

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD INGENIERÍA  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“INFLUENCIA DEL CLORURO DE CALCIO ( $\text{CaCl}_2$ ), TEMPERATURA Y  
TIEMPO DE COCCIÓN EN LA TEXTURA, SABOR Y RENDIMIENTO DE  
ANCHOVETA (*Engraulis ringens jenyns*) ENLATADA EN LA EMPRESA  
GÉNESIS E.I.R.L. CHIMBOTE-ANCASH.”**

Tesis para obtener el título profesional de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentada por:

**Br. SANTOS LENIN GIL CRUZ  
Br. KATHIE DEIDAMIA SEGURA ZULOETA**

Asesor:

**Ms.C. ARMSTRONG BARNARD FERNÁNDEZ JERI**

**Amazonas-Perú**

**2009**

# **DEDICATORIA**

*A Dios, por todas las cosas que nos enseña  
y nos da para ser felices en la vida.*

*(Kathie Lenin)*

*A mis Padres Rosa y Gilberth porque ellos me enseñaron  
a encontrar el camino correcto en la vida, a mi abuela  
Micaela y mi tía María Luisa por ser las personas que  
cuidaron los primeros días de mi vida; a mis hermanos  
Euler, Julio y Juan Carlos que siempre me han  
acompañado.*

*(Lenin).*

*Dedico esta tesis con un inmenso amor especialmente a mis padres y abuela, Felipe, Liliana y Adelaida, por hacer cumplir mis sueños. Con su esfuerzo y apoyo incondicional hicieron posible la culminación de mi carrera profesional, además agradezco y dedico a mis hermanos José, Adonay y Adela por su comprensión y esfuerzo.*

*(Kathie)*

*Al Ing. Ulmer Miranda Colmenares, por su apoyo incondicional y su entusiasmo hizo posible la culminación de esta tesis, uno de nuestros logros anhelados en nuestras vidas.*

*(Kathie y Lenin)*

*A mis amigos, que gracias a Dios son muchos y por no querer omitir a ninguno, cuando lean estas líneas sabrán que son ellos a quien me refiero, muchas gracias por su amistad, sus consejos, comprensión, alegrías y tristezas vividas durante mi formación profesional, y deseándoles que cumplan todas sus metas en la vida.*

*(Kathie)*

## **Memoria**

*Un elefante que se exhibía por las ciudades y los pueblos quedó alojado en el establo de un lugar donde nadie había visto jamás a un animal de su especie. Cuatro curiosos, enterados de la existencia de aquella maravilla, pretendieron verla antes que los demás. Pero ocurrió que en el establo no había luz y su investigación tuvo que realizarse en la oscuridad.*

*Al palparle la trompa, uno de ellos se dijo que el animal debía de ser parecido a una manguera. El segundo, tocándole una oreja, llegó a la conclusión de que se asemejaba a un abanico. El tercero, al dar con una pata, lo calificó de columna viviente. El cuarto le puso una mano en el lomo y aseguró que era una especie de trono. Ninguno pudo formar la imagen completa; y la parte que cada uno tocó solo pudieron expresarla mediante referencia a cosas que ya conocían. El resultado fue una confusión total. Cada cual quería tener razón, y cuando lo contaron a los demás, nadie pudo saber qué era lo que en realidad habían experimentado los investigadores.*

*Relato Sufi tradicional*

*Los Sufis*

*Idries Shah.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*De bien nacidos es ser agradecidos. Son muchas las personas a las que tenemos que agradecer por su trabajo, colaboración y dedicación, sin las cuales no hubiera sido posible la elaboración de esta tesis. La extensión de éste apartado limita la lista explícita. La lista implícita es mucho más extensa, y todos saben que cuentan con nuestros más sincero agradecimientos.*

- ✓ Ing. Ulmer Miranda, por su gran espíritu colaborador, ser el promotor de esta investigación y sobre todo por su entusiasmo en la innovación de la industria pesquera.*
  
- ✓ Blgo. Braulio Landa Torres, por el aporte de sus conocimientos en materia de tecnología pesquera, por financiar el Análisis Físico-Químico y Organoléptico de producto terminado a través de su Empresa Josué Inversiones S.A.C.*
  
- ✓ Ing. Lourdes Esquivel Paredes, por su colaboración en el procesamiento de la parte estadística de la investigación, por concedernos los ambientes de la Planta Piloto de la Universidad Nacional del Santa para el desarrollo del análisis organoléptico. A la Ing. Elsa Aguirre Vargas; al Ing. Ronal Chávez Salinas y a las Estudiantes de Agroindustria Yesenia Huamancondor y Carmen Martkovich por ser colaboradores en la obtención de los datos experimentales de esta Tesis.*

- ✓ *Ms.C. Armstrong B. Fernández Jeri por el asesoramiento de la Tesis, por el aporte de sus conocimientos a la industria pesquera y por su contribución a nuestra formación profesional.*
  
- ✓ *A todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial por habernos brindado todos sus conocimientos, y guiado a lograr el objetivo de terminar nuestra carrera.*

***Muchas gracias***

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**DR. HÉCTOR EMILIO GARAY MONTAÑEZ**

*Presidente de la Comisión de Gobierno*

**Ms.C. LORENZO MELQUIADES ALVITEZ VELEZMORO**

*Vicepresidente Académico de la Comisión de Gobierno*

**ING. FEDERICO RAUL SÁNCHEZ MERINO**

*Vicepresidente Administrativo de la Comisión de Gobierno*

**Ms.C. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN**

*Coordinador (e) de la Facultad de Ingeniería*

## **VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS**

*El Ms.C. Armstrong Barnard, Fernández Jeri, profesor auxiliar a tiempo completo de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.*

*Da visto bueno:*

*Que la presente investigación titulada: “Influencia del cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>), temperatura y tiempo de cocción en la textura, sabor y rendimiento de anchoveta (*Engraulis ringens jenyns*) enlatada en la Empresa GÉNESIS E.I.R.L. Chimbote-Ancash.”, que constituye la Tesis presentada por los bachilleres Santos Lenin Gil Cruz y Kathie Deidamia Segura Zuloeta para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial, ha sido realizada bajo mi asesoramiento siguiendo prioritariamente las etapas del Proyecto de Tesis de acuerdo al cronograma establecido.*



.....

**MS.C. ARMSTRONG B. FERNÁNDEZ JERI**

**Profesor Auxiliar a Tiempo Completo**

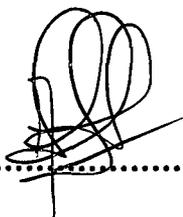
**MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR**



.....

**MS.C. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN**

***Presidente***



.....

**ING. ERICK ALDO AUQUIÑIVÍN SILVA**

***Secretario***



.....

**BLGO. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES**

***Vocal***

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iv
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	vi
VISTO BUENO DEL ASESOR	vii
MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR	viii
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	ix
OBJETIVOS	xxi

### I. INTRODUCCIÓN

I.1. Revisión bibliográfica sobre anchoveta ( <i>Engraulis ringens jenyns</i> )	-----2
I.1.1. Generalidades	-----2
I.1.2. Aspectos biológicos de la anchoveta	-----3
I.1.2.1. Posición taxonómica	-----3
I.1.2.2. Composición morfológica y características físicas	-----3
I.1.2.3. Reproducción	-----4
I.1.2.4. Régimen alimenticio	-----5
I.1.2.5. Composición nutricional	-----6
I.1.3. Distribución geográfica	-----9
I.1.4. Contribución de la anchoveta al desarrollo de la pesquería peruana	-----10
I.1.4.1. Alimentarios	-----10
I.1.4.2. Mano de obra	-----11
I.1.5. Cambios bioquímicos pos mortem en el músculo de la anchoveta	-----11
I.1.5.1. Otros cambios bioquímicos	-----12
I.1.5.2. Formas de retardar los cambios bioquímicos	-----13
I.1.6. Operaciones básicas de manipuleo	-----14
I.1.6.1. Conservación del pescado por hielo	-----14
I.2. Procesamiento de productos enlatados	-----18

<i>I.2.1. Principios bacteriológicos</i>	-----	19
<i>I.2.2. Procesamiento del enlatado</i>	-----	20
<i>I.2.2.1. La planta de procesamiento</i>	-----	20
<i>I.2.2.2. La materia prima</i>	-----	21
<i>I.2.2.3. El envase</i>	-----	22
<i>I.2.2.4. tratamiento de la materia prima antes del enlatado</i>	-----	24
<i>I.2.3. La operación del enlatado</i>	-----	25
<i>I.2.3.1. Envasado de pescado en latas</i>	-----	25
<i>I.2.3.2. Adición de líquido de cobertura</i>	-----	26
<i>I.2.3.3. Evacuado y cerrado</i>	-----	27
<i>I.2.3.4. Lavado de envases</i>	-----	28
<i>I.2.3.5. Tratamiento térmico</i>	-----	29
<i>I.2.3.6. Enfriamiento</i>	-----	30
<i>I.3. Evaluación sensorial de los alimentos</i>	-----	30
<i>I.3.1. Clasificación</i>	-----	31
<i>I.3.1.1. Método de la escala hedónica</i>	-----	32
<i>I.4. Optimización por diseños experimentales</i>	-----	33
<i>I.4.1. Manejo de diseños experimentales: metodología y aplicación en la industria alimentaria</i>	-----	33
<i>I.4.1.1. Modelo general de un proceso o sistema</i>	-----	33
<i>I.4.1.2. Diseño estadístico de experimentos</i>	-----	34
<i>I.4.2. Diseño de mezclas</i>	-----	36
<i>I.4.3. Diseño combinado</i>	-----	39
<i>I.4.4. Optimización</i>	-----	39
<i>I.4.5. Metodología del D-Óptimo</i>	-----	40
<i>I.4.6. Evaluación estadística</i>	-----	41
<i>I.4.7. Programa para el diseño estadístico de experimentos</i>	-----	43
<i>I.5. Tratamiento con Cloruro de Calcio a frutas y hortalizas: Trasladar esta tecnología a la industria conservera</i>	-----	44

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

II.1. Material	45
II.1.1. Materia prima	45
II.1.2. Otros insumos	45
II.1.3. Equipos utilizados	45
II.1.4. Materiales de proceso	46
II.2. Métodos de análisis de producto terminado	46
II.3. Metodología	46
II.4. Diseño experimental	54
II.4.1. Consideraciones al diseño	55
II.4.2. Optimización de los parámetros	57

## III. RESULTADOS

III.1. Optimización del proceso de elaboración de entero de anchoveta en salsa de tomate presentación 1 lb tall	59
III.1.1. Evaluación estadística de la variable respuesta textura ( $Y_1$ )	64
III.1.1.1. Influencia de las variables de formulación	69
III.1.1.2. Validación del modelo	77
III.1.2. Evaluación estadística de la variable respuesta sabor ( $Y_2$ )	80
III.1.2.1. Influencia de las variables de formulación	84
III.1.2.2. Validación del modelo	90
III.1.3. Evaluación estadística de la variable respuesta rendimiento ( $Y_3$ )	92
III.1.3.1. Influencia de las variables de formulación	96
III.1.3.2. Validación del modelo	104
III.1.4. Evaluación estadística de la variable respuesta apariencia ( $Y_4$ )	106
III.1.4.1. Influencia de las variables de formulación	110
III.1.4.2. Validación del modelo	117
III.2. Optimización final del proceso	119
III.2.1. Criterios de optimización	119
III.2.2. Soluciones	120

<i>III.3. Pérdida de calor del pescado durante la etapa de ensalmuerado</i>	-----123
<i>III.4. Deshidratación del pescado en la etapa de precocción</i>	-----123
<i>III.5. Acoplamiento de cloruro de calcio al músculo del pescado</i>	-----124
<i>IV. DISCUSIÓN</i>	126
<i>V. CONCLUSIONES</i>	135
<i>VI. RECOMENDACIONES</i>	138
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	139
<i>ANEXOS</i>	143

## INDICE DE CUADROS

<i>Cuadro I-1: Composición de la anchoveta</i>	-----4
<i>Cuadro I-2: Contenido graso de la anchoveta según talla y zona geográfica</i>	-----5
<i>Cuadro I-3: Composición química de las especies pelágicas más utilizadas en la industria conservera</i>	-----7
<i>Cuadro I-4: Componentes minerales de la anchoveta</i>	-----7
<i>Cuadro I-5: Composición de ácidos grasos de la anchoveta</i>	-----8
<i>Cuadro I-6: Contenidos EPA y DHA en especies pelágicas peruanas</i>	-----8
<i>Cuadro I-7: Relación longitud-edad de la anchoveta</i>	-----10
<i>Cuadro I-8: Transformación de la matriz de experiencias de un diseño de mezclas restringidas a pseudocomponentes</i>	-----38
<i>Cuadro II-1: Condiciones de los factores de estudio</i>	-----57
<i>Cuadro III-1: Matriz del diseño de optimización con sus variables respuesta</i>	-----60
<i>Cuadro III-2: ANOVA- Ajuste del modelo para la variable textura</i>	-----66
<i>Cuadro III-3: ANOVA- Ajuste del modelo para la variable sabor</i>	-----82
<i>Cuadro III-4: ANOVA- Ajuste del modelo para la variable rendimiento</i>	-----93
<i>Cuadro III-5: ANOVA- Ajuste del modelo para la variable apariencia</i>	-----107

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura I-1: Anchoveta (Engraulis ringens jenyns)</i>	-----3
<i>Figura I-2: Variación de pH con el tiempo almacenamiento</i>	-----13
<i>Figura I-3: Modelo de un proceso o sistema de elaboración de un producto</i>	-----33
<i>Figura I-4: Ilustraciones gráficas del dominio experimental</i>	-----37
<i>Figura II-1: Flujo de proceso en la elaboración de entero de anchoveta en salsa de tomate</i>	-----48
<i>Figura III-1: Resumen del diseño empleado en la investigación</i>	-----63
<i>Figura III-2: Contrastación del diseño y características de la mezcla</i>	-----63
<i>Figura III-3: Requerimiento de transformación del diseño para la variable textura</i>	-----64
<i>Figura III-4: Modelo estadístico a escoger para la variable respuesta textura</i>	-----64
<i>Figura III-5: Perturbación de los componentes de la mezcla y los factores para la variable textura</i>	-----70
<i>Figura III-6A: Representación hielo y sal para la textura</i>	-----71
<i>Figura III-6B: Representación hielo y agua para la textura</i>	-----71
<i>Figura III-6C: Representación de sal y agua para la textura</i>	-----72
<i>Figura III-7: Interacción de los componentes de la mezcla con los factores numéricos para la variable textura</i>	-----73
<i>Figura III-8A: Superficie de respuesta hielo y sal para la textura</i>	-----74
<i>Figura III-8B: Superficie de respuesta hielo y agua para la textura</i>	-----74
<i>Figura III-8C: Superficie de respuesta sal y agua para la textura</i>	-----75
<i>Figura III-9A: Superficie de contorno hielo y sal para la textura</i>	-----75
<i>Figura III-9B: Superficie de contorno hielo y agua para la textura</i>	-----76
<i>Figura III-9C: Superficie de contorno sal y agua para la textura</i>	-----76
<i>Figura III-10: Gráfico de probabilidad para los residuos para la textura</i>	-----78
<i>Figura III-11: Gráfico de residuos Vs valores predichos para la textura</i>	-----79
<i>Figura III-12: Requerimiento de transformación del diseño para el sabor</i>	-----80
<i>Figura III-13: Modelo estadístico a escoger para la variable sabor</i>	-----81

<i>Figura III-14: Perturbación de los componentes de la mezcla y los factores para la variable sabor</i>	84
<i>Figura III-15: Interacción de los componentes de la mezcla con los factores numéricos para la variable sabor</i>	85
<i>Figura III-16A: Superficie de respuesta hielo y sal para el sabor</i>	86
<i>Figura III-16B: Superficie de respuesta sal y agua para el sabor</i>	87
<i>Figura III-16C: Superficie de respuesta hielo y agua para el sabor</i>	87
<i>Figura III-17A: Superficie de contorno hielo y sal para el sabor</i>	88
<i>Figura III-17B: Superficie de contornos sal y agua para el sabor</i>	88
<i>Figura III-17C: Superficie de contorno hielo y agua para el sabor</i>	89
<i>Figura III-18: Gráfico de probabilidad para los residuos para el sabor</i>	90
<i>Figura III-19: Gráfico de residuos Vs valores predichos para el sabor</i>	91
<i>Figura III-20: Requerimiento de transformación del diseño para la variable rendimiento</i>	92
<i>Figura III-21: Modelo estadístico a escoger para el rendimiento</i>	92
<i>Figura III-22: Perturbación de los componentes de la mezcla y los factores para la variable rendimiento</i>	97
<i>Figura III-23A: Representación sal y agua para el rendimiento</i>	98
<i>Figura III-23B: Representación hielo y agua para el rendimiento</i>	98
<i>Figura III-23C: Representación hielo y sal para el rendimiento</i>	99
<i>Figura III-24: Interacción de los componentes de la mezcla con los factores numéricos para la variable rendimiento</i>	100
<i>Figura III-25A: Superficie de respuesta sal y agua para el rendimiento</i>	100
<i>Figura III-25B: Superficie de respuesta hielo y agua para el rendimiento</i>	101
<i>Figura III-25C: Superficie de respuesta hielo y sal para el rendimiento</i>	101
<i>Figura III-26A: Superficie de contorno sal y agua para el rendimiento</i>	102
<i>Figura III-26B: Superficie de contorno hielo y agua para el rendimiento</i>	103
<i>Figura III-27: Gráfico de probabilidad para los residuos para la variable rendimiento</i>	104
<i>Figura III-28: Gráfico residuos Vs valores predichos para el rendimiento</i>	105

<i>Figura III-29: Requerimiento transformación del diseño para la apariencia</i>	----106
<i>Figura III-30: Modelo estadístico para la variable respuesta apariencia</i>	-----106
<i>Figura III-31: Perturbación de los componentes de la mezcla y los factores para la variable apariencia</i>	-----110
<i>Figura III-32A: Representación hielo y sal para la apariencia</i>	-----111
<i>Figura III-32B: Representación hielo y agua para la apariencia</i>	-----111
<i>Figura III-32C: Representación sal y agua para la apariencia</i>	-----112
<i>Figura III-33: Interacción de los componentes de la mezcla con los factores numéricos para la variable apariencia</i>	-----112
<i>Figura III-34A: Superficie de respuesta sal y agua para la apariencia</i>	-----113
<i>Figura III-34B: Superficie de respuesta hielo y agua para la apariencia</i>	-----113
<i>Figura III-34C Superficie de respuesta hielo y sal para la apariencia</i>	-----114
<i>Figura III-35A: Superficie de contorno sal y agua para la apariencia</i>	-----115
<i>Figura III-35B: Superficie de contorno hielo y agua para la apariencia</i>	-----116
<i>Figura III-35C: Superficie de contorno hielo y sal para la apariencia</i>	-----116
<i>Figura III-36: Gráfico de probabilidad para los residuos para la apariencia</i>	----118
<i>Figura III-37: Gráfico de residuos Vs valores predichos para la apariencia</i>	----119
<i>Figura III-38: Criterios de optimización para los componentes y factores</i>	-----120
<i>Figura III-39: Solución numérica de la optimización</i>	-----121
<i>Figura III-40: Representación gráfica de la optimización</i>	-----121
<i>Figura III-41: Predicción de los puntos para conseguir los valores máximos</i>	----122
<i>Figura III-42: Histograma de función de conveniencia para las soluciones</i>	----122
<i>Figura III-43: Pérdida de calor del pescado en cada una de las pruebas, durante la etapa de ensalmuerado</i>	-----123
<i>Figura III-44: Pérdida de humedad en la etapa de precocción</i>	-----124
<i>Figura III-45: Acoplamiento de la molécula <math>Ca^{2+}</math> a la anchoveta</i>	-----125

## **RESUMEN**

*La presente investigación se realizó con la finalidad de encontrar un proceso óptimo para la elaboración de entero de anchoveta en salsa de tomate en la Empresa GÉNESIS E.I.R.L., incorporando en el líquido de cobertura cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) en una proporción de 0,05-0,2%, para ver si éste tiene influencia sobre la textura, el sabor, rendimiento y apariencia general del producto.*

*El diseño estadístico seleccionado para la investigación fue un diseño combinado, conformado por una mezcla y 4 factores numéricos. Los componentes de la mezcla fueron de acuerdo a las siguientes proporciones: hielo (35-45%), (sal 7-15%) y agua (40-58%) y los factores numéricos estuvieron en las proporciones:  $\text{CaCl}_2$  (0.05-0.2%), temperatura de precocción (110-115°C), tiempo de precocción (20-25 minutos) y tiempo de ensalmuerado (10-15 minutos). El diseño se obtuvo del paquete estadístico DESIGN EXPERT V 7.0 TRIAL, resultando una matriz de 53 experiencias diferentes y aun solo bloque.*

*Luego del desarrollo de las 53 pruebas de la matriz estadística, se procedió a obtener el resultado de las variables respuestas respectivas (textura, sabor, rendimiento y apariencia general) para finalmente con la ayuda del paquete estadístico llegar a optimizar el proceso. Las variables respuesta textura, sabor y apariencia general se obtuvieron su resultado a través de un panel semi entrenado conformado por 30*

*personas, utilizando una escala hedónica de 7 puntos, la variable respuesta rendimiento (cajas/TN materia prima) se obtuvo por balance de materiales luego de finalizada cada experiencia.*

*El paquete estadístico DESIGN EXPERT V 7.0 TRIAL, obtuvo los datos optimizados para el proceso de elaboración de entero de anchoveta en salsa de tomate, los parámetros fueron: hielo 45%, sal 7%,  $\text{CaCl}_2$  (0,05%), temperatura de precocción 110 °C, tiempo de precocción 20,4 minutos y tiempo de ensalmuerado 15 minutos; obteniendo como resultado de las variables respuestas optimizadas: textura 5,78 puntos, sabor 6,04 puntos, rendimiento 68.30cajas/TN materia prima y apariencia general 6 puntos.*

## **ABSTRACT**

*The present investigation was realized by the purpose of finding an ideal process for the production of point of anchoveta in sauce of tomato in the Company GENESIS E.I.R.L., incorporating in the liquid of coverage chloride of calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) in a proportion of 0,05-0,2 %, to see if this one has influence on the texture, the flavor, performance and general appearance of the product.*

*The statistical design selected for the investigation was a design combined, shaped by a mixture and 4 numerical factors. The components of the mixture went in agreement to the following proportions: I freeze (35-45 %), (salt 7-15 %) and waters (40-58 %) and the numerical factors were the proportions:  $\text{CaCl}_2$  (0,05-0,2 %), temperature of precocción (110-115 °C), time of precocción (20-25 minutes) and time of ensalmuerado (10-15 minutes). The design was obtained of the statistical package DESIGN EXPERT V 7.0 TRIAL, turning out to be a counterfoil of 53 experiences differently and even alone block.*

*After the development of 53 tests of the statistical counterfoil, one proceeded to obtain the result of the changeable respective answers (texture, flavor, performance and general appearance) for finally with the help of the statistical package to manage to optimize the process. The variables re-put texture, flavor and general appearance obtained his result across a panel semi trained shaped by 30 persons, using a scale*

*hedónica of 7 points, the changeable response performance (box/TN raw material) obtained for balance of materials after finished every experience.*

*The statistical package DESIGN EXPERT V 7.0 TRIAL, it obtained the information optimized for the process of production of point of anchoveta in sauce of tomato, the process parameters were: I freeze 45 %, salt 7 %,  $\text{CaCl}_2$  (0,05 %), waters (48%), temperature of precocción 110 °C, time of precocción 20,4 minutes and time of ensalmuerado 15 minutes; obtaining as result of the changeable optimized answers: texture 5,78 points, flavor 6,04 points, performance 68,30 box/TN raw material and general appearance 6 points.*

## **OBJETIVOS**

- ✓ *Evaluar la influencia del cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), temperatura y tiempo de precocción en la textura, sabor, rendimiento y apariencia general del producto entero de anchoveta en salsa de tomate enlatada en la Empresa GÉNESIS E.I.R.L. del Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, en la Región Ancash.*
  
- ✓ *Realizar la optimización de la formulación del producto entero de anchoveta en salsa de tomate, mediante el paquete estadístico DESIGN EXPERT V 7.0 TRIAL.*
  
- ✓ *Evaluar la influencia de los componentes del diseño en la textura, sabor, rendimiento y apariencia general del producto entero de anchoveta en salsa de tomate.*
  
- ✓ *Evaluar el producto terminado mediante análisis fisicoquímico, microbiológico y evaluación sensorial.*

## I INTRODUCCIÓN

El Perú, uno de los países pesqueros más importantes del mundo, caracterizado por la presencia de zonas de intenso afloramiento que, asociada a factores ambientales y biológicos hacen de sus aguas un ecosistema de abundante productividad natural, con la presencia de una gran variedad y cantidad de recursos pesqueros. El recurso pesquero que constituye la base fundamental de la pesquería en el Perú es la anchoveta (*Engraulis ringens jenyns*), cuya captura, en los últimos años, se han venido superando. Otros pequeños pelágicos de importancia son el jurel (*Trachurus picturatus murphyi*) y la caballa (*Scomber japonicus*) que a pesar de su marcado estado de sub explotación se consolidan como la base para el consumo de productos hidrobiológicos al estado fresco en el mercado nacional.

La transformación de estos recursos requiere el conocimiento de una serie de operaciones desde el momento en que son extraídos hasta su presentación final; aplicando técnicas y controles para obtener un producto de buena calidad, que cumpla con las exigencias del mercado. La anchoveta constituye un aporte nutricional fundamental en la alimentación de las personas y su industrialización está significando un gigantesco paso hacia el desarrollo sostenible de la pesquería peruana, contribuyendo de esta manera al desarrollo económico del país como una fuente generadora de ingresos y divisas.

La investigación que se presenta está íntegramente relacionado con la elaboración de entero de anchoveta (*Engraulis ringens jenyns*) en salsa de tomate; agregando como un insumo adicional cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) en la salsa de tomate, para observar si este

influye de manera significativa en conservar la textura de la anchoveta después de su procesamiento, como se conoce el cloruro de calcio se viene utilizando frecuentemente en la agroindustria ya sea para ayudar a conservar la textura de diferentes tipos de frutas u hortalizas, o como también en la precipitación de proteínas cuando se desea elaborar quesos. Además la investigación hace un análisis exhaustivo en cada una de las etapas de elaboración del producto, para determinar los parámetros adecuados que conlleven a obtener resultados favorables en las variables de estudio trazadas (textura, sabor, rendimiento, apariencia general).

## **I.1. Revisión bibliográfica sobre anchoveta (*Engraulis ringens jenyns*)**

### **I.1.1. Generalidades**

Sólo algunas especies marinas son adecuadas para la elaboración de conservas de pescado y son aquellas que reúnen ciertas características óptimas para su elaboración; como: sardina, jurel, caballa, anchoveta, machete, atún, salmón. En la actualidad, debido a la escasez de los recursos más utilizados, se viene utilizando la anchoveta para la elaboración de conservas de pescado, así mismo, por ser este un recurso de mayor abundancia en nuestro mar peruano y poseer propiedades nutricionales elevadas. La anchoveta, el recurso más importante desde los puntos de vista cuantitativo y económico, se encuentra plenamente explotada; y, aunque históricamente sujeta a la ocurrencia cíclica de eventos climatológicos como el Fenómeno de "El Niño", que afecta temporalmente la presencia de esta especie en nuestras costas, ha mantenido en los últimos años una biomasa constante.

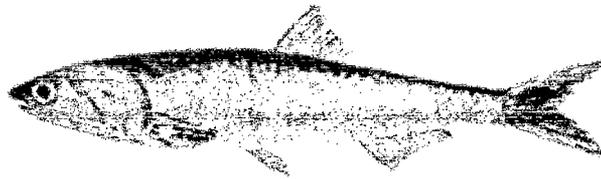


Figura I-1: Anchoqueta (*Engraulis ringens jenyns*).

## I.1.2. Aspectos biológicos de la anchoveta

### I.1.2.1. Posición taxonómica

Clase	:	Osteictios
Subclase	:	Actinopterigios
Orden	:	Clupeiformes
Suborden	:	Clupeidae
Familia	:	<i>Engraulidae</i>
Género	:	<i>Engraulis</i> Cuvier (1817)
Especie	:	<i>Engraulis ringens jenyns</i> (1842)

Fuente: ITP (Instituto Tecnológico Pesquero del Perú, 2002).

### I.1.2.2. Composición morfológica y características físicas

La anchoveta que pertenece a la familia *Engraulidae*, es conocida también como “Anchoveta negra”. La designación de anchoveta negra se debe al color oscuro de su dorso, mientras que las partes laterales y ventrales son más claras, gris plateado o blanco amarillento (Figura I-1) (ITP, 2002).

La Anchoveta tiene cabeza alargada, boca grande, mandíbula superior sobresaliente, en tanto que la inferior es más corta, sus dientes son muy pequeños. Su cuerpo es alargado, la región ventral redondeada, careciendo de línea lateral bien marcada (Cuadro I-1). Presenta una sola aleta dorsal bien desarrollada ubicada en el centro del cuerpo y una aleta caudal horquillada (ITP, 2002).

**Cuadro I-1: Composición física de la anchoveta**

<b>Componente</b>	<b>Promedio (%)</b>
Cabeza	16,4
Visceras	14,3
Espinas	9,9
Piel	6,5
Aletas	3,0
Filetes	46,7

Fuente: ITP (1996).

### **I1.2.3. Reproducción**

La anchoveta es heterossexual, no se conocen casos de hermafroditismo. Su reproducción es ovípara. Algunas anchovetas comienzan a desovar cuando alcanzan una longitud estándar de 75-80mm. Alrededor del 50% desovan a los 90-95mm y casi el 100% a los 120mm. Cada hembra de 1 año puede producir 10000 huevos y si llega a los 2 años, su producción llega a los 20000 huevos (ITP, 2002).

#### I.1.2.4. Régimen alimenticio

La alimentación de la anchoveta adulta está compuesta básicamente de fitoplancton (98% diatomeas: otoño- primavera y 2% dinoflagelados: verano), en forma inusual su dieta está compuesta de zooplancton (copépodos, eufácidos, huevo de peces; constituyendo menos del 1%), estos últimos solo llegan a ingerir de manera accidental (ITP, 2002). De esta manera, las variaciones en el porcentaje de grasa en la anchoveta guardan una relación directa con la abundancia o escasez de fitoplancton que existente en el mar.

El contenido graso muestra por lo general un incremento progresivo con el aumento en longitud de la anchoveta. Las anchovetas pequeñas muestran bajo contenido graso por estar en periodos de intenso crecimiento. Su contenido graso igualmente varía según zona geográfica de captura, como se observa en el Cuadro I-2; donde los mayores valores encontrados le corresponden a Chimbote, valores medios en el Callao y los valores más bajos para una misma estación del año en la zona de Ilo.

**Cuadro I-2: Contenido graso de la anchoveta según talla y zona geográfica**

Longitud (cm)	Contenido graso (%)					
	Chimbote		Callao		Ilo	
	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo
menor a 10	6,6	2,4	6,2	2,2	3,7	1,5
10 a 12	12,8	3,1	7,9	2,6	8,3	2,4
12 a 14	16,3	3,5	11,1	2,8	10,1	2,4
mayor a 14	18,2	3,7	14,9	3,3	12,4	2,5

Fuente: ITP (1996).

### **I.1.2.5. Composición nutricional**

La anchoveta es una excelente fuente de proteína animal de alta calidad (Cuadro I-3). Su alto contenido de lisina y otros aminoácidos esenciales la hacen adecuada para el complemento de dietas ricas en carbohidratos en lugares donde las fuentes de proteína son relativamente escasas, como ocurre en muchos de los países en vías de desarrollo. Es un recurso muy rico en micro nutrientes, no encontrados usualmente en alimentos básicos. Además de un importante contenido de minerales, como potasio, hierro, fósforo y calcio, es notable la presencia de vitaminas A y D en su componente graso (Cuadro I-4).

La anchoveta, presenta altos contenidos de ácidos grasos poliinsaturados (EPA y DHA). Estos altos contenidos de ácidos grasos poliinsaturados que reciben el nombre de ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) conocidos como Omega 3 o llamadas también grasas esenciales (Cuadro I-5), son literalmente imprescindibles para la salud, por que forman una parte de la estructura de todas las células del cuerpo que son vitales para el funcionamiento del cerebro y de los vasos sanguíneos, necesarios para el transporte del colesterol ([www.prompex.gob.pe](http://www.prompex.gob.pe)).

**Cuadro N I-3: Composición química de las especies pelágicas más utilizadas en la industria conservera**

Especie	Componente			
	Agua	Proteínas	Grasa	Cenizas
	(%)	(%)	(%)	(%)
Sardina	72,0	20,4	6,0	1,6
Anchoveta	70,8	19,5	12,4	1,2
Caballa	63,7	21,0	13,4	1,9
Jurel	70,0	19,3	91,0	12,0

Fuente: ITP (1987).

**Cuadro I-4: Componentes minerales de la anchoveta (*Engraulis ringens jenyns*)**

Componentes	Valor promedio
Macroelementos (mg / 100 g)	
Sodio	78,0
Potasio	241,4
Calcio	77,1
Magnesio	31,3
Microelementos (ppm)	
Fierro	30,4
Cobre	2,1
Cadmio	0,0
Plomo	0,0

Fuente: ITP-IMARPE (1996).

**Cuadro I-5: Composición de ácidos grasos de la anchoveta (*Engraulis ringens jenyns*)**

Ácidos grasos	Porcentaje
C14: 0 Mirístico	10,1
C15: 0 Pentadecanóico	0,4
C16: 0 Palmítico	19,9
C16: 1 Palmitoleico	10,5
C17: 0 Margárico	1,3
C18: 0 Esteárico	4,6
C18: 1 Oleico	12,3
C18: 2 Linoleico	1,8
C18: 3 Linolénico	0,6
C20: 0 Aráquico	3,7
C20: 1 Eicosaenoico	Traza
C20: 3 Eicosatritrienoico	1,3
C20: 4 Araquidónico	1,0
C20: 5 Eicosapentaenoico	18,7
C22: 3 Docosatrienoico	1,1
C22: 4 Docosatetraenoico	1,2
C22: 5 Docosapentaenoico	1,3
C22: 6 Docosahexaenoico	9,2

Fuente: ITP-IMARPE (1996).

**Cuadro I-6: Contenidos de EPA y DHA en especies pelágicas peruanas**

Especies	EPA	DHA
Anchoveta	18,7	9,2
Caballa	14,1	16,3
Jurel	15,1	12,9
Machete	22,8	8,1
Merluza	13,8	25,7
Sardina	19,7	5,3

Fuente: ITP-IMARPE (1996).

### **I.1.3. Distribución geográfica de la anchoveta**

Habita en aguas relativamente frías, con temperaturas entre 14°C y 22°C, salinidad entre 34,9‰ y 35,1‰ y a profundidades de hasta 70m. Se distribuye desde Punta Aguja (Perú) hasta Talcahuano (Chile); su pesquería se encuentra localizada, principalmente, en los puertos de Chimbote, Huarmey, Supe, Huacho, Callao, Pisco e Ilo, la captura se efectúa en toda su área de distribución, desde los 4° L.S. hasta la frontera Sur. Por lo general, en las regiones norte y centro, la pesca se realiza dentro de una franja costera de 30 a 50 millas y a no más de 20 millas en el sur (IMARPE, 1996).

El año biológico de esta especie está comprendido entre octubre y septiembre de próximo año. Octubre indica la época final de desove y el inicio de la temporada de pesca. La época de desove es entre agosto y marzo del año, aunque los picos de mayor intensidad se dan en agosto-septiembre y febrero-marzo, por lo que estos meses son normalmente declarados en veda. Su pesca tradicional se realiza con una red denominada red de cerco (red de espacios pequeños), que es utilizada tanto por embarcaciones artesanales como industriales. Los métodos de desembarque están en función del sistema de conservación de la materia prima mantenida en las bodegas, y del tamaño de la embarcación. Si la embarcación es artesanal y la captura está almacenada a granel, la descarga se hace en forma manual, con el uso de hula-hula (aro de metal con malla) (IMARPE, 1996).

La calidad del recurso está determinada por factores que incluyen estación de captura, contenido graso, zona de pesca, tiempo transcurrido desde su captura hasta su procesamiento y métodos de captura. El tamaño y peso comercial de la pesca industrial de esta especie fluctúa entre 11 a 16,5 cm y 10,1 a 34,8 g, respectivamente.

**Cuadro I-7: Relación longitud-edad de la anchoveta (*Engraulis ringens jenyns*)**

<b>Longitud (cm)</b>	8,0	9,7	11,0	12,0	12,8	13,3	13,7	14,0	14,5
<b>Edad (meses)</b>	5	7	9	11	13	15	17	19	24

Fuente: ITP-IMARPE (1996).

#### **I.1.4. Contribución de la anchoveta al desarrollo de la pesquería peruana**

Un aumento significativo de la oferta de productos pesqueros sobre la base de la anchoveta sería fundamental para cubrir una parte del déficit alimentario de la población peruana. Esto traería, además, beneficios adicionales que pueden agruparse en: alimentarios y socio- económicos ([www.itp.gob.pe](http://www.itp.gob.pe)).

##### **I.1.4.1. Alimentarios**

Si una pequeña parte de la anchoveta se dirigiese a la producción de alimentos, se estaría iniciando un proceso de reversión de las actuales tendencias productivas de una industria que habría alcanzado su máximo crecimiento y que encontraría en el consumo humano mayores posibilidades

de desarrollo, contribuyendo con la seguridad alimentaria del país, proporcionando a pobladores de zonas deprimidas una fuente de proteína de bajo costo que sustituya alimentos tradicionalmente consumidos (ITP, 2008).

#### **I.1.4.2. Mano de obra**

Una mayor utilización de pequeños pelágicos como la anchoveta, para la producción de alimentos para el consumo directo incidiría en la generación de empleo, contribuyendo a elevar el nivel socio económico de los participantes.

#### **I.1.5. Cambios bioquímicos *post-mortem* en el músculo de la anchoveta**

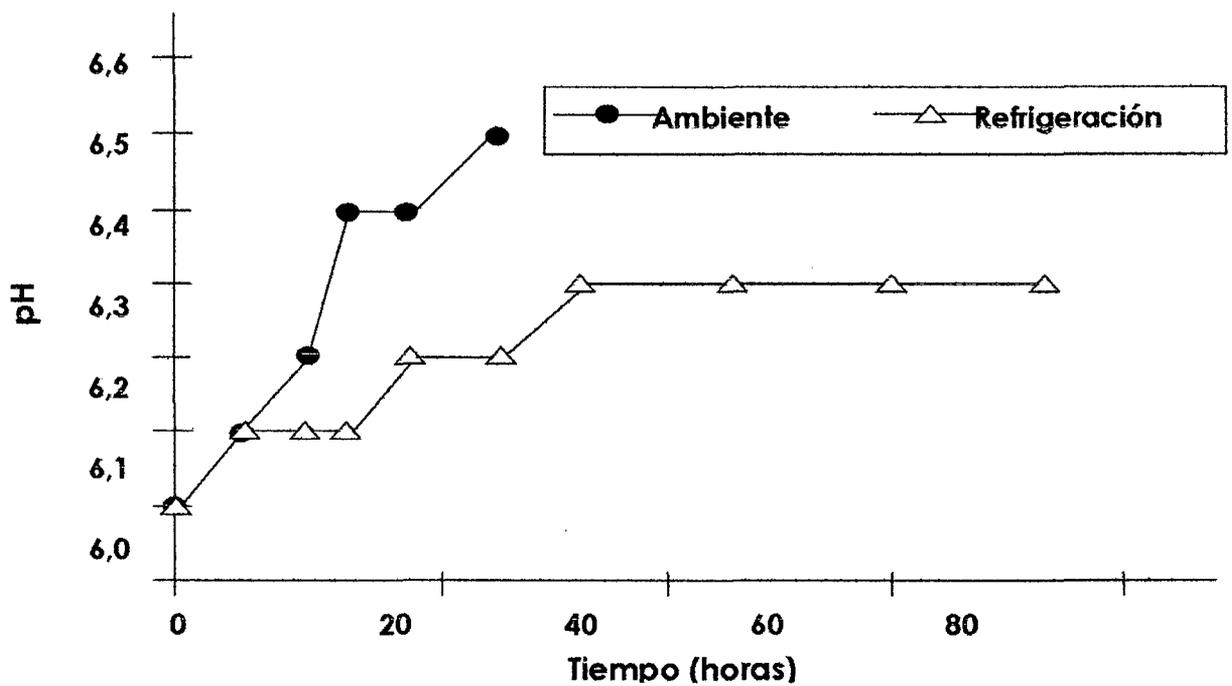
La velocidad de deterioro varía según las especies dependiendo de diversos factores, tales como tamaño, estado fisiológico, alimentación, métodos de captura, temperatura y otros. Producida la muerte, las funciones fisiológicas normales que se llevaban a cabo en estado vivo cambian, iniciándose el proceso de degradación. Los procesos de deterioro se ven favorecidos por las siguientes causas:

- ✓ Al morir el pescado, se comienza a alterar la estabilidad de las membranas celulares, liberándose enzimas de los lisosomas.
- ✓ Los mecanismos de defensa cesan, posibilitando la invasión de microorganismos desde la piel y vísceras.
- ✓ Al ser capturado un pescado, cambia el medio en el que se encuentra y por lo tanto su flora microbiana normal también va a variar. Ésta, normalmente es

psicrótrofa, luego de la captura se le suma por la manipulación una flora microbiana fundamentalmente mesófila (ITP, 2008).

#### **I.1.5.1. Otros cambios bioquímicos**

- ✓ El contenido de nitrógeno no proteico se incrementa durante el almacenamiento debido a la autólisis y crecimiento microbiano.
- ✓ El contenido inicial de nitrógeno no proteico es menor en el músculo oscuro que en el ordinario.
- ✓ Los lípidos se llegan a oxidar menos en el músculo ordinario que en el oscuro.
- ✓ La formación de histamina como metabolito tóxico por descarboxilación de la histidina en la etapa de post rigor, al incrementar la temperatura y tiempo de almacenamiento se incrementa la cantidad de histamina (Figura I-2).
- ✓ El músculo de pescado fresco generalmente es translúcido elástico y firme. Sin embargo, ciertos especímenes con excelentes características organolépticas externas y de sus vísceras presentan un músculo blanquecino, opaco y poco firme.



**Figura I-2: Variación de pH en anchoveta almacenada en refrigeración y temperatura normal**

#### **L1.5.2. Formas de retardar los cambios bioquímicos**

- ✓ Reducción de los tiempos existentes entre la captura y elaboración.
- ✓ Utilización del frío en el almacenamiento.
- ✓ Empleo de productos químicos, para reducir la velocidad de descomposición del pescado. Los productos químicos no deben producir alteraciones indeseables a la materia prima y no deben quedar residuos tóxicos en el producto final (ITP, 2008).

### **I.1.6. Operaciones básicas de manipuleo**

Una vez capturada y recibida la anchoveta a bordo de la embarcación, comienza su largo manipuleo y preservación, que se lleva a cabo en varias fases: embarcación, transporte y recepción en planta. La ruptura ventral es uno de los problemas principales de la anchoveta, después de su captura y durante su almacenamiento, debido a la degradación rápida del músculo de la pared ventral por autólisis. Esta degradación es el deterioro del músculo ventral, causado por la acción enzimático-proteolítica del intestino. Dicho deterioro se incrementa por la secreción de enzimas durante la digestión de los alimentos ingeridos en cantidad abundante.

El problema de ruptura ventral de la anchoveta, durante su almacenamiento, es reducido considerablemente mediante el enfriamiento rápido del pescado después de su captura, por medio de refrigeración o mediante agua de mar con hielo a 0 °C, o también por acidificación del agua fría con ácido acético o ácido láctico hasta alcanzar un pH 5 (ITP, 2008).

#### **I.1.6.1. Conservación del pescado por hielo**

##### **a. ¿Por qué enfriar el pescado con hielo?**

El hielo como medio de enfriamiento del pescado ofrece numerosas ventajas: tiene una capacidad refrigerante muy grande con respecto a un peso a volumen determinado, y es inocuo, portátil y relativamente barato. Es

especialmente apropiado para refrigerar pescado, porque permite un enfriamiento rápido. Cuando se utiliza este método, la transferencia de calor se produce por contacto directo del pescado con el hielo, por conducción entre ejemplares adyacentes y por el agua de fusión que se desliza sobre la superficie del pescado. El agua de fusión fría absorbe calor del pescado y al fluir sobre el hielo se vuelve a enfriar. Así pues, la mezcla del pescado con el hielo no sólo reduce el espesor del estrato de pescado que se ha de enfriar, sino que promueve esta interacción refrigerante convectiva entre el agua de fusión y el pescado (Graham y otros, 1993).

Tan pronto como se coloca hielo sobre el pescado caliente, el calor de éste fluye hacia el hielo y lo derrite. Este proceso continúa mientras exista una diferencia de temperatura entre ambos, a condición de que haya suficiente hielo. Toda fusión que se produzca después se deberá al calor procedente de otras fuentes, por ejemplo del aire caliente circundante durante el posterior período de almacenamiento (Graham y otros, 1993).

El hielo es, en sí mismo, un termostato, y como el pescado está constituido principalmente por agua, el hielo lo mantiene a una temperatura apenas superior al punto en que empezaría a congelarse. El punto de equilibrio en el caso del pescado enfriado con hielo poco después de la captura se aproxima a  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , ya que la mezcla suele contener algo de sal y de sangre (Graham y otros, 1993).

### **b. ¿Por qué no utilizar otros métodos de enfriamiento?**

Hay otros métodos para enfriar el pescado, aparte del uso de hielo. Por ejemplo, se le puede sumergir en agua helada, o someterlo a una corriente de aire frío. El agua de mar enfriada por medios mecánicos, agua de mar refrigerada (AMR), o mediante la adición de hielo al agua de mar enfriada (AME), es otro medio adecuado para refrigerar rápidamente grandes cantidades de pescado pequeño entero. El empleo de aire frío da resultados menos satisfactorios. El inconveniente del enfriamiento con aire es que, al no emplearse hielo, el pescado se deshidrata lo cual puede afectar la etapa de precocción (Graham y otros, 1993).

### **c. Cuanto hielo se necesita**

Las necesidades de hielo se pueden calcular, si se conocen las condiciones operativas. Estas condiciones suelen ser variables y no repetitivas. Por lo tanto, habrá que realizar una serie de ensayos en las condiciones operativas para establecer las proporciones correctas de pescado y hielo, que permitirán enfriar el pescado y mantener las temperaturas de refrigeración durante el período de almacenamiento. Para determinar las necesidades de hielo, es preciso calcular la cantidad requerida para enfriar el pescado y también la cantidad necesaria para mantenerlo refrigerado durante todo el período de almacenamiento. La masa de hielo necesaria para enfriar el pescado puede

calcularse a partir de una expresión que iguala el calor absorbido por el hielo, con el calor perdido por el pescado (Graham y otros, 1993).

$$(M_H)(L_H) = M_P \times C_P \times (T_i - T_f) \dots\dots\dots (I-1)$$

Donde:

$M_H$  = masa de hielo que se funde (kg)

$L_H$  = calor latente de fusión del hielo (80 kcal/kg)

$M_P$  = masa del pescado (kg)

$C_P$  = calor específico del pescado (kcal/kg °C)

$T_i$  = temperatura inicial del pescado (°C)

$T_f$  = temperatura final del pescado (°C)

Partiendo de la ecuación (I-1), la necesidad de hielo será, pues:

$$(M_H) = \frac{M_P \times C_P \times (T_i - T_f)}{L_H} \dots\dots\dots (I-2)$$

El calor específico del pescado magro es de aproximadamente 0,8 kcal/kg °C, valor que debe utilizarse cuando se trate de una mezcla de especies o cuando exista la posibilidad de que todo el pescado sea de tipo magro. Sin embargo, el valor del calor específico puede calcularse también de forma más precisa, teniendo en cuenta las variaciones en el contenido de aceite del pescado, y este valor perfeccionado puede utilizarse cuando la composición de la captura sea razonablemente homogénea.

$$C_p = 0,5X_i + 0,3X_s + X_a \dots\dots\dots (I-3)$$

Donde:

$C_p$  = calor específico del pescado (kcal/kg)

$X_i$  = proporción de lípidos (aceite) de la masa

$X_s$  = proporción de sólidos de la masa

$X_a$  = proporción de agua de la masa

## I.2. Procesamiento de productos enlatados

La industria de los alimentos enlatados emplea como principio, que los alimentos perecibles pueden ser apropiadamente conservados mediante la aplicación de un proceso térmico. Desde 1809, cuando Nicolás Appert descubrió que los alimentos podían mantenerse inalterables si se colocaban en envases cerrados y calentados, los progresos en el enlatado han sido continuos. Hoy en día se producen una variedad de productos utilizando diversidad de envases, sean estos de hojalata, aluminio, vidrio, laminados y plásticos (ITP, 1995).

El procesamiento de los alimentos enlatados puede dividirse en tres etapas:

- ✓ Operaciones para preparar las materias primas que van a ser envasadas.
- ✓ Operaciones que involucran la aplicación de calor para eliminar la presencia de microorganismos y enzimas que alteren al alimento o produzcan perjuicio a la salud del consumidor.
- ✓ Distribución de los productos obtenidos.

### **I.2.1. Principios bacteriológicos**

En el proceso de enlatado realmente no se realiza una esterilización completa del producto, es decir, una eliminación total de bacterias; debido a dificultades prácticas. Más aún se han encontrado microorganismos viables en productos adecuadamente procesados. Es por eso que debe llamarse procesamiento térmico, a la eliminación de bacterias en este tipo de alimentos.

El concepto de esterilidad comercial según Baumgartner (1956) o estabilidad comercial según Riemann (1957) es más adecuado. Esto implica, que el producto se encuentra libre de microorganismos patógenos y puede mantenerse por varios años en condiciones normales.

Según Gillespy (1956) el proceso de enlatado es adecuado si de 10000 latas, una puede estar deteriorada. Cada microorganismo tiene una reacción característica al calor siendo las bacterias no formadoras de esporas más susceptibles. Las mesófilas *Clostridium sporogenes*, *Clostridium putrefaciens*, las cuales producen hinchazón pútrida y las aerobias mesófilas *Bacillus spp*, que producen cambios en el color, sabor, textura y algunas veces hinchazón. Se han registrado bacilos termófilos productores de acidez plena, pero los organismos termófilos obligados parecen ser poco frecuentes en el pescado enlatado.

A pesar de que se han determinado experimentalmente los tiempos de muerte térmica para muchas bacterias propensas a presentarse en el pescado que se destina

al enlatado, es difícil establecer la cantidad necesaria de calor para cada lote procesado. Esto se debe en la práctica, a que el procesador se enfrenta a muchos factores desconocidos, siendo los más importantes:

- ✓ Número y tipo de bacterias en la materia prima.
- ✓ Gradiente de temperatura en el envase.
- ✓ Factores ambientales que actúan sobre microorganismos.

## **I.2.2. Procesamiento del enlatado**

### **I.2.2.1. La planta de procesamiento**

Las fábricas de enlatado forman parte de la zona industrial de un puerto pesquero, el pescado se obtiene utilizando vehículos acondicionados para el transporte de la materia prima en buenas condiciones. En algunas zonas de la costa oeste de Norte América y África del Sur, las plantas están ubicadas en la orilla del mar y el pescado puede transportarse directamente del barco. En algunos casos existen plantas enlatadoras en los denominados barcos factorías que permiten realizar labores de pesca y procesamiento simultáneamente. Debido a la limitación del espacio, estas aplicaciones son poco frecuentes.

Una disposición de la planta es fundamental para la reducción de los costos de operación. El flujo del proceso debe ser en lo posible en una sola dirección, desde la zona de recepción de materia prima al almacén de productos

terminados, evitando los cuellos de botellas. El manipuleo de los materiales debe ser mecanizado cuando sea posible y los equipos utilizados de tal manera que sean de fácil acceso, dejando espacio para el uso de elevadores frontales cuando sea necesario.

Es conveniente que los pisos sean de concreto, además de una pendiente hacia las alcantarillas que deben ser ubicadas paralelas a línea principal de procesamiento. Ninguna sección del piso deberá estar alejada a más de 6 metros de las alcantarillas, para facilitar su limpieza. Las mesas y fajas de inspección deben estar a 90 cm del piso para que el operario pueda disponer de una altura de 80 cm. Debe cuidarse que la zona de trabajo tenga buena iluminación.

#### **I.2.2.2. La materia prima**

Está muy difundido el concepto que la calidad del producto enlatado, depende primordialmente de la calidad de la materia prima que se utiliza y que está influenciado por las características intrínsecas del pescado y el manipuleo previo al enlatado. Algunas especies marinas son adecuadas para el enlatado, tales como: jurel, caballa, machete y anchoveta.

El ciclo de vida y los factores ambientales, los cambios estacionales tienen cierta influencia en los productos resultantes, afectando la composición del pescado, en lo que se refiere al contenido de grasa y agua, lo cual varía el

sabor del producto final. Las condiciones de almacenamiento tienen también una gran influencia en la calidad del producto final, Tanikawa y colaboradores experimentaron que la caballa luego de almacenada 12-30 horas a 15-16°C antes de enlatar se deterioró registrando un incremento de aminoácidos nitrogenados, lo cual surgió un autólisis de la carne, las bases volátiles nitrogenadas se incrementaron en menor escala, pero también indicaban el deterioro.

Para mantener la calidad de pescado generalmente se suele enfriar con hielo, utilizando cajas de plástico. La cantidad de hielo necesario depende de la temperatura del pescado, la temperatura del ambiente de almacenamiento, y el tiempo que demorará el pescado en ingresar al flujo productivo. Esta práctica no mejora la calidad del pescado solo le permite al fabricante trabajar mayores lotes con una pequeña capacidad instalada.

### **1.2.2.3. El envase**

La hojalata es todavía el material ampliamente utilizado en la industria del enlatado para la fabricación de los envases. La hojalata está formada de una hoja de acero cubierta con dos capas finas de estaño, aprovechándose las propiedades de dureza del acero y las propiedades protectoras y la lustrosidad del estaño óxido protector y aceite. Ya que la resistencia a la corrosión no depende solo del grosor de la cubierta del estaño, también de la base de acero, una cubierta gruesa puede en algunos casos, ofrecer mejor protección.

Generalmente, la hojalata se refuerza aplicando lacas especiales, las cuales son específicas para cada tipo de productos. Los productos pesqueros pertenecen al grupo de los alimentos de baja acidez (con un valor del pH de equilibrio terminal mayor que 4,6 y una actividad de agua mayor que 0,85) por lo tanto la corrosión interna del envase no es un problema importante.

Sin embargo, son productos que contienen sulfuros que pueden producir iones en el procesamiento, que al reaccionar con estaño, o tomar contacto con el acero puede producir sulfuros, ninguno de los cuales causan problemas de salud, pero imparten una mala apariencia al producto, para evitarlo se utilizan revestimientos resistentes a los iones sulfuro. En la actualidad se vienen utilizando lacas epoxi, estas son resistentes a los sulfuros y a ácidos.

En cuanto al manipuleo y almacenaje de los envases vacíos debe estar orientado a protegerlos del daño mecánico y la corrosión, por lo tanto, deben ser almacenados en un ambiente seco y evitando cambios bruscos de temperatura. En el manipuleo se debe tener cuidado de no dañar los elementos del cierre, tanto del cuerpo como la tapa, asimismo el barniz interior y exterior. Los envases deben ser lavados cuidadosamente antes de su uso para evitar la presencia de polvo y microorganismos.

#### **I.2.2.4. Tratamiento de la materia prima antes del enlatado**

Existe una tendencia a automatizar las técnicas del tratamiento previo de la materia prima. Un paso importante en la preparación del enlatado es el ensalmuerado, se utiliza para remover sangre y mejorar la textura, además de brindar un sabor característico. Se somete el pescado a una inmersión en salmuera, es necesario controlar la cantidad de sal que ingresa al pescado, siendo recomendable que la sal después de las etapas de proceso, tenga una concentración de 1,1-1,6%. Esto depende de la duración de la inmersión en salmuera, la cantidad de pescado en relación a la salmuera y la temperatura de esta.

Un proceso importante del enlatado es la precocción. Cuando el músculo del pescado se cocina, libera una gran cantidad de agua de las proteínas. Esta cantidad varía de acuerdo con el contenido de grasa (anchoveta de 19-34%). Además, durante el almacenamiento de las conservas se realiza una eliminación de agua. Si esta agua no se elimina se observaría una mezcla de agua y líquido de cobertura y el pescado al encogerse se produciría una sinéresis, se observaría líquido de cobertura gris inadecuado. Por lo tanto, es necesario pre cocinar el pescado para evitar dichos problemas. La precocción debe ser tal, que no debe presentar mayor exudado después del proceso térmico. Es necesario que el contenido de agua sea reducido por lo menos a 60%.

La anchoveta pierde generalmente de 20 - 30% de su peso en la precocción. Esta cantidad se incrementa con la temperatura y duración de la precoccion y varía inversamente con el contenido de grasa de pescado. Así tenemos que las sardinas (familia a donde pertenece la anchoveta) magras requieren mayor cocción que las de alto contenido graso. La precocción no disminuye apreciablemente el contenido de grasa del músculo de la anchoveta, pero el pescado puede perder alrededor de 10% de su materia seca y de 5-8% de su valor calórico en esta etapa.

Es importante tratar de reducir las pérdidas de peso del pescado, minimizando las condiciones de precocción. Por otro lado ni el tipo de salsa ni la cantidad de la misma tienen alguna influencia en la pérdida de peso. Si se enfría un tiempo luego de la precocción esta puede favorecer para que el pescado se vuelva firme y adquiera una buena textura (ITP, 1995).

### **I.2.3. La operación del enlatado**

Luego de las etapas de preparación del pescado generalmente se llevan a cabo los siguientes procesos:

#### **I.2.3.1. Envasado del pescado**

Previamente al envasado del pescado se realiza el acomodo de las latas, en la línea de proceso. El envasado puede realizarse manualmente o mecánicamente

aun en las fábricas mas mecanizadas es necesario el trabajo manual reconociéndose que usando mano de obra el producto es de muy buena calidad. Sin embargo se necesita mucho personal. El acomodo del pescado se realiza utilizando técnicas adecuadas, para que durante la precocción no sea difícil remover el aire atrapado en los espacios libres y al agregar el líquido de cobertura este penetre hasta el fondo del envase y no se tenga un producto sin la distribución adecuada de líquido de cobertura.

#### **1.2.3.2. Adición de líquido de cobertura y sustancias que mejoran el sabor y calidad**

Un ingrediente muy importante en el enlatado de anchoveta es la salsa de tomate, que se elabora utilizando diversos ingredientes siendo el principal el puré de tomate, que tiene gran influencia en el producto final. Un puré de buena calidad debe contener 28 - 30% de materia seca, y para controlar el contenido de sólidos solubles en la pulpa de tomate puede utilizarse el índice de refracción. Se atribuye la baja calidad del puré de tomate a cambios en el color, debido a una mala selección de la materia prima o un lavado y tratamiento térmico insuficiente, oxidación causada por no usarse evaporadores al vacío en el proceso, alto contenido de sales minerales especialmente de cobre, producidos por acción de ácidos en el tomate con los equipos de procesamiento (se debe utilizar acero inoxidable) y por último, destrucción de azúcares (ITP, 1995).

La mayoría de los pescados grasos permiten obtener buenos productos agregándoles salmuera. Sin embargo, los pescados de bajo contenido graso necesitan aditivos especiales para mejorar su sabor y textura. Algunas veces se utiliza glutamato monosódico para realzar el sabor. Se recomienda una adición de 1,6 g por kg de pescado. Otro aditivo importante es el aceite, utilizado como parte del líquido de cobertura se agrega mecánicamente con un dosificador colocado en la línea de procesamiento (IIP, 1995).

#### **I.2.3.3. Evacuado y cerrado**

Es necesario eliminar el aire del contenido antes de cerrarlo, para evitar hinchamiento del envase, oxidación del producto o corrosión interna de la hojalata. Puede realizarse utilizando los siguientes métodos:

##### **a. Calentando el contenido del envase**

- ✓ Cerrando el envase luego de calentarlo.
- ✓ Envasando el producto caliente.

##### **b. Cerrando y aplicando vacío mecánicamente**

- ✓ Cerrando al vacío después de prefijar la tapa del envase.
- ✓ Cerrando al vacío con la adición de aceites o salsas.

##### **c. Llenando el espacio de cabeza con vapor.**

- ✓ Reemplazando el aire del espacio de cabeza por inyección de vapor.
- ✓ Cerrando con aplicación de vapor o nitrógeno gaseoso con o sin adición de aceite o salsa.

Es importante controlar el evacuado de los envases, porque el aire remanente que no ha podido ser eliminado mediante el evacuado o cerrado al vacío puede causar deformaciones posteriores del envase. El llenado en caliente se considera que produce un mejor vacío en los productos pesqueros, generalmente se cierran las latas con el contenido a una temperatura de 60-80°C. El aceite y las salsas deben adicionarse también calientes.

La operación del cierre del envase es también un punto crítico, especialmente cuando se utilizan envases ovales o rectangulares. Es necesario el control diario de la máquina cerradora y del cierre resultante como medidas que forman parte del control integral de la producción.

#### **1.2.3.4. Lavado de envases**

Es conveniente un lavado cuidadoso de los envases cerrados antes del tratamiento térmico, con el propósito de eliminar restos de pescado, aceite o salsa que puedan estar adheridos al envase, para prevenir la contaminación del agua de enfriamiento, obstruir tubería y facilitar la adhesión de las etiquetas al envase luego de su procesamiento. Se lavan las latas haciéndolas circular a través de una lavadora con detergente caliente, una solución de 1-1,5% del tipo de detergente que utilice. Luego se enjuagan los envases con agua caliente para remover los residuos de detergente que podrían causar corrosión.

### **I.2.3.5. Tratamiento térmico**

Existe una ligera variación entre el tratamiento térmico requerido para una esterilización comercial y la cantidad de calor suministrado al producto. Es necesario tener cuidado con los siguientes cambios que pueden ocurrir luego del tratamiento térmico:

- ✓ Encogimiento de la carne del pescado, que involucra la reducción del peso drenado e incremento del líquido exudado. Este fenómeno puede afectar la apariencia al mezclarse con la salsa de tomate o aceite (dependiendo del tipo de líquido de cobertura).
- ✓ Chamuscamiento de las partes adheridas a las paredes del envase.

Para obtener una buena esterilidad comercial y reducir el riesgo de los cambios indeseados, las condiciones óptimas de tiempo y temperatura deben establecerse para cada producto y tamaño de envase. Se debe controlar estrictamente el proceso térmico que se recomienda sea en lo posible automático, utilizando instrumentos de registro adecuados.

Se debe trabajar por lotes (Batch), ya que es más flexible, tanto para el tamaño del envase como para las variaciones de la materia prima que es muy frecuente en la industria. El tratamiento térmico se realiza a presión ya sea con vapor o con agua. Los sistemas con presión de agua se han desarrollado con gran éxito especialmente en los países escandinavos, donde se usan envases de

aluminio y necesitan un medio no compresible para el material que es muy débil. Cuando se usa agua como medio de calentamiento, debe usarse agua ablandada.

#### **I.2.3.6. Enfriamiento**

Luego de concluido el proceso térmico se cierra la llave de ingreso de vapor, para esto se debe tener listo una presión de aire en la compresora para poder compensar la presión de vapor con las presión de aire, una vez estabilizada la presión en el interior del autoclave se procede a hacer ingresar el agua para el enfriamiento, se debe enfriar hasta alcanzar una temperatura de 40 °C en el punto frío de la lata. Finalizado el enfriamiento, el producto se deriva hacia el almacén para su empaque y posterior almacenamiento; las razones del almacenamiento del producto, es primero por realizar un control de la esterilidad del producto (cuarentena, normalmente dura 5 días) y la otra para tener una buena distribución de los aditivos que se utilicen (sal, aceite, pasta de tomate).

### **I.3. Evaluación sensorial de los alimentos**

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos. Es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, que son parte esencial del control de calidad de los alimentos, y tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones, lleva consigo

un instrumento de análisis, es decir sus cinco sentidos. Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos; hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos (Anzaldúa-Morales, 1994).

La evaluación sensorial es una disciplina independiente, capaz de entregar resultados precisos, y reproducibles tanto sobre aspectos cualitativos como cuantitativos de los alimentos. Desempeña un rol importante en la estimación de parámetros de calidad organoléptica como son: apariencia, forma, sabor, tamaño, aroma, consistencia y textura (Sancho, 2002).

### **I.3.1. Clasificación**

Las pruebas sensoriales han sido descritas y clasificadas de diferentes formas; la clasificación estadística de las evaluaciones sensoriales las dividen en pruebas paramétricas y no paramétricas, de acuerdo al tipo de datos obtenidos con la prueba.

Las pruebas empleadas para evaluar la preferencia, aceptabilidad o grado en que gustan los productos alimentarios se conocen como “pruebas orientadas al consumidor”. Las pruebas empleadas para determinar las diferencias entre productos o para medir características sensoriales se conocen como “pruebas orientadas al producto” (Watts, 1992 citado por Jiménez, 2000).

### **I.3.1.1. Método de la escala hedónica**

**Objetivos;** Localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica. Se evalúa de acuerdo con una escala no estructurada (también llamada escala hedónica), sin mayores descriptores que los extremos de la escala, en la cual se puntualizan las características de agrado. Esta escala debe contar con un indicador del punto medio, a fin de facilitar al juez consumidor la localización de un punto de indiferencia de la muestra. Antiguamente se utilizaba una escala estructurada de 5, 9 o más puntos que describían desde un extremo de agrado hasta un extremo de desagrado (Jiménez, 2000).

**Muestras;** se presenta una o más muestras, según la naturaleza del estímulo, para que cada una se ubique por separado en la escala hedónica. Es recomendable que estas muestras se presenten de una manera natural tal como se consumiría habitualmente, procurando evitarle la sensación de que se encuentra en una circunstancia de laboratorio o bajo análisis.

**Jueces;** la población elegida para la evaluación debe corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto en estudio. Estas personas no deben conocer la problemática del estudio, solamente entender el procedimiento de la prueba y responder a ella. Se recomienda un número de 8 a 25 jueces.

**Análisis de datos;** la escala no estructurada se convierte en numérica midiendo el punto de respuesta indicado por el consumidor. Si se trata de analizar un solo producto, simplemente con obtener el valor medio y su desviación estándar podremos relacionarlo con el valor total de la escala.

**Ventajas;** es una prueba sencilla de aplicar y no requiere entrenamiento o experiencia de los jueces -consumidores (Espinoza, 2003).

#### **I.4. Optimización por diseños experimentales**

##### **I.4.1. Manejo de diseños experimentales: metodología y aplicación en la industria alimentaria**

###### **I.4.1.1. Modelo general de un proceso o sistema**

Proceso: Combinación de máquinas, métodos, personas u otros recursos que transforman cierta entrada en una salida que tiene una o más respuestas observables.

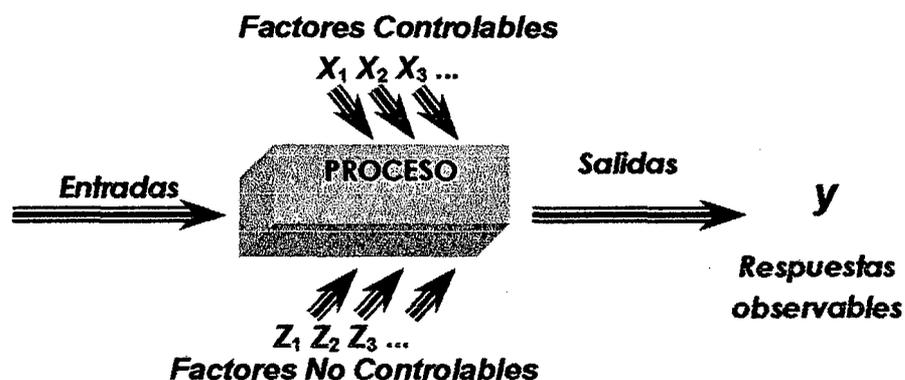


Figura I-3: Modelo de un proceso o sistema en la elaboración de un producto

#### **I.4.1.2. Diseño estadístico de experimentos**

La experimentación forma parte natural de la mayoría de las investigaciones científicas e industriales, en muchas de las cuales los resultados del proceso de interés se ven afectados por la presencia de numerosas variables (Vilar, 2004). Desde este punto de vista, es fundamental conocer que variables realmente influyen sobre el sistema analizado y cuantificar su influencia. Para conseguir esto es necesario variar las condiciones experimentales y observar los efectos producidos en la variable respuesta; del análisis y estudio de la información recogida se obtienen las conclusiones.

La forma tradicional de experimentación se basa en el estudio del problema a través de la modificación de las variables una a una, es decir, variándose los niveles de una variable (factor) mientras las demás permanecen fijas. Esta metodología presenta grandes inconvenientes puesto que requiere un gran esfuerzo experimental, además de no detectar la existencia de interacción o dependencia entre variables y de presentar un campo de validez restringido. En cambio, la metodología del diseño estadístico de experimentos permite investigar simultáneamente los efectos de todas las variables de interés a través de la realización de un número mínimo de experimentos, repercutiendo en una mayor eficacia y en el ahorro de tiempo y costes.

En el ámbito de la ingeniería, el diseño de experimentos es una herramienta de importancia fundamental, aplicándose al desarrollo de productos y procesos,

resultando mejoras en el rendimiento del proceso, variabilidad reducida y conformidad más cercana con los requerimientos nominales o proyectados, reducción del tiempo de desarrollo de nuevos productos, reducción de costes globales (Pérez, 2001; Montgomery, 2002).

Las etapas a seguir en el estudio de un problema mediante la técnica del diseño estadístico de experimentos son las siguientes (Dean & Voss, 1999):

- ✓ Definir claramente los objetivos del experimento;
- ✓ Identificar todas las posibles fuentes de variación, es decir, las variables que afectan al sistema en análisis;
- ✓ Elegir la estructura del diseño que determinará los experimentos;
- ✓ Definir la variable respuesta, el procedimiento experimental y anticiparse a las posibles dificultades;
- ✓ Ejecutar un experimento piloto;
- ✓ Especificar el modelo matemático que será utilizado;
- ✓ Esquematizar los pasos del análisis;
- ✓ Determinar el tamaño muestra, o sea, el número de observaciones que se deben tomar para alcanzar los objetivos del experimento;
- ✓ Revisar las decisiones anteriores y modificarlas si se considera necesario.

#### I.4.2. Diseño de mezclas

Los diseños de mezclas están indicados en aquellas experiencias en las que la respuesta analizada no depende de la cantidad total de los ingredientes en una formulación, sino de las proporciones relativas de los mismos (Gabrielsson, 2002).

En un diseño de mezclas con K componentes, es necesario que las proporciones entre las variables estudiadas ( $X_i$ ) obedezcan a las siguientes restricciones:

$$\begin{array}{l} k \\ 0 \leq X_i \leq 1 \text{ para cada componente "i" y } \sum X_i = 1 \\ i=1 \end{array} \dots\dots\dots (I-4)$$

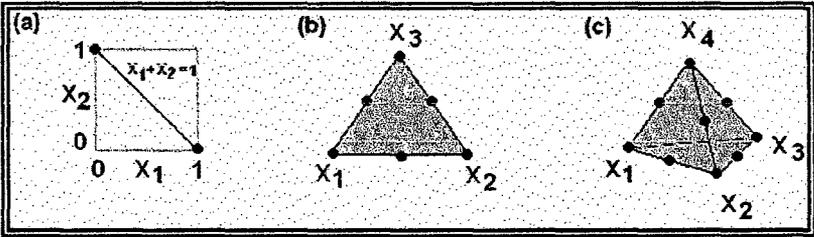
En otras palabras, la característica fundamental de los diseños de mezclas es que la suma de todos los componentes sea de 100% y que las variables (denominadas factores de formulación o de mezcla) no pueden ser tratadas de forma independiente. Los problemas con mezclas denominados "sin restricciones" son aquellos en los que las proporciones de los componentes de la mezcla varían entre 0 y 1. En estos casos, el diseño recibe el nombre de simple (Lunstedt, 1998).

Sin embargo, en situaciones reales existen casos en los que la proporción de los elementos debe mantenerse dentro de un rango de control, o aún pueden existir expresiones que relacionan una variable de formulación con otra. Para todos estos problemas, el análisis se desarrolla mediante la utilización de los diseños denominados "con restricciones". La forma general de estos problemas es la siguiente:

$$X_1 + X_2 + \dots + X_k = 1 \quad \dots\dots\dots(I-5)$$

$$L_i \leq X_i \leq L_s, \text{ para } L_i \geq 0 \text{ y } L_s \geq 0 \quad \dots\dots\dots(I-6)$$

Siendo  $L_i$  el valor atribuido al límite inferior y  $L_s$  el valor atribuido al límite superior. Para una región con geometría regular con  $X_i$  variando entre 0 y 1, el dominio experimental de un diseño de mezclas tendrá  $(K-1)$  dimensiones. Así, para dos factores, el dominio experimental corresponde a la línea  $X_1 = 1 - X_2$ , para tres componentes un triángulo, para cuatro componentes un tetraedro, etc. (Figura I-10).



**Figura I-4: Ilustraciones gráficas del dominio experimental de diseños de mezclas regulares para dos (a), tres (b) y cuatro factores (c).**

Para facilitar la elaboración y el ajuste del modelo se define un nuevo conjunto de componentes, denominados pseudocomponentes, que varían entre 0 y 1. La conversión de los componentes en pseudocomponentes ( $X^*$ ) se efectúa con base la siguiente ecuación:

$$X_i^* = \frac{X_i - L_i}{1 - \sum_{i=1}^k L_i} \quad \dots\dots\dots(I-7)$$

El Cuadro I-8 presenta un ejemplo de matriz de experiencias para un diseño con tres componentes ( $x_1 \geq 0,3$ ,  $x_2 \geq 0,4$  y  $x_3 \geq 0,1$ ) y su posterior conversión a pseudocomponentes.

**Cuadro I-8: Transformación de la matriz de experiencias de un diseño de mezclas restringidas a pseudocomponentes**

Componentes originales			Pseudocomponentes		
$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1^*$	$X_2^*$	$X_3^*$
0,50	0,40	0,10	1,00	0,00	0,00
0,30	0,60	0,10	0,00	1,00	0,00
0,30	0,40	0,30	0,00	0,00	1,00
0,40	0,50	0,10	0,50	0,50	0,00
0,40	0,40	0,20	0,50	0,00	0,50
0,30	0,50	0,20	0,00	0,50	0,50
0,37	0,47	0,16	0,33	0,33	0,34

Fuente: NIST/SEMATECH (2004). "Handbook of Statistical Methods"

Según NIST (2004), el ajuste del modelo de mezclas se realiza en términos de pseudocomponentes. Una vez que esté determinado el modelo, este se expresa a través de los componentes originales substituyéndose la relación existente entre  $X_i$  y  $X_i^*$ . Cuando los componentes de la formulación presentan restricciones en ambos límites superiores e inferiores, (Lundstedt ,1998) que describe la región experimental deja de ser un diseño simple. En estas situaciones, los diseños se estudian mejor mediante diseños generados por ordenadores "D-óptimos" (NIST, 2004, 2002; Montgomery, 2002; Eriksson, 1998; Aguilar, 1995).

### **I.4.3. Diseño combinado**

Los diseños combinados son una agrupación de dos diseños a la vez, es un diseño estadístico global, es decir un diseño donde tratan de interactuar un diseño de mezcla con otro diseño conformado por factores numéricos y no numéricos (Montgomery, 2002), dichos factores numéricos o no numéricos son los que se les llama factores de proceso o componentes del proceso.

### **I.4.4. Optimización**

La optimización de un proceso por medio de diseños experimentales requiere del uso de una metodología o estrategia adecuada que nos lleve por el camino seguro y rápido para encontrar los valores óptimos de un proceso bajo estudio; encontrando así una combinación de factores que maximice o minimice una función objetivo (Núñez, 2000).

Cuando la respuesta de un sistema depende de dos factores que son variables continuas, la relación entre la respuesta y los niveles de los dos factores se puede representar por una superficie tridimensional llamada superficie de respuesta. Una representación más conveniente es el diagrama de curvas de nivel, muy parecido a los mapas topográficos, siendo su forma desconocida para el investigador (Cornell, 1990).

Los diseños combinados se utilizan en la investigación de alimentos (Hare, 1974). En los experimentos de mezclas, la suma de las proporciones de todos los componentes debe ser igual a un valor constante, y la proporción de cada componente en la misma debe estar entre un valor mínimo (0) y un valor máximo (el total) (Núñez, 2000).

#### 1.4.5. Metodología del D-Óptimo

El diseño D-óptimo proporciona exactitud máxima en estimar los coeficientes de una regresión. El precio para una exactitud más alta es proporcionado por un número creciente de los puntos del diseño, que explica porqué tales diseños se utilizan con menor frecuencia en la práctica. El diseño continuo D-óptimo, es construido en un cubo de k-dimensiones, para determinar el número de puntos del diseño se aplica la siguiente fórmula:

$$N = 2^k + kx2^{k-1} + \frac{k(k-1)}{2} x2^{k-2} \dots\dots\dots (I-8)$$

Donde k: es el número de factores.

Los resultados se ajustarán a una ecuación cuadrática, los cuales fueron desarrollados específicamente para manejar los diseños combinados. Estos polinomios se pueden reconocer por su carencia de un término de la intercepción.

$$Y = \sum_{i=1}^q \beta_i X_i + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j \dots\dots\dots (I-9)$$

Cuando se está desarrollando un producto cuyas características se conoce que dependen de los componentes de los cuales está constituido, obtener el mejor resultado posible requiere determinar los efectos de estos sobre cada característica del producto, y luego encontrar el balance de los ingredientes que permitan obtener la mayor calidad global.

El Diseño D-óptimo selecciona, aquellos puntos que extraerán el máximo de información de la región experimental teniendo en cuenta el modelo que se espera ajustar, minimiza el error de predicción esperado para la variable dependiente, es decir, maximiza la precisión de predicción (Cornell ,1990). El propósito es obtener un aproximado óptimo, diseñado por estimación de parámetros en situaciones donde hay una regresión cúbica pero los coeficientes son elegidos aleatoriamente, la naturaleza del diseño óptimo sobre el dominio experimental simétrico es  $(-1, 1)$  sobre coeficientes fijos en un modelo de regresión polinomial (Luoma ,2007).

#### **I.4.6. Evaluación estadística**

El diseño experimental es una aproximación científica que permite al experimentador hacer cambios intencionados a los factores del proceso o del sistema para identificar y observar las razones en que los cambios influyen en la respuesta. Entre las ventajas del diseño de experimentos está que facilitan las predicciones estadísticas con base científica, ayudan a justificar de forma fehaciente la toma de decisiones y también proporcionan una máxima información sobre el proceso con un mínimo de experiencias.

El diseño de experimentos puede llegar a ser una técnica muy útil de validación ya que proporciona suficiente información como para determinar qué factores son significativos o críticos para el proceso. En algunos diseños de tratamientos los factores son ingredientes de una mezcla en la que los porcentajes de cada uno deben sumar el 100%. Por lo tanto, los niveles de un factor no son independientes de los niveles de otros factores. Cuando la respuesta depende de las proporciones de los ingredientes, los diseños factoriales no tienen la misma sensibilidad, ya que no controlan la cantidad total sobre la fórmula. Al presentarse las condiciones antes señaladas, los diseños experimentales son la única opción estadísticamente válida para encontrar la respuesta óptima y su región de confianza, porque la variable respuesta depende tanto de las proporciones de los ingredientes como de la cantidad total (Anderson, 2002).

En el caso de una mezcla para controlar el diseño se establece que la sumatoria de las composiciones de los factores debe ser igual a la unidad o bien a otro valor inferior como en el caso de estudio (Anderson, 2002).

La selección de diseños como el D-optimal es ideal para aplicar a regiones experimentales irregulares, además, es una alternativa económica frente a los diseños tradicionales, porque el número de ensayos requeridos es sustancialmente menor y los resultados obtenidos frecuentemente son buenas aproximaciones al óptimo (Montgomery, 1995).

#### **I.4.7. Programa para el diseño estadístico de experimentos**

Existen diversos paquetes interactivos de software elaborados para la elección y el análisis de diseños experimentales: Design Expert®, Statgraphics®, Modde®, SPSS®, Statistica®, SAS®, Nemrod-W®. La utilización de estos paquetes implica el seguimiento de determinados pasos comunes a todos ellos, que a su vez consisten en la introducción de las informaciones referentes a los factores y respuesta(s) bajo estudio, así como el tipo de diseño (modelo, objetivo y estructura) a aplicar. Con base a estos datos, el programa genera una hoja de trabajo en la cual se presenta la matriz de experiencias con un orden de aleatoriedad asignado. Una vez que el investigador dispone de los valores de la variable respuesta para cada ensayo, los paquetes estadísticos de diseño de experimentos permiten realizar diferentes análisis con los resultados obtenidos (Karmoun, 2002). Dichos paquetes te permiten realizar lo siguiente:

- ✓ Ajustar el modelo matemático elegido;
- ✓ Estudiar la bondad del ajuste del modelo;
- ✓ Identificar los factores e interacciones que ejercen un efecto significativo sobre la variable respuesta;
- ✓ Visualizar la superficie de respuesta en un plano tridimensional;
- ✓ Evaluar las líneas de contorno de la superficie predicha;
- ✓ Determinar los valores óptimos de las proporciones de componentes.

En esta Tesis se ha utilizado el programa DESIGN EXPERT V 7.0 TRIAL para el diseño y análisis de experimentos la cual presenta una interfaz simple y un intérprete de resultados que facilitan su utilización y el análisis estadístico de los resultados.

#### **L5. Tratamiento con Cloruro de Calcio a frutas y hortalizas: Trasladar esta tecnología a la industria conservera**

La influencia de la aplicación de calcio en frutos han recibido una considerable atención, debido a que este nutriente produce efectos deseables, retardando la maduración y envejecimiento, y controlando desordenes fisiológicos en frutas y hortalizas. Este tiene un papel importante en la manutención de la estructura de la pared celular en frutos, pues interactúa con la pectina de esta pared formando pectato de calcio, proporcionando una textura más firme a los frutos. (Poovaiah, 1986). La presencia de calcio, más allá de conferir insolubilidad al material péctico, limita la acción de la enzima poligalacturonasa. El objetivo de la tesis fue de ver la influencia del cloruro de calcio en la textura de anchoveta, en los resultados se observa el acoplamiento de calcio al músculo de la anchoveta, el cual si tiene influencia en mantener la textura, ya que se acopla adecuadamente a través de cualquier aminoácido presente en la anchoveta (ver Figura III-45).

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

La presente Tesis se desarrolló en los ambientes de la Empresa Pesquera GÉNESIS E.I.R.L., del Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa en la Región Ancash.

### **II.1 Material**

#### **II.1.1. Materia prima**

Se empleó anchoveta con un corte tipo HGT (anchoveta libre de cabeza, vísceras y cola), fresca que tuvo 12 a 16 cm de longitud con un peso de 18 a 36 g.

#### **II.1.2. Otros insumos**

- |                   |   |
|-------------------|---|
| ✓ Pasta de tomate | ✓ Hielo                                 |
| ✓ Sal             | ✓ CMC (carboxi metil celulosa)          |
| ✓ Agua            | ✓ CaCl <sub>2</sub> (cloruro de calcio) |

#### **II.1.3. Equipos utilizados**

- |                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| ✓ Cocinador estático              | ✓ Balanza analítica |
| ✓ Máquina selladora (angelus 69P) | ✓ Cronómetro        |
| ✓ Autoclave horizontal            | ✓ Lavadora de latas |

- ✓ Exhauster
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Termocupla
- ✓ Ictiometro
- ✓ Vacuómetro
- ✓ Micrómetro

#### **II.1.4. Materiales de proceso**

- ✓ Cubetas plásticas (25 kg)
- ✓ Dinos (para colocar pescado)
- ✓ Canastillas de plástico (10 kg)
- ✓ Canastillas de acero inoxidable
- ✓ Envases
- ✓ Carros de transporte de canastillas
- ✓ Mezclador (preparar salmuera)
- ✓ Coches para autoclave
- ✓ Mesas de trabajo

#### **II.2. Métodos de análisis de producto terminado**

El análisis de producto terminado se realizó en el laboratorio COLECBI del distrito de Nuevo Chimbote, Región Ancash. El análisis fisico-químico, microbiológico y organoléptico, lo realizó el personal profesional de ese laboratorio, los resultados de dichos análisis se muestran en el Anexo 1.

#### **II.3. Metodología**

Para el desarrollo de la presente investigación se siguió los pasos mostrados en el flujo de proceso de la Figura II-1, a fin de obtener un producto optimizado, demostrando su

viabilidad tanto técnica como económica. A continuación se describe el flujo de proceso para la optimización del producto entero de anchoveta en salsa de tomate:

### **II.3.1. Recepción de la materia prima**

La materia prima, anchoveta (*Engraulis ringens jenyns*), llega a la planta de procesamiento en camiones con cámaras frigoríficas, en cajas de 25 kg cubiertas con hielo; en seguida se procede a tomar muestras del lote recibido, para su análisis físico-organoléptico y verificar si reúne los requisitos necesarios para su procesamiento, o en caso contrario ser rechazado.

### **II.3.2. Almacenamiento y lavado**

Se recibe la materia prima, se procede a su almacenamiento en tanques térmicos (Dinos) de 0,5m<sup>3</sup>; con un sistema de cremolada (ensalmuerado) de la siguiente manera: 7-15% de sal industrial, 35-45% hielo, agua 40-58% y se almacenan 20 cajas de pescado: c/u de 25 kg. El objetivo de la Tesis fue de calcular la mezcla adecuada de estos componentes para tener un ensalmuerado adecuado y evitar las pérdidas de materia prima por incremento de temperatura. El almacenamiento va a depender del estado de la materia prima (temperatura de recepción) y de la cantidad de materia prima que se tenga. Esta etapa es opcional.

**Flujo de proceso a seguir durante la optimización de la elaboración de entero de anchoveta (*Engraulis ringens jenyns*) en salsa de tomate 1 lb tall**

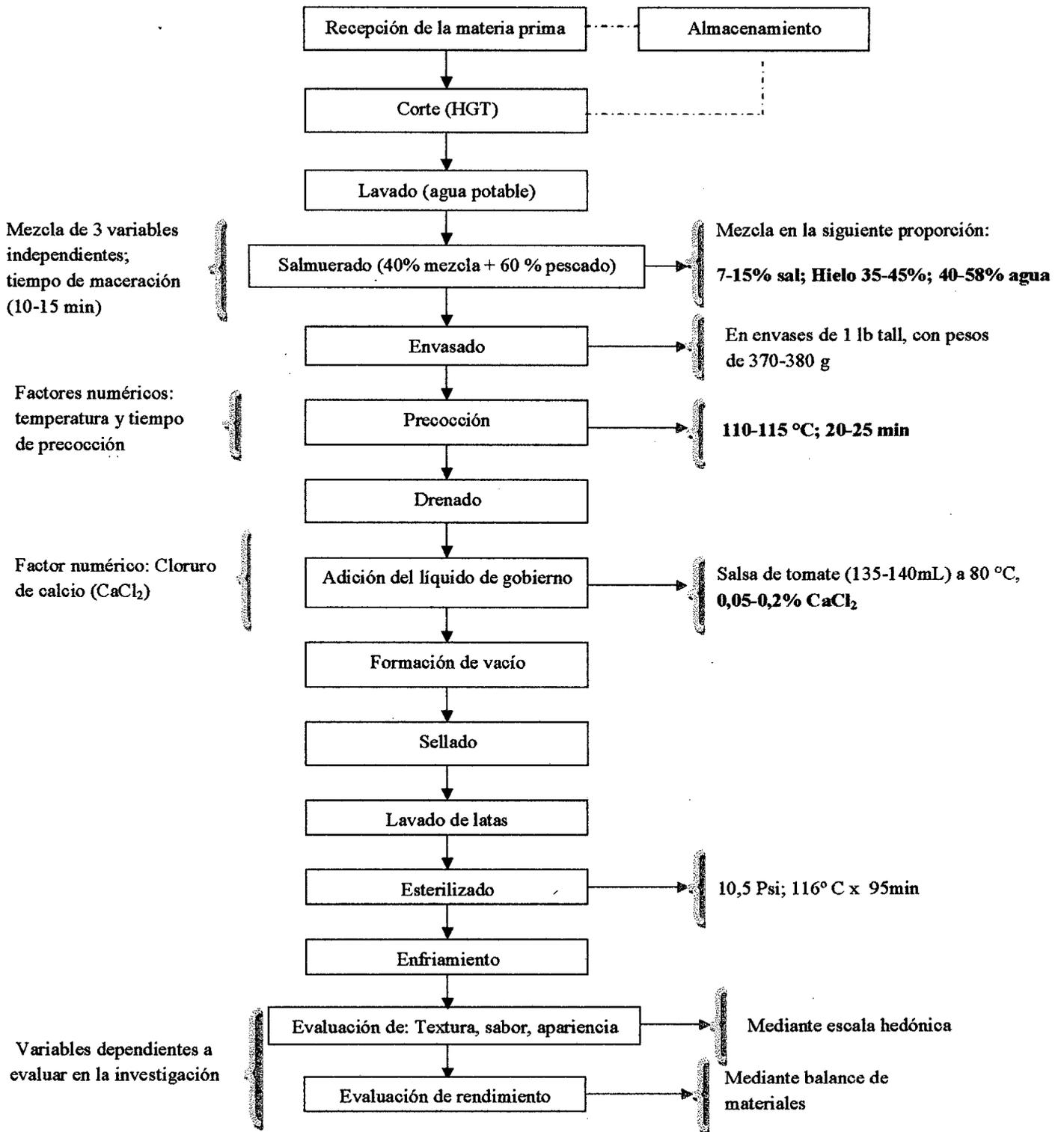


Figura II-1: Flujo para la elaboración de entero de anchoveta en salsa de tomate.

### **II.3.3. Corte**

El pescado se lleva a las mesas donde se procederá al corte manual, separando la cabeza del cuerpo y a la vez las vísceras y finalmente cortando la cola de cada pescado (método mobbing), quedando generalmente la gónada o huevera. Esto con el fin de obtener un buen rendimiento en la producción, aparte de aportar una pequeña cantidad de nutrientes a la conserva. Generalmente, para cortar 25 kg de materia prima, una persona se demora 50 min dependiendo de su habilidad.

### **II.3.4. Lavado**

Los pescados ya cortados se depositan en escurridores y son llevados a pesar, enseguida cada escurridor es pasado por pequeños tanques que contienen agua y hielo (si no se pudiera utilizar agua y hielo, se utiliza agua no muy caliente para evitar elevar la temperatura) con el fin de que se pueda eliminar la sangre y escamas a consecuencia del corte; y así pueda ser más óptimo el proceso de ensalmuerado.

### **II.3.5. Ensalmuerao**

Se procede al almacenamiento en salmuera, en dinos, con el fin de efectuar un completo desangrado del pescado y se pueda dar mejor apariencia, textura y sabor a la anchoveta. Este ensalmuerado se trabaja con las proporciones de la etapa de almacenamiento de materia prima.

### **II.3.6. Envasado**

El pescado es sacado del tanque de salmuerado en los escurridores, con el fin de que se pueda eliminar el agua, y puestas en bandejas de 20 kg para ser trasladados a la mesa de envasado. El envasado se realiza manualmente, cuidando que el pescado no deba seguir sufriendo un mayor deterioro por manipulación, y lo más rápido posible para evitar su descongelamiento y en consecuencia su deterioro; a la vez se realiza un escogido de cada pieza a ser envasada. Las piezas escogidas son colocadas dentro de los envases, acomodadas con mucho cuidado una después de otra, en forma vertical con un promedio de 370-380g de peso.

### **II.3.7. Precocción**

Las latas llenas son colocadas en canastillas de acero inoxidable, para esta investigación se colocó las latas invertidas a fin de eliminar el agua evaporada por gravedad y así evitar el desprendimiento de la piel por sancochado, luego las canastillas son llevadas al cocinador estático que trabaja con el vapor generado por el caldero, en esta etapa se trata de calcular el tiempo y temperatura de precocción para optimizar el proceso. El tiempo fue entre 20-25min y la temperatura entre 110-115°C.

### **II.3.8. Drenado**

Una vez que las latas salen en las canastillas, del cocinador, son recibidas por una persona que se encarga de invertir las latas para luego ser colocadas en la cadena del exhauster.

### **II.3.9. Adición del líquido de gobierno**

Al ingreso del exhauster las latas reciben la salsa de tomate preparada en las marmitas a 80° C, en una cantidad de 130-150 mL a través de una ducha graduada.

### **II.3.10. Evacuado o exhausting**

Los envases hacen su paso por el exhaustor en un tiempo de recorrido de 30 s. Aquí se debe de cuidar que el líquido de gobierno adicionado al envase deje un espacio libre de cabeza de 20 mm aproximadamente al hacer su paso por el exhaustor, el cual se encargará de proporcionarle el vapor necesario para que consuma el aire existente en el espacio libre del envase, creando así una condición apropiada para conservar mejor el alimento.

### **II.3.11. Sellado**

Los envases salen del exhaustor y van pasando a través de una cadena transportadora, hacia la máquina selladora. Para el tipo de envase 1 lb tall la máquina selladora cuenta con 6 cabezales, lo que hace que el cierre de los envases sea rápido, la máquina en condiciones óptimas puede llegar a sellar hasta 6 cajas por minuto (cada caja de 24 unidades). Las tapas se pueden codificar en la misma máquina o también en el almacén de productos terminados con tinta INK-JET. En esta operación de sellado, el personal de Aseguramiento de Calidad verifica constantemente que el cierre se realice dentro de las medidas estándares de cierres.

### **II.3.12. Lavado de envases**

Los envases que salen de la máquina selladora pasan por una lavadora que contiene agua y detergente, aquí los envases son lavados.

### **II.3.13. Tratamiento térmico**

Las latas estibadas (acomodadas) en los carros de autoclave, se ingresan a la autoclave, con el fin de que no lleguen a enfriarse y ocasionar deformaciones del envase durante el esterilizado o también contaminación microbiana; la temperatura de la primera lata no debe ser menor de 30°C. La anchoveta contenida en envases herméticamente sellados es sometida a un proceso térmico para destruir microorganismos patógenos y aquellos que puedan desarrollarse durante el almacenamiento sin refrigeración, es decir, adquieran esterilidad comercial.

El tratamiento térmico se lleva a cabo de la siguiente manera:

- ✓ Una vez cerrado el autoclave, se procede a la remoción del aire, esto se consigue inyectando vapor constantemente hasta alcanzar la presión y temperatura de esterilización deseado, la T° deberá de ser de 220°F por un tiempo 10min.
- ✓ Luego de transcurrido los 10 minutos de remoción del aire se abre más la llave de entrada de vapor hasta alcanzar los parámetros de esterilización (116 °C y 10,5 PSI), finalmente se activa la válvula automática de entrada de vapor, el proceso dura 95 min a 116 °C con un valor de Fo mayor de 6, sometidos a una sobre presión de 10,5 PSI.

### **II.3.14. Enfriamiento**

Se realiza en el mismo autoclave, para este caso se inyecta aire y agua, el aire sirve para ejercer contrapresión y así evitar que la presión disminuya bruscamente, evitando de esta forma la deformación del envase. Se debe tratar de llegar a una temperatura final de enfriamiento de 40° C, para asegurar un secado óptimo y evitar corrosión del envase, usándose aquí agua clorada a 0,5 ppm. El proceso de enfriamiento dura aproximadamente 12 min.

### **II.3.15. Limpieza y etiquetado**

Esta etapa se realiza en el almacén de productos terminados. Aquí se procede a limpiar cada lata, separando las latas que presentan fallas de mal cierre o abolladura fuerte. Esta limpieza se realiza en dos etapas:

- ✓ Lavado: se hace uso de trapos empapados en líquidos de limpieza.
- ✓ Secado: con trapos secos y limpios.

Luego se procede al etiquetado manual, quedando así listas para su codificado (si es que no se hubiese hecho antes) y empacado en cajas de 24 unidades. Cada caja deberá tener el código de producción de la conserva y la etiqueta de la lata en uno de sus extremos.

### **II.3.16. Almacenamiento**

Finalmente las cajas de conservas debidamente etiquetadas y codificadas son apiladas en un lugar ventilado y limpio dentro del almacén de producto terminado, para luego ser trasladados a su destino final.

### **II.4. Diseño experimental**

La evaluación del experimento consistió en desarrollar el producto entero de anchoveta en salsa de tomate, en presentación de 1 lb tall, agregando como insumo  $\text{CaCl}_2$  para evaluar su efecto sobre las variables: textura, sabor, rendimiento y apariencia de producto final. El producto optimizado, se hizo utilizando el Diseño combinado D-Óptimo para el desarrollo del experimento. El diseño estadístico combinado, constituido por una mezcla (agua, hielo y sal) y 4 factores numéricos independientes. Las variables independientes para cada una de las formulaciones fueron las siguientes:

#### **Mezcla**

- ✓ Componente 1: A: Hielo (35-45%)
- ✓ Componente 2: B: Sal (7-15%)
- ✓ Componente 3: C: Agua (40-58%)

#### **Factores numéricos**

- ✓ Factor 4: D: Cloruro de calcio (0,05-0,20%)

- ✓ Factor 5: E: Temperatura de precocción (110-115 °C)
- ✓ Factor 6: F: Tiempo de precocción (20-25min)
- ✓ Factor 7: G: Tiempo de maceración (10-15 min)

Las variables dependientes o variables respuesta de las formulaciones a estudiar fueron: textura, sabor, rendimiento y apariencia general.

- ✓ Textura ( $Y_1$ )
- ✓ Sabor ( $Y_2$ )
- ✓ Rendimiento ( $Y_3$ )
- ✓ Apariencia general ( $Y_4$ )

Los diseños D-Óptimos son una forma de diseño proporcionada por un algoritmo de computadora. Para esto se hace uso del software Design Expert V 7.0 TRIAL en el cual los resultados se ajustarán a una ecuación lineal (mezcla)-cuadrática (factores numéricos).

#### **II.4.1. Consideraciones al diseño**

Existen otros factores no señalados en el estudio que podrían influir y ser objeto de investigación, son los llamados factores no controlables: calidad de materia prima, temperatura de recepción de materia prima, temperatura ambiental, técnicas operativas del personal. La variabilidad debida a los equipos no existe ya que siempre fueron los mismos utilizados por el mismo personal. El orden de realización de los experimentos fue aleatorio (es decir no se repitieron los ensayos

consecutivamente) a fin de minimizar la influencia en los resultados y proporcionar seguridad contra los efectos de las variables ocultas.

### **Resumen del diseño experimental**

Nombre de Diseño: Combined Design

Características de Diseño: D-Optimal Design

### **Base de diseño**

Modelo: lineal-cuadrático polinomial Scheffé

Número de factores experimentales: 7

Número de ejecuciones: 53

Aleatorizado: Si

Para la mezcla (A+B+C) = 100 %

<b>Respuestas</b>	<b>Unidades</b>
Textura	Puntos-Análisis Sensorial
Sabor	Puntos-Análisis Sensorial
Rendimiento	cajas/TN materia prima
Apariencia general	Puntos – Análisis Sensorial

**Cuadro II-1: Condiciones de los factores de estudio**

COMPONENTE	FACTORES	MÍNIMO	MÁXIMO	UNIDADES
A	Hielo	35	45	%
B	Sal	7	15	%
C	Agua	40	58	%
D	Cloruro de calcio	0,05	0,2	%
E	T° de precocción	110	115	°C
F	Tiempo de precocción	20	25	minutos
G	Tiempo ensalmuerado	10	15	minutos

Fuente: Elaboración propia

Con estas condiciones de factores de estudio ingresado en la base de datos del programa DESIGN EXPERT V 7.0 TRIAL nos da la matriz de experiencias que se muestran en el Cuadro III-1 en la cual se ha creado diseños que estudiarán los efectos de 7 factores en 53 pruebas experimentales. El diseño será ejecutado en un solo bloque. El orden de los experimentos se ha aleatorizado totalmente. Esto protegerá contra los efectos de variables ocultas.

#### **II.4.2 Optimización de los parámetros**

Para la optimización de la superficie de respuesta se usó la metodología D-Optimal que es un conjunto de técnicas estadísticas útiles para modelar y analizar problemas en los cuales una respuesta de interés es influida por varias variables, y el objetivo es optimizar la respuesta.

El D-Optimal es una técnica secuencial. A menudo, cuando se considera un punto sobre la superficie de respuesta alejada del óptimo, que podrían ser las condiciones actuales, el polinomio de primer grado es aproximadamente apropiado si existe poca curvatura en el sistema. En este caso, el objetivo consiste en guiar al experimentador rápido y eficientemente a la cercanía general del punto óptimo usando el método de máxima pendiente en ascenso o máxima pendiente en descenso. Una vez que se ha determinado la región del punto óptimo, puede emplearse un modelo más elaborado, como por ejemplo una superficie de respuesta de segundo grado, y hacer un análisis para localizar el óptimo el cual consiste en calcular los puntos estacionarios y caracterizar la superficie de respuesta.

El análisis para la superficie de respuesta puede interpretarse como el “ascenso a una loma”, donde la cima representa el punto de la máxima respuesta. Si el óptimo real es un punto de respuesta mínima, se puede pensar en el “descenso hacia un valle. Los procedimientos del D-Optimal para “escalar una loma” garantiza la convergencia sólo hacia un óptimo relativo.

### **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **III.1. Optimización del proceso de elaboración de entero de anchoveta (*Engraulis ringens jenyns*) en salsa de tomate presentación 1 lb tall**

De acuerdo a los parámetros establecidos en el diseño experimental (diseño combinado), tenemos la matriz de estudio, observando los factores que intervienen en el estudio así como sus variables respuesta. En el Cuadro III-1 se presenta la matriz empleada para optimizar el proceso de elaboración de entero de anchoveta en salsa de tomate presentación 1 lb tall, para la línea de crudos de la Empresa Pesquera GENESIS EIRL del Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Región Ancash.

**Cuadro III-1: Matriz del diseño de optimización con sus variables respuesta**

Run	Component 1 A: Hielo (%)	Component 2 B: Sal (%)	Component 3 C: Agua (%)	Factor 4 D: CaCl <sub>2</sub> (%)	Factor 5 E: T° precocción (°C)	Factor 6 F: Tiempo precocción (min)	Factor 7 G: Tiempo ensalmuerado (min)	Response 1 Textura	Response 2 Sabor	Response 3 Rendimiento (cajas/TN)	Response 4 Apariencia general
1	45	15	40	0,20	110	25	12,5	5,70	5,43	71,374	5,90
2	35	7	58	0,05	110	20	15	5,83	5,80	62,281	6,00
3	35	7	58	0,05	115	25	15	6,17	6,10	66,598	6,13
4	35	7	58	0,125	110	20	10	5,80	6,17	62,845	6,10
5	35	7	58	0,20	110	25	10	5,93	6,20	62,959	6,00
6	35	7	58	0,05	115	20	15	6,00	5,90	65,881	5,93
7	45	15	40	0,20	115	25	15	6,03	6,17	66,796	6,10
8	35	15	50	0,20	115	20	10	6,00	5,93	70,296	6,07
9	45	7	48	0,20	110	25	10	5,73	5,93	66,594	5,87
10	35	15	50	0,20	115	25	15	5,93	5,60	66,676	5,70
11	35	7	58	0,20	110	20	15	5,63	6,40	65,712	5,77
12	35	15	50	0,05	110	25	15	5,30	5,73	66,845	5,63
13	45	15	40	0,05	115	22,5	10	5,97	5,73	65,412	5,97
14	45	7	48	0,05	110	22,5	10	5,87	6,00	64,920	6,00
15	45	7	48	0,05	115	20	15	5,77	5,93	66,260	5,97
16	45	7	48	0,05	110	25	10	5,80	6,00	63,981	5,97
17	35	15	50	0,05	110	25	10	6,03	6,17	66,146	6,10
18	45	7	48	0,20	115	20	10	6,20	5,00	65,412	6,13
19	35	15	50	0,05	110	20	12,5	5,80	5,97	66,373	5,83
20	45	7	48	0,125	110	20	10	5,60	5,63	66,833	5,43
21	40	11	49	0,20	115	20	15	6,07	5,80	66,508	6,07
22	45	15	40	0,125	112,5	22,5	12,5	5,80	5,90	66,577	6,03
23	35	7	58	0,125	112,5	22,5	12,5	5,97	5,87	65,558	6,23
24	35	15	50	0,20	110	20	15	5,73	6,50	66,094	5,90
25	35	7	58	0,05	112,5	20	10	5,83	6,07	65,371	6,00
26	45	7	48	0,05	115	20	10	5,83	5,53	65,978	5,77

Run	Component 1 A: Hielo (%)	Component 2 B: Sal (%)	Component 3 C: Agua (%)	Factor 4 D: CaCl2 (%)	Factor 5 E: T° precocción (°C)	Factor 6 F: Tiempo precocción (min)	Factor 7 G: Tiempo ensalmuerado (min)	Response 1 Textura	Response 2 Sabor	Response 3 Rendimiento (cajas/TN)	Response 4 Apariencia general
27	35	7	58	0,20	115	20	10	5,80	5,67	70,300	5,90
28	45	15	40	0,20	110	22,5	10	6,10	6,10	66,803	6,00
29	45	7	48	0,05	110	20	12,5	5,70	5,97	67,320	6,00
30	35	15	50	0,05	115	25	12,5	5,70	5,73	65,437	5,67
31	35	7	58	0,20	115	20	10	6,03	5,93	65,530	6,17
32	35	7	58	0,05	110	20	15	5,93	5,93	64,859	6,03
33	45	15	40	0,125	110	25	15	5,97	5,80	69,914	5,90
34	45	15	40	0,125	115	25	10	5,97	5,83	63,385	6,20
35	45	7	48	0,05	110	25	15	6,13	6,20	68,108	6,20
36	35	7	58	0,05	115	25	10	5,63	5,57	65,419	5,80
37	45	7	48	0,2	110	20	15	5,87	5,70	64,949	5,87
38	35	7	58	0,2	115	25	15	5,63	5,63	63,299	5,53
39	35	15	50	0,05	110	22,5	10	5,93	5,77	65,296	5,90
40	35	15	50	0,05	115	20	10	5,80	5,97	74,151	5,90
41	35	15	50	0,05	115	20	15	5,93	5,57	66,214	5,63
42	35	15	50	0,125	112,5	22,5	12,5	5,67	5,47	64,965	5,87
43	45	7	48	0,05	115	25	12,5	5,77	5,77	63,793	5,80
44	35	15	50	0,20	112,5	20	10	5,83	5,97	65,840	6,03
45	35	7	58	0,05	110	25	10	6,07	6,13	67,244	6,37
46	35	15	50	0,20	115	25	10	5,43	5,43	65,426	5,77
47	45	7	48	0,20	115	25	10	5,77	5,43	64,638	5,70
48	45	7	48	0,02	112,5	25	15	6,03	5,77	64,021	6,00
49	35	7	58	0,05	115	20	15	5,67	5,83	62,314	6,13
50	45	15	40	0,05	115	25	15	6,23	5,83	64,416	5,97
51	35	15	50	0,125	110	20	10	6,00	5,83	64,267	6,03
52	45	7	48	0,05	112,5	20	10	5,90	6,03	65,825	5,87
53	35	7	58	0,20	110	25	15	5,77	5,53	66,353	5,83

Fuente: DESIGN EXPERT V 7.0 Trial

En el cuadro III-1 podemos observar cada una de las variables independientes y dependientes que intervienen en el estudio.

Los valores de los componentes de la mezcla (A:hielo, B:sal, C:agua) y los factores numéricos (en total 4) de estudio fueron dadas por el software DESIGN EXPERT V 7.0 así como las 53 corridas (Run) a experimentar, el diseño se evalúa al 95% de confianza, se tiene que considerar que el diseño es de tipo combinado, es decir es una agrupación entre una mezcla y 4 factores numéricos, las variables respuestas fueron obtenidas después de la evaluación sensorial del producto por un grupo de panelistas semi entrenados (30 personas), y la variable rendimiento fue calculado luego de la obtención del producto terminado después de cada corrida.

El resumen está indicando que componentes se considera en la mezcla (Figura III-1) y que factores del proceso se está evaluando, así como post niveles que se emplea para la obtención de la matriz, se debe recordar que cuando se vea un signo negativo al lado de uno de los componentes o factores, indicará que es el nivel inferior y cuando se vea un signo positivo indicará el nivel superior, el cero indica el nivel medio de los factores de estudio. También se observa las variables respuestas estudiadas, y el tipo de modelo empleado en cada una de las variables, la letra R delante de cada modelo empleado significa que se ha ajustado los datos del ANOVA, para que dicho modelo sea significativo al 95% de confianza. La Figura III-2 muestra el diseño de contrastación para la mezcla, el intervalo con que se trabajó para cada componente, los valores de la mezcla se expresan en porcentaje por lo que al final la suma de los tres componentes nos tiene que dar 100%.

Notes for optimización (ms)

Design (Actual x Actual)

Summary

Graph Columns

Evaluation

Constraints

Analysis

Texture (Analyzed)

Sabor (Analyzed)

Rendimiento (Analyze)

Apariencia (Analyze)

Optimization

Numerical

Graphical

Point Prediction

Design Summary

Study Type Combined Runs 53

Initial Design D-optimal Point Exchange Blocks No Blocks

Design Model Reduced Linear x Quadratic

Mixture Components ABC

Process Factors DEFG

Component Name Units Type Low Actual High Actual Low Coded High Coded Mean Std. Dev.

Component	Name	Units	Type	Low Actual	High Actual	Low Coded	High Coded	Mean	Std. Dev.
A	Hielo	%	Mixture	35	45	0.000	0.566	39.245	4.895
B	Sal	%	Mixture	7	15	0.000	0.444	10.296	3.916
C	Agua	%	Mixture	40	58	0.000	1.000	50.258	5.947
D	CaCl2	%	Numeric	0.05	0.20	-1.000	1.000	0.118	0.069
E	T° preccción	°C	Numeric	110.0	115.0	-1.000	1.000	112.500	2.329
F	Tiem preccción	min	Numeric	20.0	25.0	-1.000	1.000	22.406	2.327
G	Tiem ensamuer	min	Numeric	10.0	15.0	-1.000	1.000	12.264	2.292
						L_Pseudo Coding			
				Total =		100.00			

Response Name Units Obs Analysis Minimum Maximum Mean Std. Dev. Ratio Trans Model

Response	Name	Units	Obs	Analysis	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Ratio	Trans	Model
Y1	Textura		53	Polynomial	5.3	6.23	5.66	0.165099	1.17547	None	RLinear x 2FI
Y2	Sabor		53	Polynomial	5	6.5	5.84623	0.26833	1.3	None	(Mean x Mean + U
Y3	Rendimiento	cajes/TN	53	Polynomial	62.281	74.151	65.9692	2.18774	1.19059	None	RLinear x 2FI
Y4	Apariencia		53	Polynomial	5.49	6.37	5.93717	0.182116	1.17311	None	RLinear x Linear

Características del diseño

Figura III-1: Resumen del diseño empleado en la investigación

Design Constraints

Mixture Coding: Actual

Process Coding: Actual

Low ≤ Constraint ≤ High

35	≤	A:Hielo	≤	45
7	≤	B:Sal	≤	15
40	≤	C:Agua	≤	58
		A+B+C	=	100

Características de la Mezcla y sus componentes

Figura III-2: Contrastación del diseño y características de la mezcla

### III.1.1. Evaluación estadística de la variable respuesta textura (Y<sub>1</sub>)

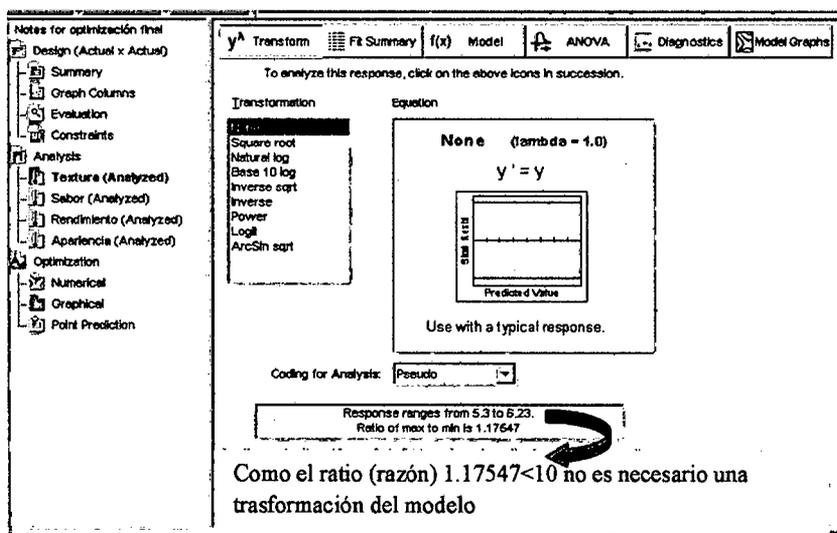


Figura III-3: Requerimiento de transformación del diseño para la variable textura

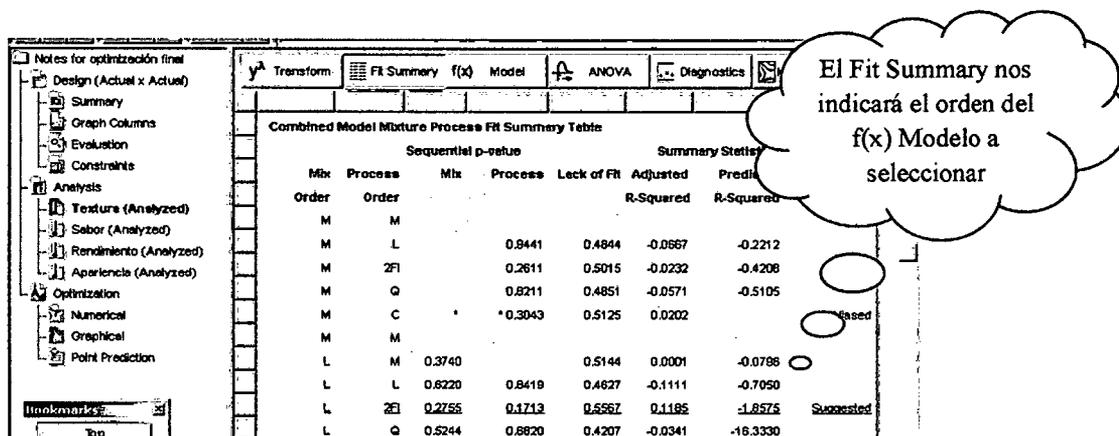


Figura III-4: Modelo estadístico a escoger para la variable respuesta textura

El ratio (Figura III-3), expresa la razón entre el valor máximo y el valor mínimo de la variable respuesta, es conveniente tener valores de ratio (razón) pequeños (<10), si el ratio es mayor de 10 es necesario una transformación (Douglas, 1998) por cualquiera de las ecuaciones observadas en la Figura III-3. Para este caso se tiene un ratio de 1,17547 lo cual demuestra que no es necesario hacer una

transformación al modelo y que los datos recolectados se ajustan a los diseños elegidos.

Hay que considerar además que las ecuaciones elegidas al principio (momento de generar la matriz), no necesariamente son las ideales y van a quedar hasta el final para obtener los resultados del diseño, ya que el software ajusta los datos a ecuaciones más adecuadas (Figura III-4), en este caso nos muestra que los datos recolectados se ajustan a un modelo "Linear x 2 FI", es decir para la mezcla un modelo lineal y para el proceso un modelo 2FI. A este modelo (Linear x 2FI) se hace un ajuste final, para que en el ANOVA sea significativo (Cuadro III-2), al hacer el ajuste el modelo quedaría "R Linear x 2FI" (ver Figura III-1), recordar que el R delante del modelo significa que se ha hecho un ajuste en el ANOVA para que este sea significativo.

**Cuadro III-2: ANOVA-Ajuste del modelo para la variable textura**

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor F</i>	<i>Prob &gt; F</i>	
<i>Model</i>	0,9413	19	0,0495	1,946	0,0456	<i>significant</i>
<i>Linear Mixture</i>	0,0687	2	0,0344	1,349	0,2733	
<i>AD</i>	0,0119	1	0,0119	0,469	0,4982	
<i>AE</i>	0,0236	1	0,0236	0,926	0,3430	
<i>AF</i>	0,0327	1	0,0327	1,284	0,2654	
<i>AG</i>	0,0157	1	0,0157	0,617	0,4376	
<i>BD</i>	0,0253	1	0,0253	0,993	0,3262	
<i>BE</i>	0,0290	1	0,0290	1,140	0,2934	
<i>BF</i>	0,0560	1	0,0560	2,199	0,1475	
<i>BG</i>	0,0353	1	0,0353	1,388	0,2472	
<i>CD</i>	0,0299	1	0,0299	1,176	0,2861	
<i>CE</i>	0,0079	1	0,0079	0,309	0,5819	
<i>CF</i>	0,0003	1	0,0003	0,011	0,9186	
<i>CG</i>	0,0001	1	0,0001	0,002	0,9620	
<i>ADF</i>	0,0794	1	0,0794	3,117	0,0867	
<i>AEG</i>	0,0612	1	0,0612	2,405	0,1305	
<i>AFG</i>	0,0695	1	0,0695	2,728	0,1081	
<i>BEG</i>	0,2817	1	0,2817	11,064	0,0022	
<i>CEF</i>	0,0953	1	0,0953	3,743	0,0616	
<i>Residual</i>	0,8403	33	0,0255			
<i>Falta de ajuste</i>	0,7544	30	0,0251	0,878	0,6507	<i>not significant</i>
<i>Error Puro</i>	0,0859	3	0,0286			
<i>Variación Total</i>	1,7816	52				

Fuente: DESIGN EXPERT V 7.0 Trial

<i>Desviación estándar</i>	0,1596	<i>R-Squared</i>	0,528
<i>Media</i>	5,8600	<i>R<sup>2</sup>-ajustado</i>	0,257
<i>C.V. %</i>	2,7231	<i>R<sup>2</sup> Predecido</i>	-0,282

El Cuadro III-2 representa la evaluación del ANOVA para la variable textura, compara la significación estadística de cada efecto, comparando el cuadrado medio con una estimación del error experimental. El valor F del modelo es 1,946 lo cual implica que el modelo es significativo ya que el p-value (0,0456) es menor a 0,05. En este caso tres interacciones del ANOVA ADF, BEG y CEF tienen los p-valores inferiores a 0,05 lo cual nos indica que los términos del modelo son significativos y demuestran que la función polinómica es adecuada para describir los datos experimentales al 95 % de confianza.

El estadístico  $R^2$  indica que el modelo así ajustado explica el 52,84 % de la variabilidad en textura, siempre conviene que el  $R^2$  tienda a igualar la unidad ya que esto explicaría una mejor variabilidad de los datos obtenidos en cada una de las experiencias realizadas, cuando se realiza un análisis sensorial a un determinado producto siempre se va a tener estos valores si se utiliza un panel de jueces semi entrenados o no entrenados, ya que los gustos entre una u otra persona no varían mucho. El estadístico  $R^2$  (ajustado para los grados de libertad de la experiencia), es un estadístico útil como es el caso de esta investigación que es más compleja ya que utiliza varios factores en el diseño, cuando quiere evaluarse el impacto de aumentar o disminuir el número de términos. La desviación estándar es la raíz cuadrada del cuadrado medio del error, esto explica la distancia que existe de cada una de las respuestas hacia el promedio de todas las respuestas.

La suma de cuadrados del error de predicción (PRESS) es de 2,28, esto es una medida de ajuste o de adecuación con que es posible que el modelo del experimento predecirá las respuestas en un nuevo experimento, este modelo se ajusta porque son deseables los valores pequeños de PRESS. El Adeq Precision (Precisión adecuada) se calcula dividiendo la diferencia entre la respuesta máxima y la respuesta mínima por la desviación estándar. Son deseables valores grandes de esta cantidad, y los valores que exceden cuatro indican por lo general que el modelo tendrán un desempeño razonable en la predicción (Manual Design Expert v 7.0 Trial-Universidad Nacional del Santa-Chimbote. 2008).

El valor F de la falta de ajuste (*Lack of Fit*) es de 0,6507 lo que implica que la falta de ajuste no es significativa. La función polinómica que ajusta los valores del nivel de textura obtenidos en este diseño nos demuestran que el modelo polinómico ajustado es adecuado para describir los datos experimentales.

**Ecuación final en función de los factores codificados para la variable textura**

$$\begin{aligned}
 \text{Textura} = & + 5.98A + 5.79B + 5.82C + 0.055 A*D + 0.074 A*E + 0.089 A*F + \\
 & 0.062 A*G + 0.10 B*D + 0.10 B*E - 0.15 B*F - 0.12 B*G - 0.045 C*D - 0.022 \\
 & C*E - 4.080 \times 10^{-3} C*F + 1.893 \times 10^{-3} C*G - 0.14 A*D*F - 0.14 A*E*G + 0.14 \\
 & A*F*G + 0.35 B*E*G - 0.074 C*E*F
 \end{aligned}
 \tag{III-1}$$

**Ecuación final en función de los componentes actuales y factores actuales para la variable textura**

$$\begin{aligned} \text{Textura} = & -1.00772 * \text{Hielo} + 4.37815 * \text{Sal} - 0.18093 * \text{Agua} + 0.23359 * \\ & \text{Hielo} * \text{CaCl}_2 + 9.33831 * 10^{-3} * \text{Hielo} * T^\circ \text{ precocción} + 2.62258 * 10^{-4} \\ & * \text{Hielo} * \text{Tiempo precocción} + 0.065845 * \text{Hielo} * \text{Tiempo} \\ & \text{ensalmuerado} + 0.062349 * \text{Sal} * \text{CaCl}_2 - 0.037476 * \text{Sal} * T^\circ \\ & \text{precocción} - 3.32265 * 10^{-3} * \text{Sal} * \text{Tiempo precocción} - 0.36615 * \text{Sal} \\ & * \text{Tiempo ensalmuerado} - 0.049189 * \text{Agua} * \text{CaCl}_2 + 2.27906 * 10^{-3} * \\ & \text{Agua} * T^\circ \text{ precocción} + 0.018798 * \text{Agua} * \text{Tiempo precocción} + \\ & 1.18583 * 10^{-4} * \text{Agua} * \text{Tiempo ensalmuerado} - 8.31208 * 10^{-3} * \text{Hielo} \\ & * \text{CaCl}_2 * \text{Tiempo precocción} - 6.17103 * 10^{-4} * \text{Hielo} * T^\circ \text{ precocción} \\ & * \text{Tiempo ensalmuerado} + 1.93882 * 10^{-4} * \text{Hielo} * \text{Tiempo} \\ & \text{precocción} * \text{Tiempo ensalmuerado} + 3.22427 * 10^{-3} * \text{Sal} * T^\circ \end{aligned}$$

(III-2)

**III.1.1.1. Influencia de las variables de formulación en la variable respuesta textura**

Para estudiar la influencia de las variables de formulación se ha analizado los gráficos de perturbación, dos componentes de la mezcla, interacción, superficie de respuesta y contorno, elaborados en base a los resultados obtenidos de las 53 experiencias (Run) realizadas, fijándose la proporción de los componentes de la mezcla (3 componentes: agua, hielo y sal) y los factores numéricos (4 factores: cloruro de calcio, temperatura y tiempo de precocción, y tiempo de ensalmuerado) en cada una de las variables de respuesta.

Design-Expert® Software

Textura

Actual Components

A: Hielo = 40

B: Sal = 11

C: Agua = 49

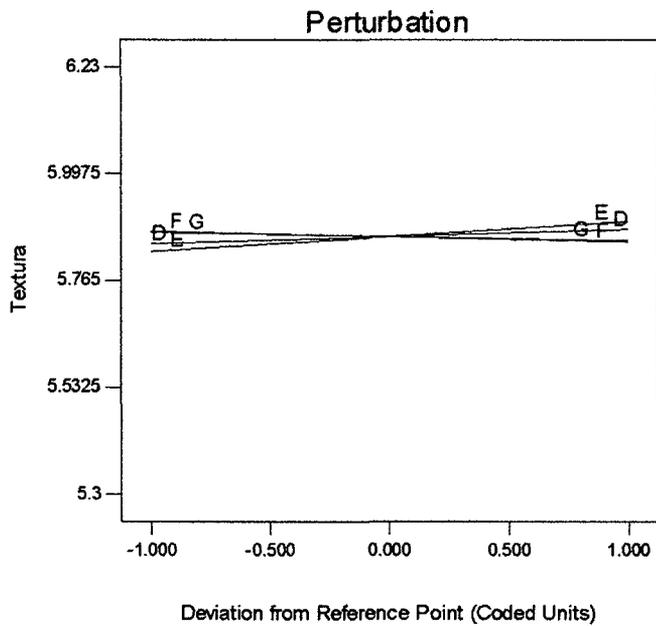
Actual Factors

D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13

E: T° precocción = 112.5

F: Tiem precocción = 22.5

G: Tiem ensalmuerado = 12.5



**Figura III-5: Perturbación de los componentes de la mezcla y los factores para la variable textura**

La Figura III-5 representa los componentes de la mezcla y factores numéricos como se comportan ante la variable respuesta (textura), todos estos se encuentran en sus puntos medios, nos conviene que las rectas de distribución se crucen para demostrar que todos los componentes y factores representan significancia en la variable estudiada.

Design-Expert® Software

Textura

● Design Points

X1 = A: Hielo

X2 = B: Sal

Actual Component

C: Agua = 49

Actual Factors

D: CaCl2 = 0.13

E: T° precocción = 112.5

F: Tiem precocción = 22.5

G: Tiem ensalmuerado = 12.5

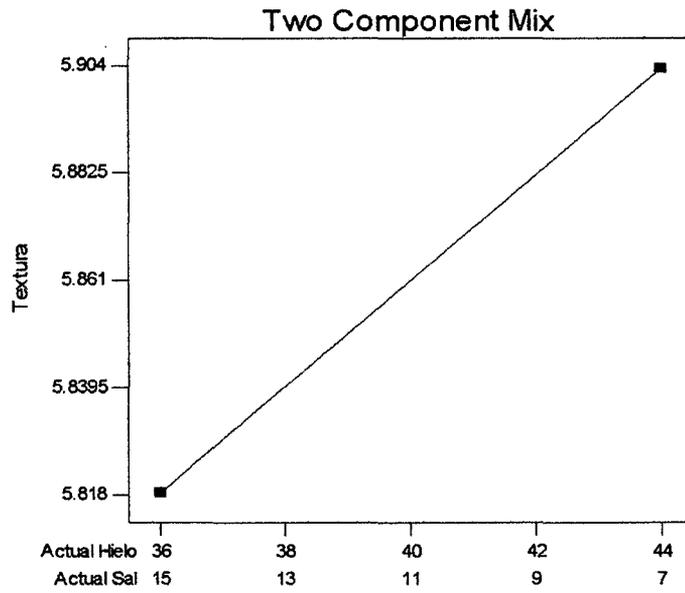


Figura III-6A: Representación hielo y sal respecto a la textura

Design-Expert® Software

Textura

● Design Points

X1 = A: Hielo

X2 = C: Agua

Actual Component

B: Sal = 11

Actual Factors

D: CaCl2 = 0.13

E: T° precocción = 112.5

F: Tiem precocción = 22.5

G: Tiem ensalmuerado = 12.5

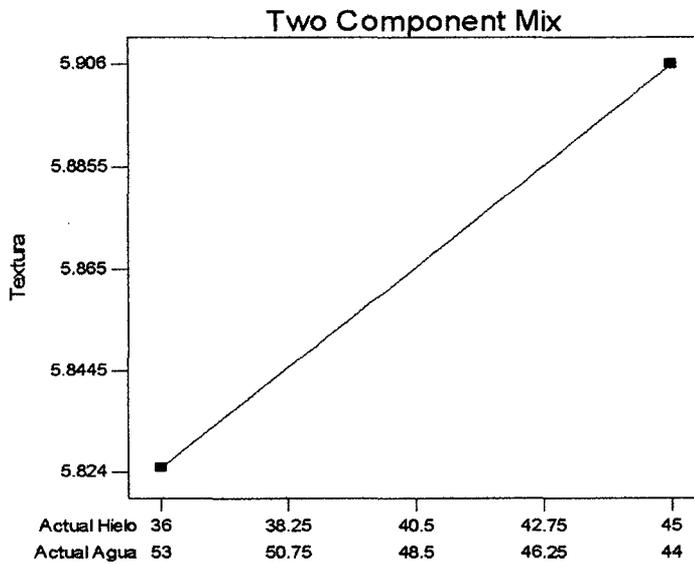


Figura III-6B: Representación hielo y agua respecto a la textura

Design-Expert® Software

Textura

● Design Points

X1 = B: Sal

X2 = C: Agua

Actual Component

A: Hielo = 40

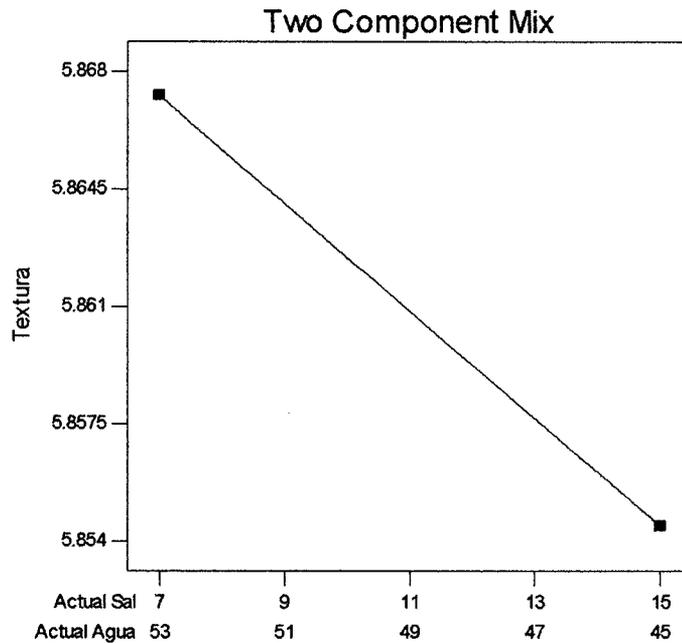
Actual Factors

D: CaCl2 = 0.13

E: T° precocción = 112.5

F: Tiem precocción = 22.5

G: Tiem ensalmuerado = 12.5



**Figura III-6C: Representación sal y agua respecto a la textura**

De las Figuras III A, B y C se podría decir que nos conviene trabajar con la alternativa de la Figura III-6C (40% hielo, 7% sal y 53% agua) cuando la textura es 5,868, porque es un valor adecuado y porque el nivel de hielo esta en un punto promedio de las otras observaciones, hay que considerar que el hielo es uno de los insumos con más costo a comparación de la sal y el agua, además se podría decir que el nivel de sal también es adecuado ya que no se va a tener problemas de sabor por exceso de sal.

Design-Expert® Software

Textura  
Textura = 5.873

■ F- 20.000  
▲ F+ 25.000

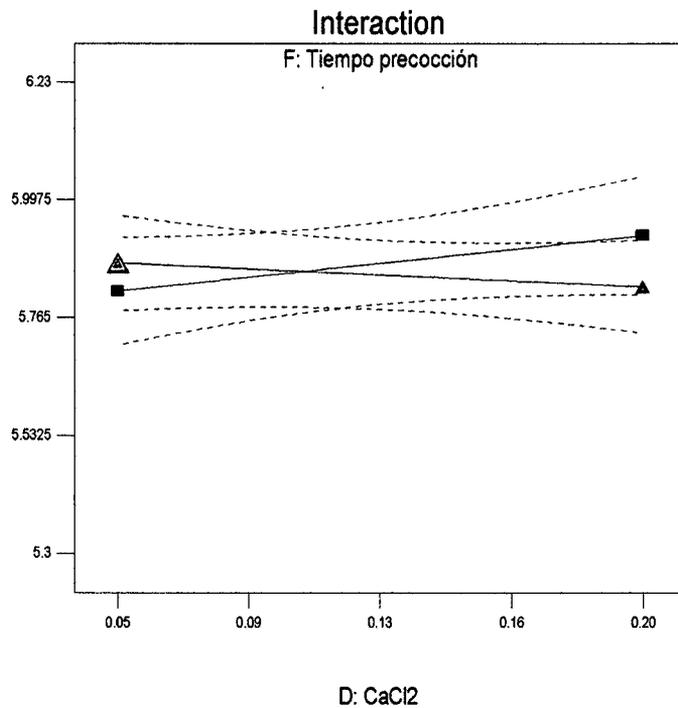
X1 = D: CaCl2 = 0.05  
X2 = F: Tiempo precocción = 25.0

Actual Components

A: Hielo = 40  
B: Sal = 11  
C: Agua = 49

Actual Factors

E: T° precocción = 112.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5



**Figura III-7: Interacción de los componentes de la mezcla con los factores numéricos para la variable textura**

La textura de 5,93 es adecuada, y se puede decir que el proceso es adecuado y que conviene económicamente ya que se va a tener un proceso de precocción con un tiempo en su nivel inferior (20 minutos) lo que implica hacer un ahorro en vapor.

Design-Expert® Software

Textura  
6.23  
5.3

X1 = A: Hielo  
X2 = B: Sal  
X3 = D: CaCl2

Actual Component  
C: Agua = 49

Actual Factors  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

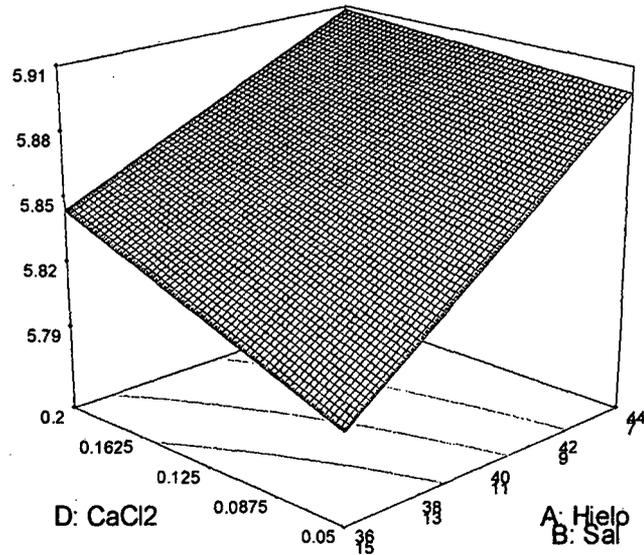


Figura III-8A: Superficie de respuesta hielo y sal para la textura

Design-Expert® Software

Textura  
6.23  
5.3

X1 = C: Agua  
X2 = A: Hielo  
X3 = D: CaCl2

Actual Component  
B: Sal = 11

Actual Factors  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

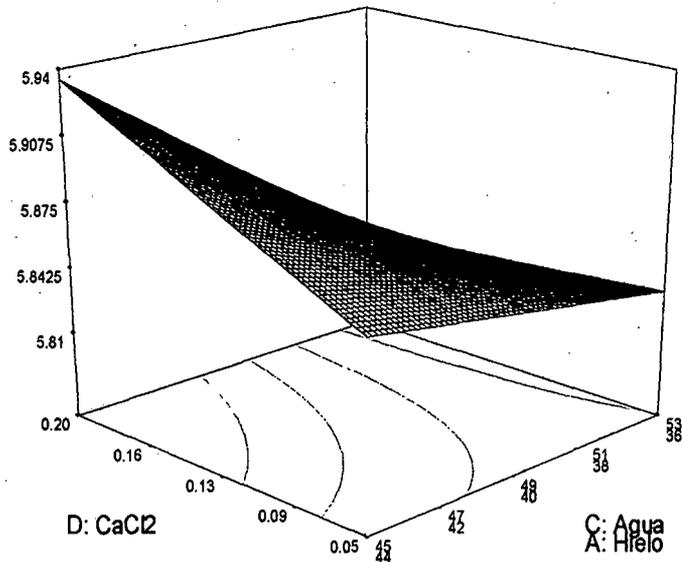


Figura III-8B: Superficie de respuesta hielo y agua para la textura

Design-Expert® Software

Textura  
6.23  
5.3

X1 = B: Sal  
X2 = C: Agua  
X3 = D: CaCl2

Actual Component  
A: Hielo = 40

Actual Factors  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

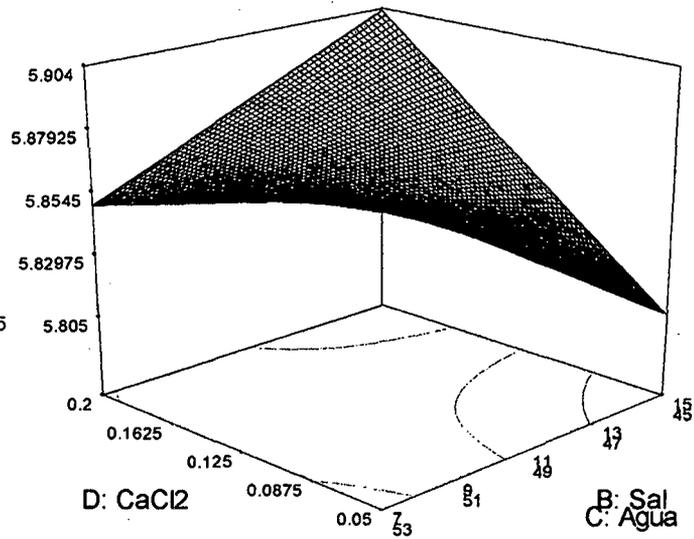


Figura III-8C: Superficie de respuesta sal y agua para la textura

Design-Expert® Software

Textura  
6.23  
5.3

X1 = A: Hielo  
X2 = B: Sal  
X3 = D: CaCl2

Actual Component  
C: Agua = 49

Actual Factors  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

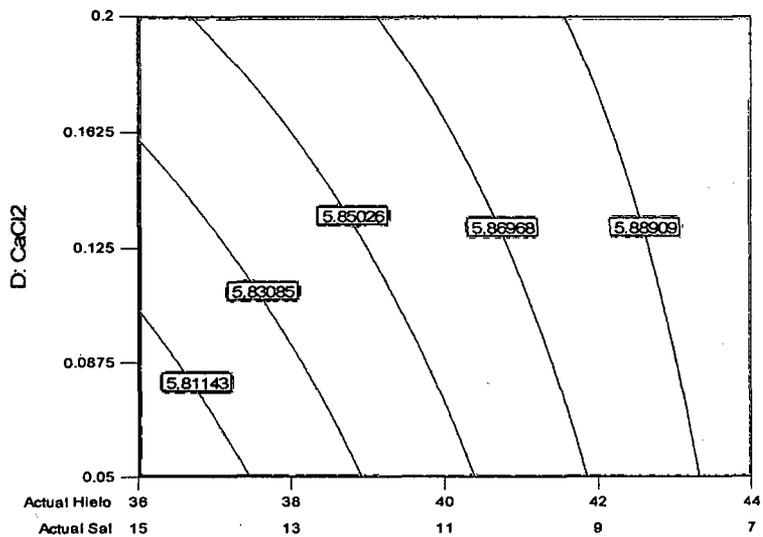


Figura III-9A: Superficie de contorno hielo y sal para la textura

Design-Expert® Software

Textura  
6.23  
5.3

X1 = C: Agua  
X2 = A: Hielo  
X3 = D: CaCl2

Actual Component  
B: Sal = 11

Actual Factors  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

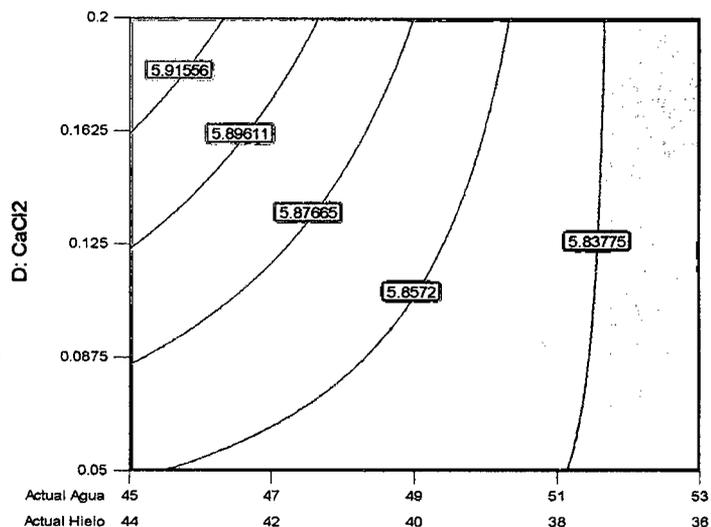


Figura III-9B: Superficie de contorno hielo y agua para la textura

Design-Expert® Software

Textura  
6.23  
5.3

X1 = B: Sal  
X2 = C: Agua  
X3 = D: CaCl2

Actual Component  
A: Hielo = 40

Actual Factors  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

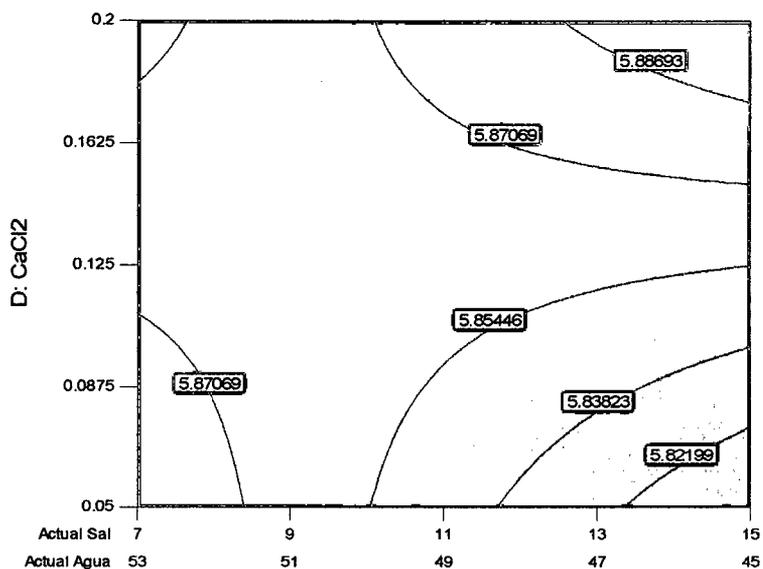


Figura III-9C: Superficie de contorno sal y agua para la textura

Las superficies de contorno son un resumen de las superficies de respuesta, nos ayudan a visualizar como se comportarían los componentes y factores cuando se les asigna una determinada función, para el caso de la superficie de

contorno solamente se puede visualizar en dos dimensiones y como la respuesta se comporta según las líneas de distribución desconocidas para el investigador, así tenemos que en la Figura III-9A para una textura de 5,889 se tiene que trabaja con hielo 42,58%, sal 8,42%, agua 49% y  $\text{CaCl}_2$  0,13%; para la Figura III-9B para una textura 5,915, hay que utilizar agua 45,84%, hielo 43,16%, sal 11% y  $\text{CaCl}_2$  0,18%; en la Figura III-9C la textura será de 5,886, si se utiliza sal 13,56, agua 46,44%, hielo 40% y  $\text{CaCl}_2$  0,18%. Como se mencionó para las gráficas de superficie de respuesta (Figura III-8A, B, C) nos conviene trabajar con la opción de la Figura III-8B por las razones indicadas, entonces, como la superficie de contorno nos muestra en otro plano la superficie de respuesta también diremos que nos conviene trabajar con las condiciones de la Figura III-9B.

### **III.1.1.2. Validación del modelo**

La validez de los resultados obtenidos en cualquier análisis de varianza queda supeditado a que los supuestos del modelo se cumplan. Cada análisis de varianza (o prueba F) busca probar que el modelo lineal propuesto efectivamente describe el comportamiento de la respuesta observada. Los supuestos a comprobar son normalidad y varianza constante.

#### **a. Supuesto de normalidad**

En la Figura III-10 se grafican los residuos en papel probabilística normal de la variable textura, se observa que todos los puntos graficados se ajustan

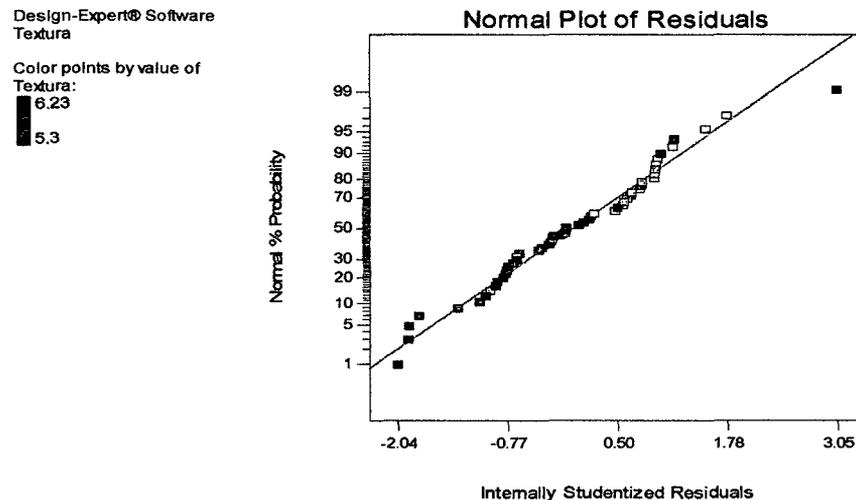
convenientemente a la recta de la normal, y se concluye que no hay transgresiones al supuesto de la normalidad; siempre conviene que los datos se ajusten a la normal, para demostrar que las pruebas se han realizado adecuadamente y que el residual final va a tender a ser cero, que es lo que se desea. Hay que considerar que el valor del residual en cada uno de los puntos es igual a:

$$Y_e - Y_c \leq 0 \dots \dots \dots \text{(III-3)}$$

Donde:

$Y_e$  = variable respuesta esperada (de las observaciones en c/u de la pruebas)

$Y_c$  = variable respuesta calculada (se calcula considerando la ecuación en función de los componentes y factores actuales, ecuación III-2).

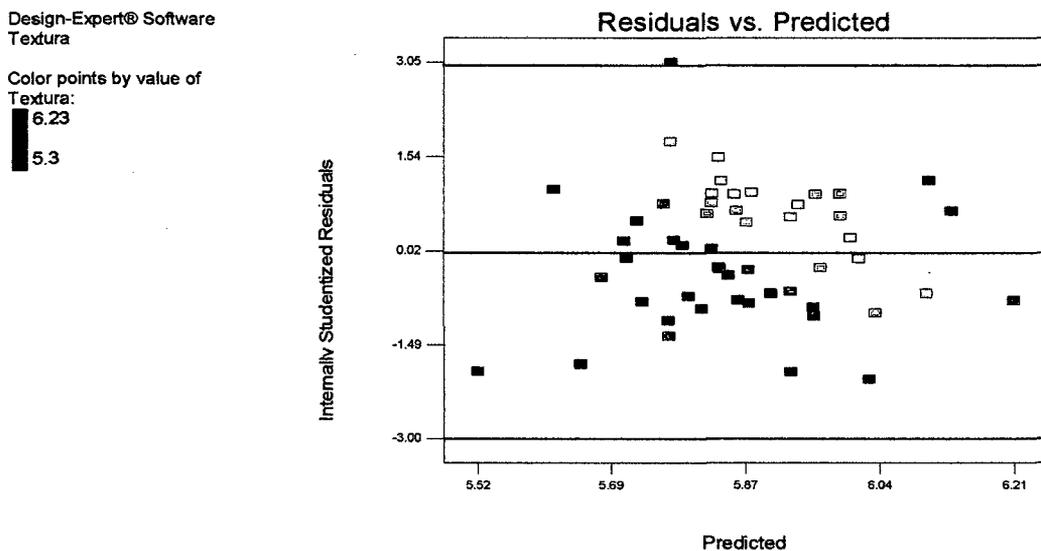


**Figura III-10: Gráfico de probabilidad para los residuos para la textura**

**b. Supuesto de varianza constante**

En ocasiones las habilidades del investigador cambian a medida que se van

realizando los experimentos, haciendo que la varianza del error también varíe con el tiempo, esta situación suele ser visualizada en el gráfico de los residuos frente al orden de ejecución. La hipótesis de igualdad de varianzas puede comprobarse a través del gráfico de residuos frente a valores predichos por el modelo, cuyos puntos deben distribuirse aleatoriamente en torno a cero. Si el modelo es correcto y se satisfacen los supuestos, los residuos deberán estar sin estructura; en particular, no deberán estar relacionados con ninguna otra variable, incluyendo la respuesta predicha (Figura III-11). En este se muestra una distribución satisfactoria de los residuos.



**Figura III-11: Gráfico residuos versus valores predichos para la textura**

El supuesto de varianza constante se puede verificar graficando los residuos contra los predichos, se observa que los puntos caen aleatoriamente en el sentido vertical dentro de una banda horizontal y están dentro de dos líneas

horizontales que representan los límites superior e inferior para concluir que el supuesto se cumple. Al ver la Figura III-11, se observa que el supuesto de varianza constante se cumple.

### III.1.2. Evaluación estadística de la variable respuesta sabor ( $Y_2$ )

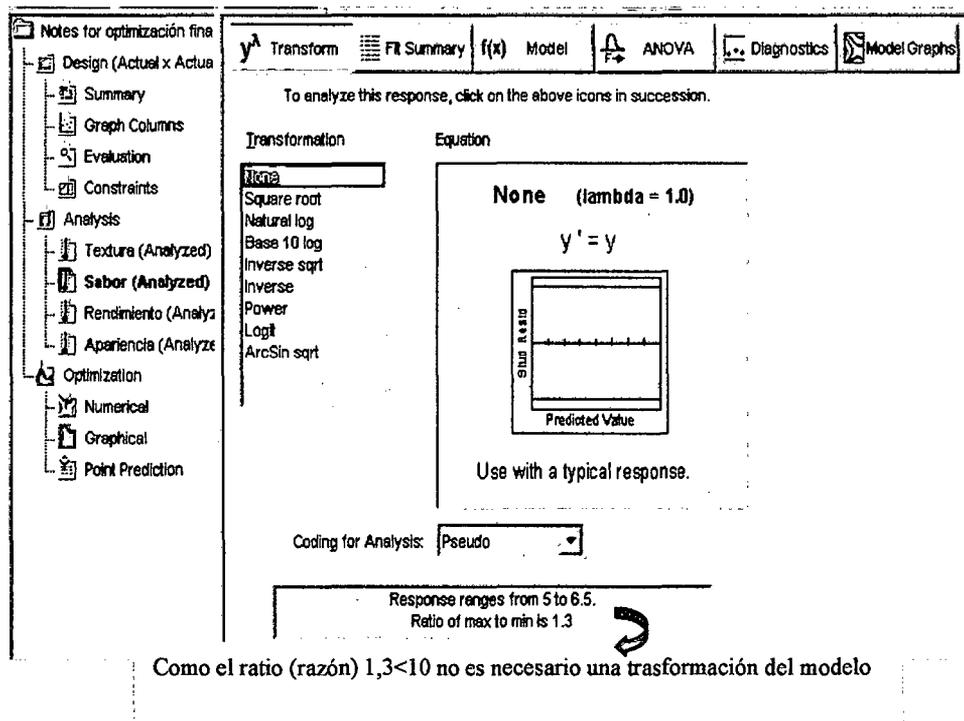


Figura III-12: Requerimiento de transformación del diseño para la variable sabor

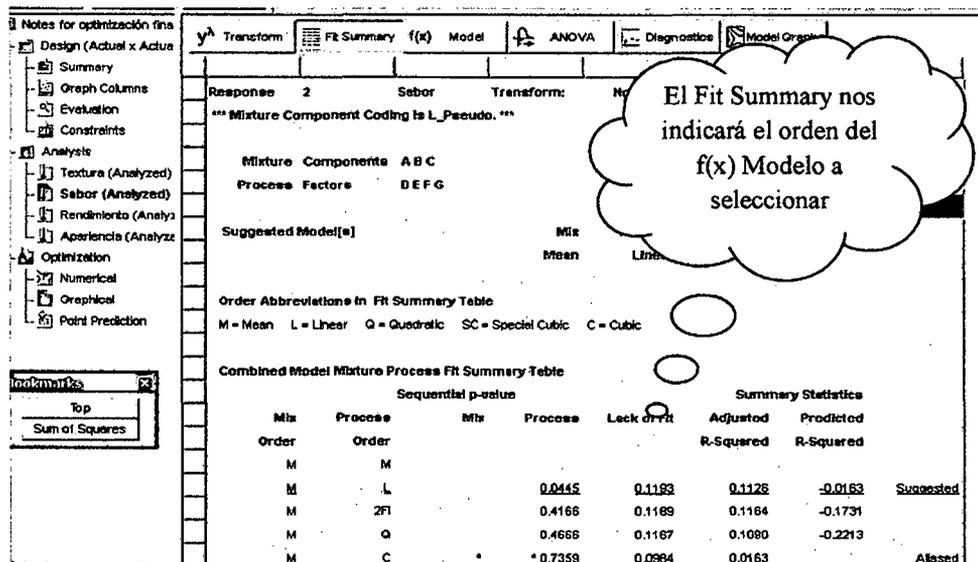


Figura III-13: Modelo estadístico a escoger para la variable respuesta sabor

El ratio (Figura III-12), es 1,3 lo cual demuestra que no es necesario hacer una transformación al modelo. En la Figura III-13, nos muestra que los datos recolectados se ajustan a un modelo “Mean x Linear”, para la mezcla un modelo Medio y para el proceso un modelo Lineal. A este modelo el software ajusta convenientemente a esta ecuación final “Mean x Mean + Used”, para que en el ANOVA sea significativo (Cuadro III-3), (ver Figura III-1 para ver ecuación final del modelo).

**Cuadro III-3: ANOVA-Ajuste del modelo para la variable respuesta sabor**

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor F</i>	<i>Prob &gt; F</i>	
<i>Model</i>	0,677	4	0,169	2,65	0,0445	<i>significant</i>
<i>D-CaCl2</i>	0,063	1	0,063	0,98	0,3260	
<i>E-T° precocción</i>	0,542	1	0,542	8,49	0,0054	
<i>F-Tiempo precocción</i>	0,038	1	0,038	0,59	0,4461	
<i>G-Tiempo ensalmuerado</i>	0,027	1	0,027	0,43	0,5173	
<i>Residual</i>	3,067	48	0,064			
<i>Falta de ajuste</i>	3,022	45	0,067	4,51	0,1193	<i>not significant</i>
<i>Error puro</i>	0,045	3	0,015			
<i>Variación Total</i>	3,744	52				

Fuente: DESIGN EXPERT V 7.0 Trial

<i>Desviación estándar</i>	0,25	<i>R-Squared</i>	0,1809
<i>Media</i>	5,85	<i>R<sup>2</sup>-ajustado</i>	0,1126
<i>C.V. %</i>	4,32	<i>R<sup>2</sup> Predecido</i>	-0,0163
<i>PRESS</i>	3,80	<i>Adeq Precision</i>	5

El Cuadro III-3 presenta el ANOVA para la variable respuesta sabor. El valor F del modelo es 2,65 lo que implica que el modelo es significativo ya que el p-value es menor a 0,05. En este caso los componentes de la mezcla no son significativos para explicar la validez del diseño (por esta razón no aparecen en el ANOVA) y la variable respuesta. La Temperatura de precocción es significativo (0,0054), lo que indica que los términos del modelo son significativos y demuestran que la función es adecuada para explicar los datos experimentales al 95 % de confianza.

El  $R^2$  indica que el modelo ajustado explica el 18,09 % de la variabilidad en sabor, como se mencionó cuando se realiza un análisis sensorial por un panel de jueces semi entrenados o no entrenados la variabilidad no va a ser muy alta, ya que los gustos entre una u otra persona no varían mucho. El estadístico  $R^2$  (ajustado para los grados de libertad de la experiencia), se observa que no varía mucho del  $R^2$  lo cual es favorable cuando se quiere evaluar el impacto de aumentar o disminuir el número de términos.

La suma de cuadrados del error de predicción (PRESS) es de 3,8, es una medida pequeña lo cual es deseable, ya que el experimento predecirá las respuestas en un nuevo experimento. El Adeq Precision (Precisión adecuada) de 5 es favorable ya que el modelo tendrá un desempeño razonable en la predicción (Manual Design Expert v 7.0-Universidad Nacional del Santa-Chimbote, 2008).

El valor F de la falta de ajuste (*Lack of Fit*) es de 0,1193 implica que la falta de ajuste no es significativa. La función polinómica que ajusta los valores del nivel de sabor obtenidos en este diseño nos demuestran que el modelo polinómico ajustado es adecuado para describir los datos experimentales mediante las siguientes ecuaciones:

**Ecuación final en función de los factores codificados para la variable sabor**

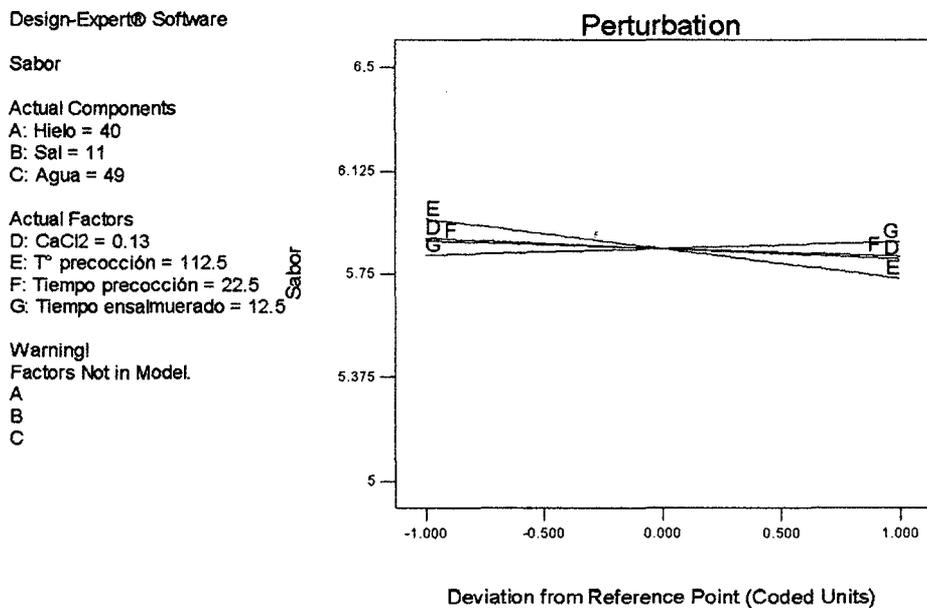
$$\text{Sabor} = + 5.84 - 0.038 * D - 0.11 * E - 0.029 * F + 0.025 * G \quad \dots(\text{III-4})$$

**Ecuación final en función de los componentes actuales y factores actuales para la variable sabor**

$$\text{Sabor} = + 10.93027 - 0.50235 * \text{CaCl}_2 - 0.043453 * T^\circ \text{ precocción} - 0.011508 * \text{Tiempo precocción} + 9.90718E-003 * \text{Tiempo ensalmuerado} \dots(\text{III-5})$$

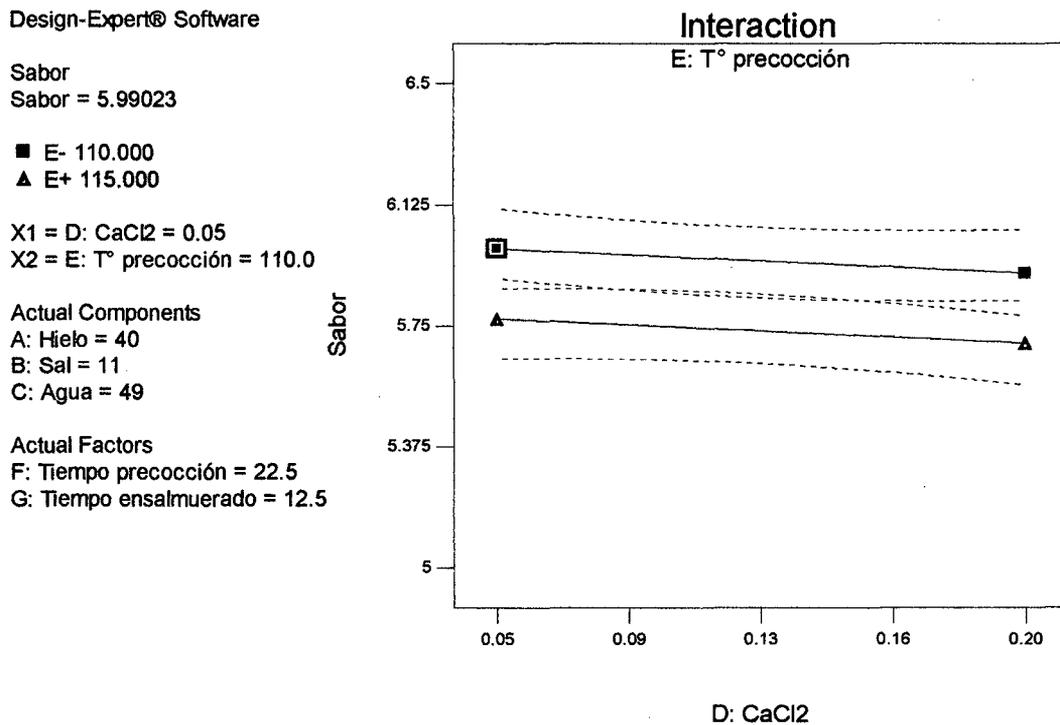
**III.1.2.1. Influencia de las variables de formulación en la variable respuesta sabor**

Se analizó los gráficos de perturbación, superficie de respuesta y contorno. Para el caso del sabor no se puede hacer un análisis de gráficas de dos componentes de la mezcla, ya que dichos componentes no intervienen en el modelo del ANOVA.



**Figura III-14: Perturbación de los compontes de la mezcla y los factores para la variable respuesta sabor**

La Figura III-14 representa los factores numéricos como se comportan ante la variable respuesta sabor, todos estos se encuentran en sus puntos medios, como se mencionó para la variable textura nos conviene que las rectas de distribución se crucen para demostrar que dichos factores representan significancia en la variable estudiada.



**Figura III-15: Interacción de los componentes de la mezclas con los factores numéricos para la variable respuesta sabor**

La Figura III-15 representa la interacción de los componentes de la mezcla y los factores numéricos del proceso, en este caso el software hace un análisis global tanto de los componentes de la mezcla como los factores del proceso, indica que al mantener constante los componentes de la mezcla en su punto medio y dos factores del proceso (tiempo de precocción y tiempo de

ensalmuerado) obtendremos un sabor de 5,99, cuando la temperatura de precocción empleada en el proceso este en su nivel mínimo (110°C) y el porcentaje de cloruro de calcio a emplear este en un 0,05% (nivel mínimo), sin embargo se conseguirá un sabor de 5,77 cuando la temperatura de precocción empleada en el proceso este en su nivel máximo (115°C) y el porcentaje de cloruro de calcio a emplear sea de 0.05%.

Design-Expert® Software

Sabor  
 6.5  
 5

X1 = A: Hielo  
 X2 = B: Sal  
 X3 = E: T° precocción

Actual Component  
 C: Agua = 49

Actual Factors  
 D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13  
 F: Tiempo precocción = 22.5  
 G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

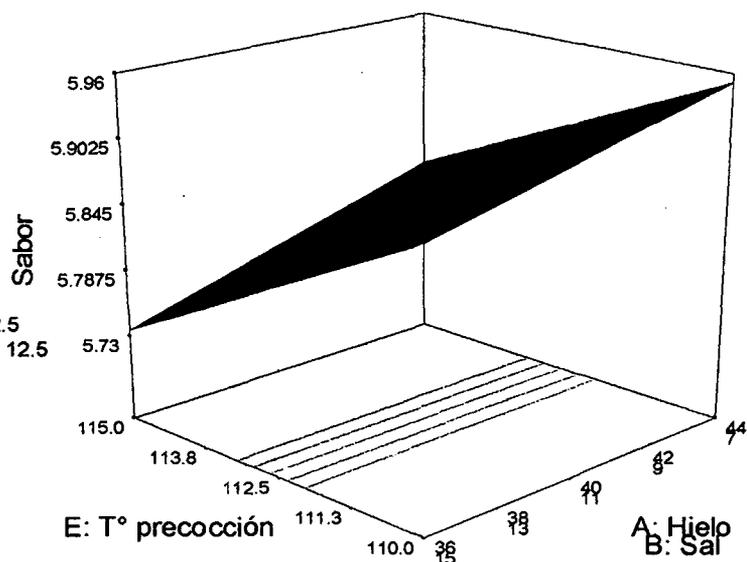


Figura III-16A: Superficie de respuesta hielo y sal para la variable sabor

Design-Expert® Software



X1 = C: Agua  
X2 = B: Sal  
X3 = E: T° precocción

Actual Component  
A: Hielo = 40

Actual Factors  
D: CaCl2 = 0.13  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

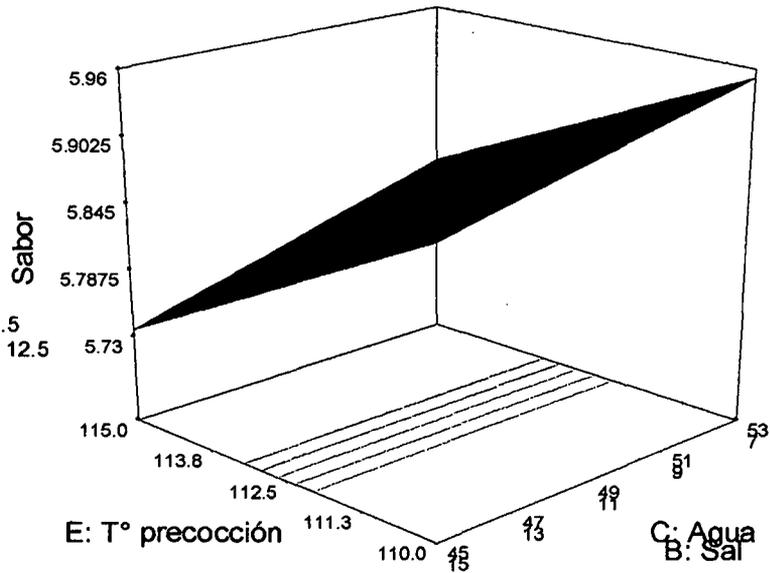


Figura III-16B: Superficie de respuesta sal y agua para la variable sabor

Design-Expert® Software



X1 = A: Hielo  
X2 = C: Agua  
X3 = E: T° precocción

Actual Component  
B: Sal = 11

Actual Factors  
D: CaCl2 = 0.13  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

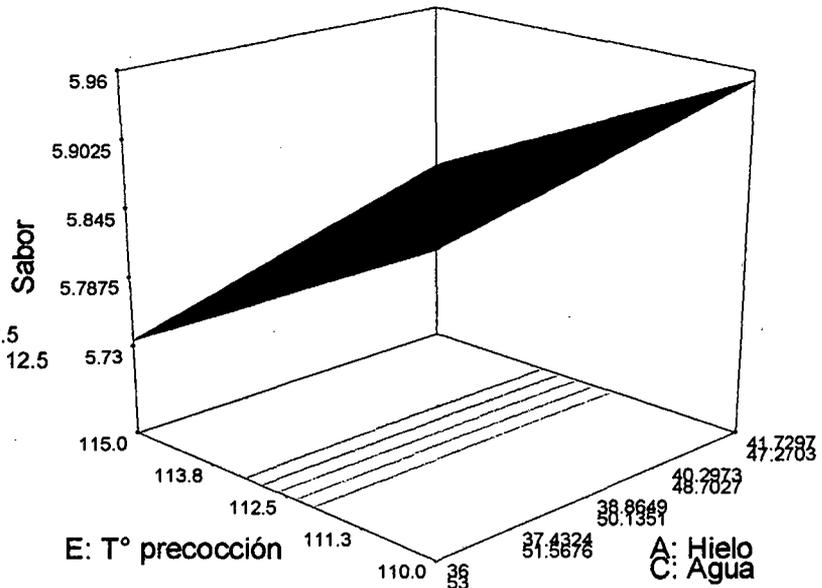


Figura III-16C: Superficie de respuesta hielo y agua para el sabor

Design-Expert® Software

Sabor  
6.5  
5

X1 = A: Hielo  
X2 = B: Sal  
X3 = E: T° precocción

Actual Component  
C: Agua = 49

Actual Factors  
D: CaCl2 = 0.13  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

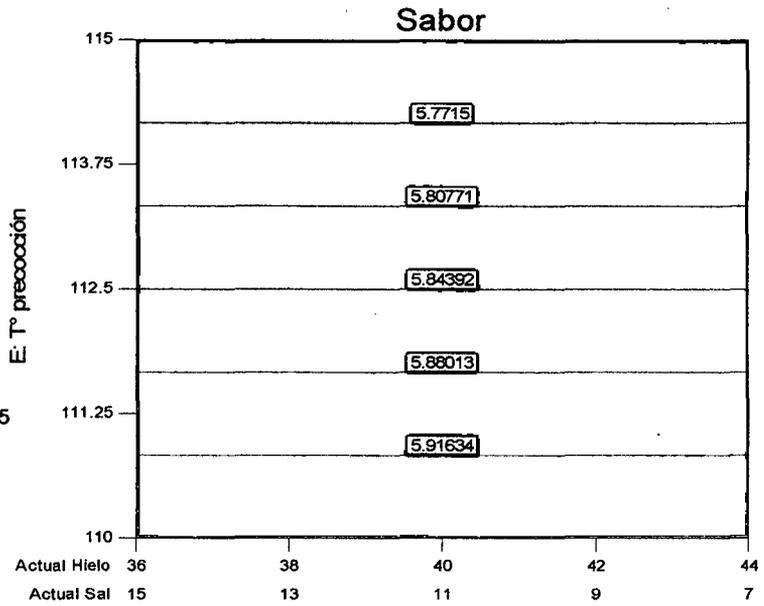


Figura III-17A: Superficie de contorno hielo y sal para la variable sabor

Design-Expert® Software

Sabor  
6.5  
5

X1 = C: Agua  
X2 = B: Sal  
X3 = E: T° precocción

Actual Component  
A: Hielo = 40

Actual Factors  
D: CaCl2 = 0.13  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

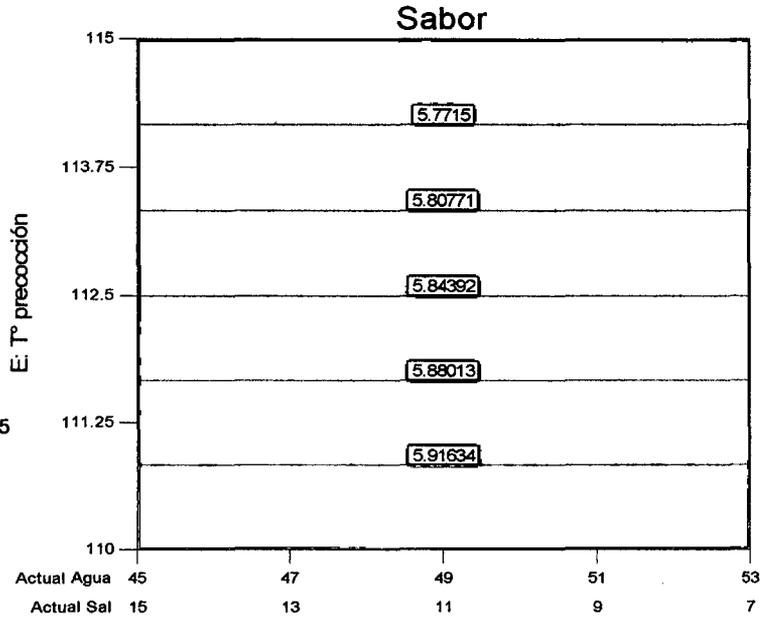


Figura III-17B: Superficie de contorno sal y agua para la variable sabor

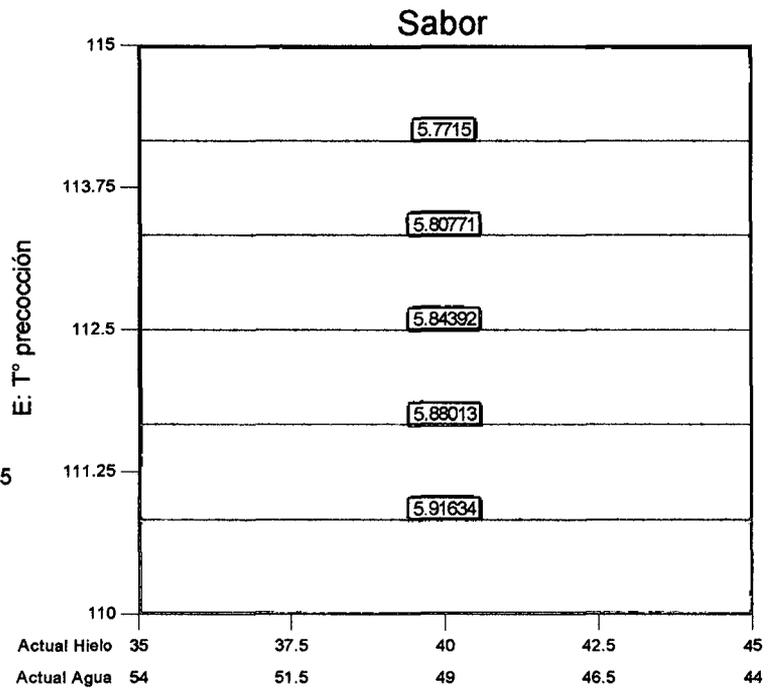
Design-Expert® Software

Sabor  
6.5  
5

X1 = A: Hielo  
X2 = C: Agua  
X3 = E: T° precocción

Actual Component  
B: Sal = 11

Actual Factors  
D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5



**Figura III-17C: Superficie de contorno hielo y agua para la variable sabor**

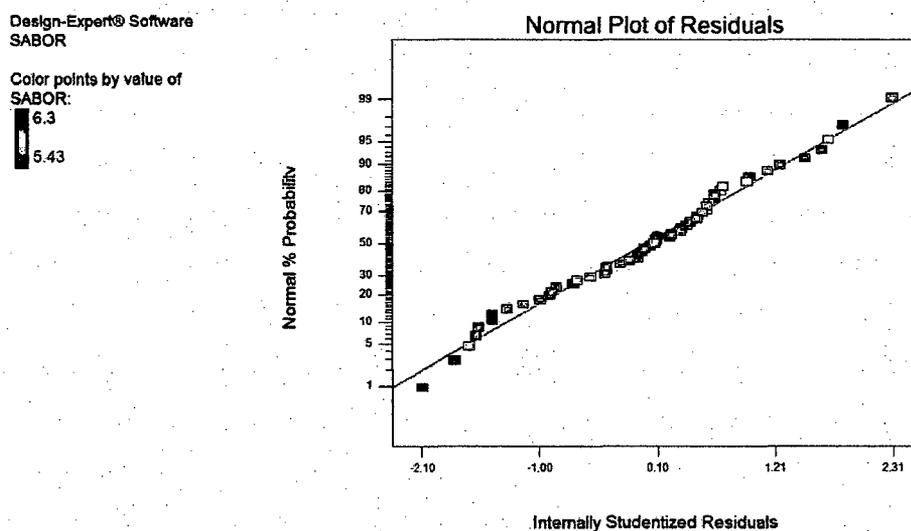
La Figura III-17A para tener un Sabor de 5,91, se debe de trabajar con hielo 39,98%, sal 11,02%, agua 49% y T° de precocción de 110,94 °C; para la Figura III-17B el Sabor estará en 5,91 si se trabaja con agua 48,94%, sal 11,06%, hielo 40% y T° precocción de 110,94°C; en la Figura III-17C el sabor será también de 5,91, si se usa hielo 39,98%, agua 49,02%, sal 11% y T° precocción de 110,91°C. En este caso se puede trabajar con cualquiera de las opciones por que las variaciones entre los componentes y factores es indiferente y la variable respuesta sabor es la misma para los tres casos. Se debe considerar la opción de la superficie de respuesta.

### III.1.2.2. Validación del modelo

Los supuestos a comprobar son normalidad y varianza constante.

#### a. Supuesto de normalidad

En la Figura III-18 se grafican los residuos en papel probabilística normal de la variable sabor. Como la mayoría de los puntos se apegan a la línea colocada visualmente, se concluye que no hay transgresiones al supuesto de normalidad.

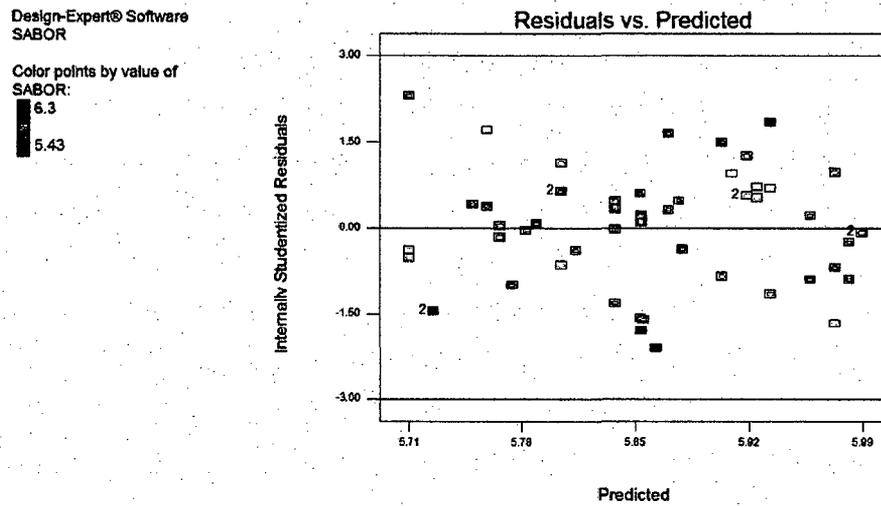


**Figura III-18: Gráfico de probabilidad para los residuos para la variable respuesta sabor**

#### b. Supuesto de varianza constante

El supuesto de varianza constante se puede verificar graficando los residuos contra los predichos, se observa que los puntos caen aleatoriamente en el

sentido vertical dentro de una banda horizontal y estan dentro de dos lineas horizontales que representan los limites superior e inferior para concluir que el supuesto se cumple. Al ver la Figura III-19, se observa que el supuesto de varianza constante se cumple.



**Figura III-19: Gráfico de residuos versus valores predichos para la variable respuesta sabor**

### III.1.3. Evaluación estadística de la variable respuesta rendimiento (Y<sub>3</sub>)

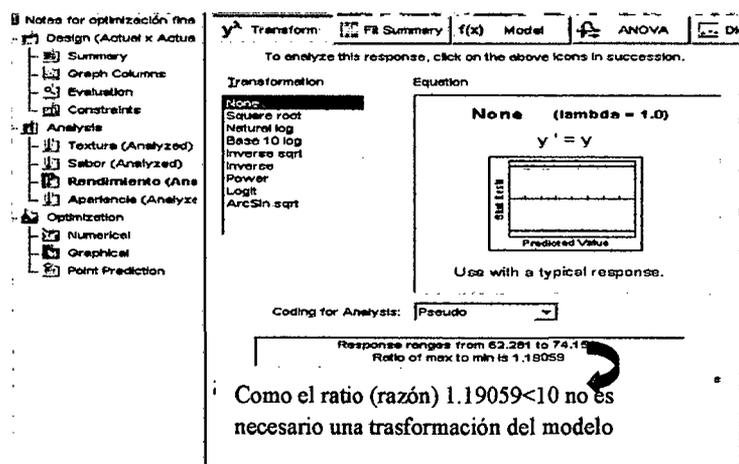


Figura III-20: Requerimiento de transformación del diseño para la variable respuesta rendimiento

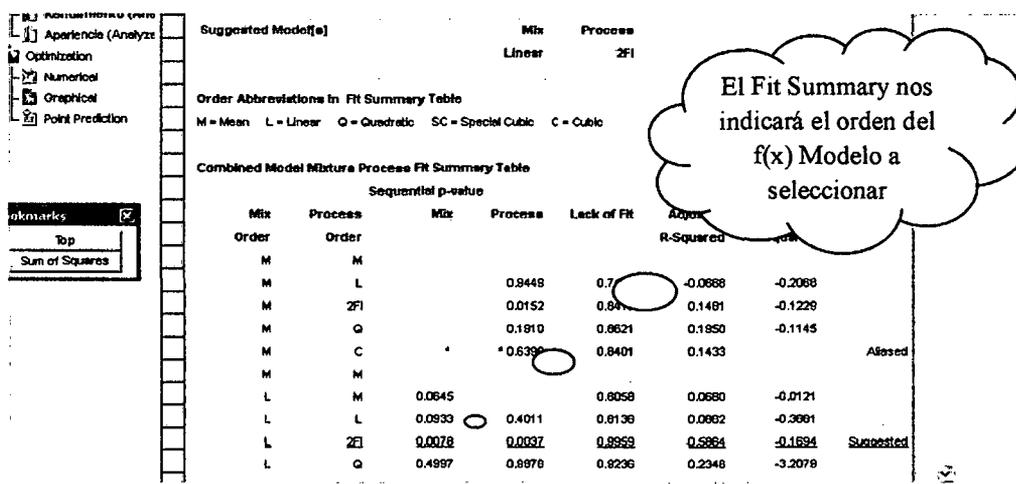


Figura III-21: Modelo estadístico a escoger para la variable respuesta rendimiento

El ratio (Figura III-20) es 1,19059, como es menor a 10 no es necesario ninguna transformación. La Figura III-21, muestra que los datos recolectados se ajustan a un modelo “Linear x 2 FI”, para la mezcla un modelo lineal y para el proceso un modelo 2FI. A este modelo (Linear x 2FI) se hace un ajuste final (exclusión de

interacciones no significativas), para que en el ANOVA sea significativo (Cuadro N° III-4), al hacer el ajuste el modelo quedaría “R Linear x 2FI” (ver Figura III-1).

**Cuadro III-4: ANOVA-Ajuste del modelo para la variable respuesta rendimiento**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	Prob > F	
Model	209,29	32	6,540	3,304	0,0033	significant
Linear Mixture	25,85	2	12,925	6,530	0,0066	
AD	0,13	1	0,129	0,065	0,8013	
AE	13,76	1	13,756	6,949	0,0158	
AF	2,04	1	2,040	1,031	0,3222	
AG	1,22	1	1,219	0,616	0,4419	
BD	1,02	1	1,018	0,514	0,4817	
BE	3,27	1	3,269	1,651	0,2135	
BF	1,76	1	1,757	0,887	0,3574	
BG	0,02	1	0,023	0,012	0,9148	
CD	2,15	1	2,149	1,085	0,3099	
CE	0,93	1	0,927	0,468	0,5017	
CF	0,01	1	0,007	0,003	0,9537	
CG	0,30	1	0,302	0,153	0,7001	
ADE	0,60	1	0,599	0,303	0,5883	
ADF	8,49	1	8,490	4,289	0,0515	
ADG	18,71	1	18,706	9,450	0,0060	
AEF	0,31	1	0,309	0,156	0,6969	
AEG	0,46	1	0,465	0,235	0,6333	
AFG	1,77	1	1,768	0,893	0,3558	
BDE	0,10	1	0,103	0,052	0,8217	
BDF	13,00	1	12,998	6,566	0,0186	
BDG	10,22	1	10,219	5,162	0,0343	
BEF	11,60	1	11,603	5,861	0,0251	
BEG	7,59	1	7,587	3,833	0,0644	
BFG	4,14	1	4,143	2,093	0,1635	
CDE	0,39	1	0,385	0,195	0,6638	
CDF	14,14	1	14,142	7,144	0,0146	
CDG	2,11	1	2,113	1,067	0,3138	
CEF	12,50	1	12,503	6,316	0,0206	
CEG	6,31	1	6,314	3,190	0,0893	
CFG	1,94	1	1,944	0,982	0,3336	
Residual	39,59	20	1,980			not significant
Falta de Ajuste	18,53	17	1,090	0,155	0,9959	
Error puro	21,06	3	7,020			
Variación Total	24,88	52				

Fuente: DESING EXPERT V 7.0 Trial Versión

Desviación estándar	1,41	R-Squared	0,8409
Media	65,97	R <sup>2</sup> -ajustado	0,5864
C.V. %	2,13	R <sup>2</sup> Predecido	-0,1694

El Cuadro N° III-4 presenta el ANOVA para la variable respuesta rendimiento, el valor F del modelo es 3,304 explica que el modelo es significativo porque el p-value es menor a 0,05. En este caso el modelo lineal de la mixtura, las interacciones AE, ADG, BDF, BDG, BEF, BEG, CDF, CEF y CEG del ANOVA tienen los p-valores inferiores a 0,05, lo que indica que los términos del modelo son significativos y demuestran que la función es adecuada para describir los datos experimentales al 95 % de confianza. Hay interacciones superiores a 0,05 las cuales se podrían excluir del ANOVA, para así tener un p-value menor, pero si excluimos dichas interacciones se tendría un estadístico  $R^2$  más bajo lo que indicaría que la variabilidad de los datos es mucho menor, además algunas de estas interacciones ayudan a explicar la significancia del modelo.

El estadístico  $R^2$  indica que el modelo explica el 84,09 % de la variabilidad en rendimiento, este valor de  $R^2$  es favorable ya que tiende hacia la unidad que es lo que se desea, este valor, se debe a que los datos obtenidos de la variable respuesta son valores objetivos a comparación de los valores obtenidos de las variables respuestas anteriores (textura y sabor) que son valores subjetivos (son cualidad de productos obtenidos por un grupo de personas). El estadístico  $R^2$  (ajustado) de 58,64 %, es muy útil para esta variable ya que se puede aumentar o disminuir el número de términos. La desviación estándar, explica la distancia que existe de cada una de las respuestas hacia el promedio de todas las respuestas esto es de 1,41.

La suma de cuadrados del error de predicción (PRESS) es de 29,15, medida de ajuste o de adecuación con que es posible que el modelo del experimento predecirá las respuestas en un nuevo experimento. El Adeq Precision (Precisión adecuada) es de 9,7593 es favorable ya que se desea valores mayores a 4, entonces esto indica que el modelo tendrán un desempeño razonable en la predicción (Manual Design Expert v 7.0-Universidad Nacional del Santa-Chimbote. 2008).

El valor F de la falta de ajuste (*Lack of Fit*) es de 0,9959 lo que implica que la falta de ajuste no es significativa. La función polinómica que ajusta los valores del nivel de rendimiento obtenidos en este diseño nos demuestran que el modelo ajustado es adecuado para describir los datos experimentales mediante las siguientes ecuaciones:

**Ecuación final en función de los factores codificados para la variable rendimiento**

$$\begin{aligned}
 \text{Rendimiento} = & + 65.58 * A + 68.51 * B + 65.35 * C - 0.19 * A * D - 2.14 * A * \\
 & E - 0.75 * A * F + 0.59 * A * G + 0.71 * B * D + 1.32 * B * E - 0.96 * B * F + \\
 & 0.11 * B * G - 0.43 * C * D + 0.27 * C * E + 0.024 * C * F + 0.16 * C * G - \\
 & 0.45 * A * D * E + 1.67 * A * D * F \\
 & - 2.48 * A * D * G + 0.30 * A * E * F + 0.39 * A * E * G + 0.77 * A * F * G - \\
 & 0.25 * B * D * E + 2.79 * B * D * F + 2.39 * B * D * G - 2.51 * B * E * F - 2.00 * \\
 & B * E * G + 1.50 * B * F * G + 0.18 * C * D * E - 1.15 * C * D * F + 0.43 * C *
 \end{aligned}$$

...III-6

**Ecuación final en función de los componentes actuales y factores actuales para la  
variable respuesta rendimiento**

$$\begin{aligned}
 \text{Rendimiento} = & + 30.09824 * \text{Hielo} - 65.48849 * \text{Sal} - 18.88288 * \text{Agua} \\
 & + 9.83088 * \text{Hielo} * \text{CaCl}_2 - 0.25346 * \text{Hielo} * \text{T}^\circ \text{ precocción} - 0.86000 \\
 & * \text{Hielo} * \text{Tiempo precocción} - 0.65165 * \text{Hielo} * \text{Tiempo} \\
 & \text{ensalmuerado} - 21.72698 * \text{Sal} * \text{CaCl}_2 + 0.64357 * \text{Sal} * \text{T}^\circ \\
 & \text{precocción} + 1.82030 * \text{Sal} * \text{Tiempo precocción} + 1.40621 * \text{Sal} * \\
 & \text{Tiempo} \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{ensalmuerado} \\
 & - 3.37191 * \text{Agua} * \text{CaCl}_2 + 0.16260 * \text{Agua} * \text{T}^\circ \text{ precocción} + \\
 & 0.61213 * \text{Agua} * \text{Tiempo precocción} + 0.41782 * \text{Agua} * \text{Tiempo} \\
 & \text{ensalmuerado} - 0.10302 * \text{Hielo} * \text{CaCl}_2 * \text{T}^\circ \text{ precocción} + 0.39980 * \\
 & \text{Hielo} * \text{CaCl}_2 * \text{Tiempo precocción} - 0.57906 * \text{Hielo} * \text{CaCl}_2 * \\
 & \text{Tiempo ensalmuerado} + 6.88394 * 10^{-3} * \text{Hielo} * \text{T}^\circ \text{ precocción} * \\
 & \text{Tiempo} \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{precocción} \\
 & + 6.08151 * 10^{-3} * \text{Hielo} * \text{T}^\circ \text{ precocción} * \text{Tiempo ensalmuerado} + \\
 & 2.07837 * 10^{-3} * \text{Hielo} * \text{Tiempo precocción} * \text{Tiempo ensalmuerado} \\
 & - 0.043375 * \text{Sal} * \text{CaCl}_2 * \text{T}^\circ \text{ precocción} \\
 & + 0.73186 * \text{Sal} * \text{CaCl}_2 * \text{Tiempo precocción} + 0.86475 * \text{Sal} * \text{CaCl}_2 \\
 & * \text{Tiempo ensalmuerado} - 0.018071 * \text{Sal} * \text{T}^\circ \text{ precocción} * \text{Tiempo} \\
 & \text{precocción} - 0.015207 * \text{Sal} * \text{T}^\circ \text{ precocción} * \text{Tiempo} \\
 & \text{ensalmuerado} + 8.56771 * 10^{-3} * \text{Sal} * \text{Tiempo precocción} * \text{Tiempo} \\
 & \text{ensalmuerado} + 0.083851 * \text{Agua} * \text{CaCl}_2 * \text{T}^\circ \text{ precocción} - 0.43570 \\
 & * \text{Agua} * \text{CaCl}_2 * \text{Tiempo precocción} + 0.28501 * \text{Agua} * \text{CaCl}_2 *
 \end{aligned}$$

..III-7

**III.1.3.1. Influencia de las variables de formulación en la variable  
respuesta rendimiento**

Se analizó las gráficas de: perturbación de componentes y factores, dos componentes de la mezcla, interacción, superficie de respuesta y contorno.

Design-Expert® Software

Rendimiento

Actual Components

A: Hielo = 40

B: Sal = 11

C: Agua = 49

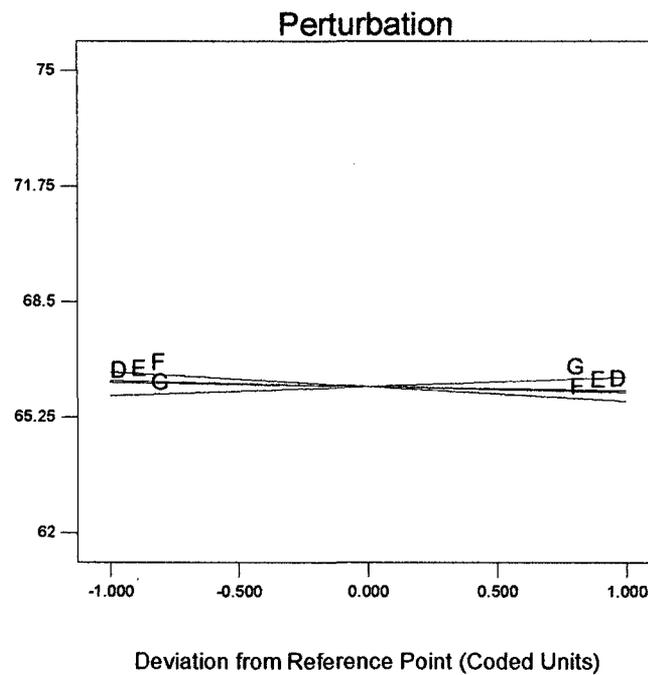
Actual Factors

D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13

E: T° precocción = 112.5

F: Tiempo precocción = 22.5

G: Tiempo ensalmuerado = 12.5



**Figura III-22: Perturbación de los componentes de la mezcla y los factores para la variable rendimiento**

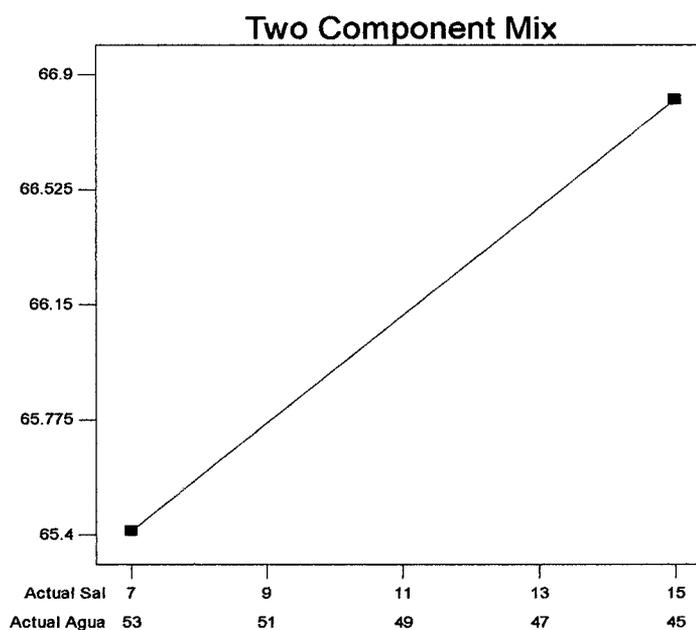
La Figura III-22 representa los componentes de la mezcla y factores numéricos como se comportan ante la variable respuesta rendimiento, los componentes de la mezcla y los factores del proceso se encuentran en sus puntos medios (nivel medio). Aquí observamos la significancia tanto de los componentes como los factores sobre la variable respuesta, ya que todas las rectas se entrelazan que es lo que se desea en la investigación.

Design-Expert® Software

Rendimiento  
● Design Points  
X1 = B: Sal  
X2 = C: Agua

Actual Component  
A: Hielo = 40

Actual Factors  
D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5



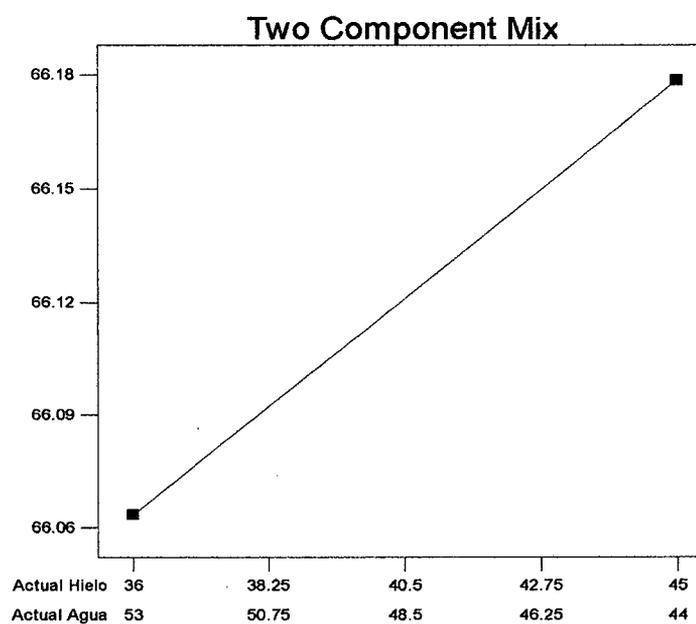
**Figura III-23A: Representación sal y agua respecto a la variable rendimiento**

Design-Expert® Software

Rendimiento  
● Design Points  
X1 = A: Hielo  
X2 = C: Agua

Actual Component  
B: Sal = 11

Actual Factors  
D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5



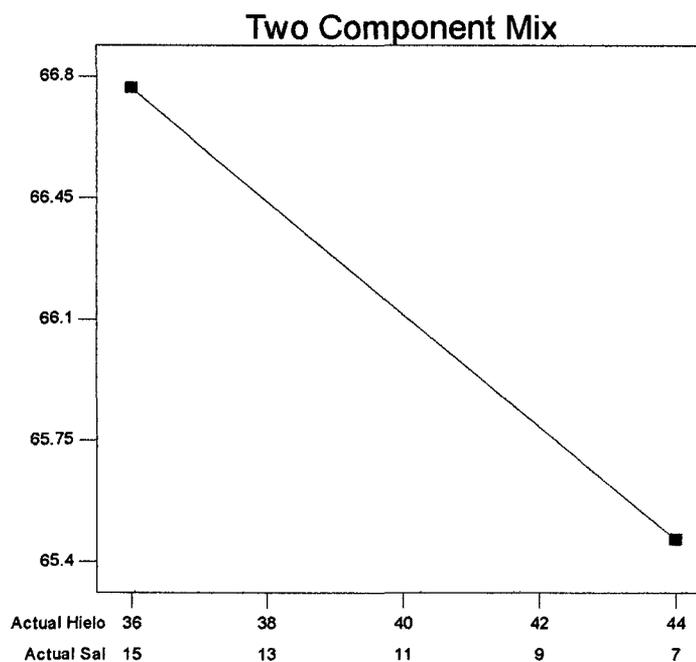
**Figura III-23B: Representación hielo y agua respecto a la variable rendimiento**

Design-Expert® Software

Rendimiento  
● Design Points  
X1 = A: Hielo  
X2 = B: Sal

Actual Component  
C: Agua = 49

Actual Factors  
D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5



**Figura III-23C: Representación hielo y sal respecto a la variable rendimiento**

De estas tres gráficas se podría decir que nos conviene trabajar con la alternativa de la Figura III-23C (36% hielo, 15% sal y 49% agua) cuando el rendimiento es 66,8 caja/TN materia prima, porque es una cantidad adecuada y también porque se utiliza una menor cantidad de hielo y el % de sal es bueno para ayudar a mantener buena textura del producto.

Design-Expert® Software

Rendimiento

- F- 20.000
- ▲ F+ 25.000

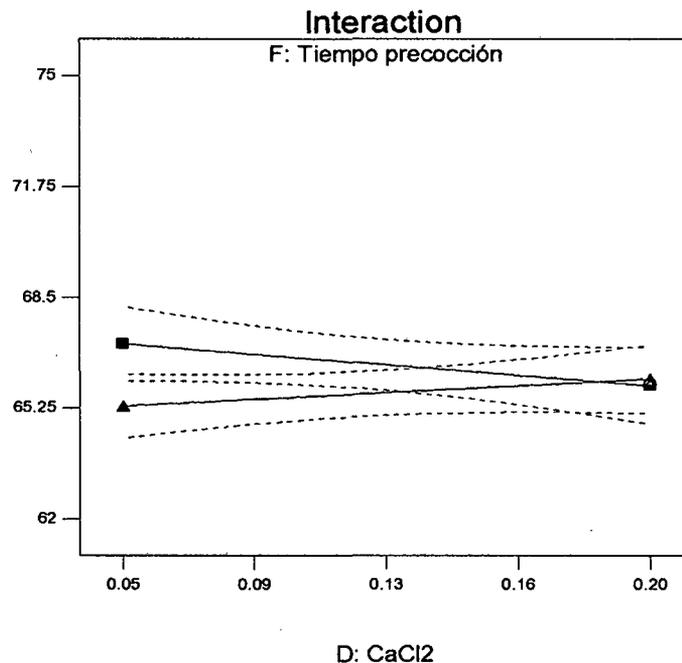
X1 = D: CaCl2  
X2 = F: Tiempo precocción

Actual Components

- A: Hielo = 40
- B: Sal = 11
- C: Agua = 49

Actual Factors

- E: T° precocción = 112.5
- G: Tiempo ensalmuerado = 12.5



**Figura III-24: Interacción de los componentes de la mezclas con los factores numéricos para la variable respuesta rendimiento**

Design-Expert® Software

Rendimiento

- 74.151
- 62.281

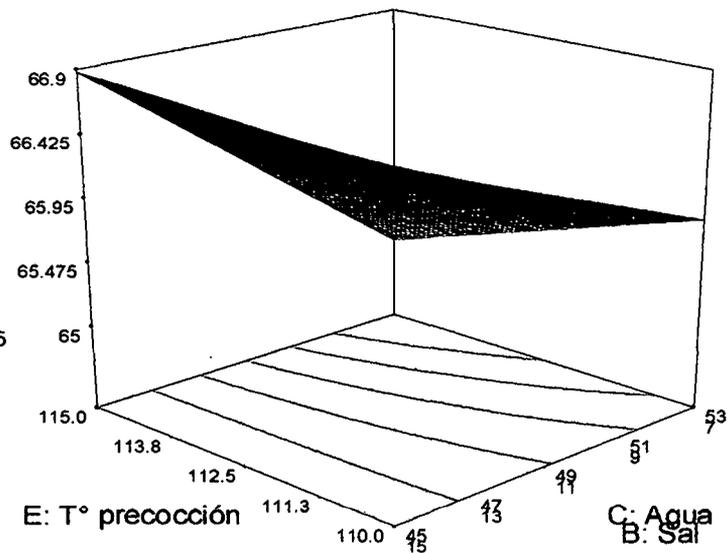
X1 = C: Agua  
X2 = B: Sal  
X3 = E: T° precocción

Actual Component

- A: Hielo = 40

Actual Factors

- D: CaCl2 = 0.13
- F: Tiempo precocción = 22.5
- G: Tiempo ensalmuerado = 12.5



**Figura III-25A: Superficie de respuesta sal y agua para el rendimiento**

Design-Expert® Software

Rendimiento

74.151

62.281

X1 = A: Hielo

X2 = C: Agua

X3 = E: T° precocción

Actual Component

B: Sal = 11

Actual Factors

D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13

F: Tiempo precocción = 22.5

G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

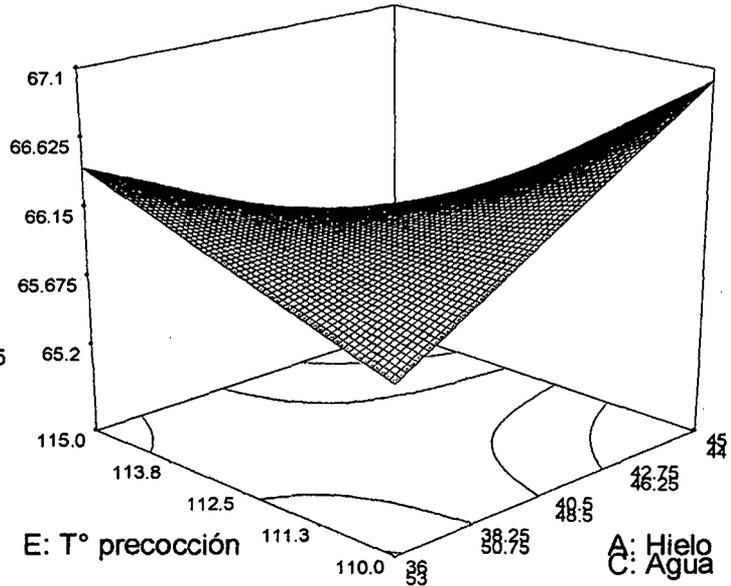


Figura III-25B: Superficie de respuesta hielo y agua para el rendimiento

Design-Expert® Software

Rendimiento

74.151

62.281

X1 = A: Hielo

X2 = B: Sal

X3 = E: T° precocción

Actual Component

C: Agua = 49

Actual Factors

D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13

F: Tiempo precocción = 22.5

G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

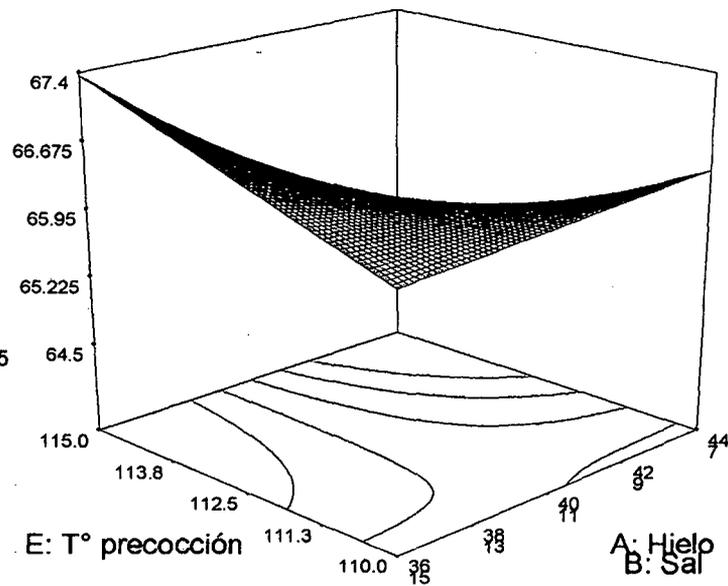


Figura III-25C: Superficie de respuesta hielo y sal para el rendimiento

Al observar la Figura III-25A,B,C nos permitire determinar cual es el pico más alto, para encontrar los valores de los factores y componentes de la mezcla. Para tener este pico más alto supone mantener constante un componente de la mezcla en su nivel medio y los otros dos hacerlos variar desde su nivel inferior hasta su nivel superior, además se supone mantener tres factores del proceso en su nivel medio, se tuvo el criterio de hacer variar el factor T° de precocción, ya que al hacerle variar este factor obtendremos mayores valores de rendimiento, asociado con los otros factores del proceso y los componentes de la mezcla. No olvidar que los componentes sal y hielo son fundamentales para la conservación del pescado luego de la etapa del rigost mortis, y que asociados estos dos componentes van a ayudar a mantener una buena textura del pescado y a retardar la etapa post rigost (ITP, 1995).

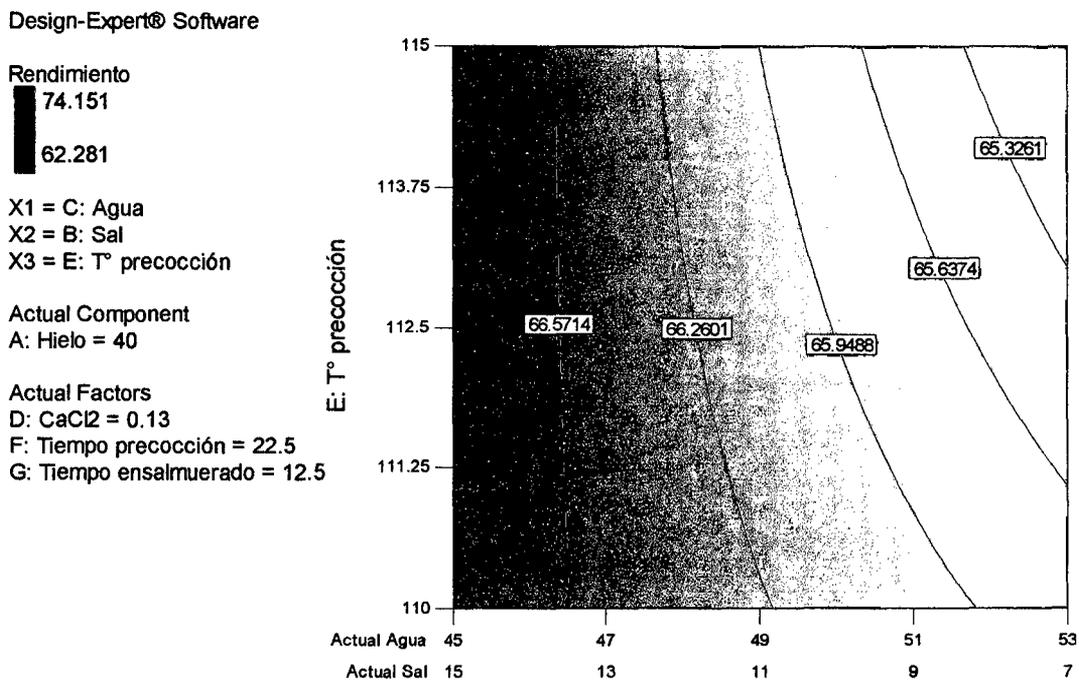


Figura III-26A: Superficie de contorno sal y agua para la variable rendimiento

Design-Expert® Software

Rendimiento

74.151

62.281

X1 = A: Hielo

X2 = C: Agua

X3 = E: T° precocción

Actual Component

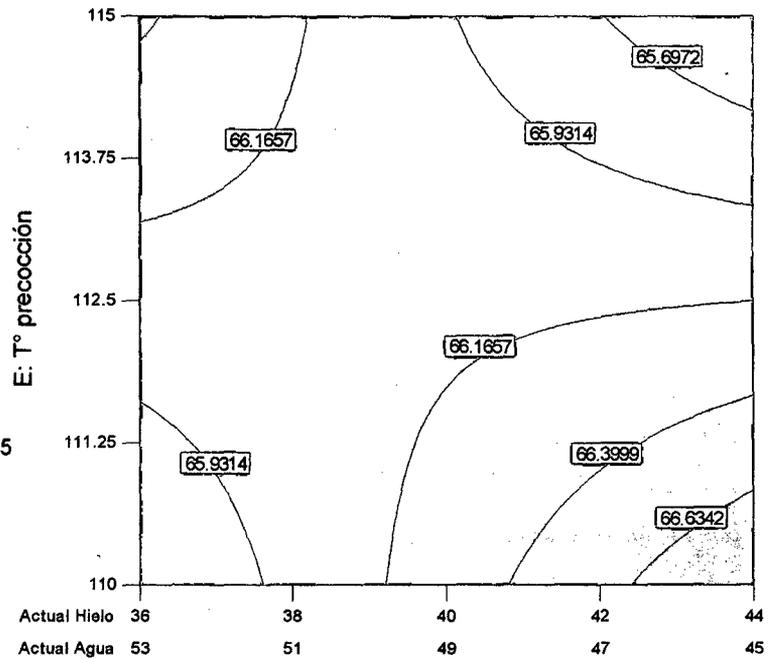
B: Sal = 11

Actual Factors

D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13

F: Tiempo precocción = 22.5

G: Tiempo ensalmuerado = 12.5



**Figura III-26B: Superficie de contorno hielo y agua para la variable rendimiento**

En la Figura III-26A para un rendimiento de 66,57cajas/TN materia prima se tiene que tener una mezcla de agua 46,40%, sal 13,60%, 40% de hielo y trabajar con una T° de precocción de 112,52°C; para el caso de la Figura N° III-26B para un rendimiento de 66,1657cajas/TN materia prima, hay que utilizar hielo 37,68%, agua 51,32%, sal 11% y una T° de precocción 113,88°C. Para las gráficas de superficie de respuesta (Figura III-25A, B, C) nos conviene trabajar con la opción de la Figura III-25B por las razones mencionadas, entonces para la superficie de contorno diremos que nos conviene trabajar con las condiciones de la Figura III-26B.

### III.1.3.2. Validación del modelo

Cada análisis de varianza (o prueba F) busca probar que el modelo lineal propuesto efectivamente describe el comportamiento de la respuesta observada. Los supuestos a comprobar son normalidad y varianza constante.

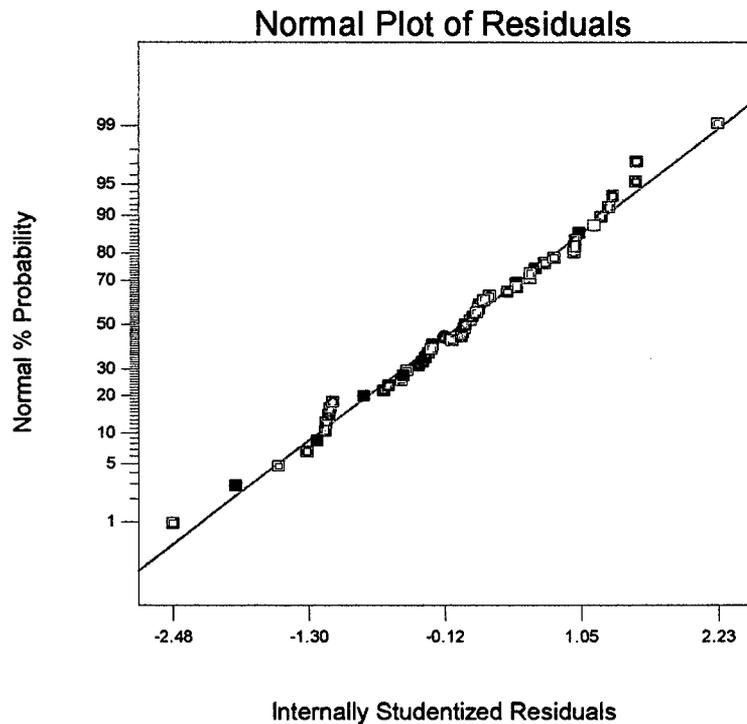
#### a. Supuesto de normalidad

En la Figura III-27 se grafican los residuos en papel probabilística normal para la variable rendimiento, se observa que todos los puntos graficados se ajustan convenientemente a la recta de la normal, y se concluye que no hay transgresiones al supuesto de la normalidad.

Design-Expert® Software  
Rendimiento

Color points by value of  
Rendimiento:

■ 74.151  
■ 62.281



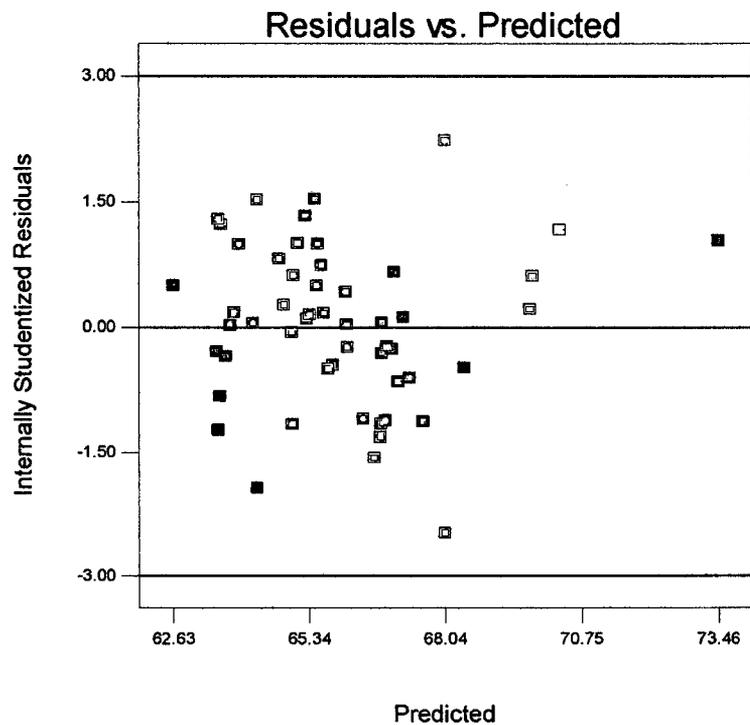
**Figura III-27: Gráfico de probabilidad de los residuos para la variable respuesta rendimiento**

### b. Supuesto de varianza constante

La hipótesis de igualdad de varianzas puede comprobarse a través del gráfico de residuos frente a valores predichos por el modelo, cuyos puntos deben distribuirse aleatoriamente en torno a cero. Si el modelo es correcto y se satisfacen los supuestos, los residuos deberán estar sin estructura; en particular, no deberán estar relacionados con ninguna otra variable, incluyendo la respuesta predicha (Figura III-28). En este se muestra una distribución satisfactoria de los residuos.

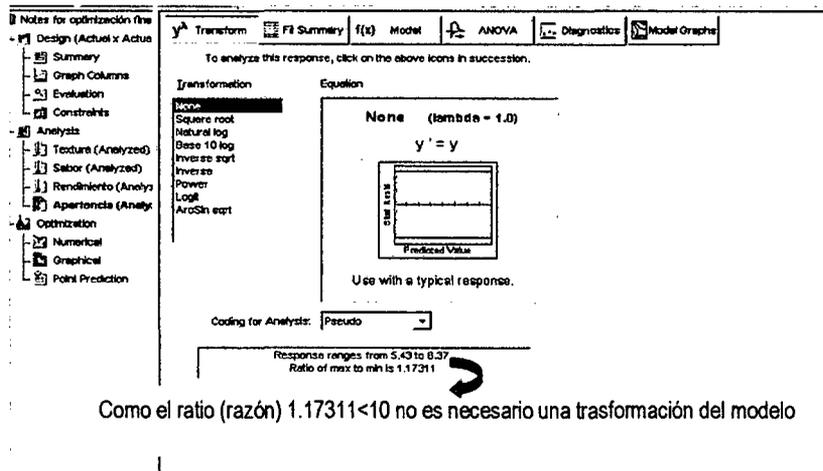
Design-Expert® Software  
Rendimiento

Color points by value of  
Rendimiento:

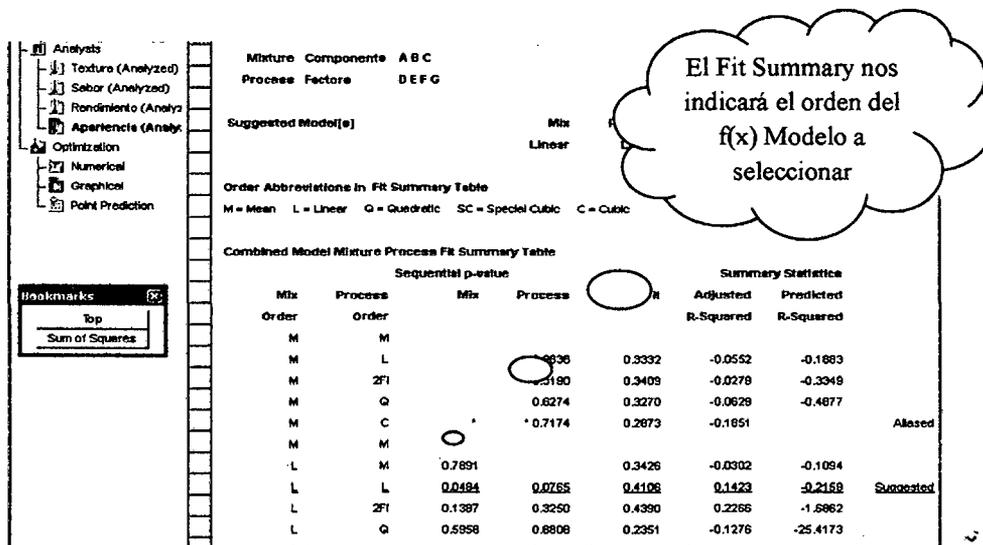


**Figura III-28: Gráfico de residuos versus valores predichos para la variable respuesta rendimiento**

### III.1.4. Evaluación estadística de la variable respuesta apariencia general (Y<sub>4</sub>)



**Figura III-29: Requerimiento de transformación del diseño para la variable respuesta apariencia general**



**Figura III-30: Modelo estadístico a escoger para la variable apariencia general**

El ratio de la Figura III-29 es de 1,17311, es menor a 10 lo que nos demuestra que no es necesario realizar ninguna transformación. La Figura III-30, muestra que los datos recolectados para la variable apariencia general se ajustan a un modelo

“Linear x Linear”, para la mezcla un modelo lineal y para el proceso también un modelo lineal. A este modelo se hace un ajuste final (exclusión de interacciones no significativas), para que en el ANOVA sea significativo (Cuadro III-5), al hacer el ajuste el modelo queda “R Linear x Linear” (ver Figura III-1).

**Cuadro III-5: ANOVA-Ajuste del modelo para la variable respuesta apariencia general**

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor F</i>	<i>Prob &gt; F</i>
<i>Model</i>	0,642	11	0,058	2,21	0,0328 <i>significant</i>
<i>Linear Mixture</i>	0,016	2	0,008	0,31	0,7367
<i>AE</i>	0,071	1	0,071	2,67	0,1096
<i>AF</i>	0,055	1	0,055	2,08	0,1570
<i>AG</i>	0,146	1	0,146	5,55	0,0234
<i>BD</i>	0,122	1	0,122	4,61	0,0378
<i>BG</i>	0,145	1	0,145	5,48	0,0242
<i>CD</i>	0,119	1	0,119	4,52	0,0395
<i>CE</i>	0,071	1	0,071	2,71	0,1075
<i>CF</i>	0,031	1	0,031	1,16	0,2878
<i>CG</i>	0,055	1	0,055	2,09	0,1555
<i>Residual</i>	1,083	41	0,026		
<i>Lack of Fit</i>	1,026	38	0,027	1,42	0,4437 <i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	0,057	3	0,019		
<i>Cor Total</i>	1,725	52			

Fuente: DESIGN EXPERT V 7.0 Trial

<i>Desviación standar</i>	0,16	<i>R-Squared</i>	0,3723
<i>Media</i>	5,94	<i>R<sup>2</sup>-ajustado</i>	0,2039
<i>C.V. %</i>	2,74	<i>R<sup>2</sup> Predecido</i>	-0,0591

*PRESS*

*1,83*

*Adeq Precision*

*5,8148*

El Cuadro III-5 muestra el ANOVA para la variable respuesta apariencia general. El valor F del modelo es 2,21 lo que implica que el modelo es significativo porque el p-value es menor a 0,05. Para el caso de esta variable respuesta las interacciones AG, BD, BG y CD del ANOVA tienen los p-valores inferiores a 0,05 lo que indica que los términos del modelo son significativos y demuestran que la función es adecuada para describir los datos experimentales al 95 % de confianza.

El estadístico  $R^2$  indica que el modelo explica el 37,23 % de la variabilidad en la apariencia general, aquí tenemos un  $R^2$  bajo, hay que considerar que los datos de esta variable se obtuvieron por un medio subjetivo (análisis sensorial), pero consideremos que el estadístico  $R^2$  (ajustado) de 20,39%, es un valor que no se aleja demasiado del  $R^2$  y es favorable cuando se desea trabajar con una cantidad mayor de factores.

La suma de cuadrados del error de predicción (PRESS) es de 1,83, medida de ajuste o de adecuación, este modelo se ajusta porque es un valor bajo que es lo que se desea. El Adeq Precision (Precisión adecuada) es de 5,8148 es favorable ya que se desea valores mayores a 4, indica que el modelo tendrán un desempeño razonable en la predicción (Manual Design Expert v 7.0-Universidad Nacional del Santa-Chimbote. 2008).

El valor F de la falta de ajuste (*Lack of Fit*) es de 0,4437 lo que implica que la falta de ajuste no es significativa. La función que ajusta los valores demuestran que el modelo es adecuado para describir los datos experimentales mediante las siguientes ecuaciones:

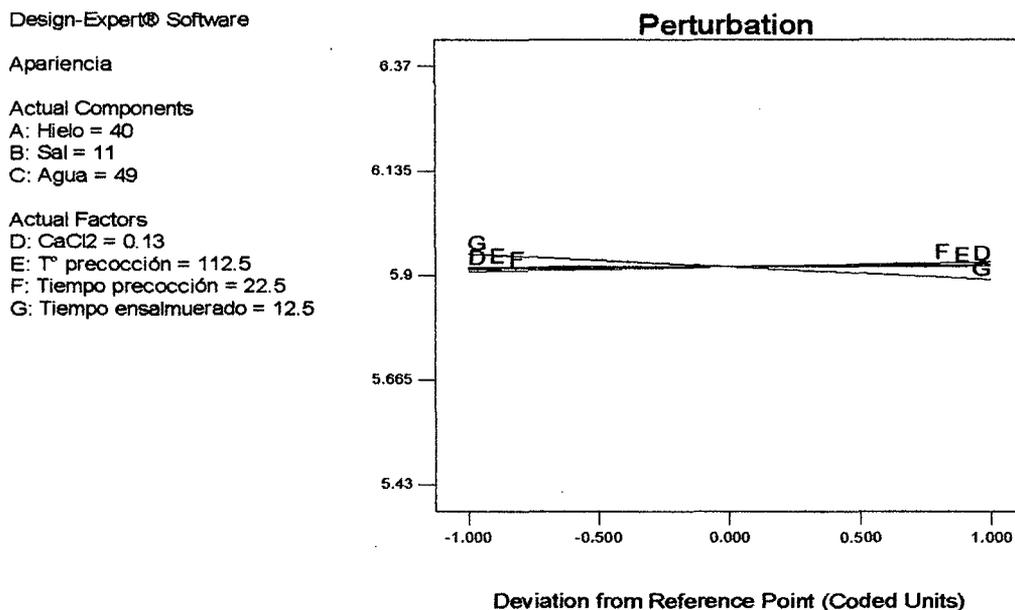
**Ecuación final en función de los factores codificados para la variable respuesta  
apariencia general**

$$\text{Apariencia} = + 5.97 * A + 5.78 * B + 5.95 * C + 0.12 * A * E + 0.11 * A * F + 0.18 * A * G + 0.21 * B * D - 0.23 * B * G - 0.084 * C * D - 0.063 * C * E - 0.041 * C * F - 0.056 * C * G \quad \dots \text{III-8}$$

**Ecuación final en función de los componentes actuales y factores actuales para la  
variable respuesta apariencia general**

$$\begin{aligned} \text{Apariencia} = & - 0.26488 * \text{Hielo} + 0.10136 * \text{Sal} + 0.31411 * \text{Agua} + \\ & 2.12211 * 10^{-3} * \text{Hielo} * T^{\circ} \text{ precocción} + 1.91832 * 10^{-3} * \text{Hielo} * \text{Tiempo} \\ & \text{precocción} + 3.49685 * 10^{-3} * \text{Hielo} * \text{Tiempo ensalmuerado} + 0.17874 \\ & * \text{Sal} * \text{CaCl}_2 - 5.84168 * 10^{-3} * \text{Sal} * \text{Tiempo ensalmuerado} - 0.039100 * \\ & \text{Agua} * \text{CaCl}_2 - 1.72517 * 10^{-3} * \text{Agua} * T^{\circ} \text{ precocción} \\ & - 1.46777 * 10^{-3} * \text{Agua} * \text{Tiempo precocción} - 1.78395 * 10^{-3} * \text{Agua} * \\ & \text{Tiempo ensalmuerado} \end{aligned} \quad \dots \text{III-9}$$

### III.1.4.1. Influencia de las variables de formulación en la variable respuesta apariencia general



**Figura III-31: Perturbación de los componentes de la mezcla y los factores para la variable respuesta apariencia general**

La Figura III-31 grafica los componentes de la mezcla y factores numéricos como se comportan ante la variable respuesta apariencia general, todos estos se encuentran en sus puntos medios, como se mencionó para las anteriores variables respuestas, nos conviene que las rectas se crucen para demostrar que todos los componentes y factores representan significancia en la variable estudiada.

Design-Expert® Software

Apariencia

● Design Points

X1 = A: Hielo

X2 = B: Sal

Actual Component

C: Agua = 49

Actual Factors

D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13

E: T° precocción = 112.5

F: Tiempo precocción = 22.5

G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

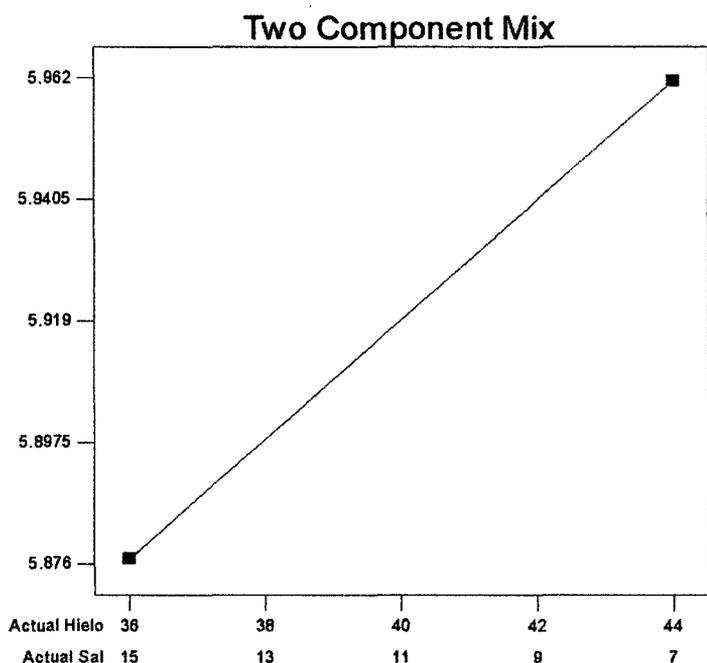


Figura III-32A: Representación hielo y sal para la apariencia general

Design-Expert® Software

Apariencia

● Design Points

X1 = A: Hielo

X2 = C: Agua

Actual Component

B: Sal = 11

Actual Factors

D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13

E: T° precocción = 112.5

F: Tiempo precocción = 22.5

G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

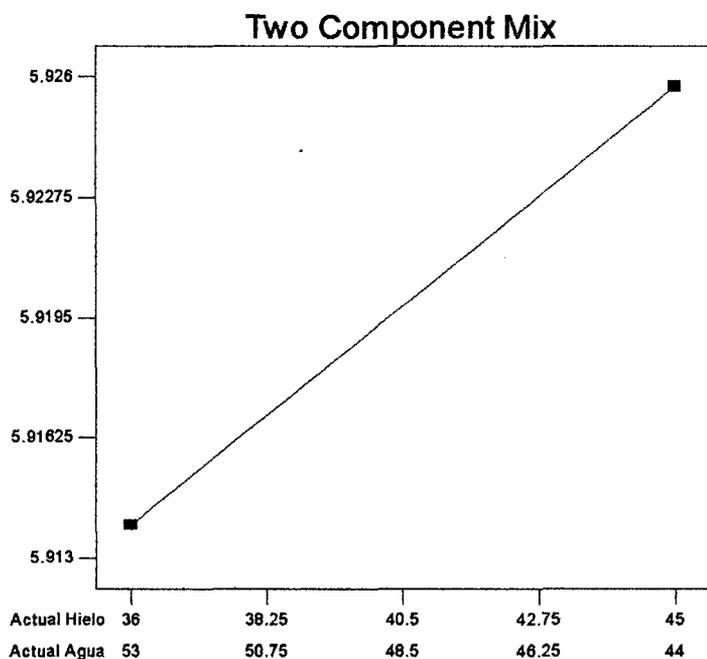


Figura III-32B: Representación hielo y agua para la apariencia general

Design-Expert® Software

Apariencia  
● Design Points  
X1 = C: Agua  
X2 = B: Sal

Actual Component  
A: Hielo = 40

Actual Factors  
D: CaCl2 = 0.13  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5  
G: Tiempo ensalmuerado = 12.5

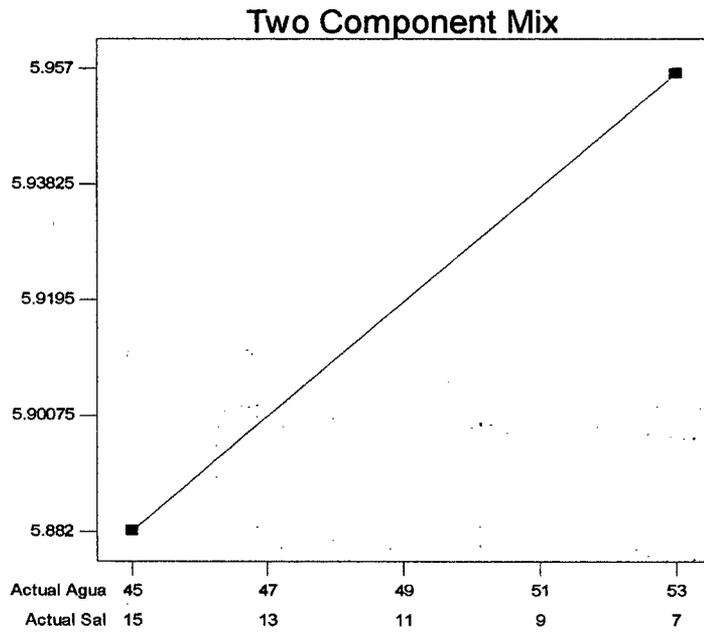


Figura III-32C: Representación sal y agua para la apariencia general

Design-Expert® Software

Apariencia

■ G- 10.000  
▲ G+ 15.000

X1 = D: CaCl2  
X2 = G: Tiempo ensalmuerado

Actual Components  
A: Hielo = 40  
B: Sal = 11  
C: Agua = 49

Actual Factors  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5

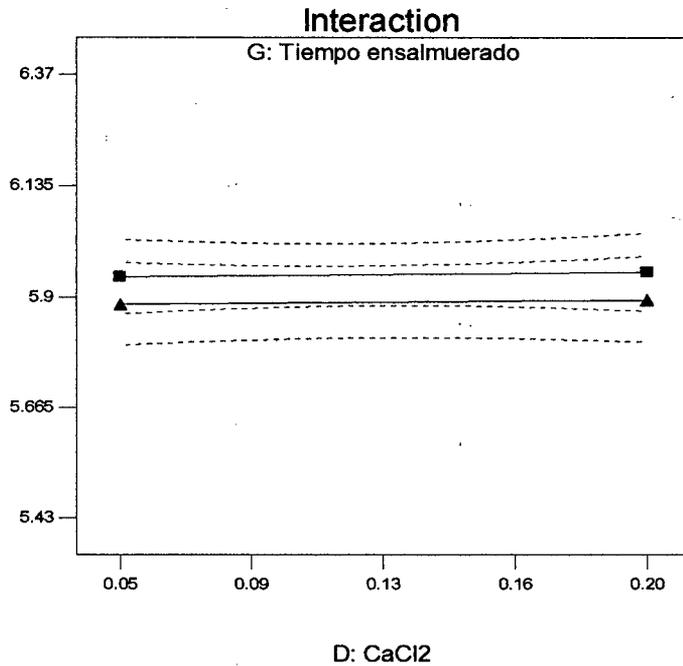


Figura III-33: Interacción de los componentes de la mezclas con los factores numéricos para la variable respuesta apariencia general

Design-Expert® Software

Apariencia



X1 = B: Sal  
X2 = C: Agua  
X3 = G: Tiempo ensalmuerado

Actual Component  
A: Hielo = 40

Actual Factors  
D: CaCl2 = 0.13  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5

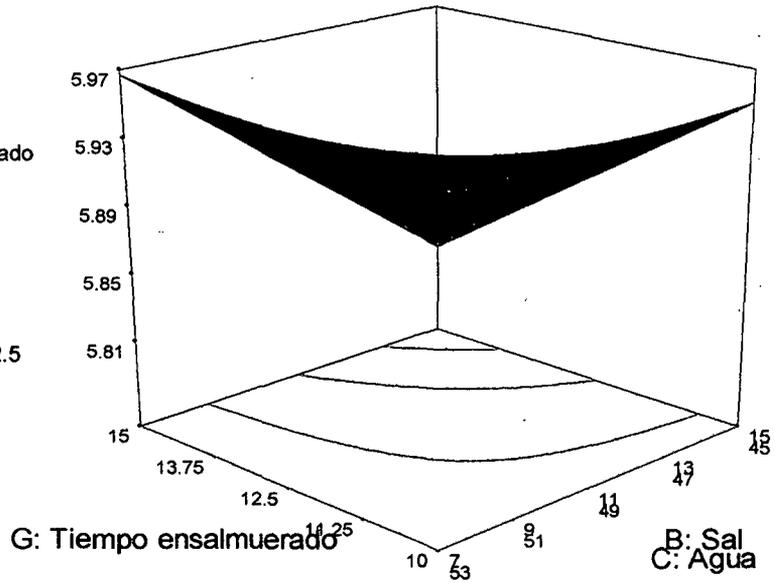


Figura III-34A: Superficie de respuesta sal y agua para la apariencia

Design-Expert® Software

Apariencia



X1 = A: Hielo  
X2 = C: Agua  
X3 = G: Tiempo ensalmuerado

Actual Component  
B: Sal = 11

Actual Factors  
D: CaCl2 = 0.13  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5

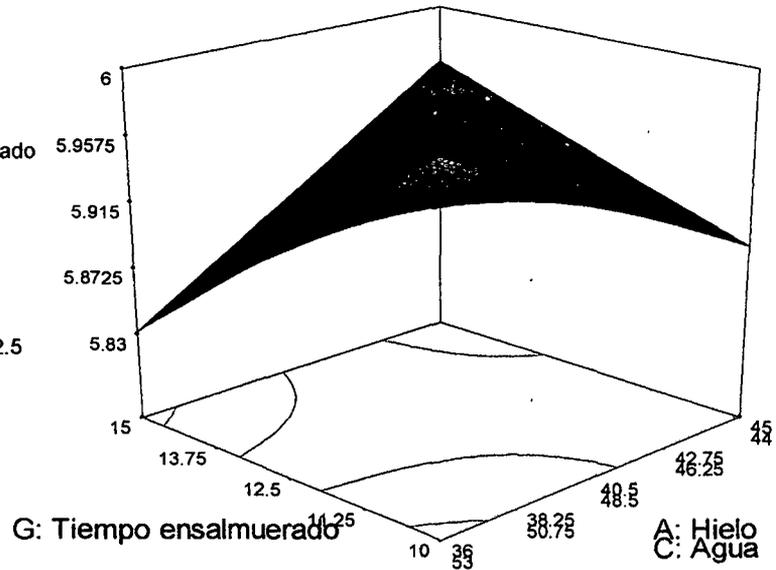


Figura III-34B: Superficie de respuesta hielo y agua para la apariencia

Design-Expert® Software

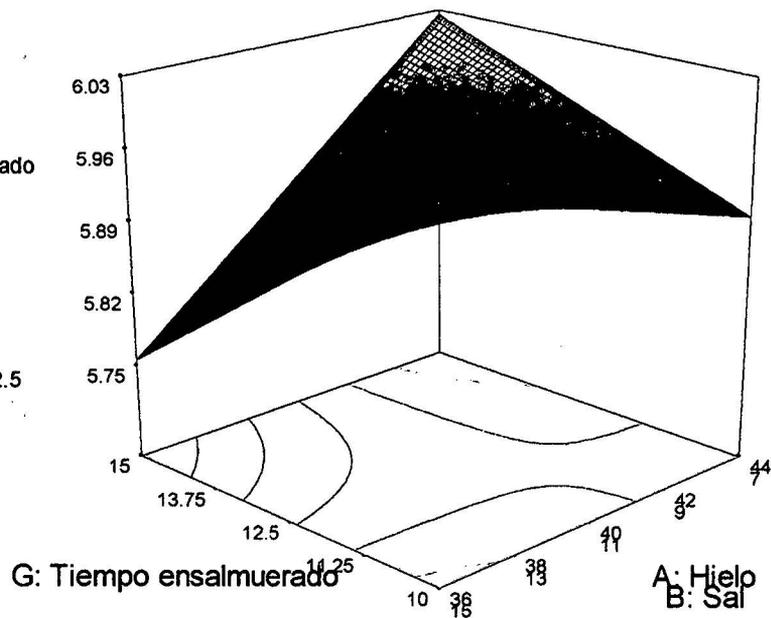
Apariencia



X1 = A: Hielo  
X2 = B: Sal  
X3 = G: Tiempo ensalmuerado

Actual Component  
C: Agua = 49

Actual Factors  
D: CaCl2 = 0.13  
E: T° precocción = 112.5  
F: Tiempo precocción = 22.5



**Figura III-34C: Superficie de respuesta hielo y sal para la apariencia**

La Figura N° III-34A,B,C nos permitirá determinar el pico más alto, para encontrar cuales serían los valores de los factores y componentes de la mezcla que nos ayuden a encontrar una mejor puntuación para nuestra variable respuesta apariencia general, y luego localizar su superficie de contorno (Figura III-35A, B, C). Para tener este pico más alto se tiene que mantener constante un componente de la mezcla en su nivel medio y los otros dos hacerlos variar, además supone mantener tres factores del proceso en su nivel medio, se tuvo el criterio de hacer variar el factor tiempo de ensalmuerado, para evitar tener cuello de botella durante el proceso y además por que al hacer variar este factor se tenía valores más altos para nuestra variable respuesta.

Para la Figura III-34A se tendrá una apariencia de 5,97 si se trabaja con: sal 7,07%, agua 52,93%, y un tiempo de ensalmuerado de 14,98min; para la Figura III-34B si se desea tener una apariencia de 6, hay que trabajar con hielo 44%, agua 44,99% y un tiempo de ensalmuerado 14,46min; finalmente en la Figura N° III-34C se tendrá una apariencia de 6,03 si se trabaja con, hielo 43,13%, sal 7,87% y tiempo de ensalmuerado 14,45min.

Nos conviene trabajar con las condiciones de la Figura III-34A porque se tiene un valor para la variable respuesta adecuada y además por que los valores de hielo y sal son favorables, tanto para el producto como por la rentabilidad de costos.

Design-Expert® Software

Apariencia

6.37

5.43

X1 = B: Sal

X2 = C: Agua

X3 = G: Tiempo ensalmuerado

Actual Component

A: Hielo = 40

Actual Factors

D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13

E: T° precocción = 112.5

F: Tiempo precocción = 22.5

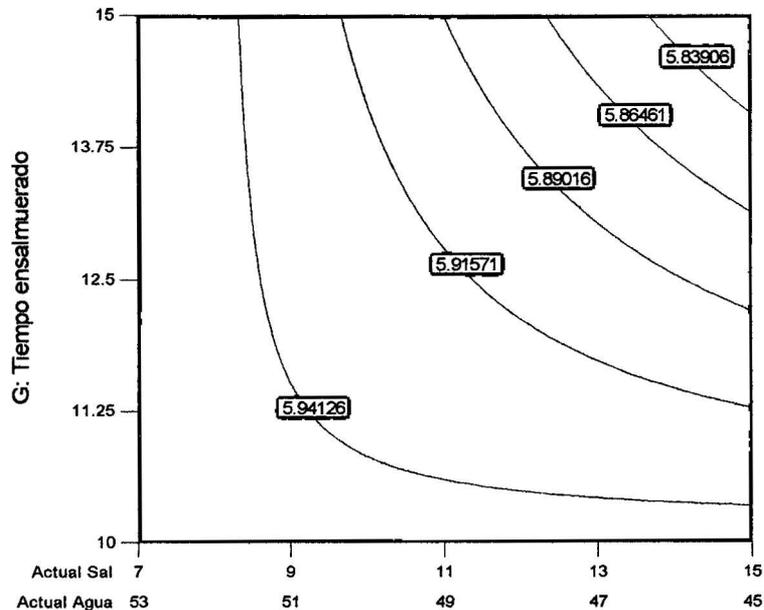


Figura III-35A: Superficie de contorno sal y agua para la apariencia

Design-Expert® Software

Apariencia

6.37

5.43

X1 = A: Hielo

X2 = C: Agua

X3 = G: Tiempo ensalmuerado

Actual Component

B: Sal = 11

Actual Factors

D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13

E: T° precocción = 112.5

F: Tiempo precocción = 22.5

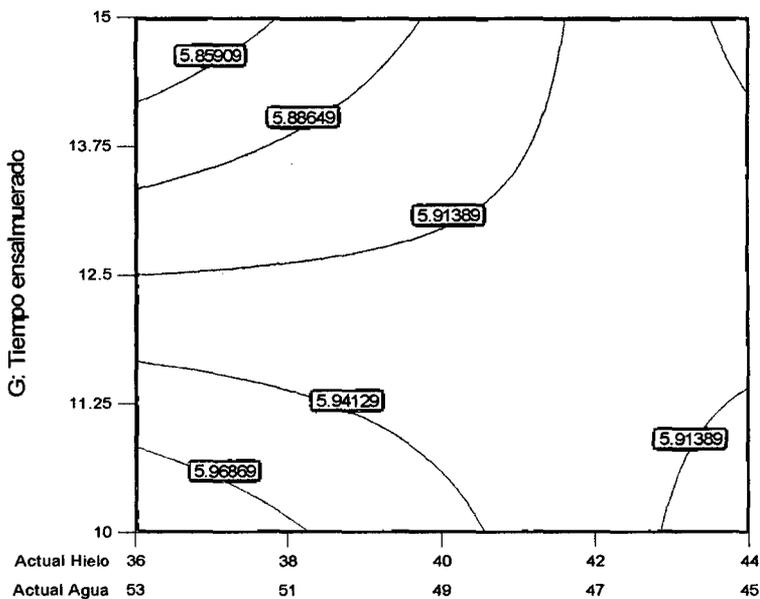


Figura N° III-35B: Superficie de contorno hielo y agua para la apariencia

Design-Expert® Software

Apariencia

6.37

5.43

X1 = A: Hielo

X2 = B: Sal

X3 = G: Tiempo ensalmuerado

Actual Component

C: Agua = 49

Actual Factors

D: CaCl<sub>2</sub> = 0.13

E: T° precocción = 112.5

F: Tiempo precocción = 22.5

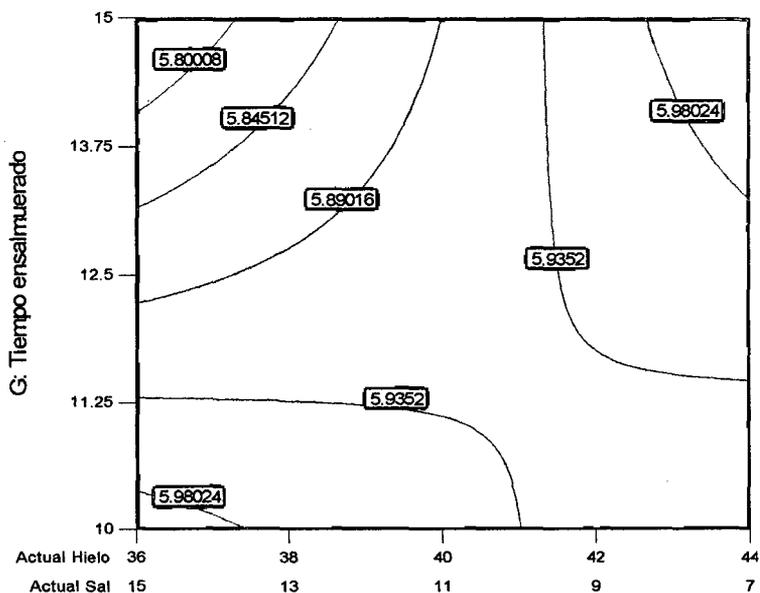


Figura N° III-35C: Superficie de contorno hielo y sal para la apariencia

Como se mencionó anteriormente, las superficies de contorno hacen un resumen de las superficies de respuesta, aquí solamente se puede visualizar las respuestas en dos dimensiones, así tenemos que en la Figura III-35A la

apariencia será de 5,94 cuando se utilice sal 9,22%, agua 50,78% y un tiempo de ensalmuerado de 11,29 min; la Figura III-35B la apariencia es 5,968 si se trabaja con hielo 37,08%, agua 51,92% y tiempo de ensalmuerado de 10,57 min; en la Figura III-35C la apariencia es 5,98, si se mezcla hielo 36,52%, sal 14,48% y un tiempo de ensalmuerado de 10,29min. Para las gráficas de superficie de respuesta (Figura III-34A, B, C) nos conviene trabajar con la opción de la Figura III-34A por las razones indicadas, entonces según la superficie de contorno nos conviene trabajar con las condiciones de la Figura III-35A.

#### **III.1.4.2. Validación del modelo**

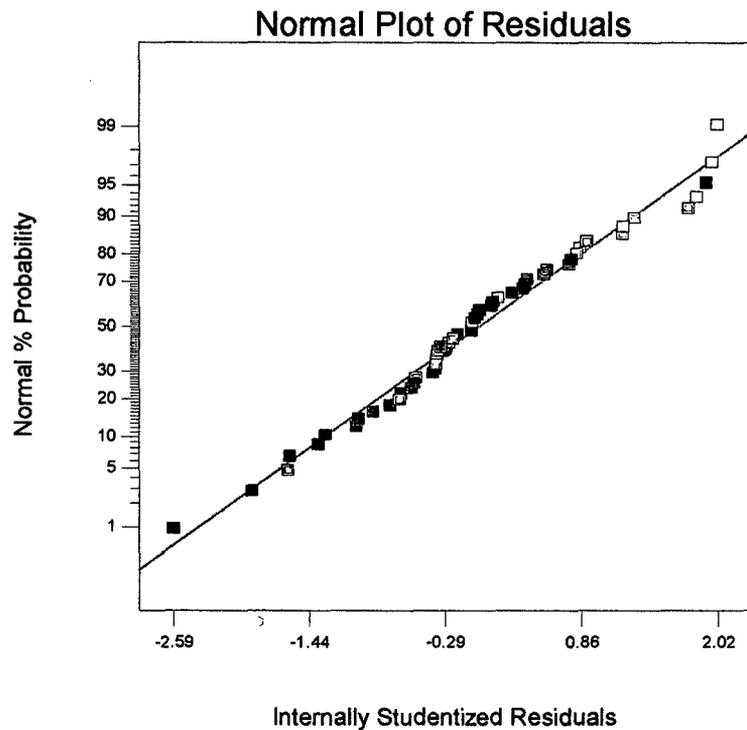
##### **a. Supuesto de normalidad**

En la figura III-36 se grafican los residuos en papel probabilística normal, se observa que todos los puntos graficados se ajustan convenientemente a la recta de la normal, y se concluye que no hay transgresiones al supuesto de la normalidad.

Design-Expert® Software  
Apariencia

Color points by value of  
Apariencia:

■ 6.37  
■ 5.43



**Figura III-36: Gráfico de probabilidad para los residuos para la variable  
apariencia**

#### **b. Supuesto de varianza constante**

La hipótesis de igualdad de varianzas puede comprobarse a través del gráfico de residuos frente a valores predichos por el modelo, cuyos puntos deben distribuirse aleatoriamente en torno a cero. Si el modelo es correcto, los residuos deberán estar sin estructura; en particular, no deberán estar relacionados con ninguna otra variable, incluyendo la respuesta predicha (Figura III-37). Para el caso de esta variable se muestra una distribución satisfactoria de los residuos.

Design-Expert® Software  
Apariencia

Color points by value of  
Apariencia:

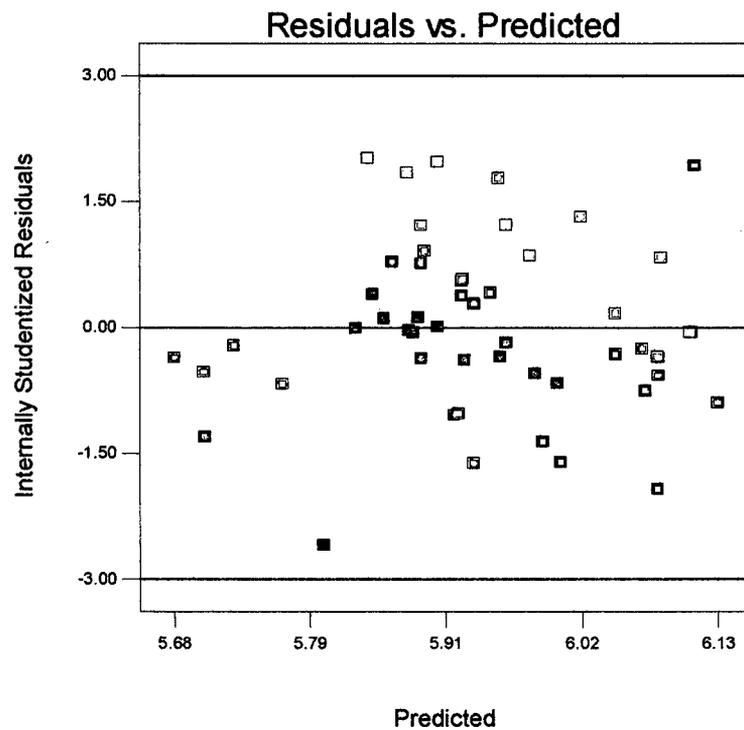


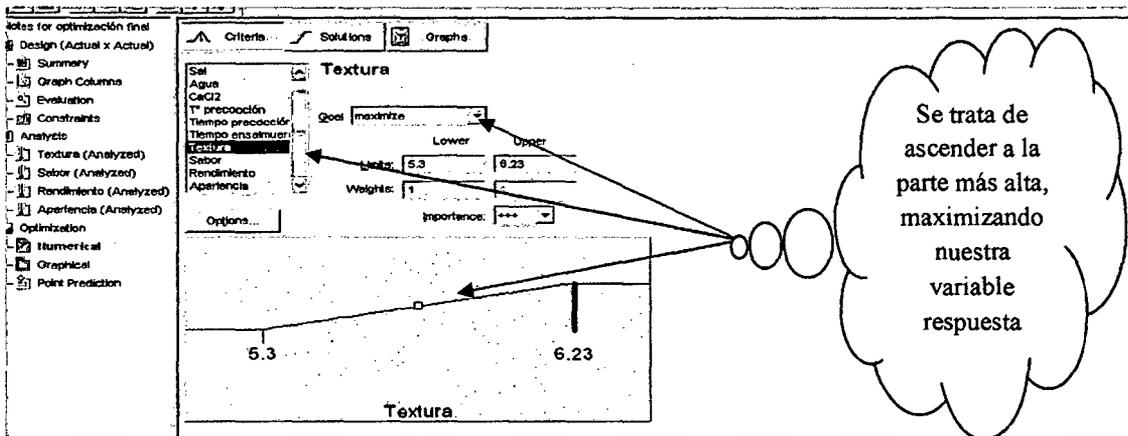
Figura N° III-37: Gráfico de residuos versus valores predichos para la apariencia

## III.2. Optimización final del proceso

### III.2.1. Criterios de Optimización

- ✓ Se debe considerar las condiciones bajo las cuales estarán sujetas los componentes de la mezcla y los factores del proceso, seleccionando que nuestras variables (componentes y factores) mantengan las condiciones que nosotros deseamos para el estudio de optimización.
- ✓ Mientras que las variables respuesta deben ser maximizadas, dado que es lo que persigue nuestro estudio.

- ✓ Los componentes de la mezcla deben mantenerse dentro de su rango de estudio, ya que se pretende generar una mezcla que ayude a conservar la buena textura del pescado y así el producto final tenga aceptabilidad en el consumidor.
- ✓ Los factores tiempo y temperatura de precocción deben minimizarse para que de esta forma la elaboración del producto sea rentable (en cuanto al factor económico), y el tiempo de ensalmuerado debe mantenerse en su rango para así tener un tiempo adecuado evitando tener cuellos de botella y el proceso sea más dinámico.



**Figura III-38: Criterios de optimización para los componentes y factores**

### III.2.2. Soluciones

- ✓ La Opción a escoger es la que presenta el valor de desabilidad (conveniencia) más próximo a la unidad.
- ✓ Los valores de los componentes de la mixtura y los factores del proceso son los que se indican en el siguiente gráfico para lograr la maximización de las

variables respuesta de este estudio. Se tiene que elegir la primera opción que nos presenta el gráfico.

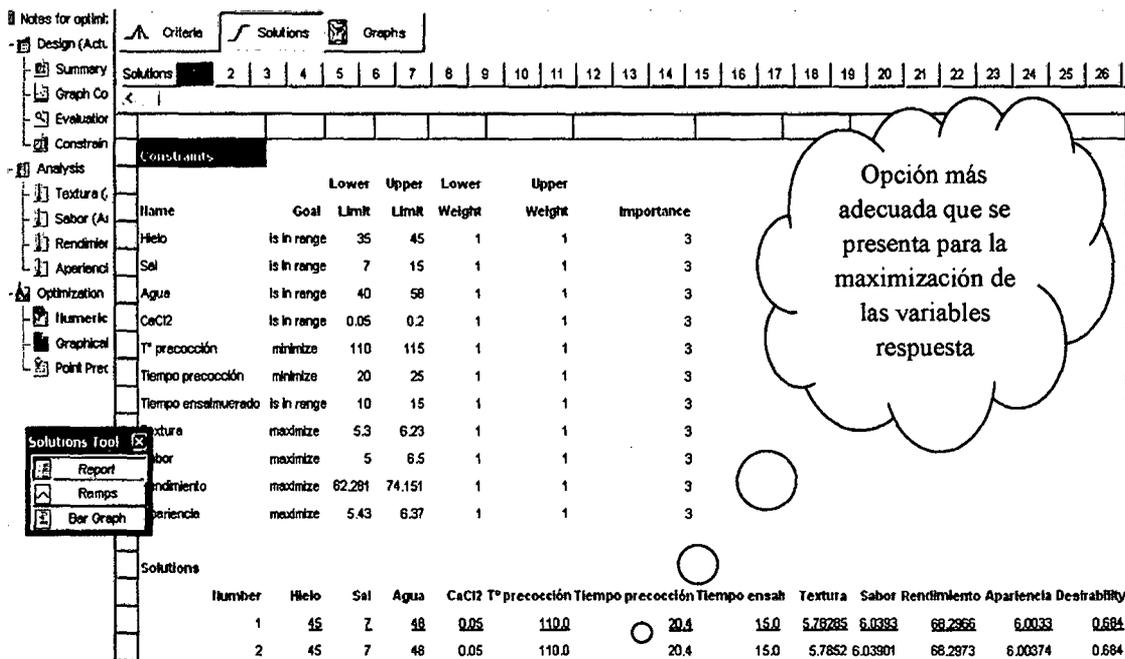


Figura III-39: Solución numérica de la optimización

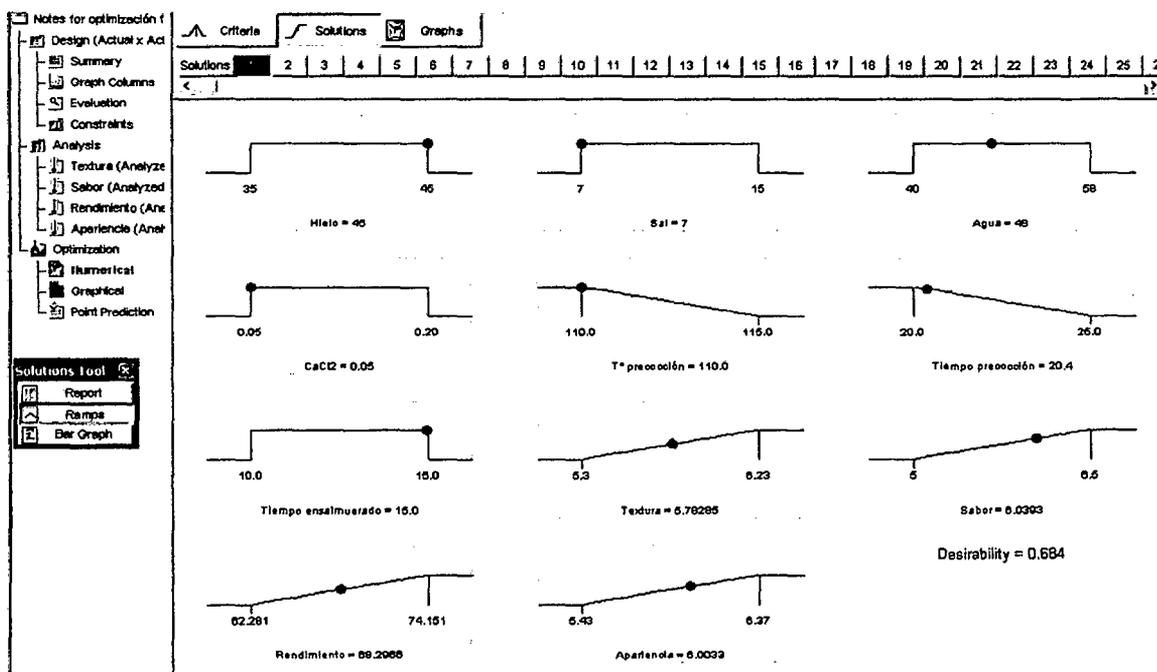
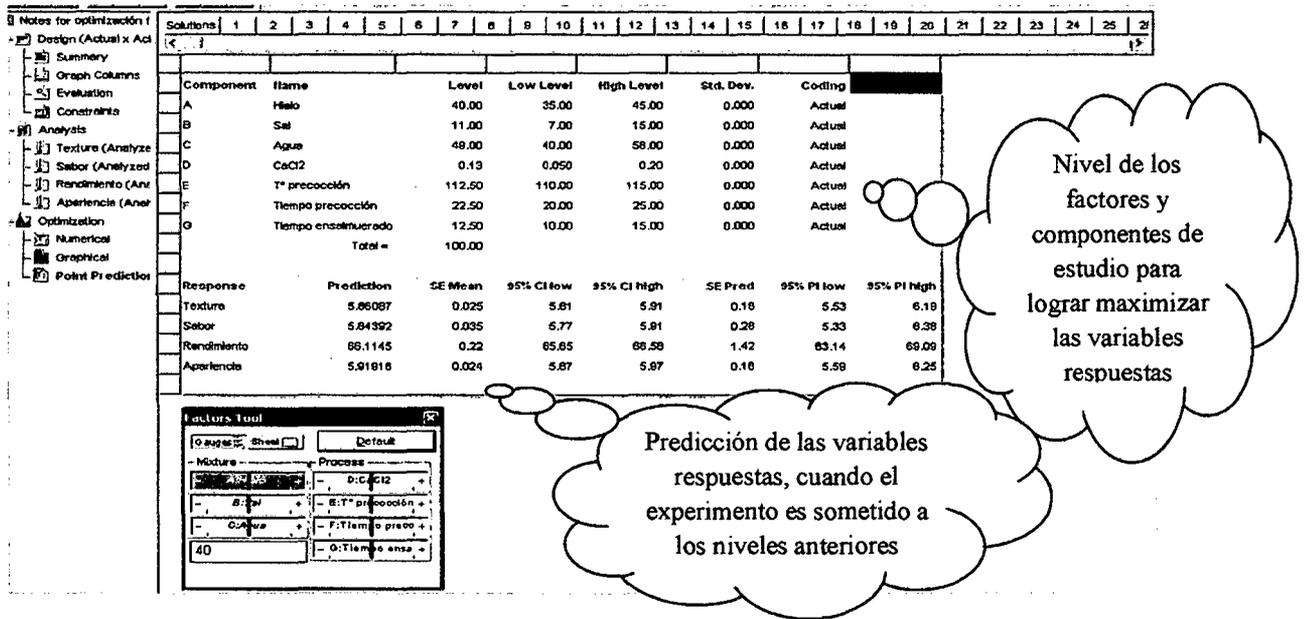
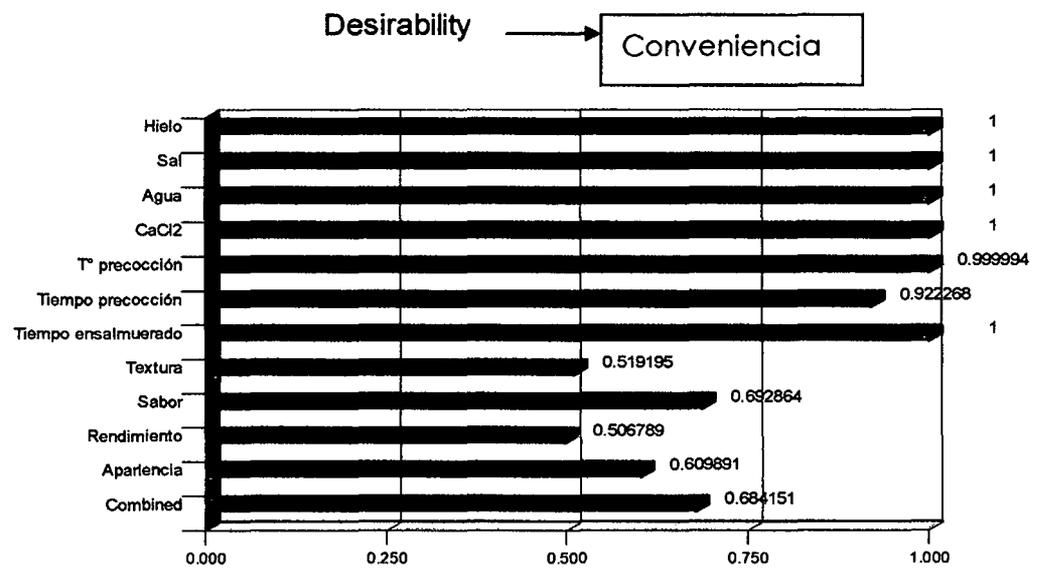


Figura III-40: Representación gráfica de la optimización



**Figura III-41: Predicción de los puntos para conseguir los valores máximos de nuestras variables respuestas**



**Figura III-42: Histograma de la función de conveniencia para las soluciones**

El histograma explica la función de conveniencia, conviene que este dato este cercano a la unidad.

### III.3. Pérdida de calor del pescado durante la etapa de ensalmuerado

Comparación de C/U de las pruebas con pérdida de calor de pescado durante la etapa de ensalmuerado

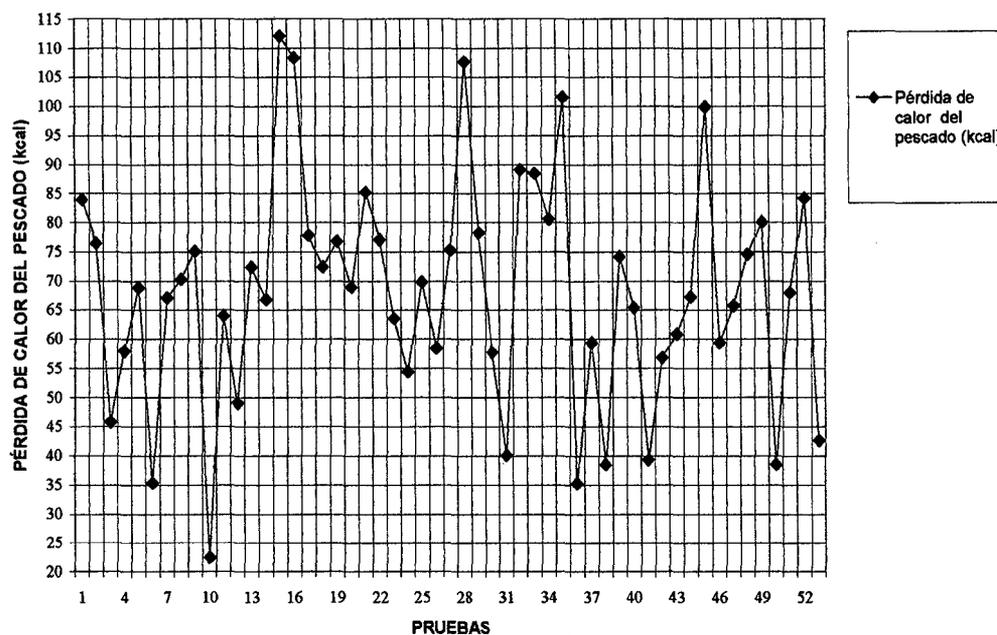


Figura III-43: Pérdida de calor del pescado en cada una de las pruebas durante la etapa de ensalmuerado

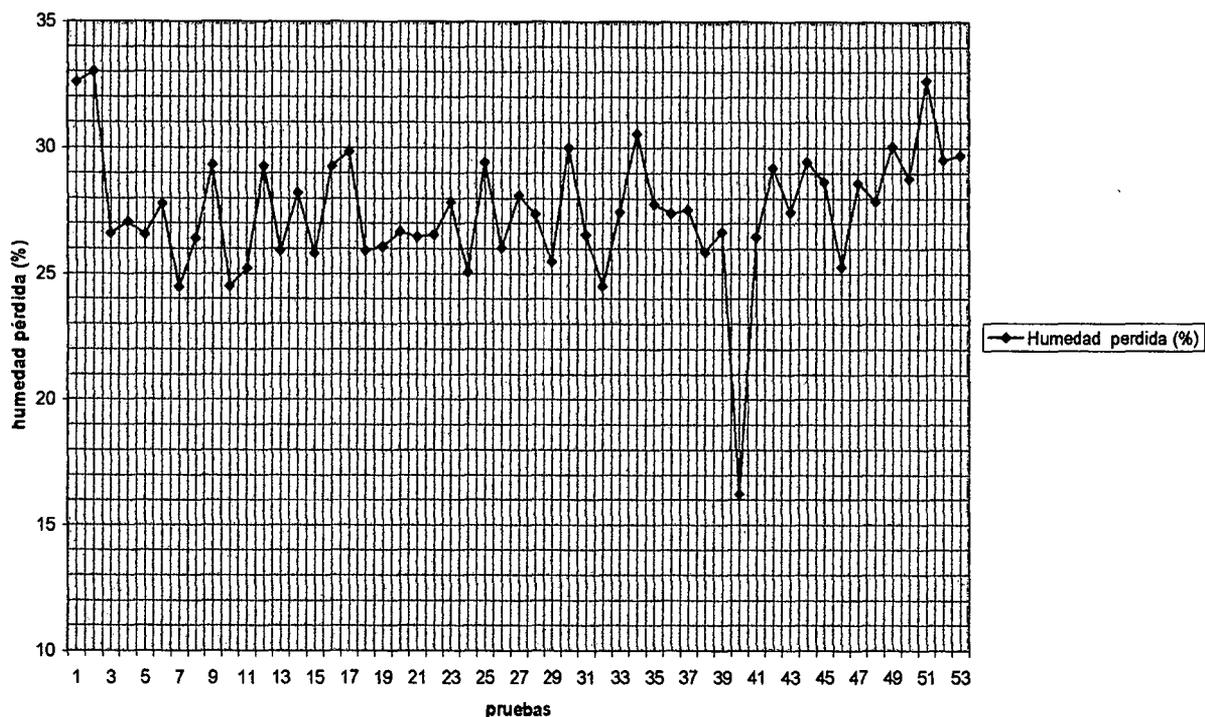
La pérdida de calor del pescado es importante, porque si no se baja rápidamente esta temperatura se corre el riesgo de que nuestra materia prima se deteriore. En algunas pruebas como la número 10 la pérdida de calor es poco esto se explica ya que su temperatura de recepción es baja  $< 10^{\circ}\text{C}$ .

### III.4. Deshidratación del pescado en la etapa de precocción

Según ITP, 1995; menciona que la pérdida de calor debe ser entre un 25-35%, para la mayoría de las pruebas se cumple esta condición a excepción, de la prueba 40 se ve que

la pérdida de calor es mayor a 16%, esto se puede deber a que el tiempo de precocción no fue el adecuado y por lo tanto no se llegó a una deshidratación adecuada.

Evaluación de la humedad perdida (%)

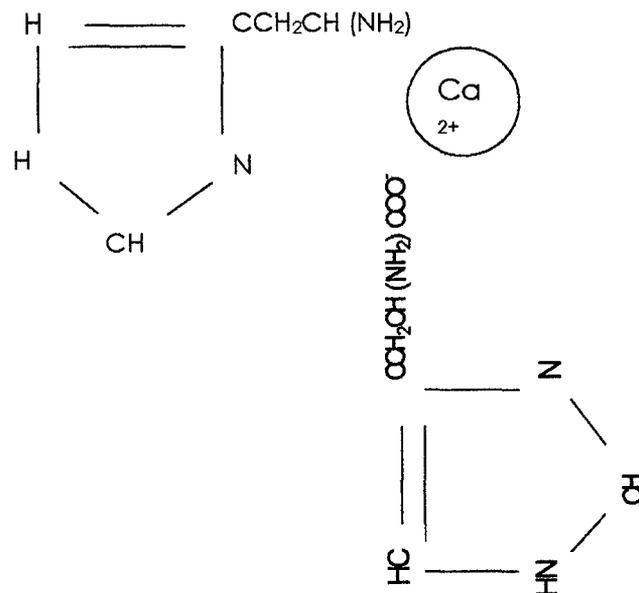


**Gráfica III-44: Pérdida de humedad del pescado en la etapa de precocción en cada una de las pruebas**

### III.5. Acoplamiento de cloruro de calcio al músculo del pescado

Según lo observado en esta Tesis se podría decir que el calcio, de la molécula cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) se va a unir a cualquier aminoácido de la anchoveta por el grupo carboxilo ( $\text{Coo}^-$ ), generando una molécula fuerte la cual va evitar el deterioro del pescado y ayudando a mantener la textura, se debe comprender que los aminoácidos se forman por acción proteolítica de las catepsinas, las cuales degradan la proteína del

pescado a aminoácidos. Dicha degradación es natural ya que ocurre después de la muerte del pescado. En la gráfica que se presenta (ejemplo) se observa el acoplamiento de la molécula calcio al aminoácido L-histidina.



**Figura III-45: Acoplamiento de la molécula  $Ca^{2+}$  al músculo de la anchoveta (aminoácido L-histidina)**

#### IV. DISCUSIÓN

El análisis de la Figura III-6A, B, C supone mantener los 4 factores numéricos en su punto medio y mantener un componente de la mezcla también en su punto medio, al hacer variar los otros componentes de la mezcla se va a ver la sensibilidad de la respuesta textura tanto en su nivel inferior como en su nivel superior (Manual Design Expert v 7.0-Universidad Nacional del Santa, 2008). En el caso de la Figura III-6A para una textura de 5,818 puntos se debe utilizar: hielo 36%, sal 15% y agua 49%; y para una textura de 5,904 puntos se debe utilizar 44% hielo, 7% sal, y agua 49%. Para el caso de la Figura III-6B al mezclar 36% hielo, sal 11% y agua 53% se tiene una textura de 5,824 puntos; y al mezclar 45% hielo, sal 11% y agua 44% se tiene una textura de 5,906 puntos. Al observar la Figura III-6C cuando la textura se mantiene en 5,854 puntos se emplea 40% hielo, 15% sal y 45% agua; y cuando la textura es 5,868 puntos se debe mezclar 40% hielo, 7% sal y 53% agua. Conviene trabajar con la opción 2 de la alternativa C ya que la cantidad de hielo utilizado es adecuada.

La Figura III-7 ilustra la interacción de los componentes de la mezcla y los factores numéricos del proceso para la variable textura, nos indica que al mantener constante los componentes de la mezcla en su punto medio y dos factores del proceso ( $T^{\circ}$  de precocción y tiempo de ensalmuerado) obtendremos una textura de 5,93 puntos, cuando el tiempo de precocción empleado este en su nivel mínimo y el porcentaje de cloruro de calcio a emplear este en un 0,2%; sin embargo se conseguirá una textura de 5,87 puntos cuando el tiempo de precocción empleado este en su nivel máximo y el porcentaje de cloruro de calcio a emplear sea de 0,05%. La etapa de precocción es importante en el

proceso ya que se desea sacar una cantidad adecuada de agua del pescado, el pescado debe perder humedad entre un 25-35% para que el producto final tenga una buena textura y así evitar que se de una mezcla de agua y líquido de cobertura después del proceso térmico (ITP, 1995).

Al analizar las Figuras III-8A, B y C, permite determinar el pico más alto para los valores de los factores y componentes de la mezcla, lo cual ayuda a encontrar el mejor valor para la variable textura, para luego graficar la superficie de contorno (Figura III-9A, B y C). Para tener este pico más alto supone mantener constante un componente de la mezcla en su nivel medio y los otros dos hacerlos variar desde su nivel inferior hasta su nivel superior, además supone mantener tres factores del proceso en su nivel medio, se tuvo el criterio de hacer variar el factor  $\text{CaCl}_2$ , ya que es el factor en estudio para esta variable respuesta, y además la cantidad a utilizar es pequeña y su costo no es elevado si queremos verlo por el lado económico, pero también se tuvo el criterio de hacer variar este componente ya que se obtiene valores más elevados de textura en la investigación.

En la Figura III-8A para una textura de 5,9 puntos, se debe mezclar hielo 43,11%, sal 7,89%, agua 49% y el factor  $\text{CaCl}_2$  0,18%; para la Figura III-8B para una textura de 5,94 puntos, tenemos que trabajar con los siguientes parámetros agua 45%, hielo 43,99%, sal 11% y el factor  $\text{CaCl}_2$  0,19%; finalmente para la Figura III-8C para una textura de 5,89 puntos, se debe trabajar con sal 13,56%, agua 46,44%, hielo 40% y el factor  $\text{CaCl}_2$  0,18%. Nos conviene trabajar con los parámetros de la Figura III-8B porque tenemos una textura más alta, el % de hielo es adecuado, no hay marcada diferencia con las

demás opciones, además porque la cantidad de sal es adecuada para mejorar la etapa de desangrado y ayudar a mantener la textura del pescado cortado (ITP, 1995).

Como se mencionó para la textura, la etapa de precocción es importante en el proceso ya que se desea eliminar agua del pescado, para evitar sinéresis (eliminación de agua del pescado después de la etapa de precocción) después del proceso térmico (ITP, 1995), en la Figura III-15 vemos que se conseguirá un buen sabor si se emplea una temperatura de precocción en su nivel mínimo, esto hace suponer que si elevamos la temperatura por sobre de esta cantidad ( $>110^{\circ}\text{C}$ ) se puede tener presencia de tostadura y por consiguiente el valor de sabor disminuiría. También se puede apreciar que, cuando se utiliza  $\text{CaCl}_2$  (cloruro de calcio) en su nivel superior o en su nivel medio, la variable sabor disminuye en ambos casos, esto se debería a que este insumo genera un sabor amargo a medida que se aumenta el % utilizado (La Molina, 2002), y combinado con la salsa de tomate que es ligeramente ácida ( $\text{pH}<4$ ), el evaluador (panelista) pudo apreciar un sabor diferente y calificó con un puntaje menor a la variable sabor en las pruebas que contenían más  $\text{CaCl}_2$ .

La Figura III-16A, B y C permite encontrar la mejor puntuación para la variable sabor. Supone mantener constante un componente de la mezcla en su nivel medio, además mantener tres factores del proceso en su nivel medio, y un factor hacerle variar, para el caso de esta variable repuesta se tuvo el criterio de hacer variar el factor temperatura de precocción, ya que es un factor (asociado con el tiempo de cocción) que puede determinar el buen o mal sabor del producto (puede haber presencia de tostadura) (ITP, 1995). En la Figura III-16A para un sabor de 5,96 puntos, se debe mezclar hielo 43,97%,

sal 7,025% y agua 49%, y trabajar con una T° de precocción de 110,1°C; para la Figura III-16B para tener un sabor de 5,96 puntos, se debe trabajar con los siguientes parámetros agua 52,97%, sal 7,026%, hielo 40%, y T° precocción de 110,1°C; finalmente para la Figura III-16C para un sabor de 5,96 puntos, se debe de trabajar con hielo 41,71%, agua 47,29%, sal 11% y T° de precocción 110,1°C. Conviene trabajar con los parámetros de la Figura III-16B ya que el valor de sabor es el mismo, pero el parámetro hielo es un factor importante en la mezcla, sobre todo en cuanto a lo económico, además conviene trabajar con esta opción ya que el componente sal esta cerca de su nivel mínimo, lo que va asegurar que no se tendrá problemas de exceso de sal en el producto final.

Realizando la discusión de la Figura III-23A, B, C, supone mantener los 4 factores numéricos (factores del proceso) en su punto medio y mantener un componente de la mezcla en su punto medio, al variar los otros dos componentes de la mezcla se va ver cual es la mejor respuesta para nuestra variable rendimiento. En la Figura III-23A para tener un rendimiento de 66,8167 cajas/TN materia prima, se debe de utilizar: sal 15%, agua 40% y hielo 45%. En el caso de la Figura III-23B al mezclar hielo 45%, agua 44% y sal 11% se tiene un rendimiento de 66,1785 cajas/TN materia prima. Finalmente en la Figura III-23C cuando el rendimiento se mantiene en 66,7656 cajas/TN materia prima, se emplea hielo 36%, sal 15%, agua 49%. Conviene trabajar con la alternativa C ya que la cantidad de hielo utilizado es menor y el % de sal es adecuado para mantener buena textura del producto (ITP,2002).

La Figura III-24 muestra la interacción de los componentes de la mezcla y los factores numéricos para la variable rendimiento, nos indica que al mantener constante los componentes de la mezcla en su punto medio y dos factores del proceso (T° de precocción y tiempo de ensalmuerado) obtendremos un rendimiento de 67,1415 cajas/TN materia prima, cuando el tiempo de precocción empleado en el proceso este en su nivel mínimo (20min) y el porcentaje de cloruro de calcio a emplear este en un 0,05%, sin embargo se conseguirá un rendimiento 66,0976 cuando el tiempo de precocción empleado en el proceso este en su nivel máximo (25min) y el porcentaje de cloruro de calcio a emplear sea de 0,20%. Diremos que es rentable trabajar cuando el rendimiento esta en su nivel más alto y además porque los factores de proceso son favorables (tiempo y temperatura de precocción). El tiempo de ensalmuerado que esta en su nivel medio (13min), también ayuda a mejorar el rendimiento ya que el pescado puede eliminar más agua e intercambiar esta agua perdida por sal que está en su nivel medio (11%) y por consiguiente favorecer la mejor textura del producto (ITP, 2002).

Según la Figura III-25A para tener un rendimiento de 66,9 cajas /TN materia prima, se debe mezclar agua 45%, sal 14,99%, hielo 40% y la T° de precocción debe estar en 115°C; para la Figura III-25B si se desea tener un rendimiento de 67,1 cajas /TN materia prima, tenemos que trabajar con los siguientes parámetros hielo 44,99%, agua 44,01, sal 11% y una T° de precocción de 110°C; finalmente para la Figura III-25C si se desea tener un rendimiento de 67,4 cajas /TN materia prima, se debe trabajar con hielo 36,03%, sal 14,97%, agua 49% y la T° de precocción en 115°C. Nos conviene trabajar con la alternativa B porque el tiempo de precocción se mantiene en su nivel inferior, lo que favorece para los costos de producción, ya que el vapor (utiliza como medio de

calefacción en los cocinadores estáticos) es un determinante en los costos por caja producida, en este caso el hielo se mantiene cerca a su nivel superior, pero como se mencionó nos conviene trabajar con esta alternativa por el factor vapor.

En la Figura III-32A, B, C, hace suponer que se debe de mantener los 4 factores del proceso en su punto medio y un componente de la mezcla en su punto medio, se debe hacer variar los componentes de la mezcla para ver el comportamiento de la respuesta apariencia general. En la Figura III-32A para tener una apariencia de 5,96142 puntos, se debe de utilizar: hielo 44%, sal 7% y agua 49%. Para el caso de la Figura III-32B al mezclar hielo 45%, agua 44% y sal 11% se tiene una apariencia 5,9257 puntos. Al observar la Figura III-32C cuando la apariencia se mantiene en 5,95616 puntos, se emplea agua 53% sal 7% hielo 40%. La apariencia del producto es cuando se abre el envase y se ve cobertura de líquido de gobierno y además como se encuentra el producto (pescado intacto no quebrado, color de líquido característico) el empleo adecuado de los componentes de la mezcla van a ayudar a conseguir las condiciones deseadas en cuanto a apariencia de producto terminado. Si el hielo y la sal se agrega en cantidades adecuadas (ayudan a mantener una buena textura) el pescado ya cocido no va a sufrir fracturas (quebrarse) (ITP, 1995), y cuando se analiza el producto terminado se va a encontrar un producto intacto. Se debe trabajar con las condiciones de la Figura III-32C ya que las cantidades de hielo (es adecuado por su costo) y sal (adecuado para tener un buen sabor) son adecuadas. El color característico del líquido de cobertura va a depender del enjuague del pescado luego de la etapa de corte, ya que si no se hace un buen enjuagado, el líquido de cobertura va a mezclarse con esta sangre no eliminada y va a

tener un aspecto no deseado en el producto terminado, lo cual atentaría con la apariencia del producto y el rechazo del consumidor a éste.

La Figura III-33 ilustra la interacción de los componentes de la mezcla y los factores numéricos del proceso para la variable apariencia general, nos indica que al mantener constante los componentes de la mezcla en su punto medio y dos factores del proceso (Temperatura y Tiempo de precocción) obtendremos una apariencia de 5,96 puntos, cuando el tiempo de ensalmuerado empleado en el proceso este en su nivel mínimo (10min) y el porcentaje de cloruro de calcio a emplear sea de 0,2%, sin embargo se conseguirá una apariencia de 5,91 puntos cuando el tiempo de ensalmuerado empleado este en su nivel máximo (15min) y el porcentaje de cloruro de calcio a emplear sea de 0,05%. Entonces nos conviene trabajar con las condiciones que nos generen más puntaje en nuestras variable respuesta. La primera condición es la más adecuada, además conviene ya que el tiempo de ensalmuerado esta en su nivel mínimo, lo que va a favorecer en que el proceso sea más continuo y no se generen cuellos de botella (por pérdidas de tiempo).

La Figura III-42 muestra el histograma de la función de conveniencia para cada componente, las respuestas y la función de conveniencia global de cada solución. En ellos se observa en qué medida cada solución satisface las condiciones impuestas, la longitud de las barras representan el valor alcanzado por la función de conveniencia para cada componente, cada respuesta y la conveniencia global o combinada. Las solución encontrada alcanza un valor de 0,68 de la función de conveniencia global. Como se mencionó conviene los valores de conveniencia cercanos a la unidad (Manual Design

Expert v 7.0-Universidad Nacional del Santa-Chimbote, 2008), pero se observa un valor de conveniencia aceptable para demostrar la viabilidad de optimización de este producto.

En la Figura III-43 se observa la pérdida de calor del pescado durante la etapa de ensalmuerado, las pérdidas de calor en esta etapa es variado para cada uno de las experiencias (pruebas), la pérdida de calor está influenciado por la temperatura de recepción de la materia prima, así como del porcentaje de hielo utilizado para la formulación de la salmuera en cada una de las experiencia.

La Figura III-44 representa la pérdida de humedad del pescado durante la etapa de precocción, aquí vemos que las pérdidas de humedad están por sobre del 25%, entonces podremos decir que el % de humedad perdido de cada una de las muestras fue satisfactoria ya que, según ITP, 1995 recomienda eliminar entre un 25-35% de humedad para evitar tener pérdidas de humedad posterior a la etapa de precocción y generar exudado en el producto terminado.

Los resultados del examen Físico-Químico, microbiológico y organoléptico del producto terminado (Anexo 1) se encuentra dentro de lo estipulado por la Ficha Técnica del producto entero de anchoveta en salsa de tomate 1 lb tall (Anexo 7), dicho examen contempla dos códigos, el primero con 0,05% de cloruro de calcio en producto terminado y el segundo con 0,2% de cloruro de calcio, tanto para el primer como segundo código los requisitos microbiológicos cumplen con dicha ficha técnica que es el de tener **negativo** todo tipo de microorganismos patógenos viables. En cuanto a la

inspección física organoléptica para ambos códigos el peso neto se encuentra dentro de lo requerido, los ° brix se encuentra en 12° satisface lo requerido ya que mínimo es 11°, el peso escurrido esta elevado por eso en las recomendaciones se sugiere bajar el peso envasado para tener un mayor rendimiento y tener una mejor apariencia del producto terminado. Los requisitos químicos también satisfacen lo estipulado por la ficha técnica, en cuanto al contenido de cenizas la variación entre uno y otro código se debe primeramente al contenido de proteínas y luego a la variación de cloruro de calcio ya que para el primer código se tiene 2,57% y para el segundo código 3,51%; ambos contenidos de ceniza se encuentra dentro de lo estipulado por la ficha técnica (>2 % de cenizas).

## V. CONCLUSIONES

- ✓ Se evaluó la influencia del cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), temperatura y tiempo de cocción en la textura, sabor, rendimiento y apariencia general del producto entero de anchoveta en salsa de tomate enlatada en la Empresa GÉNESIS E.I.R.L. del Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, en la Región Ancash.
- ✓ Se realizó la optimización de la formulación del producto entero de anchoveta en salsa de tomate, mediante el paquete estadístico DESIGN EXPERT V 7.0 TRIAL., resultando los parámetros optimizados para el proceso de la siguiente manera: hielo 45%, sal 7%, agua 48%,  $\text{CaCl}_2$  0,05%, temperatura de precocción  $110^\circ\text{C}$ , tiempo de precocción 20,4 minutos y tiempo de ensalmuerado 15 minutos; para obtener como resultado de las variables respuestas optimizadas: textura 5,78 puntos (de una escala de 7 puntos), sabor 6,04 puntos (de una escala de 7 puntos), rendimiento 68,30 cajas/TN materia prima (de un rendimiento máximo de 74,151 cajas/TN materia prima) y apariencia general 6 puntos (de una escala de 7 puntos) ; siendo el puntaje máximo para cada una de las variables respuestas.
- ✓ Se evaluó la influencia de los componentes del diseño en la textura, sabor, rendimiento y apariencia general del producto entero de anchoveta en salsa de tomate, resultando todos los componentes del diseño significativos para la investigación, explicando la significancia de las variables repuestas al 95% de confianza.

- ✓ Para la variable respuesta textura la experiencia 50 obtuvo el mayor puntaje (6,23 puntos) y la experiencia 12 obtuvo el puntaje menor (5,3 puntos) luego del análisis sensorial.
  
- ✓ Para la variable respuesta sabor la experiencia 24 obtuvo el mayor puntaje (6,5 puntos) y la experiencia 18 obtuvo el puntaje menor (5 puntos) luego del análisis sensorial.
  
- ✓ Para la variable respuesta rendimiento la experiencia 40 obtuvo el mayor rendimiento (74,151 cajas/TN materia prima) y la experiencia 2 obtuvo el menor rendimiento (62,281 cajas/TN materia prima) luego del balance de materiales.
  
- ✓ Para la variable respuesta apariencia general la experiencia 45 obtuvo el mayor puntaje (6,37 puntos) y la experiencia 20 obtuvo el puntaje menor (5,43 puntos) luego del análisis sensorial.
  
- ✓ Se evaluó el producto terminado mediante análisis fisicoquímico, microbiológico y evaluación sensorial en un laboratorio acreditado por el Ministerio de la Producción de la Región Ancash.
  
- ✓ La evaluación sensorial del producto terminado para obtener las variables respuestas textura, sabor y apariencia general se realizó con un panel semi entrenado conformado por 30 personas.

- ✓ Se desarrolló el balance de materiales para obtener la variable respuesta rendimiento (cajas/TN materia prima).
  
- ✓ Los modelos del diseño combinado obtenidos en el programa DESIGN EXPERT V 7.0 TRIAL a través del diseño D-optimal para experimentos combinados, y representados por medio del uso de gráficos de contorno, superficie de respuesta e interacción; resultaron ser efectivos para el estudio e interpretación de los resultados obtenidos, lográndose al final ser viable la optimización de este producto.

## V. RECOMENDACIONES

- ✓ Disminuir la cantidad de peso envasado (de 370g a 350g) para de esta manera obtener un rendimiento más alto en cajas/TN de materia prima, y para que al momento de abrir el producto no se observe un sobrellenado.
- ✓ Evaluar una formulación de líquido de cobertura (pasta de tomate) a través del diseño de mezclas, reduciendo el porcentaje de pasta para tener 11 °brix en la formulación final del líquido de cobertura.
- ✓ Realizar un análisis económico para ver los costos de producción de este nuevo producto, tomando en cuenta los parámetros optimizados de los componentes del diseño del proceso.
- ✓ Realizar el diseño de un cocinador continuo para la etapa de precocción, equipado con instrumentos calibrados para que el proceso sea mejor controlado. Viendo la alternativa en el diseño que las latas cuando ingresen y salgan del cocinador estén volteadas, para que cuando se produzca la deshidratación del pescado se elimine el agua por gravedad y se evite desprendimiento de la piel por exceso de cocción, lo cual le daría una mala apariencia y textura al producto final.
- ✓ Realizar investigaciones en otros tipos de carnes para ver como el cloruro de calcio actúa, y comparar con los resultados de esta tesis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anderson, M. J., Whitcomb, P. J. (2002). Mixture DOE uncovers formulations quicker. *Ruber and Plastics News*, pp. 15-16.
2. Aguiar, P.F.; Bourguignon, B.; Massart, D.L.; Phan-Than-Luu, R. (1995). Tutorial: D-optimal designs. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, vol. 30, p. 199 - 210.
3. Anzaldúa-Morales, A. (1994). *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica*, Primera Edición, Editorial Acribia, Zaragoza, España.
4. Cornell, J.A. (1990). *Experiments with Mixtures: Designs, Models and the Analysis of Mixture Data*. 2nd ed. John Wiley Ed., New York.
5. Dean, A.; Voss, D. (1999). *Design and Analysis of Experiments*. Springer - Verlag, 740 pp.
6. Eriksson, L.; Johansson, E.; Wikström, C. (1998). Mixture design-design generation, PLS analysis, and model usage. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, vol. 43, p. 1 - 24.
7. Eriksson, L.; Johansson, E.; Kettaneh-Wold, N.; Wikström, C.; Wold, S. (2001). *Design of Experiments. Principles and Applications*. Umetrics Academy (Suecia), 320 p.
8. Espinoza Atencia, E. (2003). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. I Edición. Edit. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna – Perú.
9. Espinosa, J. 2007. *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Editorial Universitaria. La Habana-Cuba.

10. Gabrielsson, J.; Lindberg, N.O.; Lundstedt, T. (2002). Review: Multivariate methods in pharmaceutical applications. *Journal of Chemometrics*, vol. 16, p. 141 - 160.
11. Graham, J; Johnston y Nicholson. 1993. *El hielo en las Pesquerías*. FAO.
12. Hall, G. 2001. *Tecnología del Procesado del Pescado*. 2ª edición. Ed. Acribia S.A. España. Pp. 304.
13. ITP. 2004. *Control de Calidad Aplicado a la Elaboración de Conservas*.
14. ITP. 1995. *XI Curso Internacional Tecnología de Procesamiento de Productos Pesqueros*. Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. Ventanilla. Perú. Pp. 162.
15. ITP. 2008. *Curso de Calidad*. Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. Ventanilla.
16. J. Graham, W.A. Johnston y F.J. Nicholson. 1993. *El hielo en las pesquerías*. FAO.
17. Jiménez, F. (2000). *Evaluación Nutricional de Galletas Enriquecidas con diferentes niveles de harina de pescado*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú
18. Khuri, A. (2006). *Mixed Response Surface Models With Heterogeneous Within-Block Error Variances*. *Technometrics*, A ser publicado en Vol. 48, No. 2, May 2006, pp. 206-218
19. Lawson, J.; Madrigal, J.L.; Erjavec, J. (1992). *Estrategias experimentales para el mejoramiento de la calidad en la industria*. Grupo editorial Iberomérica, 378 p.
20. López, R., Ramírez, M., González, F., Martínez, A., Espinosa, T. (2002). *Una Región de Confianza para las Variables Explicatorias en Experimentos con*

- Mezclas utilizando Calibración. *Agrociencia*. Vol. 36. No. 5, Septiembre-Octubre p.p. 579-592.
21. Lundstedt, T.; Seifert, E.; Abramo, L.; Thelin, B.; Nyström, A.; Pettersen, J.; Bergaman, R. (1998). Experimental design and optimization. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, vol. 42, p. 3 - 40.
  22. Montgomery, D. (1995). *Design and Analysis of Experiments*. Fifth Edition. Edit. John Wiley & Sons, Inc.
  23. Montgomery, D.C. (2002). *Diseño y Análisis de experimentos*. Editorial Limusa Wiley, 686 p.
  24. Myers, R., Montgomery, D. (1995). "Response Surface Methodology". First Edition. Edit. John Wiley & Sons, Inc.
  25. Núñez de Villavicencio, M. (2000). *Diseños de Mezclas. Aspectos teórico prácticos de su aplicación*. Tesis de Maestría. I.I.I.A;
  26. Peña, D. (2002). *Regresión y Diseño de Experimentos*. Alianza Editorial S.A., Madrid., 744 p.
  27. Pérez, C. (2001). *Estadística práctica con Statgraphics*. Ed. Prentice Hall. 691 p.
  28. Poovaiah, B. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Tech.*, Vol. 40, pp. 86.89.
  29. Sancho, J. (2002). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Primera Edición, Editorial Alfaomega, México.
  30. Scheffé, H. (1958). Experiments with mixtures. *Journal of Royal Statistical Society*. Vol. 20, p.p. 344-360.
  31. UNS 2008. *Curso de Manejo De Diseños Experimentales: Metodología y Aplicación en la Agroindustria*. Perú. Universidad Nacional Santa. Chimbote.

32. Valiente, O. 2001. Refrigeración y Congelado de Pescado. Ed. Ciencia y Tecnología F.I.R.L. Perú. Pp. 368.

### **PAGINAS WEB**

- ✓ NIST/SEMATECH (2004). NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods. <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>  
(Agosto, 2008)
  
- ✓ VILAR, J. (2004). Material didáctico para el estudio de Estadística. [http://www.udc.es/dep/mate/estadistica2/estadistica\\_2.htm](http://www.udc.es/dep/mate/estadistica2/estadistica_2.htm)  
(Octubre, 2008)
  
- ✓ Diseño experimental. Disponible en:  
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000352/index.html>.  
(Setiembre, 2008)

# ANEXOS

## ANEXO 1: EXAMEN FÍSICO-QUÍMICO, ORGANOLÉPTICO DE PRODUCTO

### TERMINADO POR LABORATORIO COLECBI NUEVO CHIMBOTE

#### 1. CODIGO 1: Evaluación de muestras con CaCl<sub>2</sub> al 0,05%

#### INFORME DE ENSAYO N° 0745-09

SOLICITADO POR	: JOSUÉ INVERSIONES S.A.C.
DIRECCIÓN	: Calle Celendín 214 Urb. Cahuache San Luis Lima
PRODUCTO DECLARADO	: ENTERO DE ANCHOVETA EN SALSA DE TOMATE.
CANTIDAD DE MUESTRA	: 10 muestras. (Código: 1)
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Envase de Hojalata 1 libra Tall.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2009-04-08
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2009-04-08
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO	: 2009-04-25
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio de Microbiología.
CÓDIGO COLECBI	: SS 000400-09

#### CONTROL DE ESTERILIDAD DE CONSERVAS ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

##### A. PRE-INCUBACIÓN DE LÁTAS

- Incubación a 30° C por 14 días
- Incubación a 55° C por 7 días

**OBSERVACIONES**: En ambos casos, las muestras pre-incubadas a 30° C (05 latas) y a 55° C (05 latas) no mostraron abombamientos, deformación de los envases ni filtración de líquidos.

##### B. CULTIVOS

- Investigación de Microorganismos Aerobios Viables a 30° C por 48 hs. en Medio de Cultivo Caldo Púrpura de Bromocresol :  
**NEGATIVO**
- Investigación de Microorganismos Anaerobios Viables a 30° C por 48 hs. en Medio de Cultivo BHI (Brain Heart Infusión), + 1% de Almidón Soluble + 0,1% de cistina :  
**NEGATIVO**
- Investigación de Microorganismos Aerobios Viables a 55° C por 48 hs. en Medio de Caldo Púrpura de Bromocresol :  
**NEGATIVO**
- Investigación de Microorganismos Anaerobios Viables a 55° C por 48 hs. en Medio de Cultivo BHI (Brain Heart Infusión), + 1% de Almidón Soluble + 0,1% de cistina :  
**NEGATIVO**

##### METODOLOGÍA EMPLEADA

Control de Esterilidad : N.T.P. 204.009:1986

##### NOTA:

- Muestras recepcionadas en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Nuevo Chimbote, Abril 25 del 2009.

GVR/jms.

  
A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente del Laboratorio  
BIÓLOGO MICROBIÓLOGO  
C.R.P. 174  
COLECBI S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO N° 0747-09**  
**INSPECCIÓN FÍSICO ORGANOLEPTICA DE CONSERVAS**

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR	: JOSUÉ INVERSIONES S.A.C.
DIRECCIÓN	: Calle Celendin 214 Urb. Cahuacne San Luis Lima
PRODUCTO DECLARADO	: ENTERO DE ANCHOVETA EN SALSA DE TOMATE.
CANTIDAD DE MUESTRA	: 03 muestras. (Código 1)
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Envase de Hojalata 1 libra Tall.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2009-04-08
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2009-04-13
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO	: 2009-04-13
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADO EN	: Laboratorio Físico Sensorial.
CÓDIGO COLECBI	: SS 000400-09

**I. EXAMEN FÍSICO DEL ENVASE:**

CARACTERÍSTICAS		MUESTRA			
		N° 1	N° 2	N° 3	
CIERRES	Filo cortante	No presenta	No presenta	No presenta	
	Caidas	No presenta	No presenta	No presenta	
	Fractura	No presenta	No presenta	No presenta	
	Falso cierre	No presenta	No presenta	No presenta	
	Pérdida de Barniz	No presenta	No presenta	No presenta	
IMPRESIÓN DEL CÓDIGO		Mecánico	Mecánico	Mecánico	
ASPECTO DEL ENVASE	INTERNA	Fugas de Líquido	No presenta	No presenta	No presenta
		Hinchazón	No presenta	No presenta	No presenta
		Grietas o Rajaduras	No presenta	No presenta	No presenta
		Abolladuras	No presenta	No presenta	No presenta
		Corrosión	No presenta	No presenta	No presenta
	EXTERNA	Pérdida de Barniz	No presenta	No presenta	No presenta
		Coloración Anormal	No presenta	No presenta	No presenta
		Perforaciones	No presenta	No presenta	No presenta
		Corrosión Hojalata	No presenta	No presenta	No presenta
		Pérdida de Barniz	No presenta	No presenta	No presenta
Materia Extraña	No presenta	No presenta	No presenta		
Otros					

**INFORME DE ENSAYO N° 0747-09**  
**INSPECCIÓN FÍSICO ORGANOLÉPTICA DE CONSERVAS**

**II. EXAMEN FÍSICO ORGANOLÉPTICO DEL PRODUCTO**

CARACTERÍSTICAS		MUESTRA			
		N° 1	N° 2	N° 3	
P E S O S	M E D I D A S	Peso Bruto (g)	480	480	480
		Vacio (puig/Hg)	5	4	5
		Espacio Libre (mm)	-	-	-
		Peso Neto (g)	427	427	431
		Peso Escurrido (g)	320	335	351
		Líquido de Gobierno (mL)	75	75	70
Grados Brix		12			
L I Q U I D O	G O B I E R N O	Presentación / Cobertura	Buena	Buena	Buena
		Consistencia	Buena	Buena	Buena
		Color	Normal	Normal	Normal
		Sabor	Bueno	Bueno	Bueno
		Olor	Bueno	Bueno	Bueno
		Limpieza	Buena	Buena	Buena
C O N T E N I D O	L I M P I E Z A	Apariencia	Buena	Buena	Buena
		Color	Normal	Normal	Normal
		N° de Piezas	19	18	19
		Olor	Bueno	Bueno	Bueno
		Sabor	Bueno	Bueno	Bueno
		Textura	Firme	Firme	Firme
		Oxidación	No Presenta	No Presenta	No Presenta
		Visceras	No Presenta	No Presenta	No Presenta
		Escamas	No Presenta	No Presenta	No Presenta
		Coágulos	-	-	-
Ojos	-	-	-		
Espinas	-	-	-		

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

Físico Organoléptico : N.T.P. 204.007:1974

**OBSERVACIÓN** : Abolladura en la altura del cierre.

**NOTA:**

- Muestras recepcionadas en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Nueva Chimbote, Abril 13 del 2009.

## INFORME DE ENSAYO N° 0749-09

SOLICITADO POR : JOSUÉ INVERSIONES S.A.C.  
DIRECCIÓN : Calle Celendin 214 Urb. Cahuache San Luis Lima  
PRODUCTO DECLARADO : ENTERO DE ANCHOVETA EN SALSA DE TOMATE  
CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras (Código 1)  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Envase de Hojalata 1 libra Tall.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2009-04-08  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2009-04-13  
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 2009-04-13  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
ENSAYOS REALIZADO EN : Laboratorio Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 000400-09

ENSAYOS	MUESTRA
	COMPÓSITO
Proteínas (%) Factor 6,25	15,48
Grasa (%)	11,84
Humedad (%)	68,72
Cenizas (%)	2,57
Histamina (ppm)	2,5
pH	5,58

### METODOLOGÍA EMPLEADA

Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006

Grasa : UNE 64021 1976

Humedad : N.T.P. ISO 5496:2002

Cenizas : UNE 64019 1971

Histamina : Journal of Foods Science Vol. 41 1976 pág 1282 a 1284

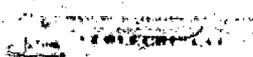
pH : Potenciométrico

### NOTA :

- Muestras recepcionadas en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Nuevo Chimbote, Abril 13 del 2009.

DVY/jms

  
Ing. Denis Vargas Yapez  
LABORATORIO

## 2. CODIGO 2: Evaluación de muestras con CaCl<sub>2</sub> al 0,2%

### INFORME DE ENSAYO N° 0746-09

SOLICITADO POR	: JOSUÉ INVERSIONES S.A.C.
DIRECCIÓN	: Calle Celendín 214 Urb. Cahuache San Luis Lima
PRODUCTO DECLARADO	: ENTERO DE ANCHOVETA EN SALSA DE TOMATE
CANTIDAD DE MUESTRA	: 10 muestras. (Código 2)
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Envase de Hojalata 1 libra Tall.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2009-04-08
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2009-04-08
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO	: 2009-04-25
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio de Microbiología.
CÓDIGO COLECBI	: SS 000400-09

### CONTROL DE ESTERILIDAD DE CONSERVAS ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

#### A. PRE-INCUBACIÓN DE LATAS

- Incubación a 30° C por 14 días
- Incubación a 55° C por 7 días

**OBSERVACIONES** : En ambos casos, las muestras pre-incubadas a 30° C (05 latas) y a 55° C (05 latas) no mostraron abombamientos, deformación de los envases, ni filtración de líquidos.

#### B. CULTIVOS

- Investigación de Microorganismos Aerobios Viables a 30° C por 48 hs. en Medio de Cultivo Caldo Púrpura de Bromocresol :  
**NEGATIVO**
- Investigación de Microorganismos Anaerobios Viables a 30° C por 48 hs. en Medio de Cultivo BHI (Brain Heart Infusión), + 1% de Almidón Soluble + 0,1% de cistina :  
**NEGATIVO**
- Investigación de Microorganismos Aerobios Viables a 55° C por 48 hs. en Medio de Caldo Púrpura de Bromocresol :  
**NEGATIVO**
- Investigación de Microorganismos Anaerobios Viables a 55° C por 48 hs. en Medio de Cultivo BHI (Brain Heart Infusión), + 1% de Almidón Soluble + 0,1% de cistina :  
**NEGATIVO**

#### METODOLOGÍA EMPLEADA

Control de Esterilidad : N.T.P. 204.009:1986

#### NOTA:

- Muestras recepcionadas en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Nuevo Chimbote, Abril 25 del 2009.

GVR/jms

  
A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorio  
MÓDULO BACTERIOLÓGICO  
S.R.L. 326  
COLECBI S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO Nº 0748-09**  
**INSPECCIÓN FÍSICO ORGANOLEPTICA DE CONSERVAS**

SOLICITADO POR : JOSUÉ INVERSIONES S.A.C.  
DIRECCIÓN : Calle Celendín 214 Urb. Cahuache San Luis Lima.  
PRODUCTO DECLARADO : ENTERO DE ANCHOVETA EN SALSA DE TOMATE.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras. (Código 2)  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Envase de Hojalata 1 libra Tall.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2009-04-08  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2009-04-13  
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 2009-04-13  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
ENSAYOS REALIZADO EN : Laboratorio Físico Sensorial.  
CÓDIGO COLECBI : SS 000400-09

**I. EXAMÉN FÍSICO DEL ENVASE:**

CARACTERÍSTICAS		MUESTRA		
		Nº 1	Nº 2	
CIERRES	Filo cortante	Ligero	No presenta	
	Caidas	No presenta	No presenta	
	Fractura	No presenta	No presenta	
	Falso cierre	No presenta	No presenta	
	Pérdida de Barniz	No presenta	No presenta	
IMPRESIÓN DEL CÓDIGO		Mecánico	Mecánico	
ASPECTO DEL ENVASE	INTERNA	Fugas de Líquido	No presenta	No presenta
		Hinchazón	No presenta	No presenta
		Grietas o Rajaduras	No presenta	No presenta
		Abolladuras	No presenta	No presenta
		Corrosión	No presenta	No presenta
		Pérdida de Barniz	No presenta	No presenta
	EXTERNA	Coloración Anormal	No presenta	No presenta
		Perforaciones	No presenta	No presenta
		Corrosión Hojalata	No presenta	No presenta
		Pérdida de Barniz	No presenta	No presenta
		Materia Extraña	No presenta	No presenta
		Otros.		

**INFORME DE ENSAYO N° 0748-09**  
**INSPECCIÓN FÍSICO ORGANOLÉPTICA DE CONSERVAS**

**II. EXAMEN FÍSICO ORGANOLÉPTICO DEL PRODUCTO**

CARACTERÍSTICAS		MUESTRA		
		N° 1	N° 2	
P E S O S	M	Peso Bruto (g)	473	477
	E	Vacio (pulg/Hg)	5	7
	D	Espacio Libre (mm)	-	-
	I	Peso Neto (g)	420	424
	D	Peso Escurredo (g)	335	340
	S	Líquido de Gobierno (mL)	75	70
Grados Brix		12		
L I Q U I D O	G	Presentación / Cobertura	Buena	Buena
	O	Consistencia	Normal	Normal
	B	Color	Normal	Normal
	I	Sabor	Bueno	Bueno
	E	Olor	Normal	Normal
	R	Limpieza	Buena	Buena
C O N T E N I D O	N	Apariencia	Buena	Buena
		Color	Normal	Normal
		N° de Piezas	20	19
		Olor	Bueno	Bueno
		Sabor	Bueno	Bueno
		Textura	Firme	Firme
		Oxidación	-	-
	L I M P I E Z A	Visceras	No Presenta	No Presenta
		Escamas	Escasas	-
		Coágulos	-	-
	Ojos	-	-	
	Espinas	-	-	

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

Físico Organoléptico : N.T.P. 204.007:1974

**OBSERVACIÓN** : Abolladura en la altura del cierre.

**NOTA :**

- Muestras recepcionadas en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Nuevo Chimbote, Abril 13 del 2009.

GVR/jms

### INFORME DE ENSAYO N° 0750-09

SOLICITADO POR : JOSUÉ INVERSIONES S.A.C.  
DIRECCIÓN : Calle Celendin 214 Urb. Cahuache San Luis Lima  
PRODUCTO DECLARADO : ENTERO DE ANCHOVETA EN SALSA DE TOMATE.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras. (Código 2)  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Envase de Hojalata 1-libra Tall.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2009-04-08  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2009-04-13  
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 2009-04-13  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
ENSAYOS REALIZADO EN : Laboratorio Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 000400-09

ENSAYOS	MUESTRA
	COMPÓSITO
Proteínas (%) Factor 6,25	16,78
Grasa (%)	8,03
Humedad (%)	68,64
Cenizas (%)	3,51
Histamina (ppm)	2,0
pH	5,60

#### METODOLOGÍA EMPLEADA

Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006

Grasa : UNE 64021 1970

Humedad : N.T.P. ISO 6496:2002

Cenizas : UNE 64019-1971

Histamina : Journal of Foods Science Vol. 41 1976 pag 1282 a 1284

pH : Potenciométrico

#### NOTA :

- Muestras recepcionadas en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Nueva Chimibote, Abril 13 del 2009.

DVY/jms

  
Ing. Denis Vargas Yáñez  
JEFE DE LABORATORIO

## **ANEXO 2: CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MATERIA PRIMA**

El rendimiento de la materia prima se realizó mediante la siguiente ecuación, considerando esta ecuación para cada una de las 53 experiencias realizadas para la investigación, los datos de peso de corte y peso envasado se tomaron durante el desarrollo de las experiencias. Para cada experiencia se tomo un peso inicial de materia prima de 10kg, envasándose luego del corte solamente 10 envases por cada una de las experiencias.

$$\text{Rendimiento (cajas/TN materia prima)} = [(\text{peso de corte/peso envasado}) \times 1000] / (\text{peso de materia prima} \times 24)$$

## **ANEXO 3: CÁLCULO DE PÉRDIDA DE CALOR DEL PESCADO DURANTE LA ETAPA DE ENSALMUERADO**

La pérdida de calor del pescado (kcal), se realizó mediante la siguiente ecuación, considerando esta ecuación para cada una de las 53 experiencias realizadas en la investigación, los datos de temperatura de recepción de materia prima y temperatura después del ensalmucrado se tomaron durante el desarrollo de las experiencias. Considerando que el calor específico del pescado es 0.8 kcal/kg °C.

$$\text{Pérdida de calor del pescado (kcal)} = \text{Peso de materia prima} \times 0.8 \times (\text{T}^\circ \text{ recepción materia prima} - \text{T}^\circ \text{ después del ensalmucrado})$$

#### ANEXO 4: CÁLCULO DE PÉRDIDA DE HUMEDAD DEL PESCADO EN LA ETAPA DE PRECOCCIÓN

La pérdida de humedad del pescado (%), se realizó mediante la siguiente ecuación, considerando que dicha pérdida se calculó después de la etapa de precocción, esta ecuación se utilizó para cada una de las 53 experiencias realizadas en la investigación.

$$\text{Pérdida de humedad (\%)} = (1 - \text{peso cocido/peso envasado}) \times 100$$

#### ANEXO: 5 FORMULACIÓN DE LÍQUIDO DE COBERTURA

El siguiente cuadro presenta el resumen de cómo se calculó las formulaciones para el líquido de cobertura de las 53 experiencia, considerando que el factor cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) se hizo variar ya que era el factor en estudio para la optimización del proceso de elaboración de entero de anchoveta en salsa de tomate. Realizando un ejemplo con 0,2% de  $\text{CaCl}_2$ , los ingredientes para preparar 3L de líquido de cobertura será:

<i>Ingredientes</i>	<i>%</i>	<i>Cantidad a preparar (g)</i>
<i>sal (g)</i>	<i>2,5</i>	<i>75</i>
<i>pasta (g)</i>	<i>31,3</i>	<i>940</i>
<i>agua (g)</i>	<i>65,6</i>	<i>1967</i>
<i>CMC (g)</i>	<i>0,4</i>	<i>12</i>
<i>CaCl<sub>2</sub> (g)</i>	<i>0,2</i>	<i>6</i>
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>3000</i>

**ANEXO 6: TABLA ESCALA HEDÓNICA PARA DETERMINAR TEXTURA,  
SABOR Y APARIENCIA DE PRODUCTO TERMINADO**

**NOMBRES Y APELLIDOS:**.....

**Instrucciones:** Pruebe la anchoveta en salsa de tomate y marque sólo una de las alternativas para describir cada característica de calidad.

Variables	Características de Calidad	Escala	Muestras											
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10		
S A B O R	Me agrada mucho	7												
	Me agrada medianamente	6												
	Me agrada poco	5												
	Me es indiferente	4												
	Me desagrada un poco	3												
	Me desagrada medianamente	2												
	Me desagrada mucho	1												
T E X T U R A	Muy firme	7												
	Firme	6												
	Medianamente firme	5												
	Indiferente	4												
	Poco firme	3												
	Muy poco firme	2												
	No presenta firmeza	1												
A P A R E N C I A	Me agrada mucho	7												
	Me agrada medianamente	6												
	Me agrada poco	5												
	Me es indiferente	4												
	Me desagrada un poco	3												
	Me desagrada medianamente	2												
	Me desagrada mucho	1												
<b>salsa de tomate</b>			<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>		
<b>Consistencia</b>	muy Viscoso													
	viscoso													
	poco viscoso													
<b>Sabor</b>	muy ácido													
	ácido													
	ligeramente ácido													
	otras características													

## **ANEXO 7: FICHA TÉCNICA PARA ENTERO DE ANCHOVETA EN SALSA DE TOMATE 1LB TALL**

### **1. Requisitos físico-organolépticos**

Color, olor y sabor típico de pescado entomatado tradicional. Textura: firme, peso neto: 425g mínimo, peso drenado: 280g mínimo, vacío – 4 plg Hg, concentración de salsa de tomate: 11° Brix.

### **2. Requisitos nutricionales**

Proteínas: 14-18%

Grasas: 3-12%

Cenizas: 2-3,5%

Carbohidratos: 3-5%

Valor calórico: 95-200 kcal / 100g

Niveles Superiores en contenido de proteínas, grasas, carbohidratos y valor calórico serán considerados conforme.

Estos parámetros se logran con un proceso de producción adecuado, es decir que todas las fases del proceso se realicen en forma adecuada, tiempos, ingredientes, temperatura.

### **3. Requisitos Microbiológicos**

El requisito es que el producto sea estéril comercialmente, ausencia de gérmenes patógenos y que el producto tenga un sellado hermético. Este requisito se logra con

estricta higiene, adecuada operación de sellado y esterilizado, además un control eficiente del nivel de cloro en el agua.

#### **4. Características de las latas y embalaje**

Sellado hermético a verificarse, debido a que cualquier desviación o imperfección en la operación de sellado incrementara el riesgo de contaminación por lo que la vigilancia y control sobre esta operación es obligatoria.

- ✓ Todas las latas deben estar libres de defectos (fugas de líquido, hinchazón, grietas, rajaduras, abolladuras que puedan afectar la hermeticidad u otros) y resistente a la oxidación hasta su fecha de vigencia.
- ✓ No se aceptaran latas rebarnizadas externamente.
- ✓ Las medidas de cierre deberán estar de acuerdo a los parámetros normales de producción y a las especificaciones técnicas del fabricante de la hojalata.
- ✓ No se aceptaran producciones (lotes) cuyo defecto sea desprendido de barniz interno.
- ✓ Las cajas deberán ser tal que garanticen un almacenamiento (estibaje y manipuleo) y transporte apropiados para asegurar las condiciones de limpieza de los envases y evitar su deformación física.
- ✓ En cada uno de los lados exteriores de la caja de cartón, deberá figurar impreso y de una manera legible el código de producción colocando además una etiqueta identificatoria del producto en los dos lados de la caja.

- ✓ No se aceptaran cajas de cartón sucias, abolladas, rotas o con síntomas de adulteración de las mismas.

## **5. Características del procesamiento**

Seguir los pasos estipulados en los sistemas de PLAN HACCP, BPM y SSOP de la empresa.

Se debe utilizar materia prima fresca y almacenarla adecuadamente.

El envasado debe ser adecuado y rápido, para asegurar el espacio de cabeza que debe ser de 3 a 5 mm, o el 6% del volumen del envase.

La evaluación de cierres se realiza con inspectores calificados y capacitados, quienes monitorean la operación de doble sellado, se realiza inspección visual tomando 5 muestras por cabezal cada 30 minutos, e inspección de sellos por rotura cada 4 horas de proceso continuo. Toda desviación del proceso normal debe registrarse.

El proceso de esterilizado se realiza de acuerdo al estudio de Fo para nuestra empresa es 95 minutos x 240,8 °F (=116 °C). El agua utilizada para enfriamiento deberá tener un residual de cloro mínimo de 0,5 ppm.

Debe asegurarse una trazabilidad adecuada con el mantenimiento de registros del plan HACCP, (los registros de esterilización deberán mantenerse por un periodo no menor a tres años)

## **6. Etiquetado**

La etiqueta deberá ser de papel couché de 90 gramos estucado o papel con barniz UV.

La etiqueta rotulada se indicara claramente.

- ✓ Nombre del tipo del producto elaborado
- ✓ Receta (sugerida para incentivar el consumo del producto)
- ✓ Registro sanitario del producto
- ✓ Nombre y dirección del fabricante y/o distribuidor
- ✓ Relación de ingredientes utilizados
- ✓ Valor nutricional por lata
- ✓ Peso neto
- ✓ Peso escurrido
- ✓ Producto peruano
- ✓ Consérvese en un lugar fresco y ventilado

La codificación del producto impresa en la tapa del envase es como sigue, caso contrario de acuerdo a aquella que haya sido aprobada por el Viceministro de Pesquería del PRODUCE.

- ✓ Lote (podría estar en el propio envase del producto): Empresa – Producto – líquido de gobierno
- ✓ Fecha de producción (formato: - MM – AA)
- ✓ Fecha de vencimiento (formato:- MM – AA)

## **NOTA**

### **a. Sistema de codificación N° 7**

- ✓ El muestreo deberá realizarse de acuerdo a la norma ITINTEC 203.103 sobre “conservas y semiconservas (inspección por atributos)”. Nivel II.
- ✓ La inspección de las unidades muestreadas deberá realizarse de acuerdo a la Norma ITINTEC 204.007 “conservas de productos de la Pesca en Envases de Hojalata (Método de Ensayo Físico Organolépticos).

### **b. No se requiere análisis de OMEGA 3.**

### **c. A la presentación de los certificados, se entregara copia del registro sanitario.**

## **Normas de Referencia**

- ✓ Resolución Ministerial N° 591 – 2008 – MINSA “Criterios Microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano”.
- ✓ Decreto Supremo N° 040-2001 – PE. Norma Sanitaria para las actividades pesqueras y acuícola.
- ✓ NTN ITINTEC 2004.001 – 1980 Conservas de productos pesqueros.
- ✓ Instituto Tecnológico Pesquero: Oficio 577-2005 – ITP / DE: opinión sobre vacío y recomendación a especificaciones técnicas y requisitos de certificación.
- ✓ Instituto Tecnológico Pesquero: Oficio 577 – 2005 - ITP / DE: opinión sobre vacío de conservas de productos hidrobiológicos.