguir licor de gelatina pura no es fácil, por lo que a través de la valiosa colaboración de la empresa PRODEGEL S.A. se obtendrán dichas muestras que posteriormente serán trasladadas al Laboratorio de Ingeniería de Procesos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, en donde con la ayuda del Viscosímetro Rotacional Brookfield LVTD se obtendrán datos de porcentaje de escala total (%FS) para luego a través de un programa de computadora calcular los valores de índice de consistencia y de comportamiento, utilizando el modelo de Ley de la Potencia, por último se podrán construir los gráficos que relacionen el índice de consistencia con la

temperatura a diferentes concentraciones. A continuación se presenta un tabla con el presupuesto de operación necesarios para realizar el presente proyecto de investigación:

**Tabla 13.** Recursos económicos de la propuesta

<b>Recursos</b>	<b>Valor (\$)</b>
<b>Humanos</b>	
Egresado	2400
Tutor	1000
<b>Materiales</b>	
Materia prima	300
Material de Laboratorio	1000
Varios	500
<b>Otros</b>	
Imprevistos (10%)	520
<b>Total</b>	<b>5720</b>

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez. 2013

## 6.6. Fundamentación

El conocimiento del comportamiento reológico de los alimentos fluidos es de suma importancia para el diseño de equipos de proceso (concentración, bombeo, tamizado, desairado, mezclado y tratamientos térmicos diversos, entre otros), así como para evaluación sensorial, determinación de la estructura del alimento y control de calidad (Rao y Anantheswaram, 1982 y Rao, 1986).

Sahin and Gulum en el 2006, los datos reológicos son requeridos en la evaluación de productos de calidad, cálculos de ingeniería y diseño de



procesos. Sharma et al, 2003 indicó que los alimentos líquidos como la leche, miel, jugos de fruta, bebidas y aceites vegetales presentan propiedades de flujo sencillas, mientras que los productos más espesos como los aderezos cremosos para ensaladas, la salsa de tomate, la mayonesa, las emulsiones y los aditivos alimentarios como los geles, se comportan de manera compleja. La mayor parte de estos materiales alimenticios se transportan por medio de bombas en alguna etapa del procesamiento o el empaque, por lo que sus características de comportamiento de flujo son importantes para determinar la potencia de la bomba que se necesita y el tamaño de tubería, y además, de que manera se relacionan con las propiedades sensoriales como la textura de los alimentos.

Varias son las razones para determinar las propiedades reológicas de alimentos: en el cálculo de operaciones básicas para transferencia de calor, masa, cantidad de movimiento y dimensiones de tuberías y válvulas, también se aprovechan para el control instrumental de calidad del material crudo previo al procesamiento, de productos intermedios, durante la manufactura y los productos terminados. (Alvarado, 1996).

La gelatina se extrae mayoritariamente de pieles de vacuno y porcino (Yoshimura et al., 2000; Gilsenan, 2001; Haug et al., 2004) sin embargo, en la literatura científica poco se reporta sobre las propiedades reológicas obtenidas a partir de éstas materias primas.

En la gelatina, las propiedades reológicas de viscosidad y poder gelificante dependen de la materia prima, de su pretratamiento (alcalino o ácido), del método de extracción e hidrólisis del colágeno, del método de concentración de la solución, y del método de secado (Olsen et al., 2003; Simonnot et al., 1997).

## 6.7. Metodología

Para la construcción de gráficos que relacionan el índice de consistencia en función de la temperatura, primero se determinará de las propiedades reológicas del licor de gelatina pura de origen bovino siguiendo la metodología del que se explica en el anexo D.1, mediante el uso de viscosímetro rotacional Brookfield LVTD.

**Tabla 14.** Modelo operativo (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
<b>Primera:</b> Formulación de la propuesta	Construcción de gráficos que relacionen el índice de consistencia en función de la temperatura.	Revisión bibliográfica	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 500	1 mes
<b>Segunda:</b> Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta	Pruebas preliminares de la determinación de propiedades reológicas de licor de gelatina pura.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 3400	2 meses
<b>Tercera:</b> Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Aplicación de parámetros reológicos en la construcción de gráficos.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 1320	4 meses
<b>Cuarta:</b> Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso	Aplicación en el cálculo, diseño y construcción de equipos industriales.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 500	1 mes

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez. 2013

## 6.8. Administración

La ejecución de la propuesta estará coordinada por los responsables del proyecto bajo las siguientes especificaciones:

**Tabla 15.** Administración de la propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
<p>Construcción de gráficos que relacionen el índice de consistencia del licor de gelatina pura de origen bovino con la temperatura a diferentes concentraciones.</p>	<p>Equipos industriales ineficientes, porque no se cuenta con datos experimentales reales de parámetros reológicos de licor de gelatina pura de origen bovino.</p>	<p>Mejoramiento en el cálculo, diseño y construcción de equipos industriales que sean útiles para transportar, calentar y enfriar licor de gelatina pura.</p>	<p>Determinar el índice consistencia y comportamiento del licor de gelatina pura de origen bovino a: (50, 55, 60)°C y (43, 38, 34, 32, 30 32, 28, 26) °Brix.</p> <p>Construir los gráficos que relacionen el índice de consistencia con la temperatura a diferentes concentraciones en intervalos de uno, mediante el uso de ecuaciones de regresión múltiple.</p>	<p>Investigadores: Egdo. José Luis Gutiérrez, Ing. Juan De Dios Alvarado M. Sc.</p>

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez. 2013

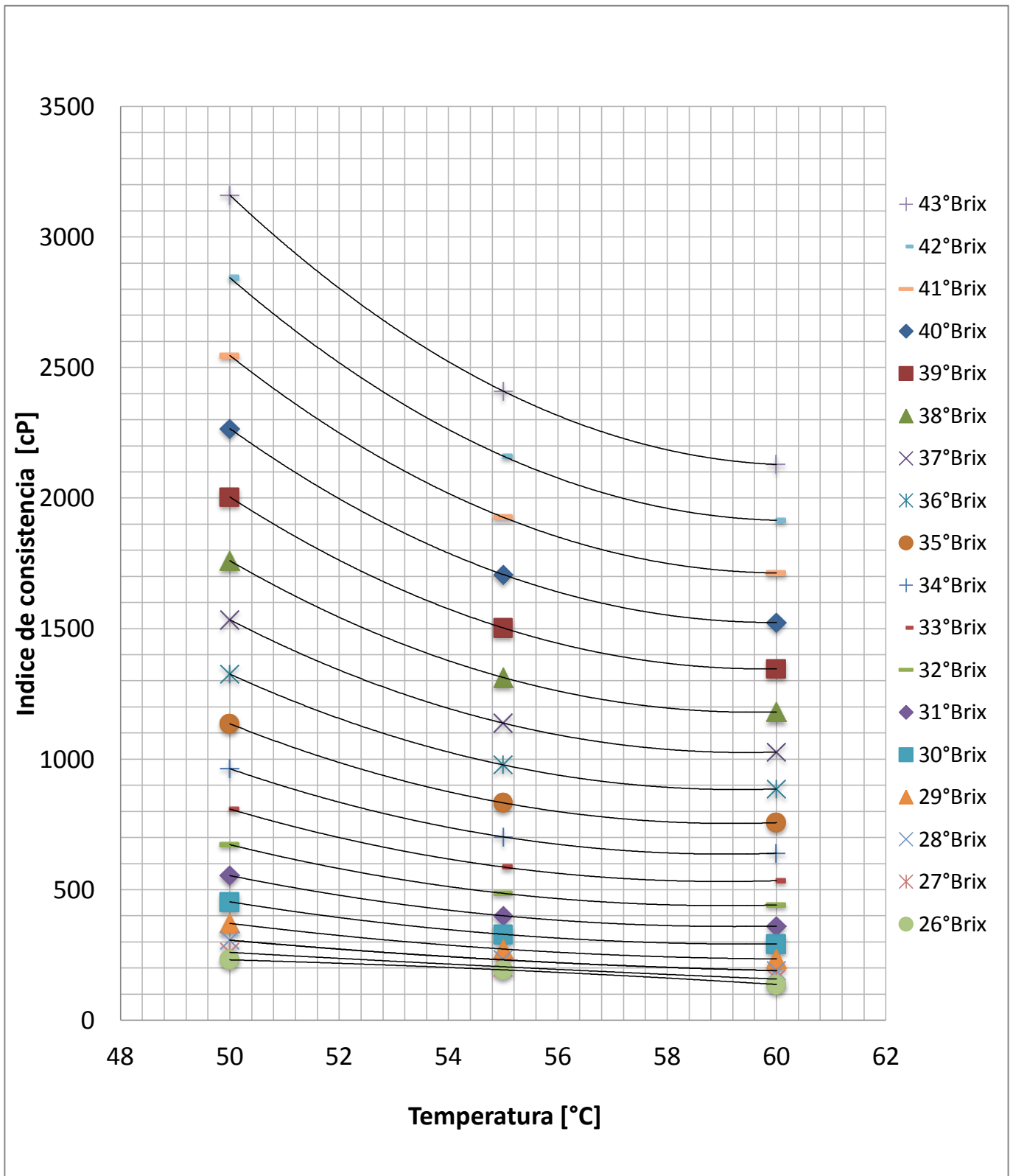
## 6.9. Prevención de la evaluación

**Tabla 16.** Prevención de la evaluación

¿Quiénes solicitan evaluar?	Industria procesadora de gelatina pura (PRODEGEL S.A.).
¿Por qué evaluar?	Pérdidas de tiempo en el proceso de extracción de gelatina pura relacionadas con procesos térmicos (enfriamiento – calentamiento).  Escaza información de parámetros reológicos de licor de gelatina pura de origen bovino.
¿Para qué evaluar?	Diseño, cálculo y construcción de equipos industriales eficientes que permitan la optimización de recursos.
¿Qué evaluar?	Índice de comportamiento Índice de consistencia
¿Quién evalúa?	Director del proyecto Tutor Calificadores
¿Cuándo evaluar?	Todo el tiempo desde las pruebas preliminares, hasta la obtención de las gráficas.
¿Cómo evaluar?	Mediante instrumentos de evaluación.
¿Con qué evaluar?	Bibliografía relacionada con el tema Experimentación Normas establecidas Programas estadísticos (STATGRAPHICS, Excel, Word)

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez. 2013

### 6.10. Resultados de la propuesta

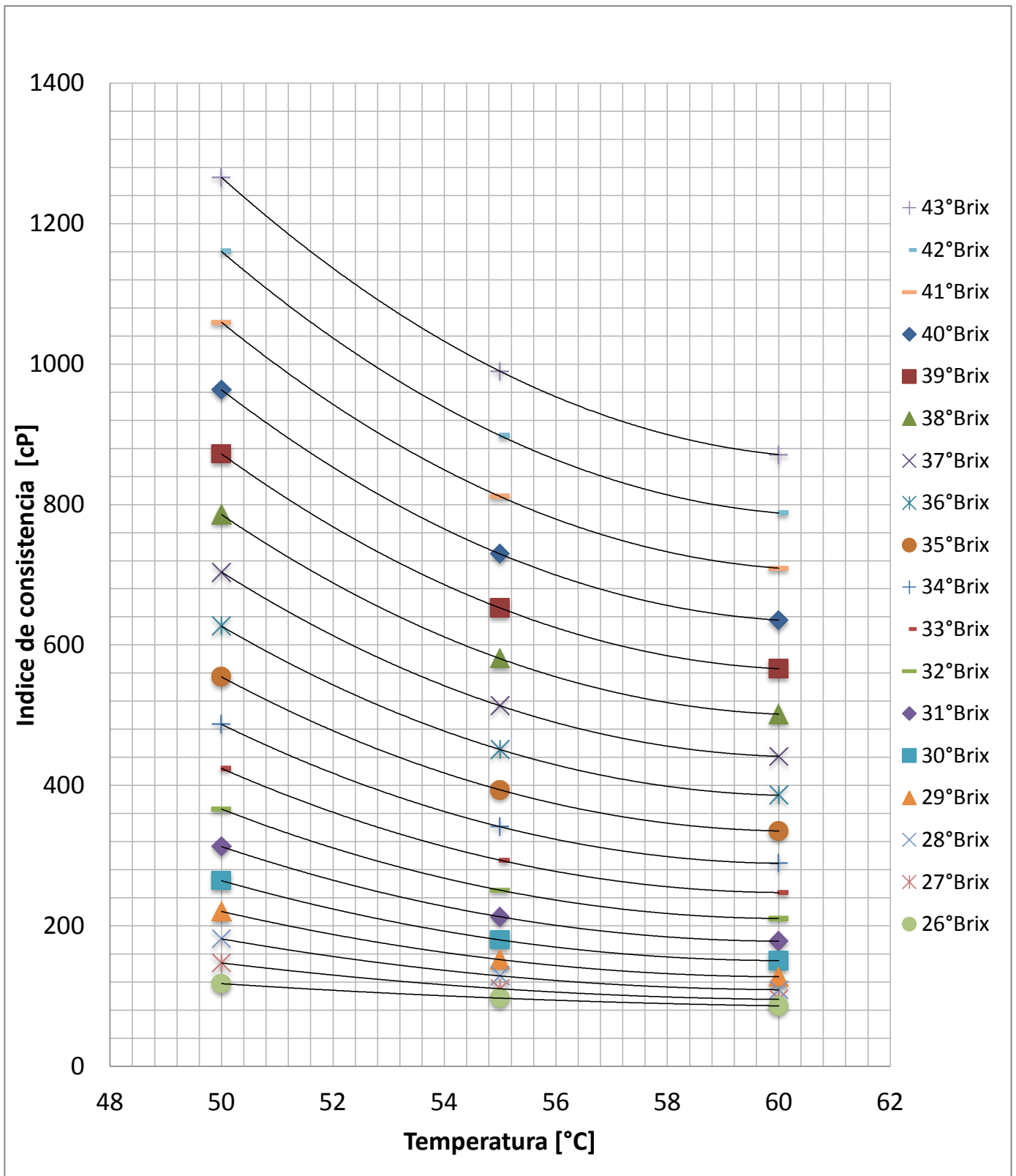


**Gráfico 3.** Relación entre el índice de consistencia y la temperatura del licor de gelatina de carnaza fresca

**Tabla 17.** Ecuaciones que relacionan el índice de consistencia del licor de gelatina de carnaza fresca con la temperatura

Concentración [°Brix]	Ecuación	r
43	$K= 9,38(T^2) - 1134,7(T) + 36449$	1,000
42	$K= 8,75(T^2) - 1055,1(T) + 33730$	1,000
41	$K= 8,12(T^2) - 976,8(T) + 31080$	1,000
40	$K= 7,51(T^2) - 900,1(T) + 28499$	1,000
39	$K= 6,89(T^2) - 824,6(T) + 25988$	1,000
38	$K= 6,29(T^2) - 750,5(T) + 23545$	1,000
37	$K= 5,71(T^2) - 677,9(T) + 21172$	1,000
36	$K= 5,11(T^2) - 606,6(T) + 18868$	1,000
35	$K= 4,54(T^2) - 536,7(T) + 16634$	1,000
34	$K= 3,96(T^2) - 468,2(T) + 14468$	1,000
33	$K= 3,39(T^2) - 401,1(T) + 12372$	1,000
32	$K= 2,84(T^2) - 335,4(T) + 10345$	1,000
31	$K= 2,29(T^2) - 271,1(T) + 8387$	1,000
30	$K= 1,75(T^2) - 208,2(T) + 6499$	1,000
29	$K= 1,21(T^2) - 146,6(T) + 4679$	1,000
28	$K= 0,68(T^2) - 86,5(T) + 2929$	1,000
27	$K= 0,16(T^2) - 27,7(T) + 1249$	1,000
26	$K= -0,36(T^2) + 29,6(T) - 362$	1,000

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez. 2013



**Gráfico 4.** Relación entre el índice de consistencia y la temperatura del licor de gelatina de carnaza seca

**Tabla 18.** Ecuaciones que relacionan el índice de consistencia del licor de gelatina de carnaza seca con la temperatura

Concentración [°Brix]	Ecuación	r
43	$K= 3,15(T^2) - 385,8(T) + 12684$	1,000
42	$K= 3,04(T^2) - 371,5(T) + 12138$	1,000
41	$K= 2,92(T^2) - 356,3(T) + 11573$	1,000
40	$K= 2,79(T^2) - 340,3(T) + 10990$	1,000
39	$K= 2,66(T^2) - 323,4(T) + 10387$	1,000
38	$K= 2,52(T^2) - 305,6(T) + 9766$	1,000
37	$K= 2,37(T^2) - 286,9(T) + 9126$	1,000
36	$K= 2,21(T^2) - 267,5(T) + 8468$	1,000
35	$K= 2,05(T^2) - 247,1(T) + 7791$	1,000
34	$K= 1,87(T^2) - 225,8(T) + 7095$	1,000
33	$K= 1,69(T^2) - 203,7(T) + 6381$	1,000
32	$K= 1,50(T^2) - 180,7(T) + 5647$	1,000
31	$K= 1,30(T^2) - 156,8(T) + 4896$	1,000
30	$K= 1,09(T^2) - 132,1(T) + 4125$	1,000
29	$K= 0,88(T^2) - 106,5(T) + 3336$	1,000
28	$K= 0,66(T^2) - 80,9(T) + 2528$	1,000
27	$K= 0,43(T^2) - 52,7(T) + 1701$	1,000
26	$K= 0,19(T^2) - 24,4(T) + 855$	1,000

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez. 2013



### **6.11. Conclusiones**

- Se Construyeron gráficos que relacionan el índice de consistencia del licor de gelatina pura de origen bovino con la temperatura a diferentes concentraciones, que servirán principalmente para el cálculo, diseño y construcción de equipos industriales afines a la industria de alimentos, así también podrán ser utilizados como índice de control de calidad.
- Se determinó el índice de consistencia del licor de gelatina a las temperaturas de (50, 55 y 60)°C, la relación que presentó es inversamente proporcional, se obtuvieron valores mayores de índice de consistencia a la temperatura de 50°C y conforme está se incrementó hasta los 60°C, los valores de índice consistencia fueron disminuyendo.
- Se presentaron gráficos que relacionan el índice de consistencia del licor de gelatina pura de origen bovino a temperaturas de (50, 55 y 60)°C y concentraciones desde 26°Brix hasta 43°Brix, en intervalos de uno, para carnaza fresca y seca.

### **6.12. Recomendaciones**

- Se recomienda tomar en cuenta otros factores importantes que intervienen directamente en el proceso de extracción de gelatina pura como: diferentes tipos de carnaza utilizados (retales, pieles, recortes, pelambre), pH del tratamiento alcanzado con la sosa caustica, adición de enzimas, tiempo de preparación de la carnaza, que podrían influir directamente sobre las propiedades reológicas del licor de gelatina pura.
- Considerando como factor importante la temperatura a la que se determina las propiedades reológicas del licor de gelatina pura, se recomienda ampliar los intervalos de temperatura, desde los 40°C hasta los 65°C para que se pueda analizar en qué punto el licor de gelatina alcanza el máximo de índice de comportamiento como fluido dilatante.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### Bibliografía

ALVARADO, J. (2011). Módulo de Ingeniería de Procesos de Alimentos I: Hoja guía de laboratorio de Reología de fluidos no Newtonianos. UTA – FCIAL. 4 págs.

ALVARADO, J. de D. (1996). “Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos”. Radio Comunicaciones. Quito-Ecuador. p 124-137.

BARONA M. y MARTÍNEZ W., (1994). Diferenciación de estabilizantes en la elaboración de helados mediante el uso de parámetros reológicos. Tesis de grado de Ingeniería en Alimentos, UTA – FCIAL, Ambato – Ecuador.

BIKTASHEV, R., NODSVETSKIL, G. and FILIPPOV, A. 1981. Meal from Collage Containing Raw Material, vol. 134, p.p. 106-107, Katedra Kormleniya, Inst. Kazán, URSS.

CERVANTES, A., LÓPEZ, F., DIEGUEZ, J., GARCÍA, A., and LEAL, M. (1995). Manual de crianza porcina para pequeña y mediana producción, p. 53, X Forum de Ciencia y Técnica, Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana.

CHARM, S. (1981). The Fundamentals of Food Engineering. 3rd. Ed. Westport, Connecticut. AVI Pub. CO. Inc. p: 54.

COLE, C., and MCGILLT, A. (1988). The properties of gelatines derived by alkali and enzymic conditioning of bovine hide from animals of various ages. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemistry*. 72: 159-164

CRANDALL, P.G. y NELSON, P.E. (1975). Effects of preparation and milling on consistency of tomato juice and puree. *J. Food Sci*, Vol. 40, 710-713.

CRANDALL, P.G., CHEN, C.S. y CARTER, R.D. (1982). Models for predicting viscosity of orange juice concentrate, *Food Technology*, Vol. 36 (5), 245-252.

DUTHIE, S., JOHNSON, W., DOBSON, V., NICOLAS-SIMONNOT, M., TRÉGUER V., LECLERC, J., SARDIN, M., BRAJOUX, J., MOY, J., and TAKERKART, G. (1977). Experimental study and modeling of gelatin production from bone powder: elaboration of an overall Kinetic sécheme for the acid process. *Chemical Engineering Journal*. 67: 55-64.

EYSTURSKARΔ, J., HAUG, I., ELHARFAOUI, N., DJABOUROV, M. y DRAGET, K. (2009). Structural and Mechanical Properties of Fish Gelatin as a Function of Extraction Conditions. *Food Hydrocolloid*: 23(7), 1702- 1711.

FAO. (2010). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia. [www.fao.org](http://www.fao.org). (22/12/2012)

GARCÍA, H. (1985). Utilización de las carnazas de tenería como fuente proteica en la ceba de cerdos, Tesis en opción al grado del Doctor en Ciencias Veterinarias, p.104, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana-Instituto de Ciencia Animal, La Habana.

GILSENAN, P. y ROSS, S. (2000). Rheological Characterization of Gelatins from Mammalian and Marine Sources. *Food Hydrocolloid*: 14(3), 191–195.

GILSENAN, P. y ROSS, S. (2001). Shear Creep of Gelatin Gels from Mammalian and Piscine Collagens. *Int J BiolMacromol.*: 29(1), 53–61.

GMAP. (2012). Asociación de Fabricantes de Gelatina de Asia Pacifico. La gelatina. Consultado en: <http://www.gmap-gelatin.com/>. (25/12/2012).

GME. (2012). Asociación Europea de Fabricantes de Gelatina. La gelatina. Consultado en: [www.gelatine.org](http://www.gelatine.org). (25/12/2012)

GMIA. (2012). Instituto de Fabricantes de Gelatina de América. La gelatina. Consultado en: <http://www.gelatin-gmia.com/>. (25/12/2012).

GMJ. (2012). Asociación de Fabricantes de Gelatina de Japón. La gelatina. Consultado (25/12/2012).

GÓMEZ, J., MONTERO, P., FERNÁNDEZ, F., y GÓMEZ, M. (2009). Physico-Chemical and Film-Forming Properties of Bovine-Hide and Tuna-Skin Gelatin: A Comparative Study. *J Food Eng.*: 90(4), 480-486

GONZÁLEZ, C., CASERES, O. y LEÓN, Y. (2002). Caracterización de la carnaza de tenería y su utilización en la alimentación de monogástricos. *Rev. Prod. Anim.* Vol 14 (1).

GONZÁLEZ, J. (2010). Curso de Biomoléculas. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad del País Vasco. Disponible en: <http://www.ehu.es/biomoleculas/proteinas/desnaturalizacion.htm>. Consultado (18/05/2013).

GUDMUNDSSON, M. y HAFSTEINSSON, H. (1997). Gelatin from Cod Skins as Affected by Chemical Treatments. *J Food Sci.*: 62(1), 37-47.

HAUG, I., DRAGET, K., y SMIDSRØD, O. (2004). Physical and Rheological Properties of Fish Gelatin Compared to Mammalian Gelatin. *Food Hydrocolloid*: 18(2), 203–213.

HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BATISTA. (2008). Metodología de la Investigación. Edición Mac Graw Hill. México. 850 págs.

HERRERA E., MEDINA F. y NARANJO L. (2008). Tutoría de la Investigación. Edición Universitaria. Ambato, Ecuador. 250. págs.

HOLDSWORTH, S.D. (1971). Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. *J. Text. Studies*, Vol. 2, 393-418.

IBARZ, A., BARBOSA, G., - CÁNOVAS. (2003). Unit operations in Food Engineering. Food Preservation Technology series. CRC Press LLC. pp: 89 – 138.

KENNY, A. (1999). Introduction: Nomenclature and classes of peptidases. E. E Sterchi and W. Stöcker (eds.). *Proteolytic enzymes. Tools and targets*. Berlin: Heidelberg, Springer- Verlag, Berlin. pp. 1-8.

LASCANO A., (2010). Estudio reológico de mezclas harinas de cereales: cebada (*Hordeumvulgare*), maíz (*Zea mays*), Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Trigo (*Triticum vulgare*) y tubérculo: papa (*Solanum tuberosum*) nacionales con trigo (*Triticum vulgare*) importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias. Tesis de grado de Ingeniería en Alimentos, UTA – FCIAL, Ambato – Ecuador.

LEVINTHAL, A. (2009). Plegamiento de las Proteínas. E. Macromoléculas. Rev. 27/12/2009. 8 págs.

MANZANO M., (2008). Empleo de parámetros reológicos para el control de calidad de yogurt. Tesis de grado de Ingeniería en Alimentos, UTA – FCIAL, Ambato – Ecuador.

MAYORGA V., (2010). Estudio de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo racimo de uva (*Zea mays*). Tesis de grado de Ingeniería en Alimentos, UTA – FCIAL, Ambato – Ecuador.

NARANJO A., (2008). Caracterización reológica y térmica de miel de dos variedades de caña. Tesis de grado de Ingeniería en Alimentos, UTA – FCIAL, Ambato – Ecuador.

NORMA INEN 1961, 1993-11. Requisitos Gelatina Pura Comestible.

NOVO INDUSTRIES. (1997). US Patent 4064008.

NUÑEZ J., (1996). Determinación de las características reológicas de pulpas de frutas ecuatorianas. Tesis de grado de Ingeniería en Alimentos, UTA – FCIAL, Ambato – Ecuador.

OLSEN, D., YANG, CH., BODO, M., CHANG, R., LEIGH, S., BÁEZ, J., CARMICHAEL, D., PEREA, M., HAMALAINEN, E., JARVINEN, M., and POLAREK, J. (2003). Recombinant collagen and gelatin for drug delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 55 (12): 1547-1567.

ORTEGA F., (1995). Determinación de parámetros reológicos en suspensiones de raíces y tubérculos. Tesis de grado de Ingeniería en Alimentos, UTA – FCIAL, Ambato – Ecuador.

ORTIZ L. y GUTIÉRREZ L., (1998). Uso de parámetros reológicos como índices de control durante la elaboración de leche acidófila. Tesis de grado de Ingeniería en Alimentos, UTA – FCIAL, Ambato – Ecuador.

PEÑAFIEL M. y TENEDA W., (1995). Uso de las propiedades reológicas como índices de control en la elaboración de chocolate. Tesis de grado de Ingeniería en Alimentos, UTA – FCIAL, Ambato – Ecuador.

PILATÁSIG J., (2008). Diseño y construcción de un equipo para la determinación de parámetros reológicos en yogurt. Tesis de grado de Ingeniería en Alimentos, UTA – FCIAL, Ambato – Ecuador.

RAO, B., TANKSALE, A., GHATGE, M., and DESHPANDE, V., (1998). Molecular and biotechnological aspects of microbial proteases. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 62 (3): 597-635.

RAO, M.A. (1986). Rheological properties of fluids foods. En *Engineering properties of foods*. Ed. Marcel Dekker, Inc., New York, 1-48.

RAO, M.A. y ANANTHESWARAN, R.C. (1982). Rheology of fluids. *Food Proc.*, Vol. 36, 116 – 126.

SADDLER, J., and HORSEY, P., (1987). The new generation gelatins. A review of their history, manufacture and properties. *Anaesthesia*. 42: 998-1004.

SAGMA. (2012). Asociación de Fabricantes de Gelatina de Sur América. La gelatina. Consultado en: <http://www.sagma-gelatina.com>. (25/12/2012).

SAHIN, S. and GULUM, S., (2006). Physical Properties of Foods. Middle East Technical University Ankara. Printed in the United States of America. Springer Science + Business Media, LLC. Turkey. pp: 39 -70.

SALTOS H., (2010). Sensometría: Análisis en el Desarrollo de Alimentos Procesados. Editorial pedagógica Freire. Ambato – Ecuador. Págs.: 266 – 279.

SARAVACOS, G.D. (1970). Effect of temperature on viscosity of fruit juices and purees. *J. Food Sci.*, Vol. 35, 122-125.

SAXENA, A., TRIPATHI, B., KUMAR, M., and SHAHI, V., (2009). Membrane-Based Techniques for the Separation and Purification of Proteins: An Overview, *Adv Colloid Interfac.*: 145(1-2), 1-22.

SERNA, L., PINEDA, D., and AYALA, A. (2007). Aplicación de endopeptidasas alcalina en carnaza bovina para mejorar la calidad de la gelatina. *Rev. Colomb. Quím.*, 36 (2): 169 – 181.

SERNA, L., VELÁSQUEZ, M. y AYALA, A. (2010). Efecto de la Ultrafiltración sobre las Propiedades Reológicas de gelatina Comestible de Origen Bovino. *Información Tecnológica*. Vol. 21(6), 91 – 102.

SHARMA, S. MULVANEY, S y RIZVI S., (2003). *Ingeniería de Alimentos – Operaciones Unitarias y Prácticas de Laboratorio*. Editorial LIMUSA, S. A de C. V. Grupo Noriega Editores. México D.F. págs.: 51 – 67.

SIMON, A., VANDANJON L., LEVESQUE, G. and BOURSEAU, P. (2002). Concentration and Desalination of Fish Gelatin by Ultrafiltration and Continuous Diafiltration Processes, *Desalination*: 144(1-3), 313-318 (2002).

SIMONNOT, M., y otros seis autores. (1997). Experimental Study and Modeling of Gelatin Production from Bone Powder: Elaboration of and Overall Kinetic Scheme for the Acid Process. *ChemEng J.*: 67(1), 55-64.

STEFFE, J. (1992). *Rheological Methods in Food Process Engineering*. East Lansing, Michigan. Freeman Press. 228p.

WASSWA, J., TANG, J. y GU, X. (2007). Utilization of Fish Processing By-Products in the Gelatin Industry. *Food Rev Int.*: 23(2), 159-174.

YOSHIMURA, K., y otros seis autores, (2000). Physical Properties of Shark Gelatin Compared with Pig Gelatin, *J Agr Food Chem.*: 48(6), 2023-2027.

**ANEXO A**

**RESPUESTAS  
EXPERIMENTALES**



**Tabla A.1. Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 43°Brix**

N [rpm]	50°C		55°C		60°C	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0,3	3	2,7	2,1	2,3	1,6	1,8
0,6	7,1	6	5,1	5,2	3,9	4
1,5	16,1	15,5	10,1	10,7	8,3	9,6
3	29,6	30	25,1	25,2	20,5	21,2
6	59,1	58,6	49,7	48,2	41,4	42
12	-	-	-	-	82,1	83,9

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla A.2. Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 38°Brix**

N [rpm]	50°C		55°C		60°C	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0,3	1,3	1,1	0,7	0,8	0,6	0,5
0,6	2,6	2,6	1,3	1,5	1,1	1,2
1,5	6,9	6,9	5,1	5,4	5,2	4,9
3	14	13,5	11,3	11,5	10,8	10,5
6	27,6	26,8	22,2	22,7	22,1	21,5
12	54,8	52,3	45,1	46	44,5	43,2

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla A.3. Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 34°Brix**

N [rpm]	50°C		55°C		60°C	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0,3	0,4	0,5	0,1	0	0	0
0,6	1,2	1,2	0,5	0,4	0,3	0,2
1,5	3,6	3,3	2,6	2,3	1,8	1,3
3	7,4	6,8	5,5	5,6	5,1	4,4
6	14,8	14	11,9	11,7	10,4	9,9
12	29	28,1	23,8	23,7	21,7	20,1
30	70,1	68,6	60,1	59,2	54	52,3

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla A.4. Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 32°Brix**

N [rpm]	50°C		55°C		60°C	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0,3	0,5	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2
0,6	1,5	1,2	1	0,8	0,8	1
1,5	3,8	3,6	3,4	3,1	3,2	2,9
3	8,1	7,4	7,2	6,5	7,3	6,2
6	16,3	15	14,6	13,4	14,5	13
12	32,7	30,5	29,3	27,2	29,2	26,3
30	81,2	76,3	73,2	68,8	72,5	67,3

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla A.5. Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 30°Brix**

N [rpm]	50°C		55°C		60°C	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0	0,1
0,6	0,9	0,5	0,5	0,7	0,6	0,3
1,5	2,5	2,1	2	1,8	1,7	1,5
3	4,8	4,5	3,7	3,8	3,4	3,1
6	9,6	8,6	7,6	7,4	6,4	6,2
12	18,7	16,7	15,2	14,8	13,3	12,9
30	46,6	41,4	38,4	37	35,4	34,8
60	93,1	82,9	77,5	74,9	71,5	69,9

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla A.6. Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 28°Brix**

N [rpm]	50°C		55°C		60°C	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0,3	0,3	0,2	0,2	0	0	0,1
0,6	0,7	0,4	0,2	0,4	0,2	0,3
1,5	1,8	1,6	1,5	1,4	1	1,3
3	3,3	3,1	2,9	2,7	2,9	2,6
6	6,4	6	5,8	5,5	5,5	5,1
12	12,5	11,8	11,5	11,1	10,8	10,6
30	31,4	29,8	28,9	27,1	28,1	27,1
60	63,2	60,6	58,9	57,4	56,7	54,9

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla A.7. Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza fresca a 26°Brix**

N [rpm]	50°C		55°C		60°C	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0,1
0,6	0,3	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1
1,5	1,2	1,2	1	0,7	0,8	0,9
3	2	2,3	1,9	1,6	1,8	1,7
6	4,4	4,3	3,8	3,6	3,4	3,2
12	8,6	8,6	7,6	7,4	6,8	6,9
30	21,7	21,4	19,5	18,8	18,5	18,5
60	43,9	42,7	39,6	38,1	37,4	38,2

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla A.8. Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza seca a 34°Brix**

N [rpm]	50°C		55°C		60°C	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
0,6	1,4	1	0,7	1	1	0,5
1,5	4,1	3,5	3	2,9	2,8	2,3
3	8,4	7,6	6,8	6,2	6,1	5,8
6	16,7	14,8	13,8	12,9	12,6	11,7
12	33,1	30	27,9	26,4	25,3	24,2
30	82	75,3	69,6	67,1	63,8	61,6

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla A.9. Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza seca a 32°Brix**

N [rpm]	50°C		55°C		60°C	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0,3	0,1	0,1	0	0	0	0
0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
1,5	1,6	1,5	1,3	1,3	1,1	1,2
3	3	2,7	2,5	2,6	2,2	2,1
6	5,8	5,5	5,3	4,8	4,3	4
12	11,4	10,9	10,6	9,8	8,9	8,7
30	28,5	27,5	26,6	25,2	23,2	22,6
60	57,6	56	53,8	50,9	47,2	46,1

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla A.10. Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza seca a 30°Brix**

N [rpm]	50°C		55°C		60°C	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0,3	0,3	0,3	0	0	0	0
0,6	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1
1,5	1,4	1,3	0,9	1,1	0,8	0,8
3	2,3	2,3	1,8	1,9	1,7	1,5
6	4,5	4,1	3,8	4	3,6	3,4
12	8,9	8,4	8	8,4	7,6	7,3
30	22,1	21,1	20,8	20,5	18,7	18,2
60	44,5	42,6	42,1	40,7	38,9	37,5

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla A.11. Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza seca a 28°Brix**

N [rpm]	50°C		55°C		60°C	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0,3	0,2	0,2	0	0	0	0
0,6	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1
1,5	1	1	0,6	0,6	0,5	0,6
3	1,9	1,7	1,6	1,4	1,2	1
6	3,4	3	3,2	3	2,7	2,5
12	6,6	6,1	6,5	6,2	5,6	5,4
30	16,1	15,1	16,8	15,8	14,3	13,9
60	32,5	30,8	33,9	32,2	29,2	28,4

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla A.12. Porcentaje de escala total (%FS) para carnaza seca a 26°Brix**

N [rpm]	50°C		55°C		60°C	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
0,3	0,1	0,1	0	0	0	0
0,6	0,3	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1
1,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,4
3	1	0,8	0,9	0,9	0,7	0,8
6	2,1	2	1,8	1,9	1,8	1,7
12	4,1	4	3,9	4	3,8	3,6
30	10,6	10,2	10,2	10,5	9,9	9,7
60	21,3	20,9	21	21,2	20,4	20,1

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla A.13.** Índice de consistencia para las dos réplicas de los tratamientos

Tratamientos	Réplica 1	Réplica 2
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	3204	3010
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	1438	1394
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>2</sub>	878	790
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>3</sub>	731	712
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>4</sub>	483	448
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>5</sub>	399	312
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>6</sub>	228	217
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	2467	2475
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	1158	1270
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	656	720
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>	526	626
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>4</sub>	391	377
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>5</sub>	317	284
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>6</sub>	164	183
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>0</sub>	2155	2196
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	1102	1114
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	620	726
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>	409	569
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>4</sub>	315	335
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>5</sub>	232	269
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>6</sub>	140	175
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	1266	1149
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	786	649
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>2</sub>	487	429
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>3</sub>	369	309
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>4</sub>	256	217
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>5</sub>	190	171
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>6</sub>	115	102
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	995	1085
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	568	585
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	345	385
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>	247	265
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>4</sub>	194	207
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>5</sub>	130	160
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>6</sub>	90	99
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>0</sub>	871	1048
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	502	548
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	289	348
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>	212	228
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>4</sub>	147	197
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>5</sub>	113	142
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>6</sub>	85	95

**Factores**

**A:** Tipo de carnaza

**B:** Temperatura

**C:** Concentración

**Niveles**

a<sub>0</sub>: fresca

a<sub>1</sub>: seca

b<sub>0</sub>: 50°C

b<sub>1</sub>: 55°C

b<sub>2</sub>: 60°C

c<sub>0</sub>: 43°Brix

c<sub>1</sub>: 38°Brix

c<sub>2</sub>: 34°Brix

c<sub>3</sub>: 32°Brix

c<sub>4</sub>: 30°Brix

c<sub>5</sub>: 28°Brix

c<sub>6</sub>: 26°Brix

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez, 2013

**ANEXO B**

**ANÁLISIS  
ESTADÍSTICOS**

**Tabla B.1.** Análisis de variancia para la Carnaza, Concentración y Temperatura del licor de gelatina

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Carnaza	4,55E+06	1	4,55E+06	1734,28	0,0000
B:Concentracion	2,49E+07	6	4,15E+06	1584,55	0,0000
C:Temperatura	574839	2	287420	109,66	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	4,45E+06	6	742449	283,28	0,0000
AC	91234,7	2	45617,4	17,41	0,0000
BC	433767	12	36147,3	13,79	0,0000
ABC	173102	12	14425,2	5,5	0,0000
RESIDUAL	110078	42	2620,9		
TOTAL (CORREGIDO)	3,53E+07	83			

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla B.2.** Prueba de comparación de Tukey para el tipo de carnaza

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Carnaza</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Seca	42	397,024	b
Fresca	42	862,262	a

**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla B.3.** Prueba de comparación de Tukey para la temperatura del licor de gelatina

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Temperatura</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
60°C	28	542,214	c
55°C	28	606,036	b
50°C	28	740,679	a

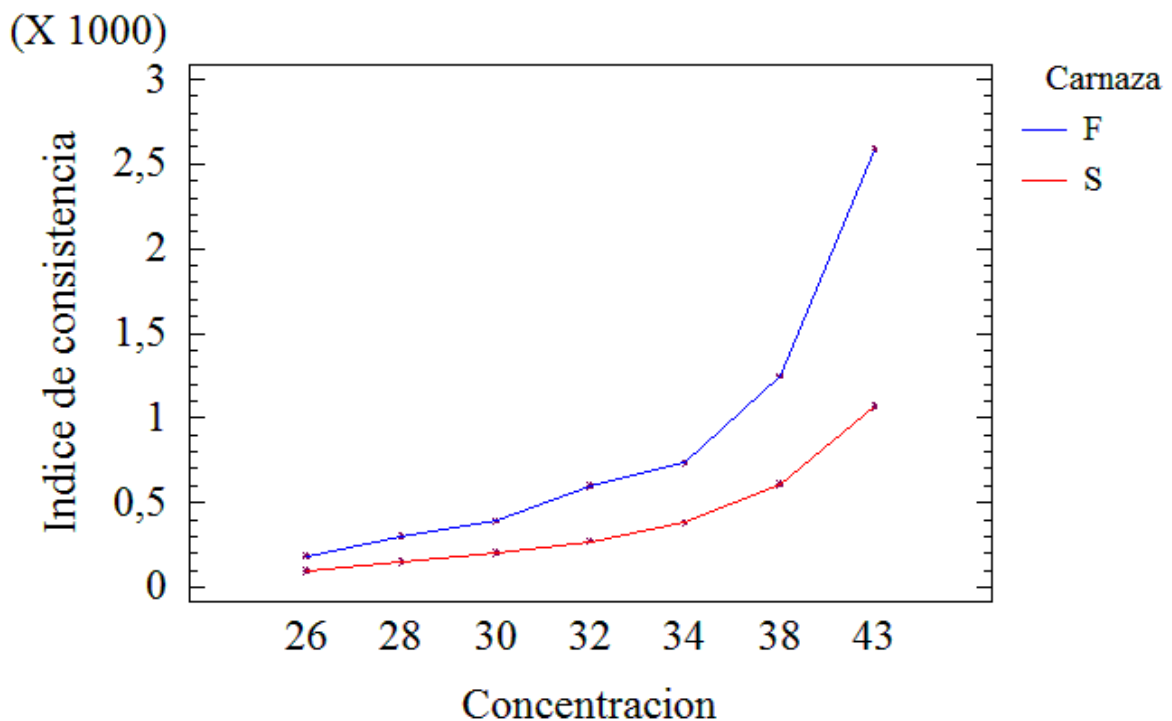
**Elaborado por:** José Luis Gutiérrez, 2013

**Tabla B.4.** Prueba de comparación de Tukey para la concentración de licor de gelatina

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

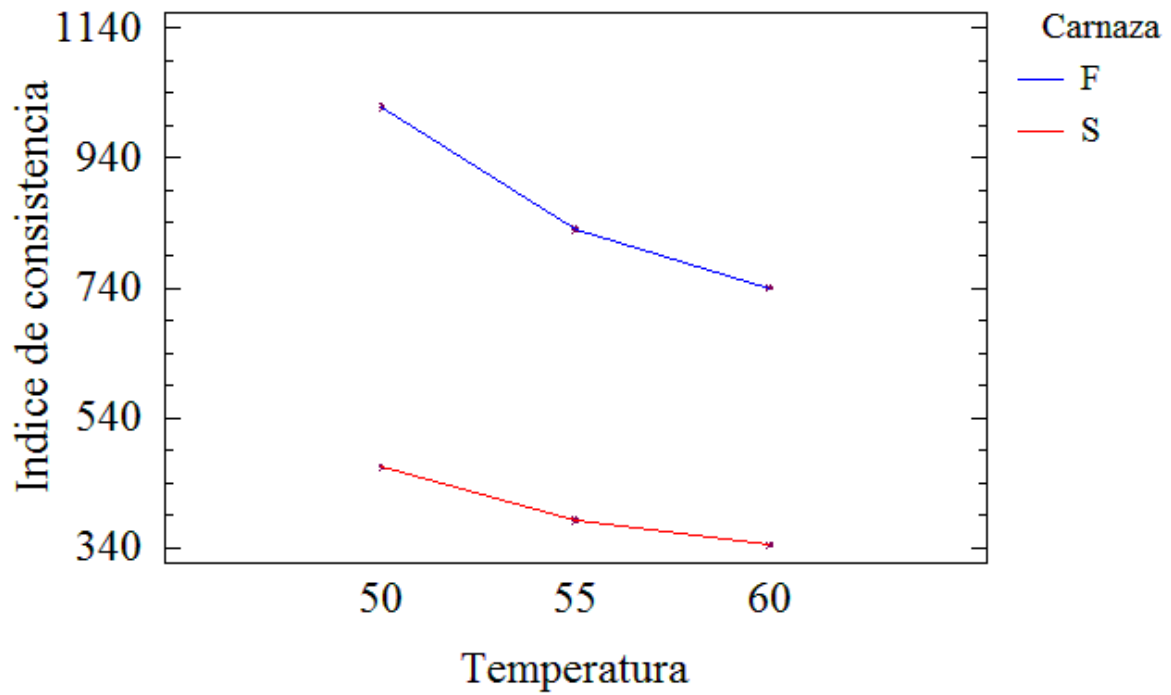
Concentración	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
26	12	141,083	g
28	12	226,583	f
30	12	297,25	e
32	12	433,583	d
34	12	556,083	c
38	12	926,167	b
43	12	1826,75	a

Elaborado por: José Luis Gutiérrez, 2013

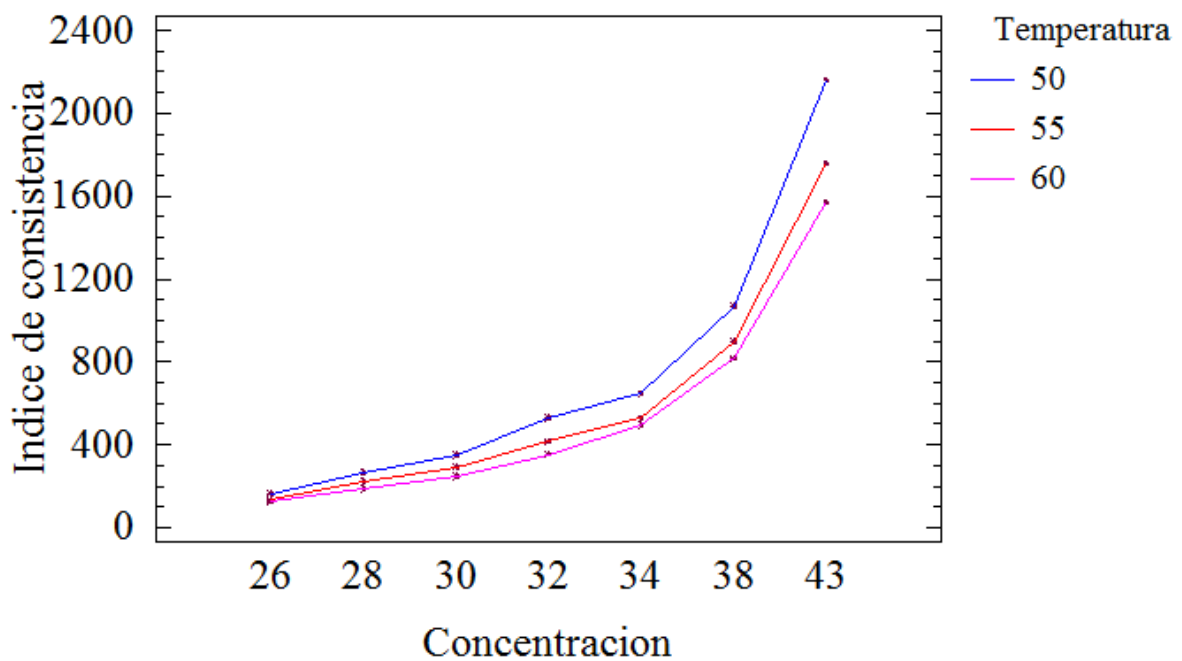


**Figura B.1.** Interacción entre la carnaza y la concentración

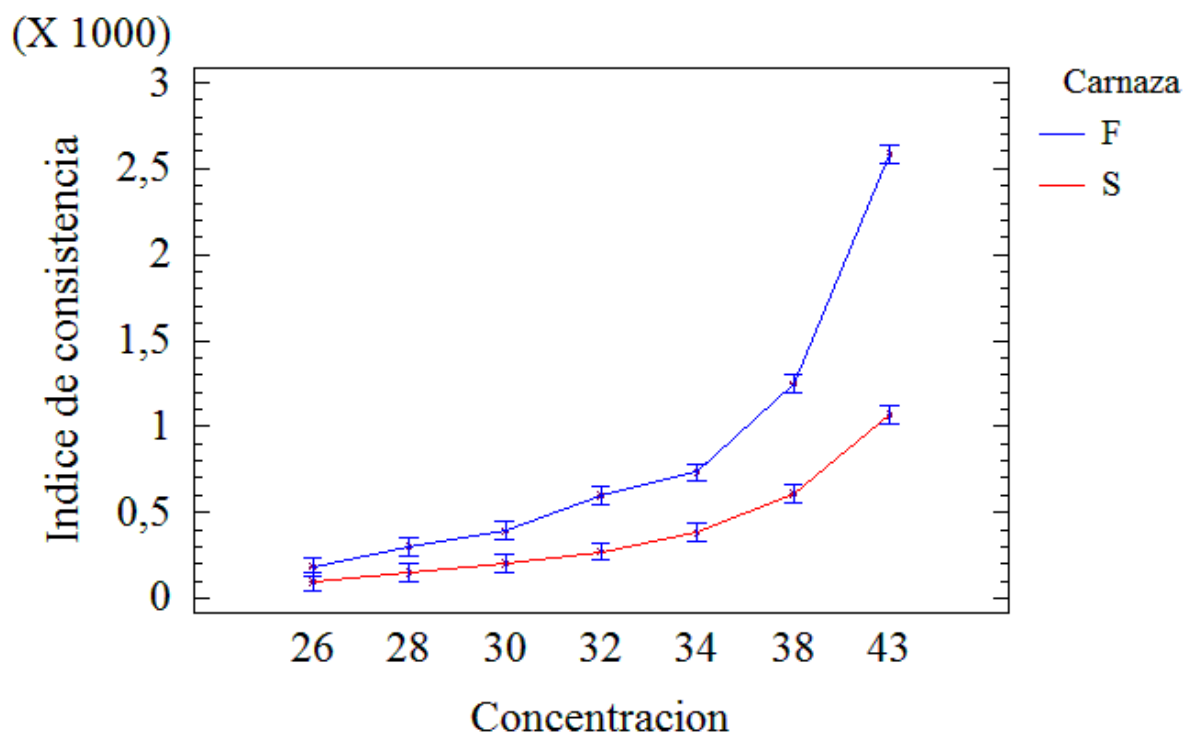




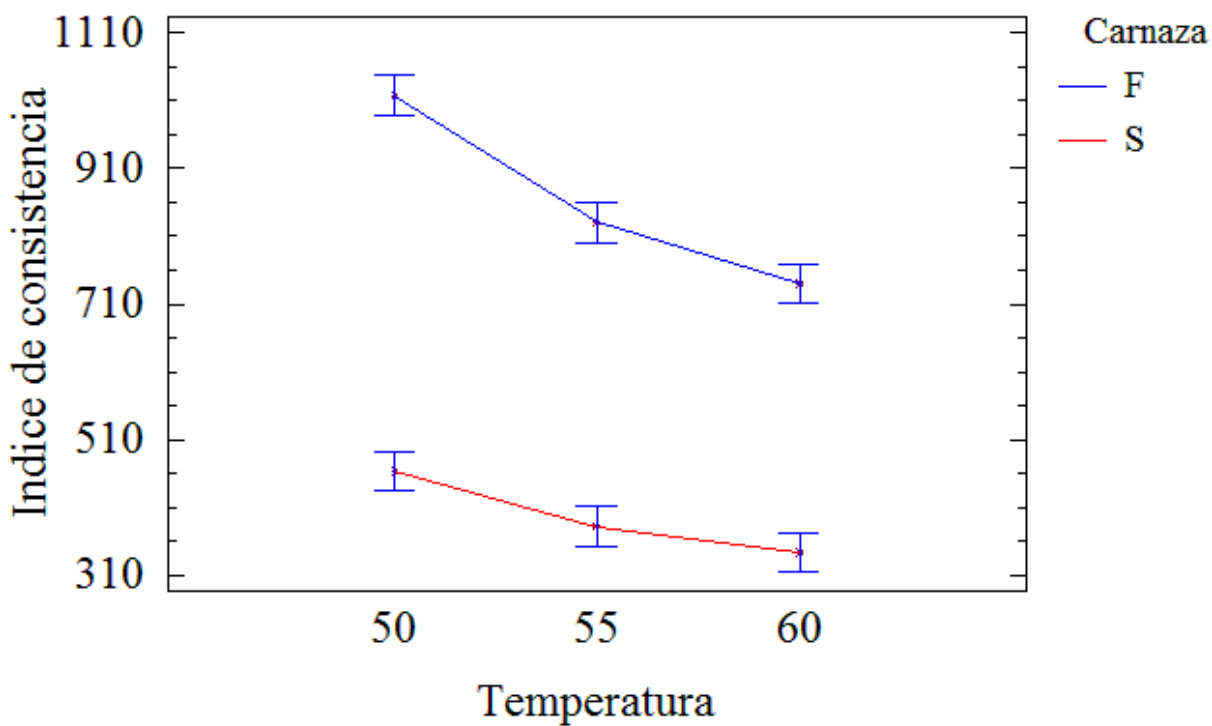
**Figura B.2.** Interacción entre la carnaza y la temperatura



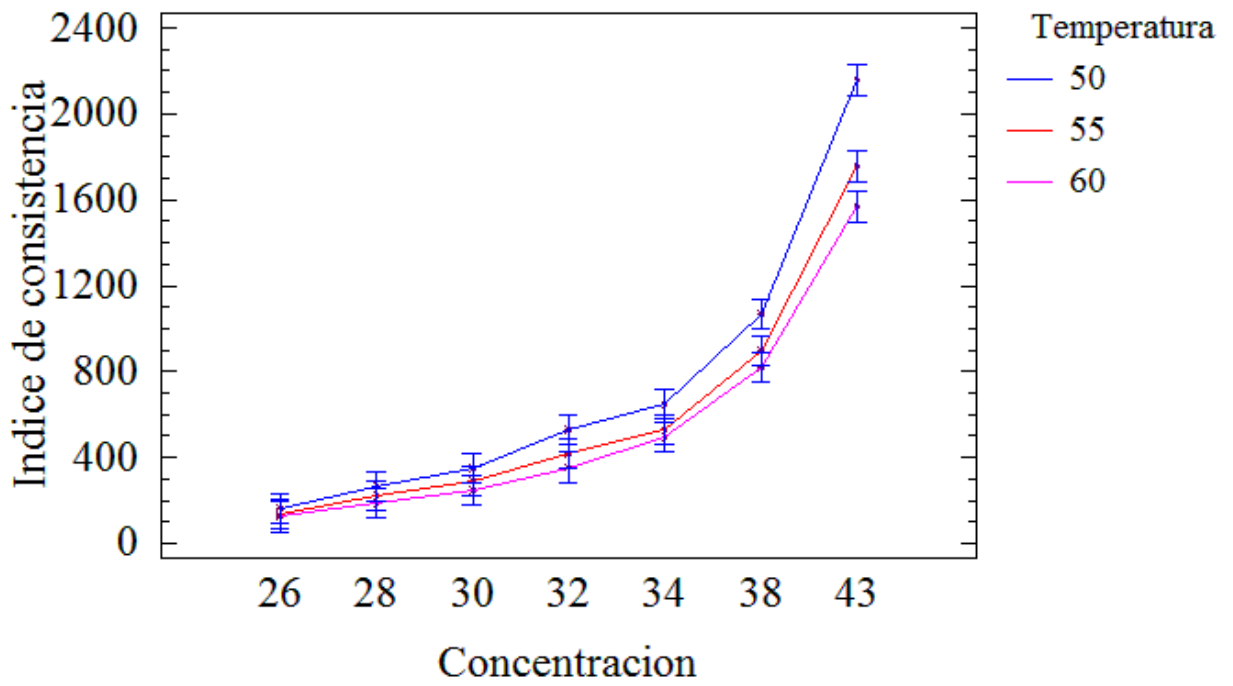
**Figura B.3.** Interacción entre la concentración y la temperatura



**Figura B.4.** Interacción e intervalos de Tukey al 95% para la concentración y la carnaza



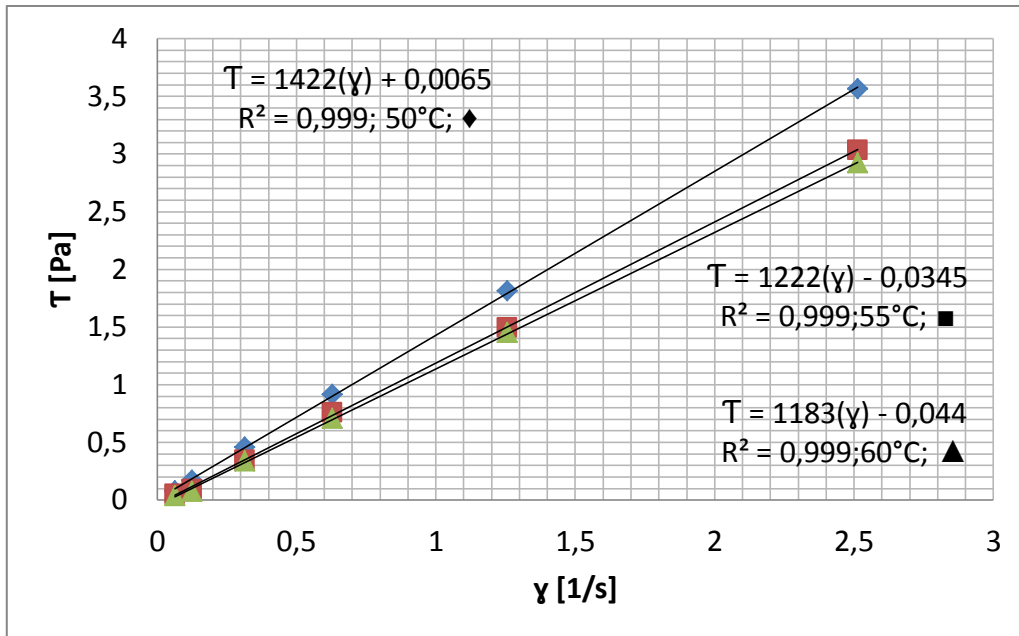
**Figura B.5.** Interacción e intervalos de Tukey al 95% para la temperatura y la carnaza



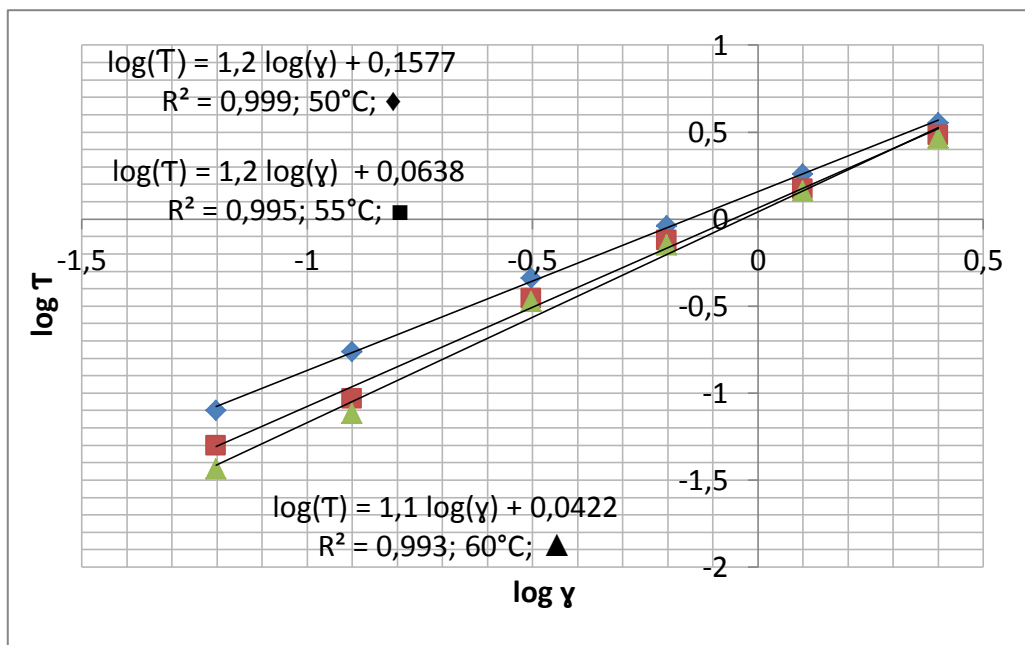
**Figura B.6.** Interacción e intervalos de Tukey al 95% para la concentración y la temperatura

# **ANEXO C**

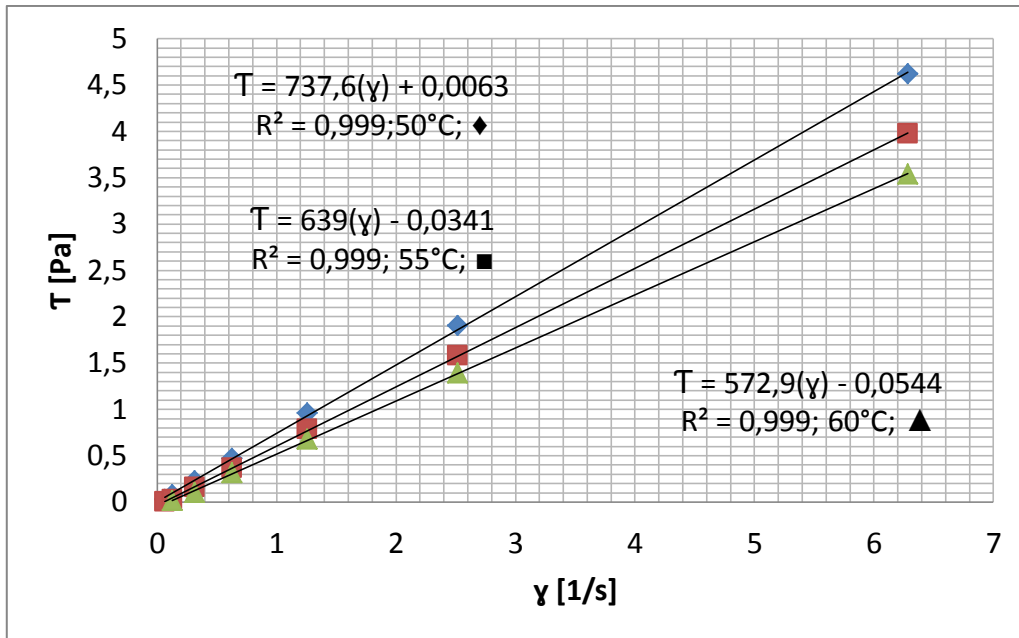
# **GRÁFICOS**



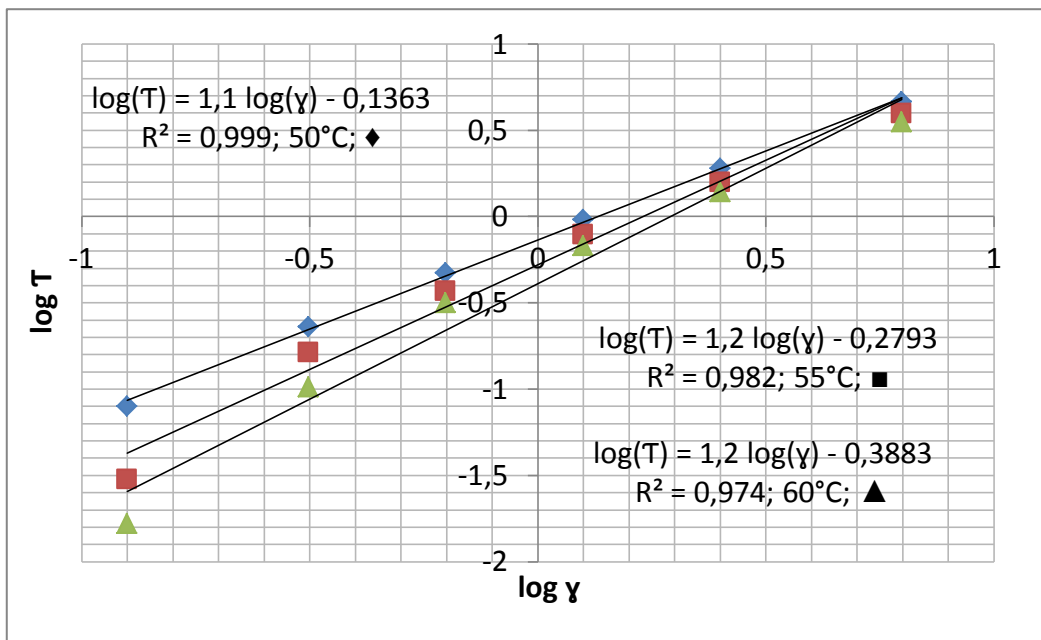
**Figura C.1.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 38°Brix como fluido Newtoniano



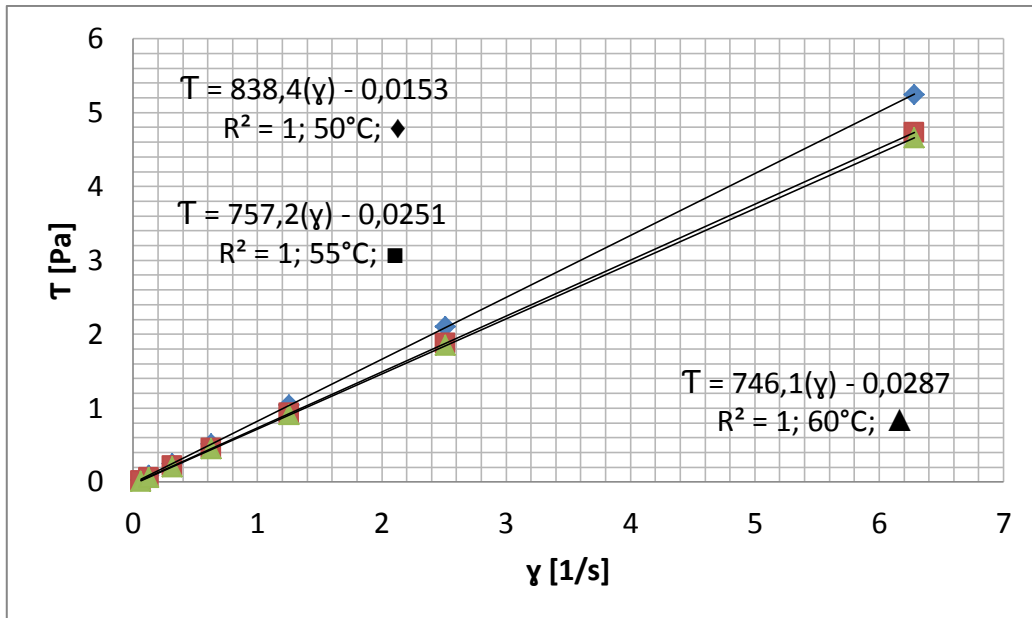
**Figura C.2.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 38°Brix como fluido no Newtoniano



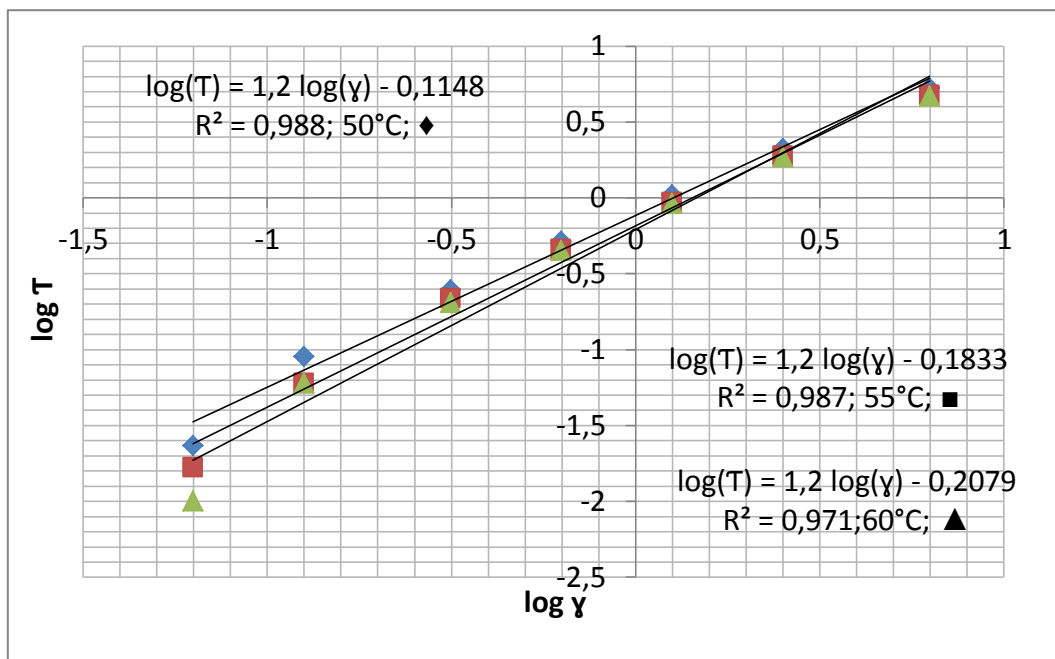
**Figura C.3.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 34°Brix como fluido Newtoniano



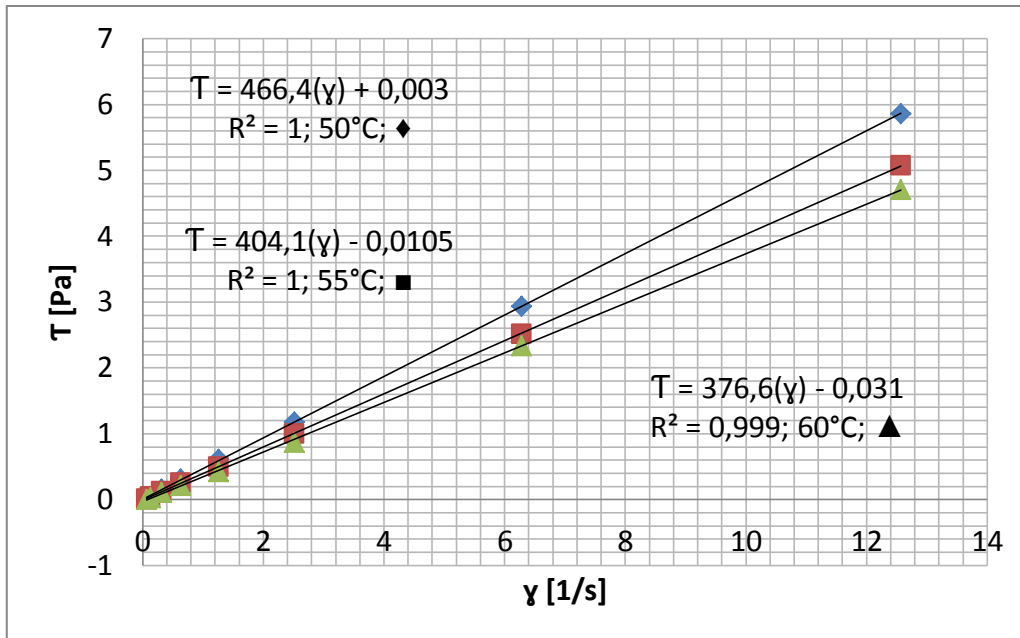
**Figura C.4.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 34°Brix como fluido no Newtoniano



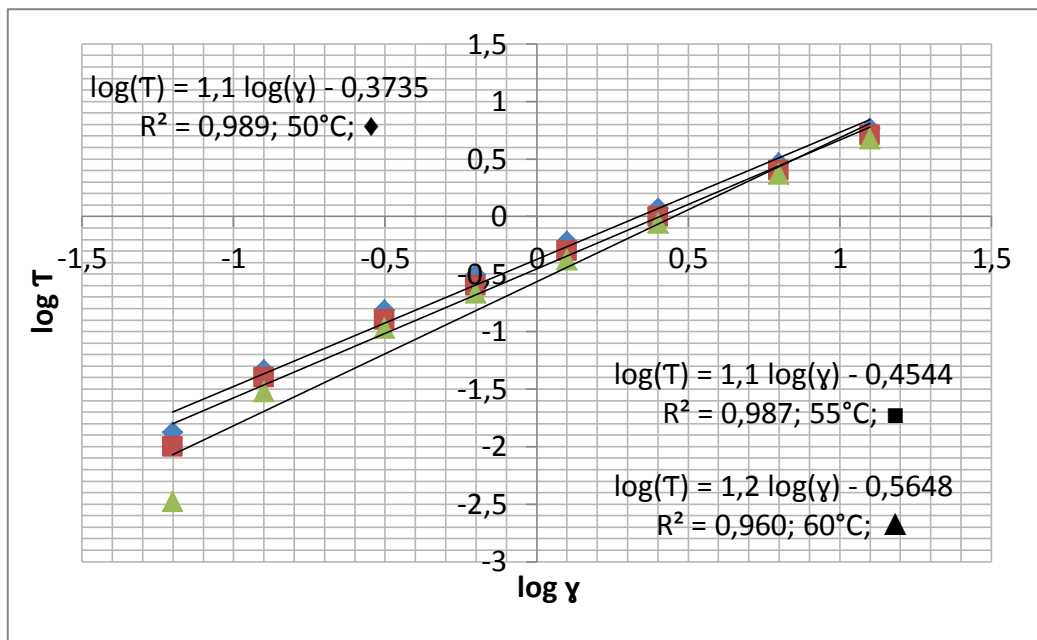
**Figura C.5.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 32°Brix como fluido Newtoniano



**Figura C.6.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 32°Brix como fluido no Newtoniano

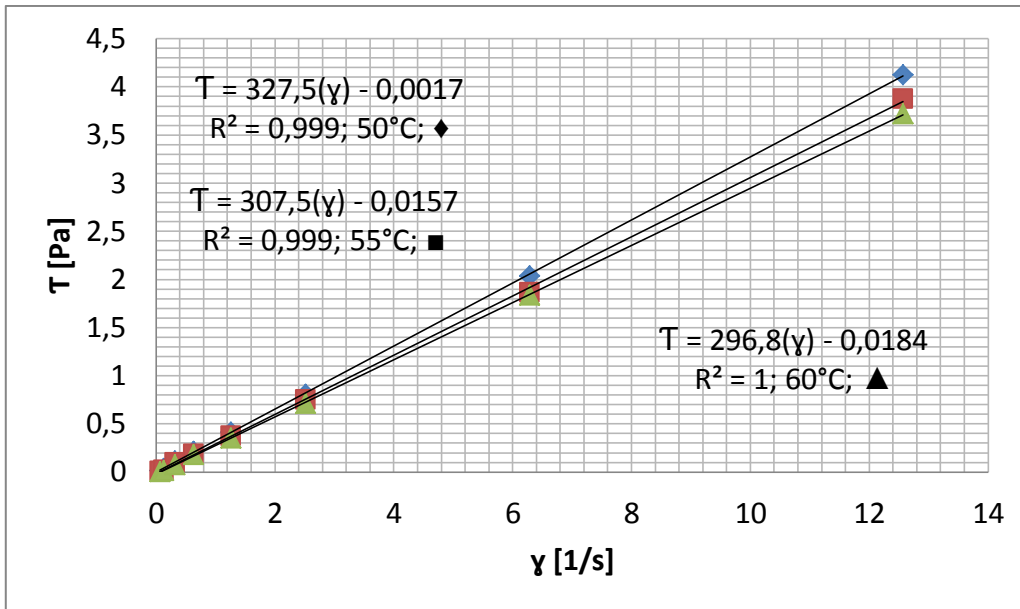


**Figura C.7.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 30°Brix como fluido Newtoniano

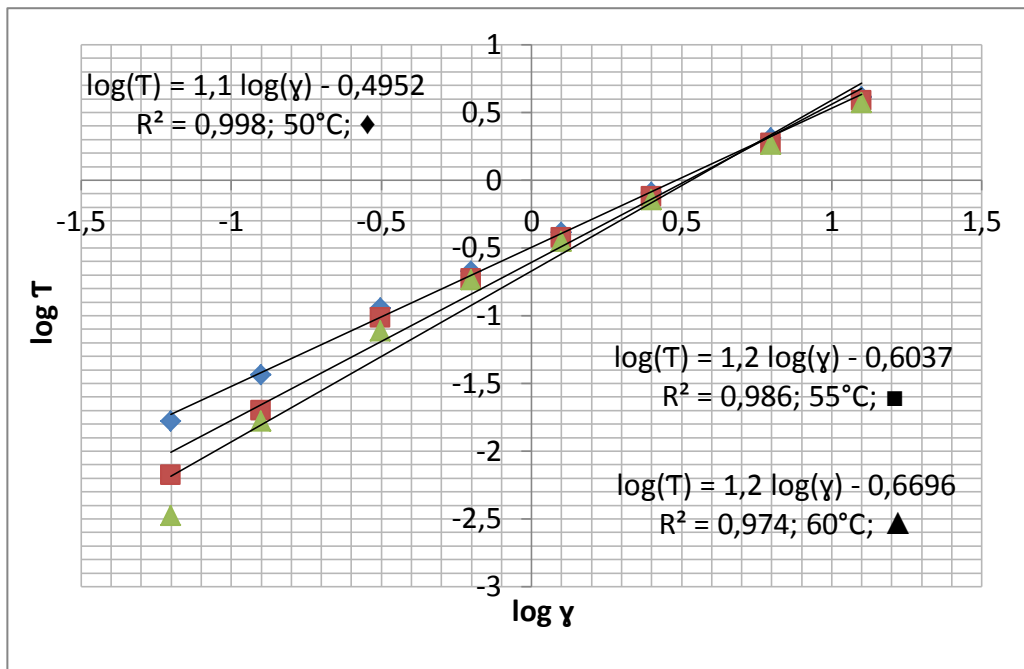


**Figura C.8.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 30°Brix como fluido no Newtoniano

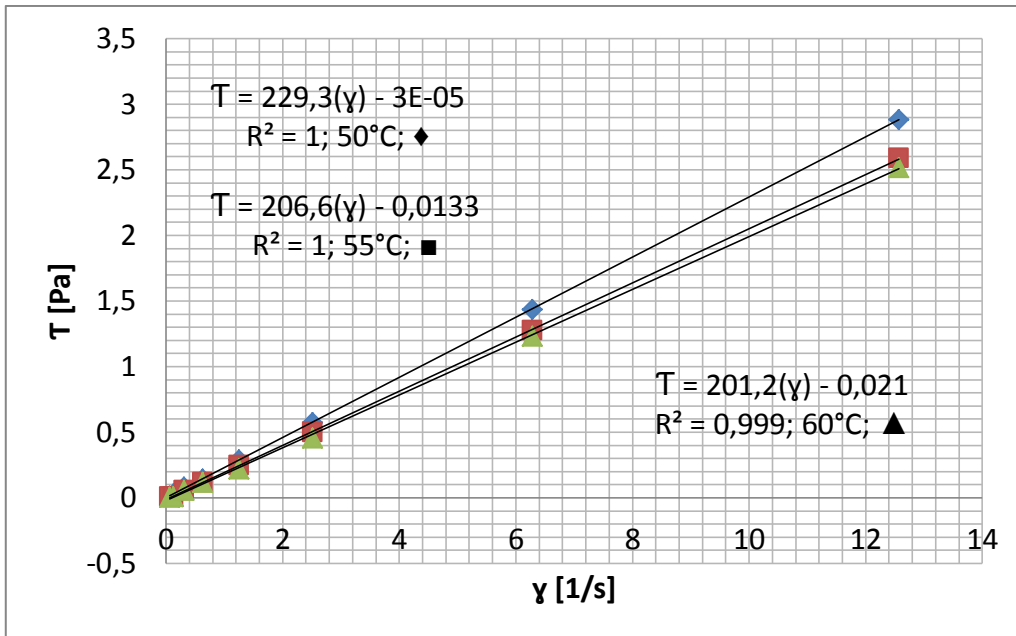




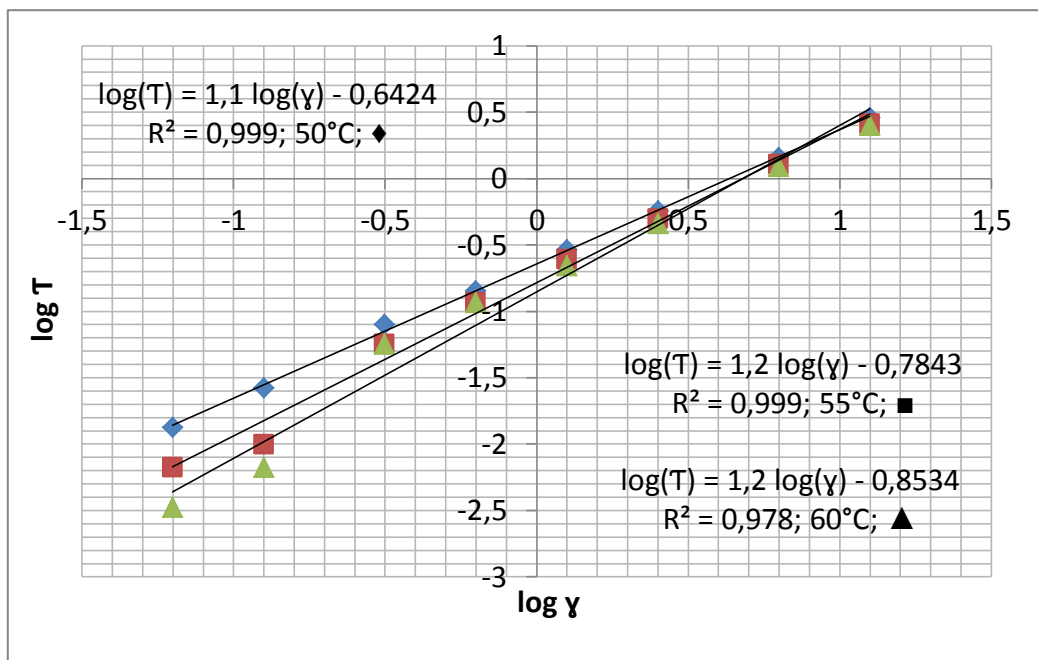
**Figura C.9.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 28°Brix como fluido Newtoniano



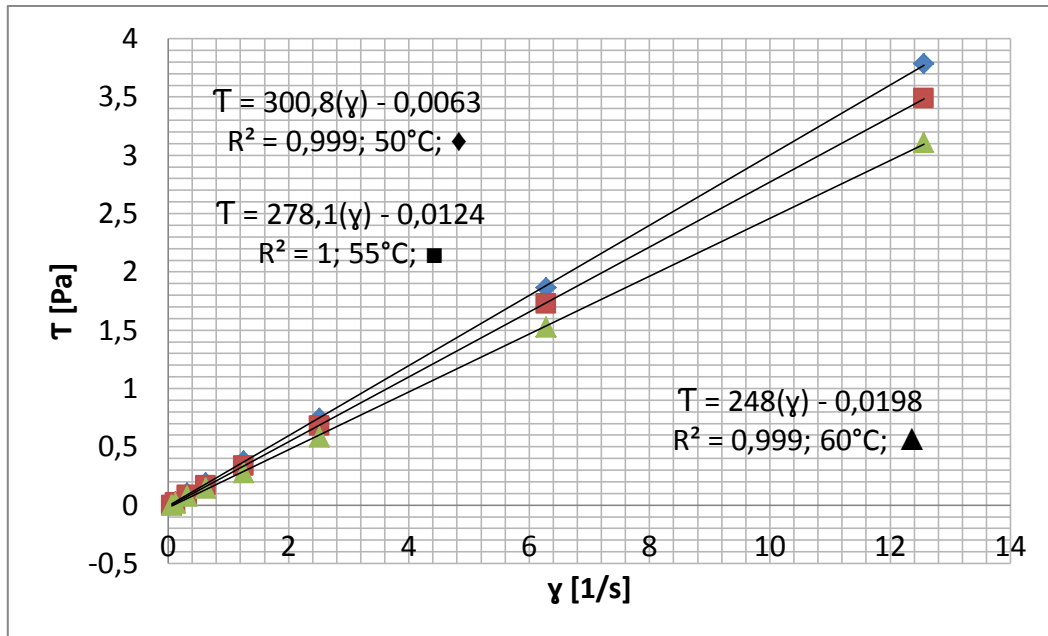
**Figura C.10.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 28°Brix como fluido no Newtoniano



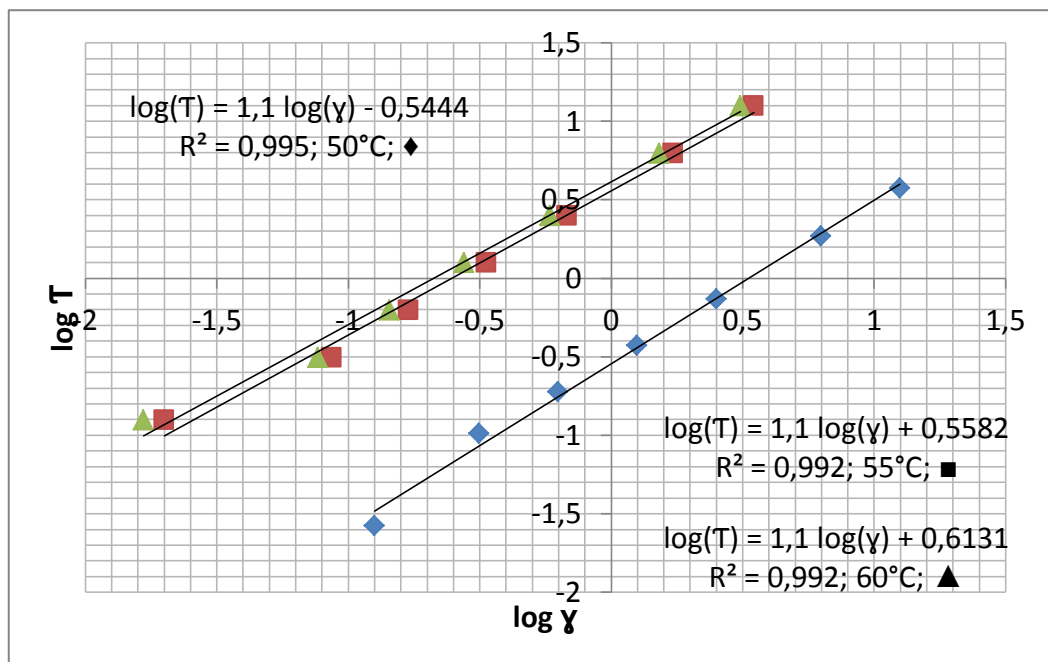
**Figura C.11.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 26°Brix como fluido Newtoniano



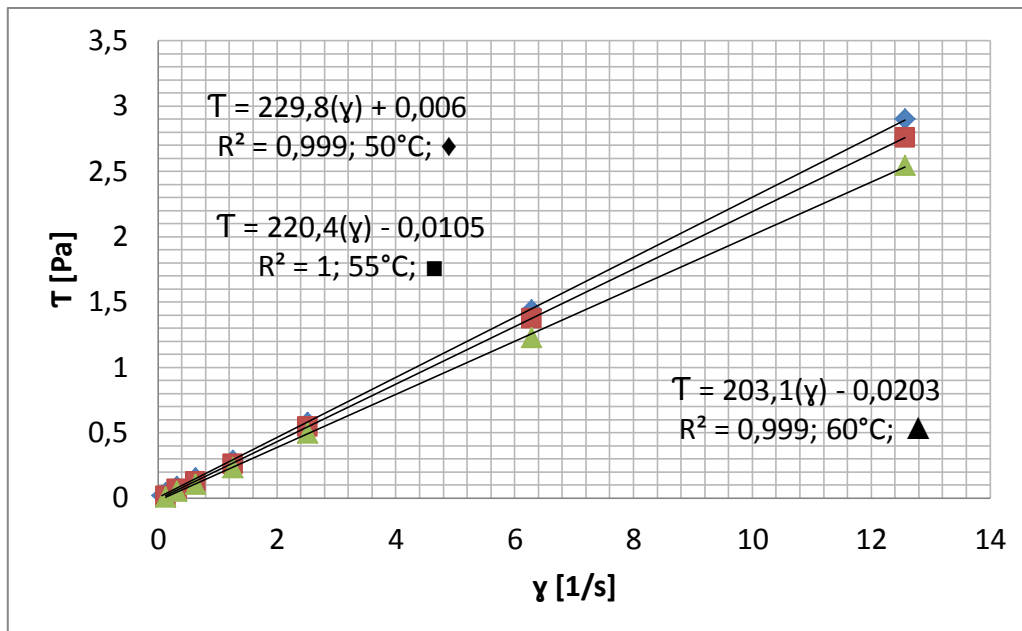
**Figura C.12.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza fresca de 26°Brix como fluido no Newtoniano



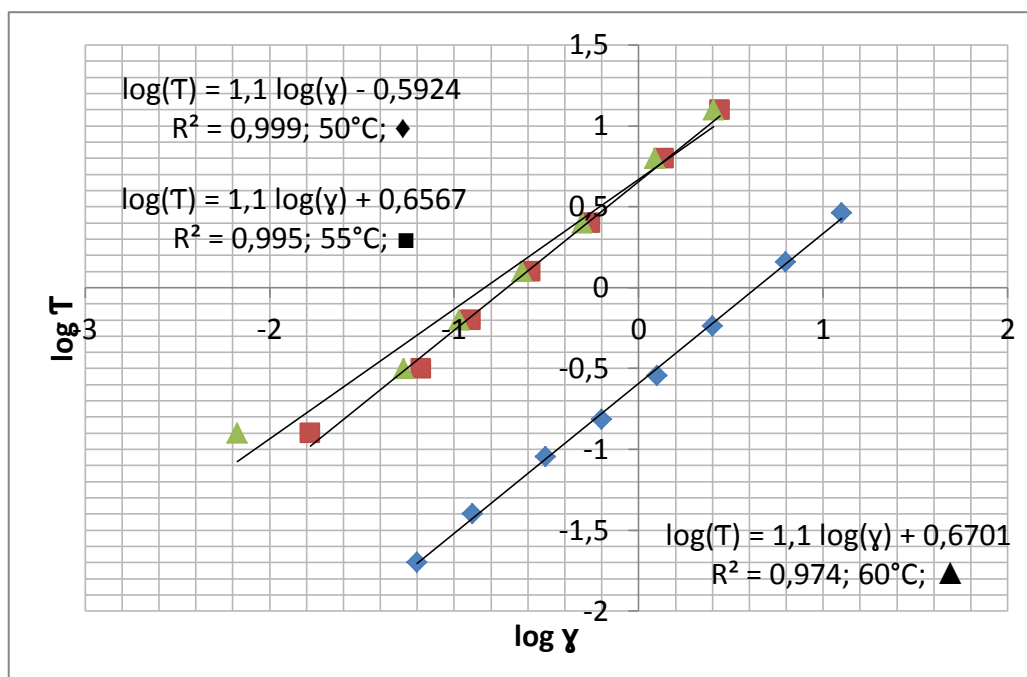
**Figura C.13.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 32°Brix como fluido Newtoniano



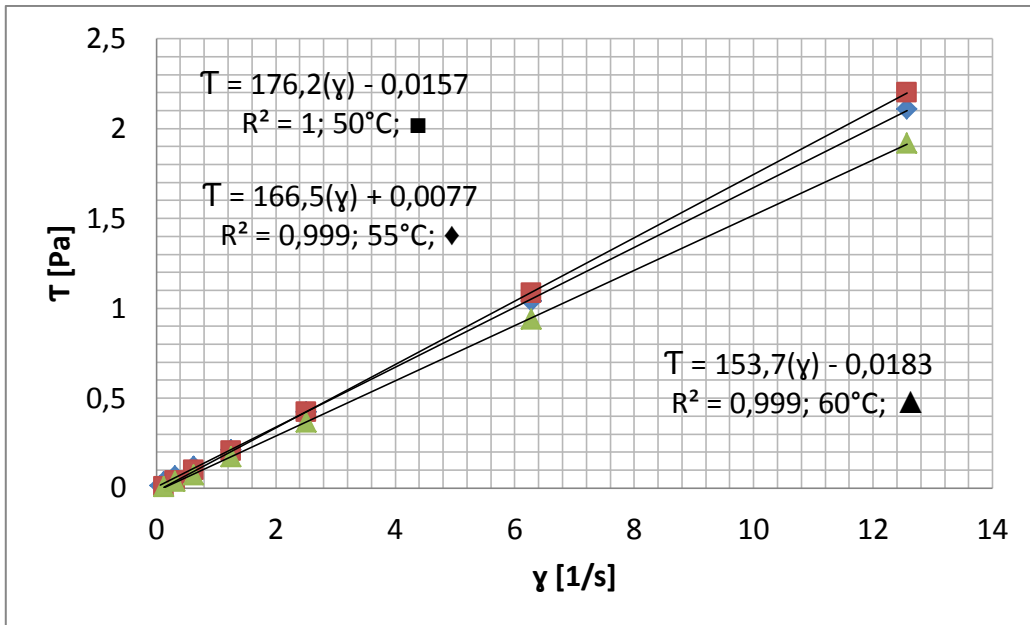
**Figura C.14.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 32°Brix como fluido no Newtoniano



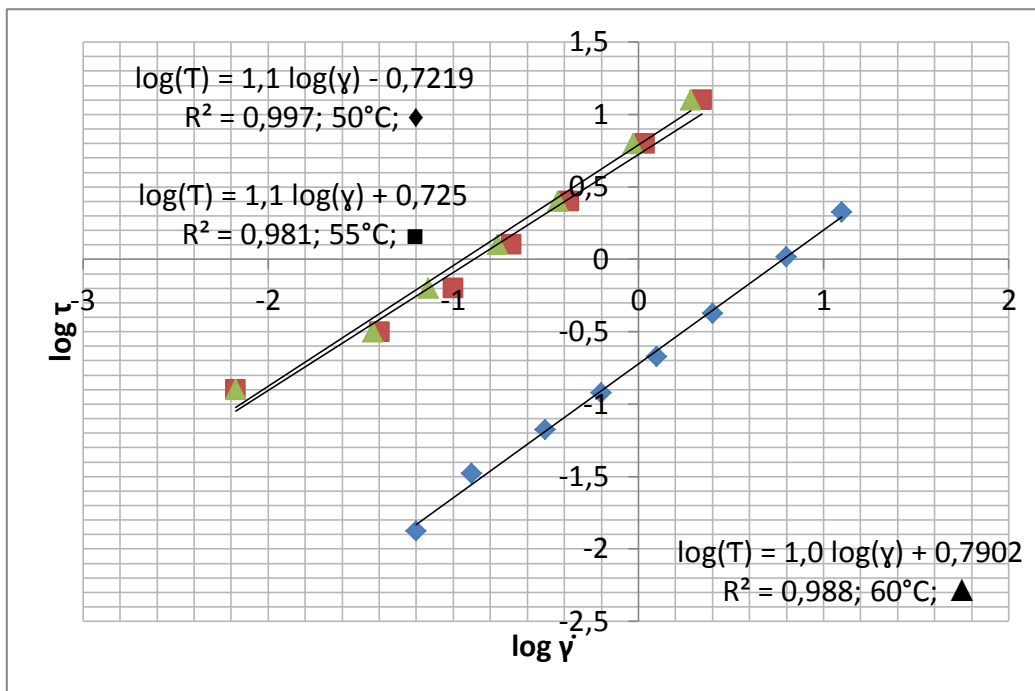
**Figura C.15.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 30°Brix como fluido Newtoniano



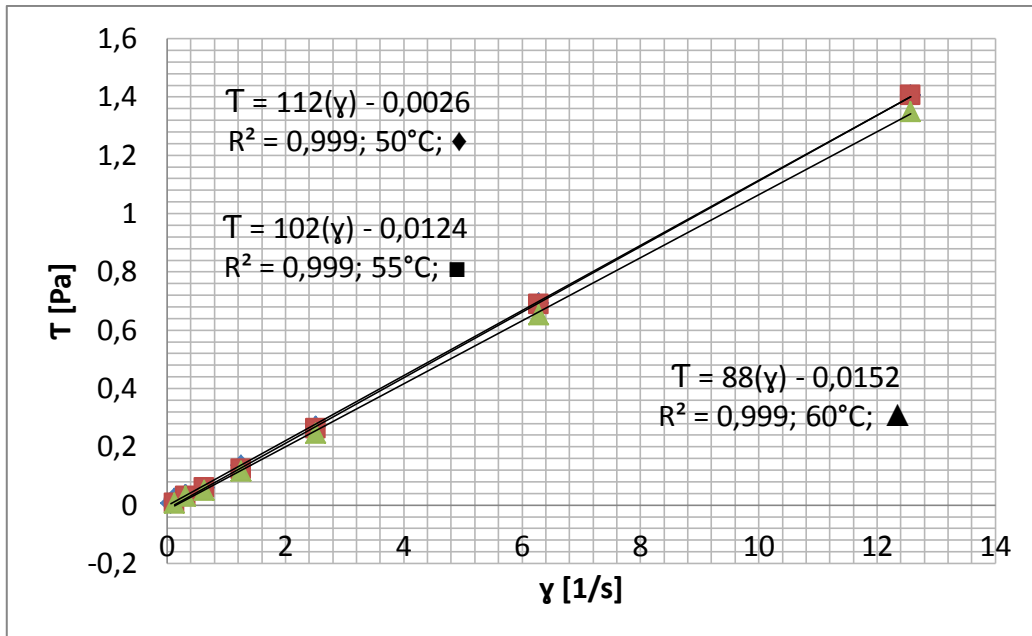
**Figura C.16.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 30°Brix como fluido no Newtoniano



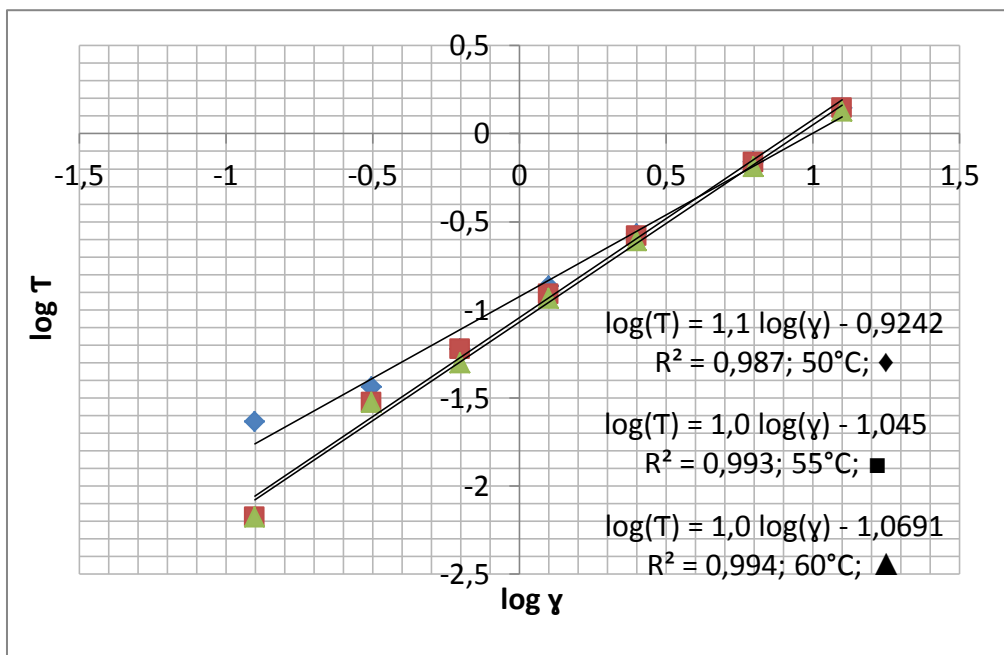
**Figura C.17.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 28°Brix como fluido Newtoniano



**Figura C.18.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 28°Brix como fluido no Newtoniano



**Figura C.19.** Relación entre el esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 26°Brix como fluido Newtoniano



**Figura C.20.** Relación entre los logaritmos del esfuerzo de cizallamiento y velocidad de deformación del licor de gelatina de carnaza seca de 26°Brix como fluido no Newtoniano

# **ANEXO D**

## **MÉTODOS EMPLEADOS PARA EL ANÁLISIS**

## **Anexo D.1. Manual de uso del Viscosímetro Rotacional Brookfield LVTD**

1. Asegúrese de que el equipo este bien armado, controlando que este fijo a un soporte, nivelado y con el brazo protector.
2. Coloque 600ml de la muestra en un vaso de vidrio adecuado y lleve a la parte inferior del viscosímetro.
3. Coloque el rotor 1 y suba la perilla de "POWER".
4. Luego ubíquese al costado del equipo y con la perilla de las velocidades coloque en 12 rpm.
5. Suba la perilla de "MOTOR" y utilizando la perilla "ZERO" mueva al lado necesario para conseguir que la pantalla marque 00,0.
6. Apague la perilla "MOTOR" y empiece en la velocidad 0,3 rpm, manipulando la perilla del costado del equipo.
7. Introduzca el rotor hasta donde se indica en la señal y encienda la perilla "MOTOR", entonces la medición se iniciará, cuando la lectura de la pantalla sea estable por 10 segundos, anote ese dato.
8. Para la siguiente lectura baje el botón "MOTOR" y manipulando la perilla del costado del equipo suba la velocidad a 0,6 rpm y repita el paso 7.
9. Realizar el paso 8 y 7 consecutivamente con las velocidades 0,3; 0,6; 1,5; 3; 6; 12; 30 y 60 rpm, o hasta cuando obtenga lecturas y la pantalla no marque ERROR.
10. Cuando termine baje el botón "MOTOR" y el botón "POWER", y la perilla del costado déjela en 0,3 rpm.
11. Luego retire el rotor utilizado y lávelo con mucho cuidado.
12. Desarme el equipo y guárdelo en su maletín ubicando adecuadamente todas las partes.

**Nota importante:** Si el rotor 1, no le da lecturas pruebe colocando los otros tres rotores y determine cuál es el apropiado para realizar sus ensayos de viscosidad. Sus lecturas están expresadas en % (Full Scale), que posteriormente puede ser utilizado para determinar la viscosidad del alimento ensayado.



## Anexo D.2. Norma INEN 1961. Gelatina Pura. Requisitos

CDU: 638.317  
 CIU: 3111



AL 05.02-402

Norma Ecuatoriana Obligatoria	GELATINA PURA COMESTIBLE. REQUISITOS.	INEN 1 961 1993-11
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 La presente norma tienen por objeto establecer los requisitos que debe cumplir la gelatina pura para consumo humano.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica a la gelatina pura, sin sabor para uso alimenticio.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 <b>Gelatina.</b> Es un producto sólido de naturaleza proteica que se extrae por hidrólisis parcial del colágeno contenido en la piel, tejido conjuntivo y de la oseína contenida en los huesos de los animales.</p> <p>3.2 <b>Gel.</b> Sistema transparente y elástico compuesto por agua y gelatina, que tiene la propiedad de un sólido, es decir conserva la forma y resistencia a la deformación.</p> <p>3.3 <b>Poder de gelificación.</b> Es la capacidad que tiene una sustancia para formar un gel.</p> <p>3.4 <b>Grado Bloom.</b> Es la medida sobre la cual se comercializa la gelatina e indica, la fuerza de un gel requerida para producir una depresión de 4 mm en el área central de la superficie del gel sin dañarla. Se determina según el método descrito en la Norma INEN 1 955.</p> <p>3.5 <b>Gelómetro de Bloom.</b> Es el aparato patrón utilizado para determinar, la fuerza en Bloom requerida para hacer que un émbolo estandarizado descienda a una profundidad definida en una masa de gelatina, indicando así su consistencia.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p>4.1 La gelatina comestible es prácticamente insoluble en agua fría, pero se hidrata y ablanda cuando está inmersa en ella absorbiendo gradualmente de 5 a 10 veces su peso; se disuelve completamente en agua caliente y se convierte en un gel al enfriarse.</p> <p>4.2 Es soluble en ácido acético aproximadamente 5 N, y en una mezcla de agua caliente y glicerina.</p> <p>4.3 Es prácticamente insoluble en alcohol (95%), cloroformo, éter y aceites volátiles.</p> <p>4.4 La gelatina comestible se presenta en forma de hojas, trozos, hojuelas o escamas, granulada o en forma de polvo fino.</p> <p>4.5 Pura y seca se presenta como un sólido inodoro, insípido, duro, transparente, quebradizo, vítrio, de color amarillo muy pálido o ámbar, variando su intensidad según el tamaño de las partículas.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo 454 y Ave. 8 de Diciembre - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

4.6 Es estable al aire cuando esta seca, pero esta sujeta a descomposición microbiana cuando esta húmeda o en solución.

4.7 Una solución de gelatina al 2% en agua caliente y luego mantenida a 0°C por aproximadamente 6 horas, forma un gel transparente.

4.8 Una solución de gelatina en agua destilada, a una concentración de 1%, a 40°C no deberá poseer ni gusto ni olor desagradable.

4.9 La gelatina comestible pura para su comercialización debe presentar una fuerza de gel expresada en grados Bloom, y determinada según la Norma INEN 1 955.

## 5. REQUISITOS

### 5.1 Requisitos específicos

#### 5.1.1 Requisitos químicos

5.1.1.1 La gelatina pura comestible debe cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 1.

5.1.1.2 La gelatina pura comestible no debe contener ningún antiséptico u agente conservante o blanqueador ni ninguna otra sustancia que no esté autorizada por la Comisión del Códex Alimentarius de la FAO/OMS o reglas de salud vigentes.

**TABLA 1. Requisitos químicos para la gelatina.**

Requisitos	Unidad	Min	Max	Método de Ensayo
Humedad	%	-	11	INEN 1 953
Cenizas totales	%	-	2	INEN 1 954
Nitrógeno (N)	%	16	-	INEN 781 **
Proteínas, base seca (Nx5,55)	%	88,8	-	INEN 781
pH solución al 1% a 25°C		3,5	7,5	INEN 1 519
Dióxido de azufre	mg/kg	-	500	INEN 1 956
Sustancias oxidantes			negativo	INEN 1 957
Arsénico	mg/kg	-	1	INEN 1 958
Plomo	mg/kg	-	2	INEN 1 959
zinc	mg/kg	-	50	INEN 1 959
Hierro	mg/kg	-	50	INEN 1 959
Cobre	mg/kg	-	10	INEN 1 959

\*\* Se pesan con exactitud 0,3 g de la muestra y se determina según el procedimiento indicado en la Norma INEN 781.

#### 5.1.2 Requisitos microbiológicos.

5.1.2.1 Una muestra de gelatina de calidad comestible, al ser examinada deberá cumplir con los requisitos microbiológicos señalados en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos Microbiológicos.

Requisitos	Unidad	máximo	Método de Ensayo
Recuentos generales totales	ufc/g	5 000	INEN 1 529-4
Coliformes	ufc/g	< 3	INEN 1 529-6
Escherichia coli	ufc/g	ausencia	INEN 1 529-8
Salmonella	ufc/25g	ausencia	INEN 1 529-15
Staphylococcus aureus	ufc/g	ausencia	INEN 1 529-14
esporas anaerobias	ufc/g	ausencia	INEN 1 529-17
moños y levaduras	ufc/g	50	INEN 1 529-10

## 5.2 Requisitos complementarios

5.2.1 Los sitios de almacenamiento de la gelatina pura comestible deberán ser lugares secos y frescos, libres de cualquier condición de contaminación ambiental.

## 6. INSPECCION

6.1 **Muestreo.** El muestreo se realizará de acuerdo a lo mencionado en la Norma INEN 1 952.

6.2 **Criterios de aceptación o rechazo.** Un lote se considerará aceptable si las muestras analizadas satisfacen plenamente los requisitos señalados en la presente norma.

## 7. ENVASADO Y EMBALADO

7.1 La gelatina pura comestible deberá envasarse en materiales de naturaleza tal que no alteren las características sensoriales, físico-químicas y microbiológicas del producto, ni produzcan sustancias tóxicas. Deberán proporcionar además protección contra la humedad, contaminación e infestación.

7.2 El producto debe ser empacado en material adecuado que garantice la buena conservación del mismo, y observe las condiciones de rotulado descritas en el numeral 8.

## 8. ROTULADO

8.1 Para efectos de esta norma, el rotulado se hará de acuerdo a lo señalado en la Norma INEN 1 334, debiendo añadirse al mismo la fuerza del gel expresada en grados Bloom, y la Norma INEN de referencia.

8.2 El producto se designará como "Gelatina pura comestible".

## APENDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

- INEN 1 529.4 *Control microbiológico de los alimentos. Recuento microbiológico.*
- INEN 1 529.6 *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica del número mas probable.*
- INEN 1 529.8 *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y E. Coli.*
- INEN 1 529.10 *Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de mohos y levaduras viables.*
- INEN 1 529.14 *Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de Staphylococcus aureus.*
- INEN 1 529.15 *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la presencia o ausencia de salmonela.*
- INEN 1 529.17 *Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de microorganismos sulfito - reductores.*
- INEN 1 952 *Gelatina pura comestible. Muestreo*
- INEN 1 953 *Gelatina pura comestible. Determinación de la pérdida por calentamiento.*
- INEN 1 954 *Gelatina pura comestible. Determinación de cenizas.*
- INEN 1 955 *Gelatina pura comestible. Determinación de la fuerza del gel.*
- INEN 1 956 *Gelatina pura comestible. Determinación del dióxido de azufre.*
- INEN 1 957 *Gelatina pura comestible. Determinación de sustancias oxidantes.*
- INEN 1 958 *Gelatina pura comestible. Determinación del contenido de arsénico.*
- INEN 1 959 *Gelatina pura comestible. Métodos de ensayo para determinar plomo, cobre, cinc y hierro.*

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma centroamericana ICAMI 34189, *Gelatinas comestibles, Especificaciones*, Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. Guatemala, 1988.

Norma francesa AFNOR NF V 59-001, *Gelatina Alimentaria. Especificaciones*, Asociación Francesa de Normalización. París, 1982.

Norma colombiana ICONTEC 1629, *Gelatina para uso en la Industria Alimentaria*, Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1981.

Proyecto de Norma Peruana ITINTEC 209.086, *Gelatina. Definiciones, clasificación y requisitos generales*. Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. Lima, 1981.  
INDIAN Standard. IS 5719, *Specification for Gelatin, food grade*. New Delhi, 1970.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

**Documento:** TÍTULO: GELATINA PURA COMESTIBLE. REQUISITOS      **Código:**  
**NTE INEN 1961**      **AL 05.02-402**

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 1991-06-03	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No.      de publicado en el Registro Oficial No.      de  Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

**Subcomité Técnico: GELATINA COMESTIBLE**  
 Fecha de iniciación: 1992-01-22      Fecha de aprobación: 1992-03-27  
 Integrantes del Subcomité Técnico:

<b>NOMBRES:</b>	<b>INSTITUCIÓN REPRESENTADA:</b>
Ing. Edwin Santamaria	GELEC S.A.
Ing. Fernando Villacís (Presidente)	FLEISHMAN ECUATORIANA
Ing. Jaime García M.	LEVAPAN DEL ECUADOR S.A.
Tlgo. Quim. Teresa Pérez R.	LEVAPAN DEL ECUADOR S.A.
Tlgo. Alim. Fredy Erazo	SUMESA S.A.
Sr. José Nuñez	CENAPIA
Ing. Segundo Lascano	CONADE
Dra. Consuelo Alvario	INHMT - GUAYAQUIL
Dra. Rosa Rivadeneira de León	INH - QUITO
Bioq. María Altamirano	INEN
Ing. Bolívar Cano (Secretario Técnico)	INEN

Otros trámites:

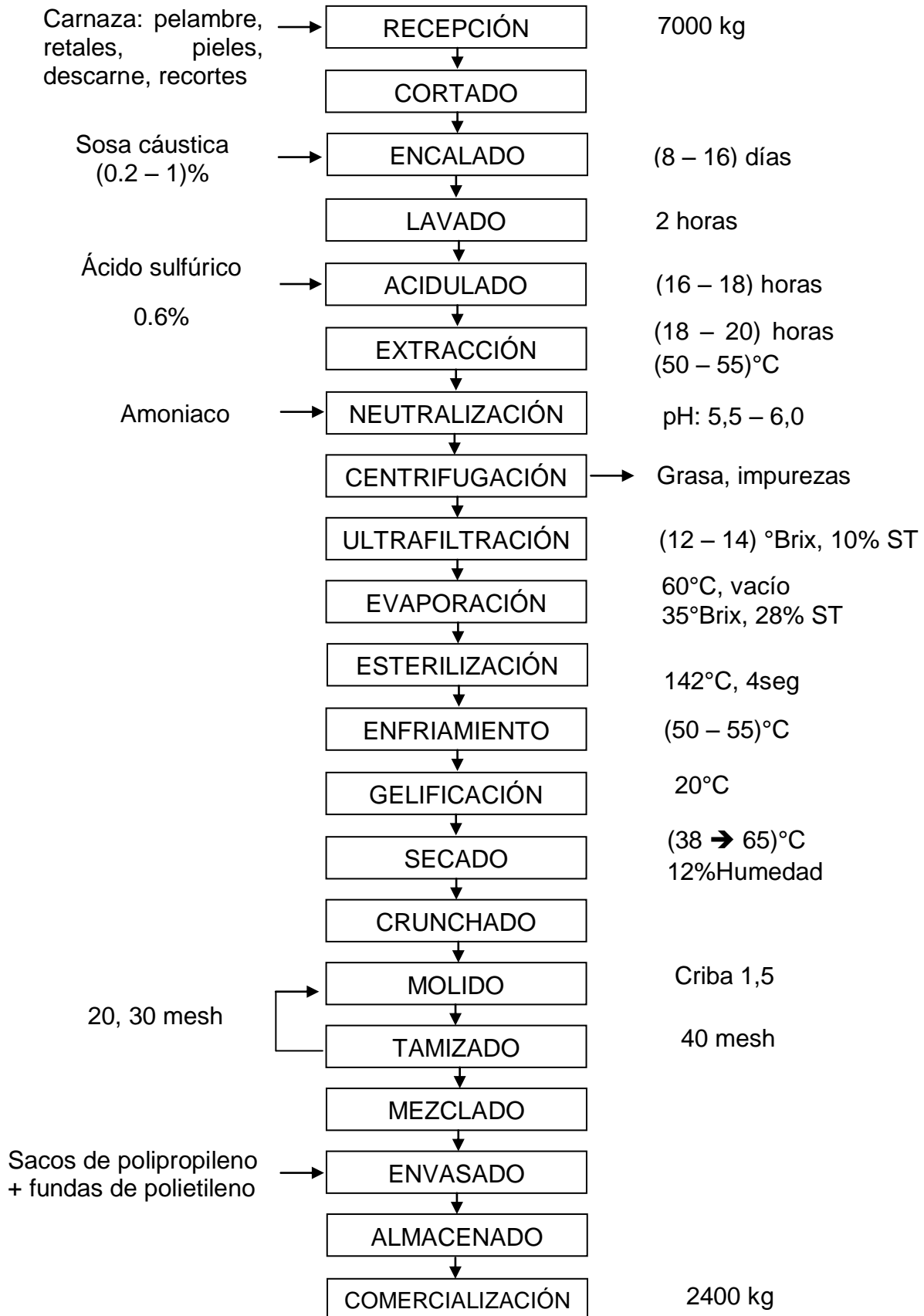
El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1993-11-04

Oficializada como: OBLIGATORIA      Por Acuerdo Ministerial No. 600 de 1993-12-28  
 Registro Oficial No. 351 de 1994-01-04

# **ANEXO E**

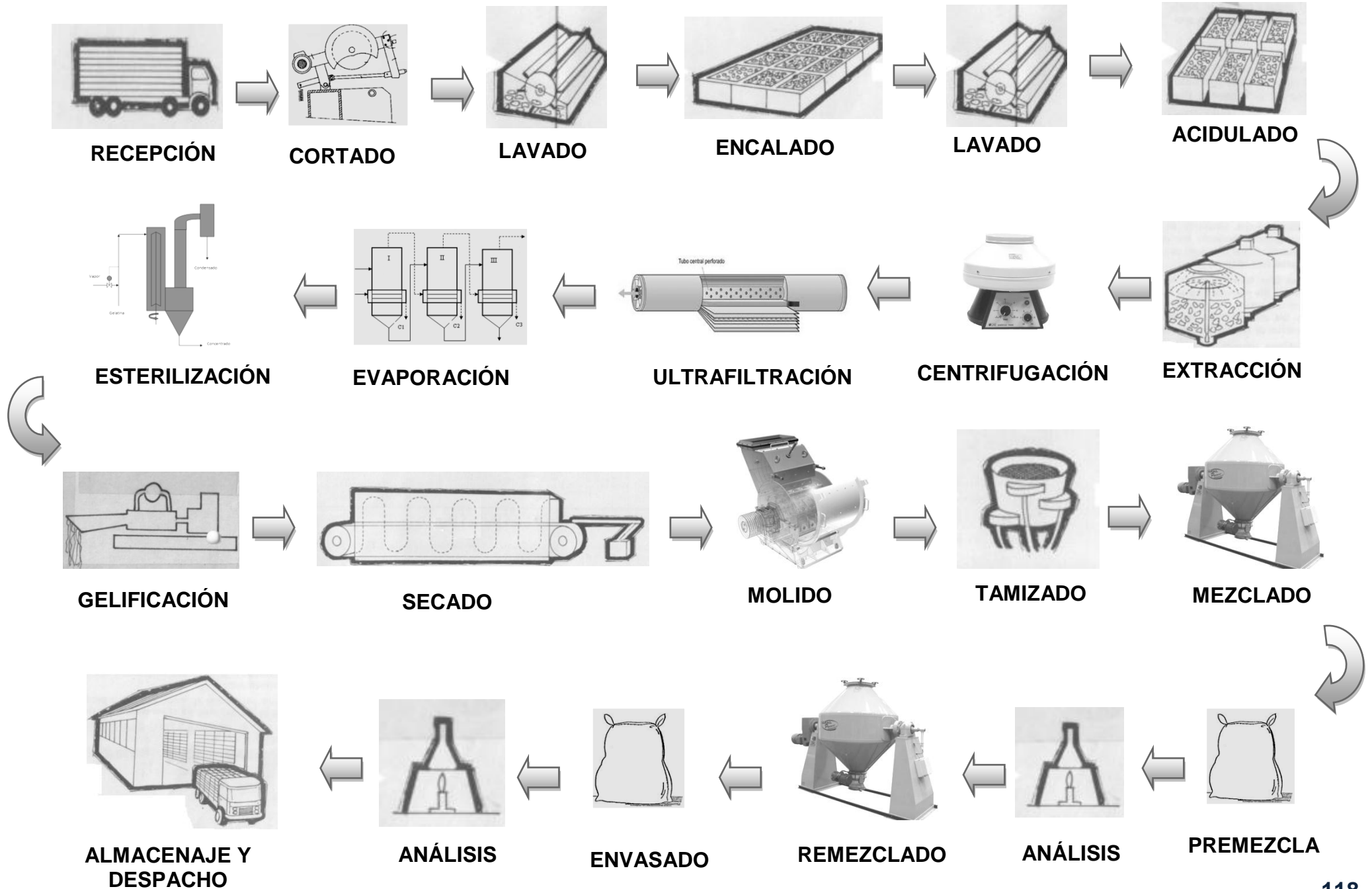
## **PROCESO DE EXTRACCIÓN DE GELATINA PURA**

### Anexo E.1. Diagrama de proceso de la elaboración de gelatina pura





# Anexo E.1. Esquematzación del proceso





# **ANEXO F**

## **FOTOGRAFÍAS**

**Muestras obtenidas de PRODEGEL S.A.**



**Licor de gelatina de carnaza fresca**



**Licor de gelatina de carnaza seca**



**Viscosímetro Rotacional Brookfield LVT-D**



**Materiales utilizados**



**Muestras listas para analizar**



**Control de la temperatura con en el baño termostático**





### Corridas Experimentales

Lecturas (%FS)