

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POST-GRADO  
ESPECIALIDAD DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**



**“APLICACIÓN DEL METODO DE DISEÑO DE  
MEZCLAS EN LA SUSTITUCION DE CARNE POR  
HARINA TEXTURIZADA DE SOYA, EN CABANOSSI”**

*Tesis para optar el Grado de*

*Magister Scientiae*

**CARLOS CESAR ELIAS PEÑAFIEL**

**Lima-Perú  
2002**

## INDICE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISION DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1	Clasificación de productos cárnicos según el contenido de agua y duración	3
2.1.1	Embutidos blandos	3
2.1.2	Embutidos semiblandos o semisecos	3
2.1.3	Embutidos secos	4
2.2	Cabanossi	5
2.2.1	Definición	5
2.2.2	Formulaciones para Cabanossi	6
2.2.3	Procesos de elaboración	8
2.2.4	Principales etapas en los procesos de elaboración de Cabanossi	10
2.2.4.1	Maduración	10
2.2.4.2	Ahumado – cocción	12
2.3	Sustitución de proteínas cárnicas	14
2.3.1	Productos elaborados a base de soya	15
2.3.2	Harina Texturizada de Soya (HTS)	20
2.3.3	Utilización de proteínas de soya en productos cárnicos	22
2.4	Método de Superficie de Respuesta	25
2.4.1	Definición	25
2.4.2	Experimentación tradicional frente al Método de Superficie de Respuesta	27
2.4.3	Independencia de factores	28
2.4.4	Aplicaciones del Método de Superficie de Respuesta	29

2.4.5	Método de Diseño de Mezclas	29
2.4.5.1	Restricciones	31
2.4.5.2	Diseños de tratamientos para mezclas	33
2.4.5.3	Polinomios usualmente empleados en el Diseño de Mezclas	34
2.4.5.4	Aplicaciones del Método de Diseño de Mezclas	35
2.5	Programación Lineal (PL)	36
2.5.1	Definición	36
2.5.2	Formulación general	37
2.5.3	Métodos de resolución	38
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>39</b>
3.1	Materia Prima e Insumos	39
3.2	Equipos y materiales	40
3.3	Métodos de análisis	40
3.3.1	Análisis Físicoquímicos	40
3.3.2	Análisis de Textura Instrumental	40
3.3.3	Análisis Sensorial y Estadístico	41
3.4	Metodología Experimental	41
3.4.1	Definición del Flujo de Procesamiento	45
3.4.1.1	Pasos generales para elaborar Cabanossi	45
3.4.1.2	Influencia del tipo de masa en la preferencia de Cabanossi	49
3.4.1.3	Influencia del tipo de secado en la preferencia de Cabanossi	51
3.4.2	Formulaciones con incorporación de Harina Texturizada de Soya Hidratada (HTSH) y determinación de la Zona de Formulación Factible	53
3.4.2.1	Definición del Diseño Estadístico y Obtención de los Pseudocomponentes con Incorporación de Soya.	53
3.4.2.2	Determinación de las Líneas de Restricción	56

3.4.2.2.1	Determinación de la Línea de Restricción de Aceptabilidad Sensorial.	58
3.4.2.2.2	Determinación de las Líneas de Restricción de Textura Instrumental.	59
3.4.2.2.3	Determinación de la Línea de Restricción Isoproteica	61
3.4.2.3	Graficación de las Líneas de Restricción: de Aceptabilidad Sensorial, de Textura Instrumental e Isoproteica	62
3.4.2.4	Obtención de la Zona de Formulación Factible.	64
3.4.3	Determinación de la influencia de las fracciones de soya y carne sobre el costo total de Cabanossi.	64
3.4.4	Determinación del costo mínimo por programación lineal.	65
3.4.5	Caracterización del producto final	66
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>67</b>
4.1	Caracterización de las materias primas	67
4.1.1	Carne de cerdo	67
4.1.2	Carne de vacuno	67
4.1.3	Harina texturizada de soya hidratada (HTSH)	68
4.1.4	Grasa	69
4.2	Influencia del tipo de masa en la preferencia de Cabanossi	70
4.3	Influencia del tipo de secado en la preferencia de Cabanossi	70
4.4	Formulaciones con incorporación de Harina Texturizada de Soya Hidratada (HTSH) y determinación de la zona de formulación factible.	73
4.4.1	Obtención de los componentes con incorporación de soya	73
4.4.2	Determinación de las líneas de restricción	77
4.4.2.1	Determinación de la línea de restricción sensorial	77
4.4.2.2	Determinación de la línea de Restricción de Textura instrumental	81
4.4.2.3	Determinación de la línea de Restricción Isoproteica	85

<b>4.5 Graficación de las líneas de restricción sensorial, de textura e isoproteica</b>	<b>87</b>
4.5.1 Función de restricción sensorial en el Sistema Cartesiano XY	87
4.5.2 Función de restricción de Textura Instrumental en Sistema Cartesiano XY	97
4.5.3 Función de Restricción Isoproteica en el Sistema Cartesiano XY	103
4.5.4 Zona de Formulación Factible obtenida por las restricciones impuestas para Cabanossi	106
<b>4.6 Determinación de la influencia de las fracciones de soya (HTSH) y carne sobre el costo total de Cabanossi.</b>	<b>108</b>
<b>4.7 Determinación del costo mínimo por Programación Lineal.</b>	<b>110</b>
4.7.1 Linealización de la función sensorial	110
4.7.2 Determinación del costo mínimo	111
4.7.3 Comparación de costos de cabanossi con sustitución de 22,8% de soya (HTSH) frente al estandar	114
4.7.4 Caracterización del producto final	116
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>118</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>119</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>120</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>124</b>

## **INDICE DE CUADROS**

CUADRO 1: PRINCIPALES FORMULACIONES PARA CABANOSSI	7
CUADRO 2: PARAMETROS DEL PROCESO PARA LA ELABORACION DE CABANOSSI	9
CUADRO 3: DERIVADOS DE SOYA, OBTENCION Y USOS	19
CUADRO 4: DISEÑO SIMPLEX CON CENTROIDE AMPLIADO	34
CUADRO 5: FICHA DE EVALUACION SENSORIAL PARA LA PRUEBA DE PREFERENCIA PAREADA SIMPLE	42
CUADRO 6: DISEÑO DE BLOQUES INCOMPLETOS BALANCEADOS UTILIZADO EN EL ANALISIS SENSORIAL DE LAS 10 FORMULACIONES DE CABANOSSI	43
CUADRO 7: FICHA SENSORIAL UTILIZADA PARA DETERMINAR LA ACEPTABILIDAD GENERAL ENTRE TRATAMIENTOS	44
CUADRO 8: FORMULACION UTILIZADA EN LA ELABORACION DE CABANOSSI	48
CUADRO 9: DISEÑO SIMPLEX CON CENTROIDE AMPLIADO PARA UNA MEZCLA DE SOYA, CARNE Y GRASA	53
CUADRO 10: ANALISIS PROXIMAL DE LA CARNE DE CERDO	67
CUADRO 11: ANALISIS PROXIMAL DE LA CARNE DE VACUNO	68
CUADRO 12: ANALISIS PROXIMAL DE HARINA TEXTURIZADA DE SOYA HIDRATADA (HTSH)	69
CUADRO 13: ANALISIS PROXIMAL DE GRASA	69
CUADRO 14: RESULTADO DEL ANALISIS SENSORIAL DE CABANOSSI ELABORADO CON MASA GRUESA Y MEZCLA DE MASA FINA Y GRUESA	71

<b>CUADRO 15: RESULTADO DEL ANALISIS SENSORIAL DE CABANOSI AHUMADO Y SECADO CON AIRE CALIENTE</b>	<b>72</b>
<b>CUADRO 16: TRANSFORMACION DE PSEUDOCOMPONENTES A COMPONENTES</b>	<b>76</b>
<b>CUADRO 17: DIEZ FORMULACIONES ELABORADAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE INCORPORACION DE SOYA</b>	<b>78</b>
<b>CUADRO 18: RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL PARA ENCONTRAR LA FUNCION DE RESTRICCION SENSORIAL</b>	<b>79</b>
<b>CUADRO 19: PUNTAJES SENSORIALES OBSERVADOS (S), AJUSTADOS (S) Y LA DIFERENCIA DE AMBOS (S-S) DE LAS DIEZ FORMULACIONES EMPLEADAS</b>	<b>80</b>
<b>CUADRO 20: RESULTADOS DEL ANALISIS DE TEXTURA INSTRUMENTAL DE LAS 10 FORMULACIONES DE CABANOSI</b>	<b>82</b>
<b>CUADRO 21: DIEZ FORMULACIONES CON SUS RESPECTIVOS VALORES OBSERVADOS (T) Y ESPERADOS (T) DE TEXTURA INSTRUMENTAL</b>	<b>84</b>
<b>CUADRO 22: VALORES DE LOS PSEUDOCOMPONENTES A', B' Y C' HALLADOS PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE PROTEINA</b>	<b>86</b>
<b>CUADRO 23: VALORES XY HALLADOS EN BASE A A', B' Y C' PARA LAS FUNCIONES A DIFERENTES PUNTAJES SENSORIALES</b>	<b>92</b>
<b>CUADRO 24: VALORES XY CALCULADOS EN BASE A A', B' Y C' PARA LAS FUNCIONES A DIFERENTES PUNTAJES DE TEXTURA INSTRUMENTAL</b>	<b>99</b>
<b>CUADRO 25: VALORES XY HALLADOS EN BASE A A', B' Y C' PARA LAS FUNCIONES ISOPROTEICAS (15, 16 Y 17% DE PROTEINA)</b>	<b>103</b>
<b>CUADRO 26: INFLUENCIA DEL COSTO DE LAS FRACCIONES DE SOYA Y CARNE SOBRE EL COSTO TOTAL EN SOLES</b>	<b>108</b>
<b>CUADRO 27: COMPARACION DE COSTOS DE CABANOSI CON SUSTITUCION DE 22,8% DE SOYA (HTSH) FRENTE AL ESTANDAR</b>	<b>116</b>
<b>CUADRO 28: ANALISIS PROXIMAL Y VALOR ENERGETICO ESTIMADO DE CABANOSI CON 22,8% DE SUSTITUCION DE CARNE POR HARINA TEXTURIZADA DE SOYA</b>	<b>117</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1:	ESPACIO FACTORIAL RESTRINGIDO PARA MEZCLAS CON TRES COMPONENTES ( $p = 3$ )	30
FIGURA 2:	SISTEMA COORDENADO TRILINEAL	31
FIGURA 3:	ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCION DE CABANOSI CON SUSTITUCION PARCIAL DE CARNE POR HARINA TEXTURIZADA DE SOYA HIDRATADA (HTSH)	46
FIGURA 4:	FLUJO DE OPERACIONES PARA LA ELABORACION DE CABANOSI CON MEZCLA DE MASA FINA Y MASA GRUESA	50
FIGURA 5:	FLUJO DE OPERACIONES PARA LA ELABORACION DE CABANOSI CON MASA GRUESA	52
FIGURA 6:	GRAFICO DEL DISEÑO SIMPLEX CON CENTROIDE AMPLIADO PARA UNA MEZCLA DE SOYA, CARNE Y GRASA	54
FIGURA 7:	FLUJO DE ELABORACION DE CABANOSI DE LAS DIEZ FORMULACIONES CON DIFERENTES PORCENTAJES DE SUSTITUCION DE CARNE POR HARINA TEXTURIZADA DE SOYA (HTSH)	57
FIGURA 8:	LINEAS DE INTERSECCION EN EL SISTEMA CARTESIANO XY QUE DEFINEN EL PUNTO A', B', C' EN EL TRIANGULO SIMPLEX	63



FIGURA 9: ECUACIONES DE TRANSFORMACION DE PSEUDOCOMPONENTES ( $A'$ , $B'$ , $C'$ ) A COMPONENTES ( $A, B, C$ )	74
FIGURA 10: COORDENADAS DE LOS COMPONENTES	75
FIGURA 11: DEDUCCION DE LA ECUACION DE LA LINEA BASE DEL TRIANGULO Y SUS PARALELAS	88
FIGURA 12: DEDUCCION DE LA ECUACION DE LA LINEA CON PENDIENTE POSITIVA Y SUS PARALELAS	89
FIGURA 13: DEDUCCION DE LA ECUACION DE LA LINEA CON PENDIENTE NEGATIVA Y SUS PARALELAS	90
FIGURA 14: ECUACIONES QUE PERMITEN TRANSFORMAR LAS COORDENADAS $A'$ , $B'$ Y $C'$ A $XY$	91
FIGURA 15: GRAFICO Y FUNCION DE REGRESION CORRESPONDIENTE AL PUNTAJE SENSORIAL $S = 7,63$ (100% DEL ESTANDAR)	93
FIGURA 16: GRAFICO Y FUNCION DE REGRESION CORRESPONDIENTE AL PUNTAJE SENSORIAL $S = 6,87$ (90% DEL ESTANDAR)	94
FIGURA 17: GRAFICO Y FUNCION DE REGRESION CORRESPONDIENTE AL PUNTAJE SENSORIAL $S = 6,10$ (80% DEL ESTANDAR)	95
FIGURA 18: GRAFICO Y FUNCION DE REGRESION CORRESPONDIENTE AL PUNTAJE SENSORIAL $S = 5,72$ (75% DEL ESTANDAR)	96
FIGURA 19: LINEAS DE RESTRICCION A DIFERENTES PUNTAJES SENSORIALES	98

FIGURA 20: GRAFICO Y FUNCION DE REGRESION CORRESPONDIENTE AL VALOR DE TEXTURA INSTRUMENTAL $T = 27,51 \text{ Kg-s}$ (100% DEL ESTANDAR)	100
FIGURA 21: GRAFICO Y FUNCION DE REGRESION CORRESPONDIENTE AL VALOR DE TEXTURA INSTRUMENTAL $T = 24,76 \text{ Kg-s}$ (90% DEL ESTANDAR)	101
FIGURA 22: GRAFICO Y FUNCION DE REGRESION CORRESPONDIENTE AL VALOR DE TEXTURA INSTRUMENTAL $T = 22,01 \text{ Kg-s}$ (80% DEL ESTANDAR)	102
FIGURA 23: LINEAS DE TEXTURA INSTRUMENTAL A DIFERENTES PUNTAJES DE TEXTURA	104
FIGURA 24: LINEAS DE RESTRICCION ISOPROTEICAS A DIFERENTES PORCENTAJES DE PROTEINAS	105
FIGURA 25: ZONA DE FORMULACION FACTIBLE OBTENIDA POR LAS RESTRICCIONES SENSORIAL E ISOPROTEICA	107
FIGURA 26: INFLUENCIA DE LAS FRACCIONES DE HARINA TEXTURIZADA DE SOYA HIDRATADA (A) Y CARNE (B) SOBRE EL COSTO TOTAL DE CABANOSSI	109
FIGURA 27: FUNCION SENSORIAL LINEALIZADA	112
FIGURA 28: DETERMINACION DEL COSTO MINIMO POR PROGRAMACION LINEAL	115

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en aplicar el Método de Diseño de Mezclas para determinar el porcentaje de sustitución de carne por Harina Texturizada de Soya Hidratada (HTSH) en la masa principal de Cabanossi, para establecer posteriormente la formulación de costo mínimo por Programación Lineal.

Inicialmente se evaluó el tipo de masa y el tipo de secado en la preferencia de Cabanossi, una vez determinado el flujo de procesamiento a seguir y definido el Diseño Estadístico se determinaron las líneas de Restricción Sensorial, de Textura Instrumental e Isoproteica delimitando así una Zona de Formulación Factible (Superficie de Respuesta), en la que cualquier mezcla definida dentro de esta zona, satisfizo las restricciones impuestas.

El Cabanossi elaborado con masa gruesa presentó una mayor preferencia de los panelistas respecto al elaborado con masa fina; así como, el deshidratado en ahumador presentó una mayor preferencia respecto al deshidratado en tunel de aire caliente.

Considerando un puntaje de aceptabilidad sensorial mayor o igual a 6,10 (en un rango de escala sensorial de 0 a 9), un porcentaje de proteínas mayor o igual a 14,3% y un 25% de grasa incorporada, el límite máximo de sustitución de carne por HTSH (hidratada con 2,5:1; Harina:Agua) quedó establecido en 22,8% respecto a la masa principal de Cabanossi conformada por: HTSH, Carne y Grasa. La sustitución del 22,8% de carne permitió un ahorro de S/. 2,72 nuevos soles (\$ 0,78 dólares) por kilogramo de masa.

El producto final presentó una formulación de HTSH, Carne y Grasa de 22,8%, 52,2% y 25% respectivamente, así como un coeficiente Humedad/Proteína de 1,95 y un porcentaje de humedad del 40%, ubicandose dentro de la clasificación de Productos Secos. Su aporte energético estimado fue de 408,42 Kcal/100g de producto.

**El Método de Diseño de Mezclas permitió visualizar rápidamente el comportamiento de las líneas de restricción impuestas influenciadas por la interacción de las fracciones de HTSH, Carne de cerdo/vacuno y Grasa.**

**El método de Diseño de Mezclas permitió agilizar la investigación, simular las condiciones necesarias y, partiendo de un número reducido de tratamientos, tener un manejo y control más adecuado de la información, obteniéndose ahorro de tiempo y dinero.**

## **I. INTRODUCCION**

El elevado precio de la carne como fuente de proteínas, así como el desfase entre el aumento de las necesidades proteicas y sus posibilidades de producción económica en un futuro inmediato, crean la necesidad de investigar la forma de proporcionar nuevas fuentes aprovechables de estos compuestos nitrogenados, de más fácil producción y menor precio. De este modo, se encuentra una alternativa de suministro de proteínas en las fuentes vegetales y se estima que éstas tendrán cada vez mayor uso en las carnes procesadas.

Por otro lado, la tecnología actualmente existente permite obtener productos proteicos vegetales de bajo costo, altamente funcionales que incorporados a diversas formulaciones, hace que se obtengan productos cárnicos extendidos de buena aceptación.

Así, los productos proteicos vegetales de soya son incorporados en diversas formulaciones de productos cárnicos no solamente por su bajo costo y funcionalidad; sino también, por su aporte nutricional y por los efectos saludables que le proporciona al hombre.

El Cabanossi es una salchicha que utiliza en su elaboración carne molida; la cual, puede ser reemplazada parcialmente por harina texturizada de soya hidratada (HTSH), siendo factible la obtención de un producto de menor costo, de similar valor nutricional y sensorialmente aceptable.

En la elaboración de Cabanossi, es factible la incorporación de HTSH aplicando el Método de Diseño de Mezclas, el cual es una clase especial del Método de Superficie de Respuesta, donde se imponen restricciones de aporte proteico, calórico y de aceptabilidad sensorial, obteniéndose así una zona óptima, en la que cualquier formulación que esté dentro de ésta, cumplirá las restricciones

impuestas. Finalmente, de todas las formulaciones que cumplan con las restricciones, se podrá elegir una que tenga el mínimo costo mediante el método de Programación Lineal (PL).

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos:

- Determinar el nivel de sustitución de carne por harina texturizada de soya hidratada en la elaboración de Cabanossi mediante el Método de Diseño de Mezclas.
- Caracterizar al producto obtenido.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 Clasificación de productos cárnicos según el contenido de agua y duración**

Venegas y Valladares (1999) mencionan que a los productos cárnicos se les puede clasificar de diversas maneras, basándose en criterios tales como los tipos de materias primas que los componen, la estructura de su masa, si están o no embutidos, si se someten o no a la acción del calor o algún otro proceso característico en su tecnología de elaboración, la forma del producto terminado, su durabilidad o cualquier otro criterio o nombres derivados de usos o costumbres tradicionales.

Al respecto Quiroga *et al.* (2001), clasifican a los productos cárnicos según el contenido de agua y duración en: embutidos blandos, semiblandos o semisecos y secos.

#### **2.1.1 Embutidos blandos**

En estos productos, el contenido de agua oscila entre 60 y 80%; son de corta duración, en este grupo se encuentran los embutidos crudos y productos que han recibido tratamiento térmico. Los embutidos aquí considerados si no se consumen inmediatamente después de su elaboración deben conservarse a temperaturas de refrigeración (0-4°C) por un periodo no mayor de 4 a 6 días, por ser fácilmente deteriorables.

#### **2.1.2 Embutidos semiblandos o semisecos**

La humedad de estos productos se encuentra entre un 40-60%, son de mediana duración. En este grupo se encuentran embutidos ahumados y cocinados,

ahumados semisecos y algunos productos salados. Los embutidos semisecos pueden mantenerse a una temperatura menor o igual a 10°C para su conservación por un máximo de 10 días.

### **2.1.3 Embutidos secos**

En estos productos el contenido de humedad es mínimo, oscila entre 15 y 40% , son de larga duración, en este grupo de productos encontramos dos clases:

- a. Embutidos crudos y secos, los cuales no han sido sometidos a ningún tratamiento térmico y generalmente han sufrido un proceso de maduración en ambientes naturales o artificiales.
  
- b. Productos ahumados y secos, que han recibido tratamiento térmico por el ahumado en caliente, con temperaturas que pueden alcanzar hasta 90°C. A pesar de ser conservables se recomienda que, después de ser elaborados, se almacenen en condiciones de refrigeración.

Guerrero y Arteaga (1990), señalan que los embutidos secos se reglamentan por su relación final de humedad/proteína, a fin de indicar el nivel del secado. Aunque para llegar a estos cocientes no es estrictamente necesario llevar a cabo una fermentación, la producción de ácido láctico ayuda en gran parte al secado y proporciona un margen de seguridad en relación con la sanidad del producto, contribuyendo a su estabilidad y confiriéndole muchos atributos de calidad asociados con este tipo de productos. Asimismo, señala que los embutidos secos son productos de carne picada que, como resultado de la acción bacteriana, tienen un pH igual o menor a 5,3, después se secan para eliminar del 25 a 50% de la humedad obteniendo una relación final humedad/proteína no mayor de 2,3/1.



## 2.2 Cabanossi

### 2.2.1 Definición

Schiffner *et al.* (1996) mencionan que el Cabanossi es un tipo de salami cocido que se embute en intestinos delgados de cerdo. Procede de Checoslovaquia aunque se ha elaborado tradicionalmente en Hungría. Se diferencia del salami cocido por sus especias y se puede consumir frío o caliente (en sopas por ejemplo).

El Cabanossi o Kabanosy es una salchicha polaca elaborada a partir de porciones de cerdo magro cuidadosamente seleccionadas, las cuales han sido ahumadas. El producto tiene un distintivo aroma mixto a ahumado y a especias; asimismo, se presenta tierno y consistente. La temperatura de almacenamiento y transporte está en el rango de 12 a 16°C, presentándose en paquetes al vacío de 8 piezas con una longitud de 25 centímetros. Son desecados en cámaras de aire acondicionado especialmente diseñadas ([www.animex.com.pl](http://www.animex.com.pl), 2001).

El cabanossi picante es elaborado con carne picada de cerdo y res magra, condimentado con rocoto y cuidadosamente secado y ahumado para lograr una conservación del sabor. Embutido en tripa natural con una duración de 30 días a 3°C. Es un producto altamente apreciado como piqueo con cerveza o vino y de entremeses finos. Los cabanos tienen una presentación de 15 cm ([www.braedl.com](http://www.braedl.com), 2001).

Según Quality Requirements Czechoslovak Standard (1977), los cabanossi son elaborados con carne de vacuno, porcino, venado y varios aditivos y contienen menos de 55% de humedad, menos de 38% de grasa y  $2,4 \pm 0,6$  % de sal.

### 2.2.2 Formulaciones para Cabanossi

En el Cuadro 1 se presentan las principales formulaciones para elaborar cabanossi, según diversos autores. Como se puede apreciar, se requiere de una masa principal conformada por carne (vacuno, cerdo o industrial) y grasa de cerdo; así como de aditivos, siendo los principales: sal, comino, pimienta, ajos, pimentón y nuez moscada.

La formulación recomendada por Kutas (1987) utiliza exclusivamente carne de cerdo e insumos tales como: pimienta negra, nuez moscada y ajos; así como, polvo de praga para curar la carne, dextrosa y sólidos de jarabe de maíz como sustrato para los microorganismos que otorgan color a la carne.

Schiffner *et al.* (1996), señala que en la elaboración de cabanossi se utiliza carne de cerdo y carne de res y aditivos como: nuez moscada para otorgarle sabor y aroma, así como la utilización de fosfatos para ligar la masa.

Algunas empresas peruanas recomiendan, adicionalmente a los insumos usados por Kutas (1987), al rocoto y comino; así como, Eritorbato de Sodio, el cual acelera y controla las reacciones del curado, siendo adicionalmente un antioxidante.

Viscofan (2000), recomienda la adición de pimentón picante para otorgarle pungencia; así como, pimentón dulce para darle color. Asimismo, podemos deducir que se utiliza 90 ppm de nitritos sobre la masa, llegando a 180 ppm cuando el peso es reducido al 50%, después que el producto ha sido deshidratado.

**CUADRO 1: PRINCIPALES FORMULACIONES PARA CABANOSSI**

	KUTAS (1987)	EMP. PERUANA	VISCOFAN (2000)	SCHIFFNER et. al (1996)
<b>1. MASA PRINCIPAL</b>				
Carne de Industrial		40,00		
Carne de vacuno			30,00	33,30
Piernas de cerdo	100,00			
Panceta de cerdo			60,00	28,60
Carne de cerdo magra		40,00		33,30
Grasa dura de cerdo		20,00		
Hielo			10,00	4,80
TOTAL		100,00	100,00	100,00
<b>2. ADITIVOS</b>				
Sal	2,00	1,70		
Sales de cura (0,5% nitrito)			1,80	2,00
Sales de cura (2,5% nitrito)	0,25	0,30		
Comino		0,05		0,05
Dextrosa	0,50			
Pimienta negra molida	0,38	0,20		0,29
Pimienta blanca			0,20	
Pimentón picante			0,10	0,05
Pimentón dulce			0,20	
Nuez moscada	0,13			0,05
Ajos	0,25	0,25	0,10	0,25
Sólidos de jarabe de maíz	1,00			
Rocoto		1,70		
Mejorana en polvo				0,03
Fosfatos				0,20
Eritorbato de sodio		0,05		
TOTAL	4,51	4,25	2,40	2,92

### 2.2.3. Procesos de elaboración

La literatura menciona que hay dos formas de presentación del Cabanossi, la primera está conformada exclusivamente de masa gruesa y la segunda de una mezcla de masa gruesa y de masa fina. La primera es reportada por Kutas (1987) y Schiffner *et al.* (1996), siendo la más utilizada en nuestro medio y, la segunda es recomendada por Viscofan (2000).

Kutas (1987), recomienda que para la elaboración de Cabanossi se debe moler la carne de cerdo a través de un plato cribado de 6mm y la grasa de cerdo a través de un plato cribado de 3 o 5 mm, para posteriormente adicionar los ingredientes restantes y mezclar completamente hasta que estén uniformemente distribuidos. Luego se embute la mezcla en tripas de ovino de 24 a 26 mm y se forman cadenas de 15 cm aproximadamente, para ser mantenidas a temperatura ambiente por 2 horas. Posteriormente, se colocan las salchichas en un ahumador precalentado a 60°C aplicando un humo denso, después de una hora, se incrementa la temperatura a 88°C por media hora. El Cabanossi debe tener un color marrón oscuro cuando termina el procesamiento. Se retira la salchicha del ahumador y se seca por 7 días a 18 °C con 70 a 80 % de humedad relativa. La salchicha está lista cuando el peso es reducido al 50%.

Viscofan (2000) menciona que los cabanos (unidades de Cabanossi) suelen ser salchichas alargadas de más de 20 cm y la fórmula alemana que reporta es una mezcla de una emulsión fina de vacuno con un picado grueso de panceta de cerdo. Asimismo, recomienda las siguientes operaciones para la elaboración de Cabanossi:

- a. **Emulsificado:** Que consiste en picar por un lado la carne de vacuno hasta conseguir una emulsión. Picar por separado la panceta con una placa cribada de 5mm de diámetro.

- b. Mezclado: Añadir la panceta picada (a menos de 10 °C) a la mezcladora, junto con la emulsión de vacuno.
- c. Embutido: Se puede utilizar tripas Colfan P, Colfan M o NDC de Naturin. Los calibres más comunes son el 23 o el 26.
- d. Cocción/Ahumado: Dependiendo del calibre se puede alargar la última fase de cocción en el ahumado unos minutos más. Los parámetros de proceso se presentan en el Cuadro 2.

## CUADRO 2: PARÁMETROS DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE CABANOSSI

FASE	TIEMPO	°C	HR%
Coloreado	20'	55	100
Secado	20'	60	Baja
Ahumado	15'	72	85
Cocción	20'	75	100

Fuente: Viscofan (2000)

Schiffner *et al.* (1996) da a conocer un proceso de elaboración donde recomienda moler la carne de vacuno en un disco cribado de 3 mm de diámetro. Por otro lado, la carne de cerdo y el tocino se trozan y se juntan con la sal curante, la sal y las especias. Se mezclan y remueven bien y a continuación se añade la carne de vacuno y se vuelve a picar con un disco de cribas de 8mm. En este punto se puede añadir entre medio y un litro de agua. Se mezcla muy bien hasta conseguir que todo esté bien ligado. Una vez embutida la masa en intestinos delgados de cerdo se procede al ahumado en frío. Asimismo, señala que el Cabanossi se puede dejar madurar y a las 4 semanas ya se puede considerar un embutido duro de larga duración.

#### **2.2.4. Principales etapas en los procesos de elaboración de Cabanossi**

Las principales etapas en los procesos de elaboración de Cabanossi son: la maduración y el ahumado – cocción.

##### **2.2.4.1 Maduración**

Schiffner *et al.* (1996), menciona que en la maduración es donde realmente se originan las características típicas y tiene lugar en el embutido crudo una vez elaborada su masa. El concepto de maduración del embutido crudo comprende dos fases. Durante la primera fase predominan las actividades reproductoras y metabólicas de las bacterias, esta fase concluye con la diferenciación bacteriana y se caracteriza por la aparición de numerosos ácidos grasos volátiles, sobre todo de ácido pirúvico y ácido láctico. Durante la segunda fase comienza una lenta, pero constante disminución del número de bacterias, dominan los procesos de descomposición y transformación. Lo más relevante es la descomposición de ácidos grasos producidos en la primera fase, formándose así el típico aroma del producto. Al mismo tiempo se produce una intensa descomposición de las proteínas y del ácido láctico formado a partir de la glucosa.

Schiffner *et al.* (1996), recomienda para la primera fase de maduración que, una vez embutida la masa, estos se deben de colgar (presecado), manteniendo el aire en los siguientes parámetros: 95% (aproximadamente) de humedad relativa y una velocidad de circulación cercana a cero.

Respecto a la diferenciación de las bacterias, el mismo autor menciona, que el embutido crudo, tiene en promedio un número inicial de  $5 \times 100000$  gérmenes por gramo de masa. La flora bacteriana está formada por numerosas especies: bacterias intestinales del hombre y de los animales (enterobacterias y colibacterias), micrococos, bacterias esporulantes y bacterias ácido lácticas. Como

se requiere crear un ambiente de desarrollo óptimo para las bacterias productoras de ácido láctico y en cambio impedir el desarrollo de las bacterias que descomponen las proteínas. La adición de sal de nitrito a la masa del embutido crudo reduce el valor de actividad de agua a 0.96 inhibiendo el crecimiento de las bacterias ultimamente mencionadas, por lo que habría de concentrarse en dar las condiciones para facilitar el crecimiento de las bacterias productoras de ácido láctico. Para ello existen varias posibilidades:

- regulación óptima de la temperatura
- disponibilidad de nutrientes en cantidad suficiente
- creación de un microclima apropiado
- agregar cultivos iniciadores

**Regulación de la temperatura:** la temperatura ideal para este tipo de bacterias es de 22-25°C. A menos de 18°C es casi imposible su desarrollo; además de existir el riesgo de defectos de producción al desarrollarse bacterias que prefieren esta temperatura.

**Disponibilidad de nutrientes:** Las bacterias necesitan agua, proteínas, vitaminas e hidratos de carbono (azúcar). Los tres primeros componentes se encuentran de sobra en la masa. El único azúcar existente, en cantidades relativamente reducidas, es el glucógeno (azúcar muscular). Todos los tipos de bacterias necesitan azúcar, por lo que existe una gran competencia.

**Microclima:** En la primera fase de maduración es muy importante conseguir el microclima óptimo, la humedad debe estar a 95% aproximadamente y la velocidad del aire debe ser de aproximadamente cero.

**Cultivos iniciadores:** Para tener seguridad de buenas producciones se hacen cultivos de bacterias lácticas y se agrega a la masa. Las bacterias lácticas

presentan la particularidad de transformar la glucosa en ácido láctico, que se distribuye por la masa del embutido y reduce el valor del pH desde 5.6-5.7 hasta aproximadamente 5.0, a este pH no pueden sobrevivir las bacterias de la putrefacción. En buenas condiciones, la diferenciación de bacterias se puede realizar a la 24 a 36 horas.

La citada fase de multiplicación generalizada de las bacterias no es perjudicial e influye muy favorablemente sobre el proceso de producción de los embutidos, ya que es responsable de la formación del típico aroma del producto. El descenso del valor del pH durante la primera fase de maduración no sólo causa la eliminación parcial de las bacterias destructoras de las proteínas, sino que es la causa de un cambio en la estructura de la masa que comprende:

- la desnaturalización y gelificación de las proteínas
- la liberación del agua ligada.

#### **2.2.4.2 Ahumado-cocción**

Weinacker y Wittner (1990), mencionan que el ahumado tiene diversos efectos sobre los productos cárnicos, entre los cuales destacan: aromatización, coloración y conservación.

Mikami y Sekikawa (1999), afirman que el proceso de ahumado tiene los propósitos de: desarrollo del sabor, preservación, creación de nuevos productos, desarrollo del color y protección contra la oxidación.

##### **a. Ahumado en frío**

Weinacker y Wittner(1990) afirman que el ahumado en frío se realiza entre 15 y 20°C y que los embutidos crudos se pueden ahumar en frío recién dos días



después del proceso de la maduración, para que esté seca toda la superficie, ya que las superficies mojadas producen una fuerte condensación de humo, dando como consecuencia un color rojizo, todavía no estable que se destruye produciéndose decoloraciones. Indican que el método es apropiado para eliminar los hongos, las levaduras y bacterias que se forman especialmente durante el comienzo del proceso con la alta humedad. Asimismo afirman que, los condensados de humo mantienen su efecto conservador durante dos o tres semanas y, después, la actividad se pierde lentamente.

Mikami y Sekikawa (1999) señalan que el desarrollo del color de las carnes curadas es estabilizado por calor y que esto se da en procesos de ahumado y cocción, los que generalmente se llevan a cabo simultáneamente.

#### **b. Ahumado en caliente**

Weinacker y Wittner(1990) afirman que el ahumado en caliente se realiza entre los 50 y 80°C y es un proceso en el que al mismo tiempo se realiza la cocción del producto. El ahumado en caliente se puede dividir en tres etapas. La primera consiste en tratar los productos a temperaturas entre 50 y 60°C para iniciar y acelerar la curación, llamándose a esta fase la etapa de enrojecimiento y secado. La segunda etapa es la del ahumado mismo, en la que se aumenta la temperatura con lo cual también se inicia el proceso de cocción. La tercera etapa se refiere al proceso mismo de cocción, que tiene los siguientes efectos importantes:

- Coagulación de la estructura proteica.
- Eliminación de microorganismos.
- Inactivación de las enzimas de la carne.
- Obtención de las características sensoriales deseadas, en cuanto a color sabor y consistencia.

Los rangos de temperatura en los que se produce la desnaturalización depende del tipo de proteína, así las proteínas miofibrilares comienzan aproximadamente a los 40°C y concluye a los 60°C aproximadamente y las proteínas sarcoplasmáticas requieren temperaturas entre 70 y 72°C. Por lo tanto, para lograr la formación de una estructura proteica óptima y estable se necesitan temperaturas de cocción de por lo menos 68°C y mejor aún 72°C.

Mikami y Sekikawa (1999) afirman que durante la cocción la temperatura en el punto más frío se incrementa hasta 68-72°C.

### **2.3 Sustitución de proteínas cárnicas**

El elevado precio de la carne como fuente de proteínas, así como el desfase entre el aumento de las necesidades proteicas y sus posibilidades de producción en un futuro inmediato, han estimulado a los investigadores a estudiar la forma de proporcionar nuevas fuentes aprovechables de estos compuestos nitrogenados, de más fácil producción y mejor precio (Amo, 1980).

Los cereales y las leguminosas son fuentes de proteínas vegetales que pueden destinarse para consumo humano directo o para obtener proteínas animales mediante la alimentación del ganado. La obtención de proteínas cárnicas es una alternativa que implica un ciclo de producción más largo y de baja eficiencia de conversión, siendo por lo tanto, más costosa y que tiene una implicancia negativa en el medio ambiente (Sabaté, 1996).

Fernández *et al.* (1995) indican que las proteínas vegetales han sido utilizadas en la elaboración de productos cárnicos para incrementar el rendimiento, bajar los costos, mantener el valor nutritivo, favorecer propiedades funcionales específicas (capacidad de retención de agua, textura) y reducir el contenido de colesterol y grasa en general.

Según Keeton *et al.* (1984), las proteínas vegetales tales como: gluten de trigo, soya, algodón y maní, han sido usadas como sustitutos de proteínas cárnicas en salchichas tipo viena y "frankfurters" para mejorar sus características funcionales y reducir costos. Asimismo, se ha utilizado proteína de germen de maíz (Zayas y Lin, 1989) y aislado proteico de avena (Ma *et al.*, 1989), entre otras fuentes proteicas para la elaboración de productos cárnicos.

Bird (1974) reportó que en el futuro, la soya y en general las proteínas vegetales encontrarán un mayor uso en las carnes procesadas, en los productos lácteos y en los productos de panificación, también señala que un tercio o la mitad de las proteínas de grado alimenticio serán derivadas de plantas.

Según Young (1989), el uso de proteínas de soya en productos cárnicos ofrece las siguientes ventajas: aumenta los rendimientos de cocción, mantiene el contenido proteico y ayuda a reducir el costo de los ingredientes.

### **2.3.1 Productos elaborados a base de soya**

Campano (1995) señala que la soya contiene aproximadamente 38% de proteína, uno de los valores más alto de proteínas entre las leguminosas. El valor nutricional de la proteína de soya ha sido bien establecido por la comunidad científica, la que ha comparado la digestibilidad de la proteína de soya con otras fuentes de proteína de alta calidad como la carne, leche y huevo. El contenido de hidratos de carbono en la soya es de aproximadamente 30%, la mitad de estos se encuentran en forma de sacarosa, estaquiosa, verbascosa y rafinosa; el resto como hidratos de carbono insolubles. Su contenido en aceite (18%) fue el factor principal que impulsó el crecimiento de la industria procesadora de soya en los Estados Unidos. Amo (1980) señala que como resultado de la extracción del aceite, queda una torta rica en proteínas (alrededor de 50%), de la cual se pueden

obtener distintos productos, cuya calidad viene dada por su contenido en aminoácidos esenciales, tales como la lisina, deficiente en otras fuentes vegetales.

Los productos proteicos de soya han tenido un constante desarrollo tecnológico. Así, en los años 40 se desarrolló la harina de soya comestible (50% de proteína) con un perfil de sabor que muchos encontraban desagradable, y que posteriormente, como una tentativa temprana de simular la textura de productos de carne se elaboran las harinas de soya texturizadas. En los años 50, se desarrollan los aislados proteicos (90% de proteína en base seca) con un alto porcentaje de proteína soluble, un bajo perfil de sabor y sin fibra dietética, el cual tiene el inconveniente de tener un alto contenido de sodio y precios elevados (por los bajos rendimientos). En los años 60 los concentrados proteicos tradicionales (aproximadamente 70% de proteína) fueron desarrollados para superar los problemas de las harinas de soya a un costo más bajo que los aislados, caracterizándose porque en el proceso se recupera casi toda la proteína disponible en la semilla y parte de la fibra dietética. En los 70 se desarrollaron los concentrados texturizados y en los 80 los concentrados funcionales de proteína de soya, los cuales son bajos en sabor, altos en proteína, económicos, bajos en sodio, altos en fibra dietética y muestran las características deseadas por muchos procesadores de alimentos (Central Soya Company, 1995).

Egbert (1995), señala que los productos de proteína de soya han sido clasificados en función de su contenido de proteínas, como: harinas, concentrados y aislados proteicos. En cada una de las aplicaciones existen una variedad de productos con propiedades diversas:

- **Harinas de soya, sémolas y Proteína Vegetal Texturizada (TVP):** Las harinas y sémolas de soya están hechas a partir de la molienda y cernido de las hojuelas de soya, después de haber sido removido el aceite. El contenido de proteína de estos productos oscila entre el 40 y 55%. Típicamente, las harinas y sémolas de soya

están hechas a partir de las hojuelas de soya que han sido tratadas térmicamente (tostadas) para optimizar el sabor, nutrición y absorción de agua. Estos productos son extensamente usados en sistemas cárnicos molidos, para reducir costos. La proteína vegetal texturizada es obtenida por extrusión, para impartir textura y/o estructura distinta. Se utilizan en la industria cárnica para proveer una textura similar a la carne.

- **Concentrados de proteína de soya:** Los concentrados de proteína de soya son elaborados a partir de hojuelas descascarilladas y desengrasadas. Se utilizan varios métodos para remover los carbohidratos solubles en agua de las hojuelas desengrasadas de soya, para producir el concentrado de proteína de soya con un contenido de proteína de entre el 66 al 72% (base seca). Este proceso es terminado con la precipitación de la proteína en un medio ácido o hidroalcohólico. El producto resultante puede tener diversa funcionalidad, desde la simple habilidad de ligar la humedad hasta emulsificar grasa. Los concentrados de proteína de soya que son usados sólo para ligar la humedad son considerados típicamente como no funcionales, mientras los que tienen propiedades de emulsificación, se consideran funcionales.

Los concentrados texturizados, tienen típicamente un sabor más suave y no tienen los problemas de flatulencia asociados con los productos hechos a partir de harina de soya. Los concentrados funcionales en polvo, son altamente solubles y tienen la capacidad de ligar agua y emulsificar la grasa. Estos productos son usados en sistemas cárnicos molidos o reestructurados, para mejorar la textura del producto y en sistemas cárnicos emulsificados, para incrementar la unión de la grasa y la estabilidad de la emulsión.

La extracción con alcohol es el método más comúnmente usado para elaborar concentrados proteicos de soya, aunque esto conlleve a la pérdida de isoflavonas, compuestos que están presentes naturalmente en la soya y que

previenen la osteoporosis y riesgos de fractura, por promover un óptimo balance de calcio ([www.protein.com/PTIWeb.nsf](http://www.protein.com/PTIWeb.nsf), 2001).

- **Aislados de proteína de soya:** Los aislados de proteína de soya están hechos a partir de hojuelas de soya descascarillada y desengrasada; los carbohidratos solubles e insolubles se separan del componente proteínico. Las proteínas aisladas de soya contienen no menos del 90% de proteína en base seca y reemplazan porciones de la proteína en carnes procesadas, estabilizan emulsiones, ligan agua y grasa, y ayudan a mantener la integridad estructural de los productos cárnicos después de la cocción.

Según Bourgeois *et al.* (1986), puede afirmarse que el término aislado se reserva para productos que proceden de una “extracción positiva” (extracción del principio activo). Harinas y concentrados proceden, por el contrario, de una “extracción negativa” por eliminación de compuestos no proteicos. El mismo autor considera que las harinas tienen una concentración de proteína inferior al 70%, y denomina como concentrados a aquellos cuya concentración de proteínas oscila entre 70 a 85% y, como aislados, a productos cuya concentración de proteínas excede de 85%.

En el Cuadro 3, se muestra la obtención y usos de los diferentes productos a partir de soya.

Actualmente se fabrica una gran variedad de productos de proteína de soya para satisfacer las necesidades específicas en el procesamiento y formulación de alimentos, tales como la proteína vegetal hidrolizada, que se obtiene a partir de proteínas vegetales que han sido sometidas a hidrólisis ácida para ser utilizadas como saborizantes (Pérez, 1994).

**CUADRO 3: DERIVADOS DE SOYA, OBTENCIÓN Y USOS**

<b>TIPO DE PRODUCTO</b>	<b>OBTENCIÓN</b>	<b>USOS</b>
Harinas y concentrados texturizados	Extrusión de las harinas de soya o de los concentrados desnaturalizados mediante alcohol y calor.	Diversos tipos de alimentos fibrosos, productos con carne molida y alimentos de origen marino.
Concentrados de proteína de soya	Se producen mediante: precipitación a pH=4,5, extracción con alcohol acuoso (70-90%) y desnaturalización de la proteína con calor húmedo.	Diversas aplicaciones que requieren un perfil bajo de sabor. Mejora la absorción de agua y grasa. Aplicaciones nutricionales.
Aislados de proteína de soya (isoelectrónicos)	Se extrae de hojuelas desgrasadas de soya, se solubiliza con un álcali (pH=8-9), luego se centrifuga para eliminar el residuo fibroso insoluble; se ajusta hasta pH=4 y se centrifuga para eliminar oligosacáridos solubles.	Fórmulas infantiles y aplicaciones nutricionales.
Aislados de proteína de soya (neutralizados)	Se neutraliza el aislado (proteínatos de Na o K) para hacer el aislado más soluble y funcional. Aproximadamente un tercio del peso inicial de la hojuela, se recupera en forma de aislado.	Productos lácteos y cárnicos. Mejora la capacidad de emulsificación y estabilización de la emulsión. Así como: la absorción de agua, grasa y propiedades de formación de fibra.
Aislados estructurados	Se obtienen mediante extrusión, para darle diferentes formas y tamaño.	Productos a base de carne de ave y alimentos de origen marino.

Fuente: Soy Protein Council (1987), citado por Sipos (1995)

Los hidrolizados de proteínas vegetales, aunque tienen un costo mayor que el glutamato monosódico es empleado en dosis mucho más bajas para conseguir efectos iguales y aún superiores, dando una mayor estabilidad al aroma (Amo, 1980).

### **2.3.2 Harina Texturizada de Soya (HTS)**

Según Sipós (1995), existen diversos tipos de productos de proteínas texturizadas que se preparan comercialmente mediante la extrusión de las harinas, sémolas y concentrados proteicos, para así formar trozos y hojuelas y otras formas variadas. Estos productos también absorben agua y grasa, esto va aunado a sus propiedades reconocidas de extensión. Estos productos texturizados se pueden incorporar en forma seca, parcial o totalmente hidratados. Algunos ejemplos de este tipo de aplicaciones los encontramos en las hamburguesas de carne de res, embutidos, emparedados de carne molida, aderezo para pizza, rellenos para tacos, mezclas de pastel de carne, albóndigas, rellenos para pie de carne, alimentos vegetarianos y comida para mascotas. Las proteínas de soya texturizadas e hidratadas (HTST) deben manejarse como carne o como cualquier alimento perescadero cuando se utiliza para la preparación de productos derivados de la carne.

Kearns (1995) señala que algunos beneficios adicionales de la cocción por extrusión son: la desnaturalización de proteínas, inactivación de los inhibidores del crecimiento; control de los sabores amargos e incorporación homogénea de ingredientes como pueden ser colorantes químicos y otros aditivos que pueden tener un efecto en la apariencia o textura.

La harina texturizada de soya CENTEX<sup>®</sup>, desarrollada por la Compañía Central Soya, es un producto que se utiliza para salchichas de molienda gruesa, para ligar agua y grasa y es especialmente efectiva en sistemas alimenticios



precocinados donde se incrementa el rendimiento o en sistemas económicos magro-grasa. CENTEX 1/8" absorberá aproximadamente 2.5 partes de agua por 1 de soya deshidratada, en 15 minutos a 36 °F (Central Soya Company,1995).

Egbert (1996) menciona que la correcta hidratación de los productos de soya, es esencial para obtener la máxima funcionalidad de estos ingredientes. Recomienda para proteínas texturizadas una hidratación entre 15 a 20 minutos antes de su adición al sistema cárnico. Debiendo ser hidratadas en una proporción soya:agua de 1:2.

Mendoza *et al.* (1998) recomiendan que antes de mezclar la soya con la carne se le debe dar el siguiente tratamiento: agregar 1 Kg de soya, 6 Kg de agua caliente y cáscara de cítrico. Mantener a ebullición durante 30 minutos. Exprimir la soya hasta que alcance una relación 1:5 respecto al agua, agregar 15 g de sabor a carne, extracto de levadura, extracto de carne, glutamato monosódico, o cubos de sabor a pollo y refrigerar a 4°C durante 24 horas. El mismo autor menciona que, desde el punto de vista nutricional, la mezcla óptima de Proteínas de carne de cerdo: Proteínas de soya es de 34% a 66%, lo que se determina en base a la cantidad de metionina y triptófano (aminoácidos limitantes) en la mezcla carne:soya .

Por su forma granular las proteínas de soya contribuyen a mejorar la textura y mantener la jugosidad de los productos cárnicos. Se han determinado menores pérdidas de peso durante la cocción en hamburguesas con un 8% de grasa y un 20% de proteína de soya que en la muestra control con un 20% de grasa; por otro lado, concentraciones elevadas de soya, superiores al 26%, provocan un efecto contrario, ya que aumentan las pérdidas en la cocción. Uno de los principales inconvenientes de la utilización de estos ingredientes es su efecto sobre la palatabilidad del producto (Fernández *et al.*, 1995).

### 2.3.3 Utilización de proteína de soya en productos cárnicos

Soy Protein Council (1987) citado por Sipos (1995), menciona que las harinas y concentrados texturizados se usan en diversos tipos de alimentos fibrosos, en productos con carne molida y alimentos de origen marino.

Reichert (1992) indica que la proteína de soya puede aplicarse en productos cárnicos con los siguientes fines:

- La adición de concentrado de proteína de soya, influye positivamente sobre la fijación del agua y de la grasa.
- Mejora de los valores nutritivos de salchichas (composición de aminoácidos).

Asimismo, Hoogenkamp (1995), señala que las proteínas de soya son nutricionalmente adecuadas debido a su composición de aminoácidos y su digestibilidad, y han resultado ser comercialmente exitosas para reducir grasas y calorías en productos cárnicos procesados.

Sipós (1995) indica que los productos a base de proteína de soya se usan cada vez más en diferentes sistemas a base de carne procesada, tales como:

- **Carnes emulsificadas:** Muchas preparaciones a base de carne emulsificada, que contienen productos a base de carne de soya, resultan atractivos a la vista, tienen buena textura, no presentan sabores extraños y brindan ahorros considerables (menores pérdidas en la cocción y mayores rendimientos), y al mismo tiempo, conservan su valor nutricional. Los aislados de proteína de soya y los concentrados funcionales son los ingredientes a base de soya más eficientes, que se emplean en preparaciones del tipo emulsión. Dependiendo del producto derivado de la carne, los niveles de utilización varían entre 1 y 4%.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 Clasificación de productos cárnicos según el contenido de agua y duración**

Venegas y Valladares (1999) mencionan que a los productos cárnicos se les puede clasificar de diversas maneras, basándose en criterios tales como los tipos de materias primas que los componen, la estructura de su masa, si están o no embutidos, si se someten o no a la acción del calor o algún otro proceso característico en su tecnología de elaboración, la forma del producto terminado, su durabilidad o cualquier otro criterio o nombres derivados de usos o costumbres tradicionales.

Al respecto Quiroga *et al.* (2001), clasifican a los productos cárnicos según el contenido de agua y duración en: embutidos blandos, semiblandos o semisecos y secos.

#### **2.1.1 Embutidos blandos**

En estos productos, el contenido de agua oscila entre 60 y 80%; son de corta duración, en este grupo se encuentran los embutidos crudos y productos que han recibido tratamiento térmico. Los embutidos aquí considerados si no se consumen inmediatamente después de su elaboración deben conservarse a temperaturas de refrigeración (0-4°C) por un periodo no mayor de 4 a 6 días, por ser fácilmente deteriorables.

#### **2.1.2 Embutidos semiblandos o semisecos**

La humedad de estos productos se encuentra entre un 40-60%, son de mediana duración. En este grupo se encuentran embutidos ahumados y cocinados,

primero salmuera y posteriormente la proteína incorporada mediante masajeo o frotación. Este proceso se puede utilizar para aumentar el rendimiento de un 20 a un 40% en base al peso de la carne. De este modo, se obtiene un aspecto natural, mayor firmeza y características de corte comparables a las de los jamones tradicionales curados en salmuera, además el producto presenta menor goteo cuando se empaca al vacío.

- **Productos elaborados a base de carne de aves:** Los concentrados funcionales y los aislados de soya, se usan actualmente para aglutinar cortes y trozos de carne, para elaborar pasteles de carne y rollitos de carne de aves. Las pechugas de aves, a las que se les inyecta salmuera con aislado de proteína de soya, sal y saborizantes, encuentran mayor aceptación.
- **Alimentos de origen marino:** Las proteínas texturizadas hidratadas se pueden utilizar para efectuar extensiones que simulen la carne de cangrejo, camarón, tortas de pescado, etc. Estas mezclas pueden ser extruídas y moldeadas en formas distintas (rollitos, formas de pescado o camarón), para ser posteriormente empanizadas, fritas y congeladas.

Breyer y Goodwing (1962), afirman que trabajando con productos de carne curada, la mejor formulación se obtuvo para los niveles de 25 y 30% de sustitución de carne por proteínas de soya texturizada.

Sofos y Allen (1977) encontraron que proporciones de 25% de carne de res, 25% de carne de cerdo, 15% de grasa, 30% de texturizado de soya y 5% de aislado proteico de soya permiten obtener salchichas vienas con características sensoriales aceptables.

Wijeratne (1990), señala que las hamburguesas usadas en los programas de almuerzos escolares en los Estados Unidos incorporan el 30% por peso de proteína

de soya texturizada. Asimismo, Mendoza (1994), encontró que es posible adicionar hasta un 30% de proteína de soya texturizada a chorizos tipo español, sin afectar la calidad del producto. Hargarten *et al.* (1997), tuvieron resultados similares con un panel de consumidores que indicaron preferencias por hamburguesas de pollo que contenían 3% de concentrado funcional de soya.

Egbert (1996) recomienda 27,8% de harina texturizada de soya hidratada y 1,8% de aislado proteico de soya en la elaboración de salchicha polaca.

Salvá (2000) sugiere que en la elaboración de salchichas tipo Huacho, se puede utilizar un 30% de harina texturizada de soya, 3% de concentrado funcional de soya y 10% de pellejo de cerdo desgrasado, lo que permite obtener una salchicha cuya aceptabilidad general es similar a la salchicha tipo Huacho tradicional.

## **2.4 Método de Superficie de Respuesta**

### **2.4.1 Definición**

Según Villarroel *et al.* (2000), el Método de Superficie de Respuesta permite formular y desarrollar productos, habiendo demostrado ser una excelente herramienta para simplificar diseños experimentales, permitiendo trabajar simultáneamente con varias variables.

La metodología de Superficie de Respuesta (MSR o RSM, por sus siglas en inglés) es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas útiles para modelar y analizar problemas en los cuales una respuesta de interés es influenciada por varias variables, siendo el objetivo optimizar esta respuesta (Montgomery, 1991).

El MSR es definido por Giovanni (1983), citado por Pinto (1995), como un método estadístico que usa datos cuantitativos del diseño experimental apropiado para determinar simultáneamente ecuaciones multivariadas. Estas ecuaciones pueden ser gráficamente representadas como superficie de respuesta, las que pueden ser usadas de tres maneras:

- Describir como las variables a probar afectan la respuesta
- Determinar las interrelaciones entre las variables a probar
- Describir el efecto combinado de todas las variables a probar en la respuesta o variable control.

Cochran y Cox (1991) indican que el método de análisis de los resultados que da más información de un experimento factorial depende de la naturaleza de los factores. Si todos los factores representan variables cuantitativas, es natural pensar en los rendimientos o respuestas de Y como una función de los niveles de estas variables. Se puede escribir:

$$Y_u = f(X_{1u}, X_{2u}, \dots, X_{iu}) + e_u$$

Donde  $u = 1, 2, \dots, N$  que representan las N observaciones en el experimento factorial y  $X_{iu}$  representa el nivel de i-ésimo factor de la u-ésima observación. A la función f se le denomina SUPERFICIE DE RESPUESTA. El residuo  $e_u$  mide el error experimental de la u-ésima observación (Cochran y Cox, 1991).

Gomez *et al.* (1978) mencionan que el MSR es un conjunto de técnicas estadístico-matemáticas, cuyo objetivo es el de determinar las mejores condiciones en las que opera un proceso para lograr un resultado óptimo, lo que a su vez contribuye a un mayor conocimiento de la naturaleza del sistema de operación de dicho proceso. Este proceso puede ser considerado como un fenómeno o evento,

que está regido por leyes que gobiernan el mecanismo fundamental del sistema, de acuerdo a una relación causa-efecto. Estas leyes pueden ser representadas por medio de una relación matemática (modelo teórico verdadero) en la que el resultado, denominado respuesta o variable dependiente, se expresa como una función de las condiciones de operación. Las condiciones de operación corresponden a las combinaciones de los niveles de los diferentes factores causales. A los factores causales también se les conoce como variables independientes y algunas de ellas, las más importantes, pueden estar sujetas a control por parte del investigador. La función que expresa la relación entre las variables independientes o factores con respuesta, constituyen la superficie de respuesta.

El mismo autor hace referencia que el MSR se desarrolló en la industria química, siendo formalizados sus fundamentos por Box y Wilson en 1951.

#### **2.4.2 Experimentación tradicional frente al método de superficie de respuesta**

Madrigal *et al.* (1992), citado por Pinto(1995), señala que la experimentación tradicional o “uno a la vez” consiste en mantener constantes los valores de todos los factores excepto uno de ellos, siendo este el que se analiza. Este método es sencillo y permite representar sus resultados gráficamente. La utilización del mismo es una buena alternativa cuando se presentan circunstancias fuera de lo común, como las siguientes:

- El resultado es una función compleja del factor  $x$  (quizá multimodal), lo cual hace necesario emplear varios niveles del mismo factor para interpretar su efecto.
- Los efectos son aditivos y no existen interacciones, esto es, el efecto de un factor no está influenciado por los niveles de los otros factores.

Por otra parte, el MSR o Método Estadístico es útil cuando:

- En la región experimental la variable dependiente, posiblemente tenga un poco de curvatura, pero no puntos de inflexión.
- El efecto de uno de los factores puede depender del nivel de uno de los otros. En estas condiciones los resultados que se obtienen al usar el método tradicional son imprecisos. Sólo incrementando el número de experimentos es posible lograr una precisión comparable a la del método estadístico. Por otro lado, lo peor que puede ocurrir al aplicar el método tradicional es que las conclusiones sean erróneas. Asimismo, al aplicar la estrategia de "uno a la vez" para resolver problemas reales, es factible que sus soluciones sean equivocadas, lo cual se complica aún más debido a errores experimentales (Madrigal *et al.* 1992; citado por Pinto, 1995).

Según Giovanni (1983), citado por Pinto (1995), el método de experimentación tradicional es ineficiente por tres razones. Primero, se requiere un gran número de experimentos, lo que puede ser costoso y consume mucho tiempo. Segundo, la variable de respuesta óptima no puede ser determinada por estos procedimientos porque el experimentador debe aceptar las suposiciones formadas para especificar los niveles. Tercero, ninguno de estos procedimientos establece una ecuación que describa la relación entre las variables y la respuesta de éstas (variable control).

### 2.4.3 Independencia de factores

Montgomery (1991), presenta dos diseños de superficie de respuesta; el primero, en el que los niveles de cada factor son independientes de los niveles de los otros factores y; el segundo, en el que los niveles de los factores no son independientes de los niveles de los otros. En los experimentos de Diseño de Mezclas, los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla y, en



consecuencia, sus niveles no son independientes. Si baja el nivel de uno de los componentes el nivel del otro(s) tendrá que subir para que la suma total de los componentes sea igual a uno o al cien por ciento.

#### **2.4.4 Aplicaciones del Método de Superficie de Respuesta .**

La literatura menciona diferentes trabajos de investigación en los que se ha aplicado el MSR para la optimización de formulaciones en productos dietéticos de pastelería (Villarreal *et al.*, 2000), en la optimización de la extracción de proteínas a partir de harinas de semilla de tomate y de maní (Liadakis *et al.*, 1995 y Rustom *et al.*, 1991), en la evaluación del rol de las variables de procesamiento (Nielsen *et al.*, 1973) así como en la optimización.

#### **2.4.5 Método de Diseño de Mezclas**

Muchos diseños de productos y desarrollo de actividades en situaciones industriales envuelven formulaciones o mezclas donde la variable respuesta es una función de las proporciones de los diferentes ingredientes en un producto; por ejemplo, si se está desarrollando un panqueque en el que se tiene que utilizar una mezcla de harina, polvo de hornear, leche, huevos y aceite. En el experimento de mezclas más simple, la respuesta (la calidad o desempeño del producto basado en algún criterio) depende de las proporciones relativas de los componentes (variables independientes o factores). Los experimentos de mezclas son una clase especial de experimentos de superficie de respuesta en el cual el producto bajo investigación es hecho de varios componentes o ingredientes (Minitab User's Guide 2, 1998).

Montgomery (1991) refiere que en el Método de Diseño de Mezclas los niveles de los factores (componentes o ingredientes) no son independientes entre

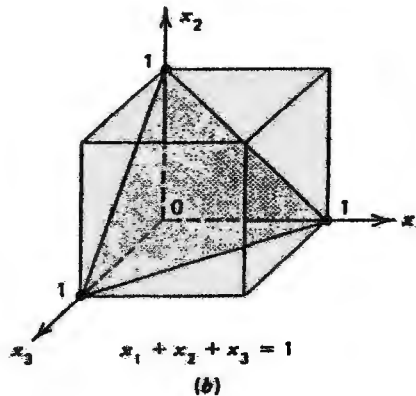
si. Por ejemplo, si  $X_1, X_2, \dots, X_p$  denota las proporciones de "p" componentes de una mezcla, entonces:

$$0 \leq X_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

y  $X_1 + X_2 + \dots + X_p = 1$  ( es decir, 100%)

Esta restricción se ilustra en la Figura 1, para tres componentes ( $p = 3$ ).

**FIGURA 1: ESPACIO FACTORIAL RESTRINGIDO PARA MEZCLAS CON TRES COMPONENTES ( $p = 3$ )**

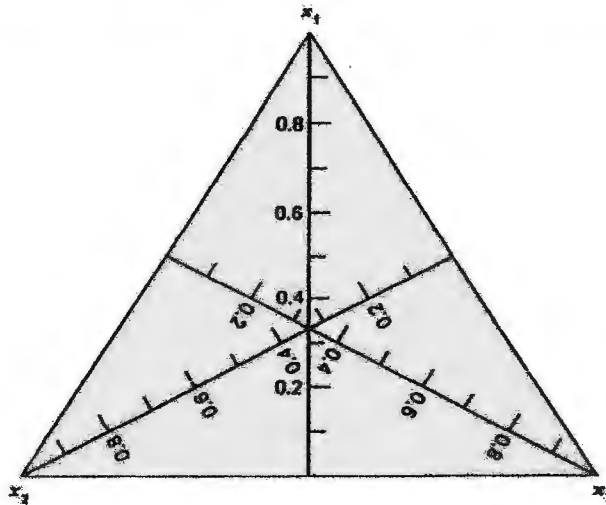


Con tres componentes el espacio muestral es un triángulo cuyos vértices corresponden a formulaciones que son componentes puros (mezclas consistentes en 100% de un solo componente).

Según Montgomery (1991), cuando hay tres componentes de una mezcla, la región experimental restringida puede ser representada en papel de coordenadas trilineales como se muestra en la Figura 2. Cada uno de los tres lados de la gráfica de la figura representa una mezcla que carece en absoluto de uno de los tres

componentes (el componente indicado en el vértice opuesto). Las nueve líneas de malla en cada dirección indican incrementos del 10% en los componentes respectivos. También menciona que los niveles de los componentes no son independientes entre sí, por ejemplo si:  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  denotan las proporciones de 3 componentes de una mezcla, en la que la suma de los tres componentes es igual a 1 o al 100%, la variación de la proporción de un componente influye sobre la proporción de los otros dos.

**FIGURA 2 : SISTEMA COORDENADO TRILINEAL**



#### 2.4.5.1 Restricciones

Las restricciones que se presentan en el Diseño de Mezclas son:

- Una de las restricciones que está implícita en el modelo de Diseño de Mezclas es que la sumatoria de los componentes es igual a 1 ( $\sum X_i = 1$ ) (Montgomery, 1991).
- Según Lawson *et al.* (1992), en algunas mezclas no es factible obtener el producto con todos sus componentes al 100%. Por ejemplo el combustible de ignición que se usa en los cohetes espaciales, es una mezcla de un fijador,

un oxidante y un combustible, al tener un 100% del fijador o cualquiera de los otros componentes será difícil obtener la mezcla adecuada. La proporción de los tres componentes puede variar, pero se debe mantener dentro de cierto rango, para que el combustible de ignición funcione, en este problema, la región experimental no es el triángulo que se obtuvo con tres componentes no restringidos, sino una parte del plano.

En problemas en los que cada mezcla está acotada inferiormente, el diseño experimental se define usando pseudocomponentes, los cuales son una mezcla de varios componentes. Si la cota inferior para el elemento  $X_i$  es  $L_i$  (esto es  $X_i \geq L_i$ ), el  $i$ -ésimo pseudocomponente  $X'_i$  se define como:

$$X'_i = (X_i - L_i) / (1 - \sum_{j=1}^k L_j)$$

y el  $i$ -ésimo componente se escribe empleando los pseudocomponentes de la siguiente forma:

$$X_i = L_i + (1 - \sum_{j=1}^k L_j) X'_i$$

- c) Torres *et al.* (1994) trabajando en el desarrollo de formulaciones para la elaboración de vienasas y paté de hígado de cordero, establecieron funciones de restricción que delimitaron una zona de formulación factible (Superficie de Respuesta) dentro de la cual, cualquier punto (mezcla) que se tome en ella cumplía con las restricciones impuestas. Así para ambos casos determinaron funciones de restricción de aceptabilidad sensorial, de aporte proteico y calórico.

### 2.4.5.2 Diseños de tratamientos para mezclas

Kuehl (2001) señala que los principales diseños de tratamientos para mezclas son:

- a) **Diseño de retícula simplex:** El arreglo formado por una distribución uniforme de coordenadas de diseño en un sistema simplex se conoce como retícula. Los diseños de retícula simplex se componen de una malla de coordenadas de diseño construidas de manera que permiten estimar las ecuaciones polinomiales de la superficie de respuesta. La designación  $(k,m)$  se usa en un diseño de retícula simplex con  $k$  componentes para estimar una ecuación polinomial de superficie de respuesta de grado  $m$ . Por ejemplo el diseño de retícula simplex tiene 3 componentes en la mezcla para estimar una ecuación de superficie de respuesta cuadrática.
- b) **Diseño simplex con centroide:** El diseño simplex con centroide es un diseño en el sistema de coordenadas simplex que se compone de mezclas que contienen 1, 2, 3 o  $k$  componentes en proporciones iguales.
- c) **Diseño simplex con centroide ampliado:** Es posible obtener mezclas más completas si se aumentan los diseños centroides simplex con mezclas sobre los ejes del espacio de factores. Los puntos del diseño se colocan en cada eje, equidistantes al centro o centroide hacia los vértices. Un diseño de  $k$  componentes tendrá  $k$  puntos de diseño adicionales con coordenadas:

$X_1$	$X_2$	.....	$X_k$
$(k+1)/2k$	$1/2k$	.....	$1/2k$
$1/2k$	$(k+1)/2k$	.....	$1/2k$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
$1/2k$	$1/2k$	.....	$(k+1)/2k$

Los puntos axiales adicionales proporcionarán una mejor distribución de la información a lo largo de la zona del experimento. Los tres puntos de diseño adicionales al aumentar el diseño simplex con centroide, para tres componentes son: (4/6, 1/6, 1/6), (1/6, 4/6, 1/6) y (1/6, 1/6, 4/6). El diseño completo se describe en el Cuadro 4.

**CUADRO 4: DISEÑO SIMPLEX CON CENTROIDE AMPLIADO**

$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	0	0
0	1	0
0	0	1
1/2	1/2	0
1/2	0	1/2
0	1/2	1/2
1/3	1/3	1/3
4/6	1/6	1/6
1/6	4/6	1/6
1/6	1/6	4/6

#### 2.4.5.3 Polinomios usualmente empleados en el Diseño de Mezclas

Según Montgomery (1991), los modelos usados en el Diseño de Mezclas difieren de los polinomios usualmente empleados en el trabajo de superficie de respuesta, debido a la restricción  $\sum X_i = 1$ . Las formas estándares de los modelos de mezcla de uso difundido son:

Lineal:

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i X_i$$

**Cuadrática:**

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i X_i + \sum_{i < j}^p \beta_{ij} X_i X_j$$

**Cúbica:**

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i X_i + \sum_{i < j}^p \beta_{ij} X_i X_j + \sum_{i < j}^p \delta_{ij} X_i X_j (X_i - X_j) \\ + \sum_{i < j < k} \beta_{ijk} X_i X_j X_k$$

#### **2.4.5.4 Aplicaciones del Método de Diseño de Mezclas**

La literatura menciona aplicaciones del Método de Diseño de Mezclas para la optimización de un determinado componente en una mezcla: Hour *et al.* (1980) optimizan desde el punto de vista sensorial la utilización de jugo de sandía en una mezcla de jugos de frutas; Villarroel *et al.* (1999) optimizan la utilización de carne de cordero en formulaciones para vienasas y paté de hígado; Montgomery (1991) describe un Método de Diseño de Mezclas en el que maximiza una cualidad (elongación) de una mezcla de tres componentes: polietileno, poliestireno y polipropileno.

## **2.5 Programación lineal (PL)**

### **2.5.1 Definición**

Taha (1998) señala que la Programación Lineal (PL) es una técnica de modelado matemático, diseñada para optimizar el empleo de recursos limitados. La programación lineal se aplica exitosamente en el ejército, agricultura, industria, transporte, economía, salud e incluso en las ciencias sociales. La utilidad de la técnica se incrementa mediante la disponibilidad de programas de computadora. El modelo PL incluye tres elementos básicos:

- Variable (decisión que tratamos de determinar)
- Objetivo (meta que tratamos de optimizar)
- Restricciones (que necesitamos satisfacer)

Haeussler y Paul (1992) mencionan que en ocasiones se desea maximizar o minimizar una función sujeta a ciertas restricciones. Por ejemplo un fabricante quizá desee maximizar una función de utilidad sujeta a restricciones de producción impuestas por limitaciones en el uso de la maquinaria y la mano de obra. La función que se desea maximizar o minimizar tiene que ser lineal, la cual tiene la forma :  $Z = ax + by$ , en donde  $a$  y  $b$  son constantes. También se requiere que las restricciones correspondientes, estén representadas mediante un sistema de desigualdades lineales ( que implican " $\leq$ " o bien " $\geq$ ") o ecuaciones lineales en  $x$  e  $y$ , y que todas las variables sean no negativas. A un problema en el que intervienen todas estas condiciones se le denomina problema de programación lineal. En un problema de programación lineal a la función que se desea maximizar o minimizar se le denomina **función objetivo** aunque por lo general existe una cantidad infinitamente grande de soluciones para el sistema de restricciones (a las que se denomina **soluciones factibles** o **puntos factibles**), el objetivo consiste en



encontrar una de esas soluciones que represente una **solución óptima** (es decir, una solución que de el valor máximo o mínimo de la función objetivo).

Ayala y Pardo (1995) señalan que la programación lineal se aplica para minimizar costos, maximizar ganancias, minimizar el consumo de materia prima, maximizar la productividad, para la selección del tamaño óptimo de planta, etc. Asimismo señala que la programación lineal se define como un procedimiento matemático usado para resolver problemas de optimización , los cuales involucran una combinación adecuada de factores y variables para producir un resultado máximo o mínimo. Para poder aplicar la programación lineal los siguientes criterios deben establecerse:

- a) Una función objetivo a ser maximizada o minimizada.
- b) Variedad de soluciones cada una de las cuales deben estar sujetas a un conjunto de restricciones expresadas como desigualdades o igualdades
- c) La relación entre las variables debe ser lineal o una aproximación a ella.

### 2.5.2 Formulación General

La formulación general de un problemas de programación lineal es la siguiente:

**Función objetivo a maximizar o minimizar:**

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

**Sujeta a restricciones**

$$g(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \begin{array}{l} = b_1 \\ \leq b_1 \\ \geq b_1 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 g(x_1, x_2, \dots, x_n) & = b_2 \\
 & \leq b_2 \\
 & \geq b_2 \\
 \\ 
 g_n(x_1, x_2, \dots, x_n) & = b_n \\
 & \leq b_n \\
 & \geq b_n
 \end{array}$$

### 2.5.3 Métodos de resolución

Para resolver problemas adecuadamente de programación lineal se utilizan diferentes métodos dependiendo de la complejidad del problema. Estos métodos son: Método gráfico, analítico y computacional.

- a) **Método gráfico:** Tiene la ventaja de ser ilustrativo, pero la gran desventaja que se puede trabajar solo hasta con tres variables como máximo, en este caso la región óptima es representada por un poliedro, limitado por planos correspondientes a las restricciones del problema, como en el caso de dos dimensiones en que la solución óptima ocurrirá en un vértice de poliedro y la función costo definirá una familia de planos. Para problemas con más de dos variables es recomendable utilizar el método analítico o computacional.
- b) **Método analítico:** A medida que el número de variables aumenta la visualización de la geometría del problema llega a ser más difícil y compleja, por eso es conveniente recurrir a alguna aproximación algebraica, tal como la técnica **SIMPLEX**, que es el procedimiento más general y conocido para la resolución de este tipo de problemas.
- c) **Método computacional:** Cuando el número de variables es mayor que 5, generalmente el procedimiento analítico se hace más engorroso y aumenta la probabilidad de cometer errores en el cálculo, por tal motivo el problema es resuelto haciendo uso de las microcomputadoras. Para ello se utilizan algoritmos como el del Método Simplex, que programados bajo cualquier lenguaje de programación, por ejemplo Visual Basic da una solución rápida al problema.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Planta Piloto de Alimentos, Laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina y Laboratorio de la empresa DELTAGEN S.A.

#### **3.1 Materia prima e insumos**

##### **A. Materia prima**

- Carne de cerdo y vacuno, adquiridas en el Centro de Ventas de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Grasa dorsal de cerdo.
- Harina Texturizada de Soya CENTEX<sup>R</sup>. Central Soya, adquirida en Montana S.A.

##### **B. Insumos**

- Concentrado funcional de soya PROMINE DS<sup>R</sup>. Central Soya, adquirido en Montana S.A.
- Tripas naturales de ovino de 18 a 20 mm, adquiridas en Procesadora Romani S.R.L.
- Sales de cura, adquiridas en QUIMSA.
- Sal común, grado alimentario
- Rocoto en pasta
- Pimentón dulce (páprika)
- Ajos triturados
- Pimienta blanca molida
- Colorante carmín, adquirido en Montana S.A.

## **3.2 Equipos y materiales**

- Balanza Analítica, marca Ohaus, N° 602207 850013. Italia.
- Texturómetro, marca TA.XT.PLUS integrado al software Texture Exponent 32 bit, N°44148342. Gran Bretaña.
- Moledora, marca Alexander Mobba, modelo P22C, N°203146, año 1993.España.
- Cutter, marca Hobart, N° de serie 561-086-495. Modelo 84145. OHIO. USA.
- Ahumador artesanal
- Cámara de refrigeración.
- Computadora Pentium III, Packard Bell.
- Programas: MINITAB.

## **3.3 Métodos de análisis**

### **3.3.1 Análisis físico-químicos**

- Análisis Proximal: Humedad, proteína, grasa (extracto etéreo), carbohidratos (extracto libre de nitrógeno) y cenizas, por los métodos recomendados por la AOAC (1990).

### **3.3.2 Análisis de Textura Instrumental**

La textura instrumental se determinó mediante un texturómetro TA.Xtplus dotado de un software de cuarta generación: TEXTURE EXPONENT32-bit. Se graficó los valores de fuerza en función del tiempo y se obtuvo un área que expresaba la dureza del producto en kilogramos por segundo (Kg-s).

Para evitar variaciones en la medición de la dureza del Cabanossi, se siguió el siguiente protocolo de análisis:

- a. Mientras se analizaba una muestra, el resto se mantuvo en refrigeración a 5°C.
- b. Si la unidad de una muestra era analizada dos veces, se tomó intervalos de distancia mayores a 4 cm entre cada punto de aplicación.
- c. De tres repeticiones, se tomó el promedio de las dos más próximas.

### **3.3.3 Análisis Sensorial y estadístico**

Se utilizó dos tipos de pruebas:

- a. Prueba de Preferencia Pareada Simple (Anzaldúa-Morales, 1994). Se utilizó 40 panelistas (consumidores finales) quienes determinaron la preferencia por uno u otro tratamiento. Sus reportes fueron tabulados estadísticamente mediante la Prueba de t-student a un nivel de significancia de 5%. La Ficha de evaluación sensorial se muestra en el Cuadro 5.
- b. Diseño de bloques incompletos balanceados. Se evaluó la aceptabilidad general en una escala hedónica de nueve puntos. Los tratamientos fueron repetidos seis veces en 15 bloques, representado en este caso por panelistas, cada par de tratamientos fueron comparados dos veces. Este diseño se ajustó al plan 11.16 ( $t=10$ ,  $k=4$ ,  $r=6$ ,  $b=15$ ,  $\lambda=2$ ), de Cochran y Cox (1991), el mismo que se puede observar en el Cuadro 6. La ficha de evaluación sensorial usada se muestra en el Cuadro 7.

### **3.4 Metodología experimental**

El presente trabajo de investigación se dividió en tres etapas, las cuales fueron:

- Definición del flujo de procesamiento
- Formulaciones con incorporación de soya y determinación de la zona de formulación factible
- Determinación del costo mínimo por Programación Lineal

**CUADRO 5: FICHA DE EVALUACION SENSORIAL PARA LA PRUEBA  
DE PREFERENCIA PAREADA SIMPLE**

<b><u>Nombre del juez</u></b>	.....
<b><u>Fecha</u></b>	.....
<b><u>Muestra evaluada</u></b>	Cabanossi

Pruebe los dos cabanossi y ponga una "X" en el que casillero que está debajo del símbolo correspondiente al de su preferencia.

▲	●

Diga por qué lo prefiere : .....

.....

.....

**Comentarios:**.....

.....

.....

**CUADRO 6: DISEÑO DE BLOQUES INCOMPLETOS BALANCEADOS UTILIZADO EN EL ANALISIS  
SENSORIAL DE LAS 10 FORMULACIONES DE CABANOSSI**

Diseño 11, 16 (t=10, k=4, r=6, b=15, E=0,83)

Panelista	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
1	X	X	X	X						
2	X	X			X	X				
3	X		X				X	X		
4	X			X					X	X
5	X				X		X		X	
6	X		X			X		X		X
7		X				X			X	
8		X		X			X			X
9		X			X			X		X
10		X					X	X	X	
11			X		X				X	X
12			X			X	X			X
13			X	X	X			X		
14				X	X	X	X			
15				X		X		X	X	

**CUADRO 7: FICHA SENSORIAL UTILIZADA PARA DETERMINAR LA  
ACEPTABILIDAD GENERAL ENTRE TRATAMIENTOS**

<b>Nombre del juez:</b> .....				
<b>Fecha:</b> .....				
<b>Por favor, pruebe las muestras de Cabanossi y coloque el calificativo de acuerdo a la siguiente escala:</b>				
<b>Gustó extremadamente</b>	( )	( )	( )	( )
<b>Gustó mucho</b>	( )	( )	( )	( )
<b>Gustó moderadamente</b>	( )	( )	( )	( )
<b>Gustó ligeramente</b>	( )	( )	( )	( )
<b>No gustó ni disgustó</b>	( )	( )	( )	( )
<b>Disgustó ligeramente</b>	( )	( )	( )	( )
<b>Disgustó moderadamente</b>	( )	( )	( )	( )
<b>Disgustó mucho</b>	( )	( )	( )	( )
<b>Disgusto extremadamente</b>	( )	( )	( )	( )
<b>Observaciones</b> .....				
.....				



El esquema experimental seguido en la presente investigación se muestra en la Figura 3.

### **3.4.1. Definición del flujo de procesamiento**

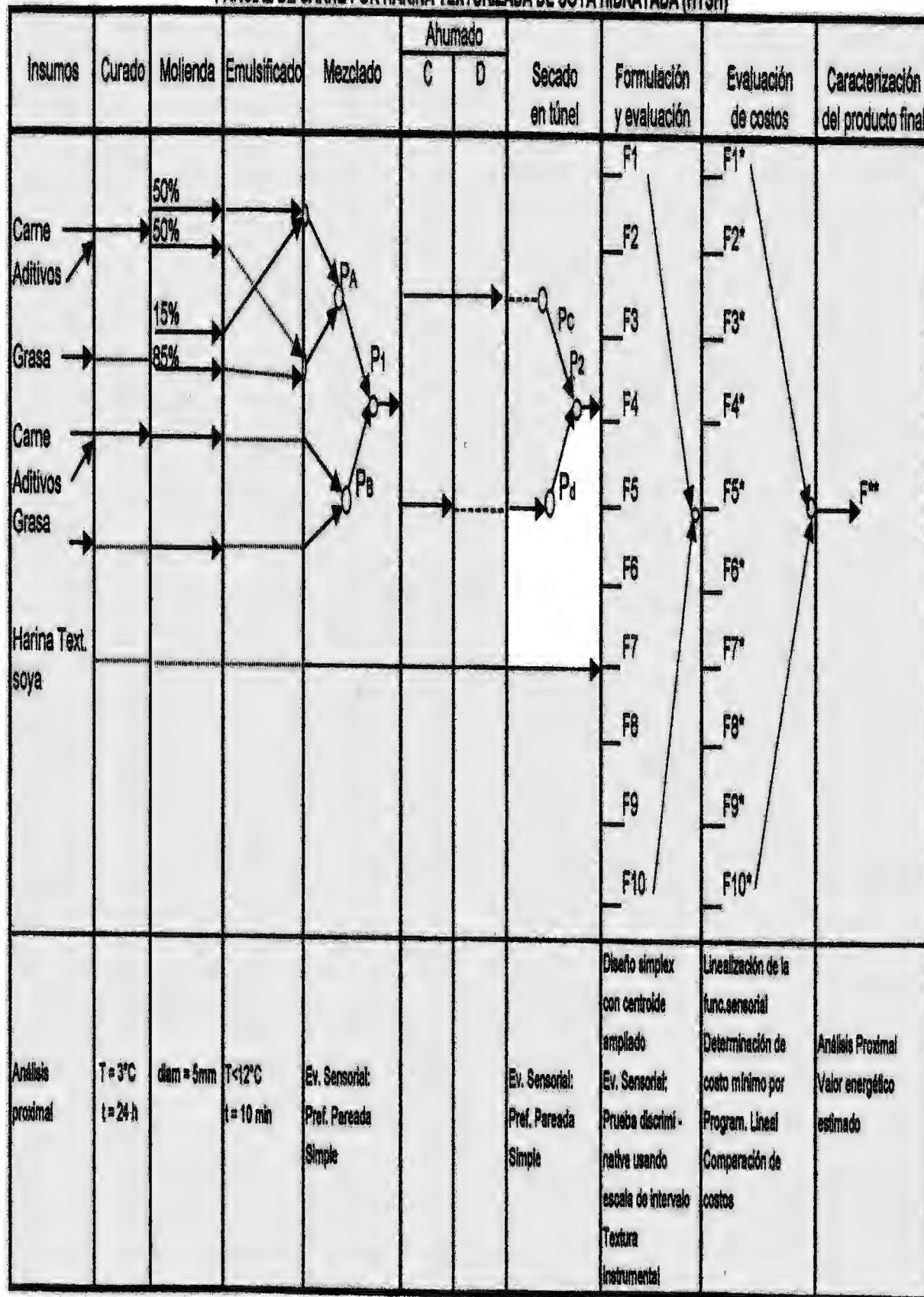
En esta etapa fueron establecidos los pasos generales para obtener Cabanossi, para posteriormente evaluar la influencia del tipo de masa y la influencia del tipo de secado en la preferencia general de los consumidores y definir así, el flujo de procesamiento.

#### **3.4.1.1 Pasos generales para elaborar Cabanossi**

Para la elaboración de Cabanossi se utilizó como base el procedimiento reportado por Viscofan (2000), Schiffner *et al.* (1996) y Kutas (1987). A continuación se describen las operaciones del proceso:

- A. Recepción de la materia prima:** Se empleó carne de cerdo (pierna), carne de vacuno (malaya) y grasa dorsal de cerdo en una proporción de carne:grasa 75:25, respectivamente, donde la relación carne de cerdo: carne de vacuno fue 50:50. En las tres materias primas antes indicadas se realizó un análisis proximal, con la finalidad de utilizar los resultados en cálculos posteriores.
  
- B. Curado:** La carne de cerdo y vacuno fueron curadas por separado; el objetivo fue prolongar su conservación y favorecer la coloración del producto (Paltrinieri y Meyer, 1996); para ello ambas carnes fueron cortadas en cubos de 1 pulg<sup>3</sup> aproximadamente, se mezclaron con los aditivos y se mantuvo a 3°C por 24 horas. Los aditivos empleados fueron:

**FIGURA 3: ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCION DE CABANOSSI CON SUSTITUCION PARCIAL DE CARNE POR HARINA TEXTURIZADA DE SOYA HIDRATADA (HTSH)**



P = Proceso

F = Formulación

C = Etapa de coloreado

D = Etapa de deshidratado

\* Se halla en base al Método de Diseño de Mezclas

\*\* Mejor formulación

	<u>Para 1 Kg de carne</u>	<u>Porcentaje</u>
	(g)	(%)
- Sal de cura (con 10,01% de nitritos*)	1,2	0,12
- Sal común	20,0	2,00
- Azúcar	4,0	0,40

\*Para llegar a 180ppm de nitrito en el producto final, considerando una pérdida de peso del 50%

**C. Molienda:** El objetivo fue reducir el tamaño de partícula de la masa y aumentar así la superficie de contacto (Girard, 1992). Se molió la carne y grasa por separado en una moladora de carne con cribas de 5 mm de diámetro. Estas materias primas permanecieron frías (aproximadamente a 3 °C) hasta el procesamiento.

**D. Emulsificado:** La finalidad fue disminuir el tamaño de partícula hasta un sistema coloidal, obteniendo una fina distribución del tejido graso triturado con la pasta de las fibras musculares (Prandl *et al.*, 1994).

**E. Mezclado:** Se realizó con el fin de entremezclar homogéneamente la carne con la grasa y los ingredientes (Paltrinieri y Meyer, 1996). Se mezcló la emulsión formada anteriormente con el resto de grasa, carne molida y demás ingredientes, que se detallan en el Cuadro 8, donde además se muestra la formulación empleada.

**F. Embutido:** Tuvo por finalidad introducir la masa en la tripa para constituir las piezas (Frey, 1983). La masa obtenida anteriormente se embutió en tripas de ovino de calibre 18 a 20 mm, evitando introducir aire y eliminándolo con una aguja cuando se ocluyó en la masa embutida.

**G. Maduración:** La finalidad fue secar toda la superficie para evitar decoloraciones y favorecer el desarrollo de bacterias lácticas (Weinacker y

**CUADRO 8: FORMULACIÓN UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE  
CABANOSSI**

	<b>CANTIDAD</b> (% en función a la masa total)	<b>CANTIDAD</b> (% en función de la masa principal)
Carne curada de cerdo	34,52	37,5
Carne curada de vacuno	34,52	37,5
Grasa dorsal de cerdo	23,00	25,0
<b>MASA PRINCIPAL</b>	<b>92,04</b>	<b>100,0</b>
Agua	3,96	4,30
Pimentón dulce	0,40	0,43
Ajos triturados	0,50	0,54
Pimienta blanca	0,57	0,62
Rocoto en pasta	1,56	1,70
Comino molido	0,09	0,10
Nuez moscada	0,09	0,10
Fosfato	0,19	0,21
Sal	0,60	0,65
<b>ADITIVOS</b>	<b>7,96</b>	<b>8,65</b>
<b>MASA TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>108,65</b>

Wittner, 1990; Schiffner *et al.*, 1996). La masa embutida fue madurada a temperatura ambiente de 6 a 24 horas.

**H. Ahumado:** Consistió en incorporar las sustancias del humo al embutido, las cuales ejercen una acción bactericida y proporcionan color, olor y sabor característico al producto (Paltrinieri y Meyer, 1996). Se empleó carbón como fuente calorífica y de humo. Se trabajó en 3 etapas:

- Coloreado: Se ahumó a 50-55°C (aproximadamente) por 2 horas.
- Secado-Ahumado: Se efectuó a 60°C por 9,5 horas.
- Ahumado en caliente: Se realizó a 80°C por 30 minutos con la finalidad de realizar un tratamiento térmico.

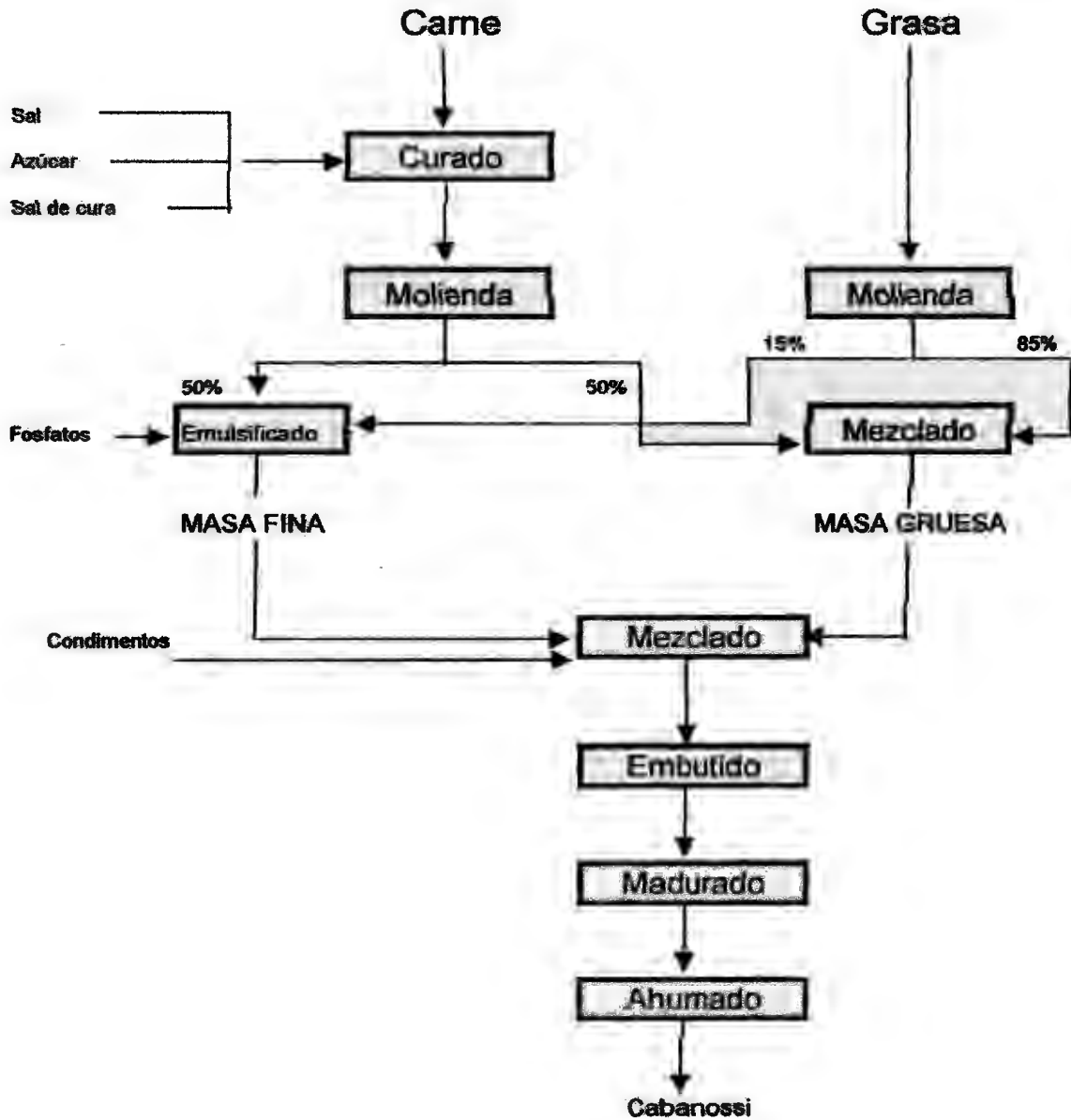
#### **3.4.1.2 Influencia del tipo de masa en la preferencia de Cabanossi**

Para determinar la influencia del tipo de masa en la preferencia de Cabanossi, dos tipos de productos fueron elaborados, el primero con una mezcla de masa fina y masa gruesa y; el segundo solo con masa gruesa, para ser posteriormente evaluados sensorialmente.

La primera presentación fue elaborada siguiendo las recomendaciones de Viscofan (2000), la misma que utiliza una mezcla de masa fina y masa gruesa ( $P_A$  en el esquema experimental). El flujo fue modificado ya que se incorporó la etapa de maduración para mejorar el color en la etapa de ahumado. En la Figura 4 se puede apreciar el Flujo de Operaciones seguido para la elaboración de Cabanossi con masa fina y masa gruesa.

La segunda presentación fue elaborada usando solamente masa gruesa ( $P_B$  en el esquema experimental), según recomendación de Kutas (1987). El flujo mencionado fue modificado ya que se incorporó la etapa de maduración, para mejorar el color en la etapa de ahumado. Asimismo, se modificó la materia prima, ya que no se utilizó únicamente carne de cerdo sino una mezcla de carne de cerdo

**FIGURA 4: FLUJO DE OPERACIONES PARA LA ELABORACION DE CABANOSSI CON MEZCLA DE MASA FINA Y MASA GRUESA**



Fuente: Modificado de Viscofan (2000)

y vacuno (Viscofan, 2000 y Schiffner *et al.*, 1996) para obtener un mejor color ya que la carne de vacuno tiene más mioglobina. En la Figura 5 se puede apreciar el Flujo de Operaciones para la elaboración de Cabanossi con masa gruesa.

La evaluación de los dos tipos de masa, se realizó según lo descrito en el ítem 3.3.3.a

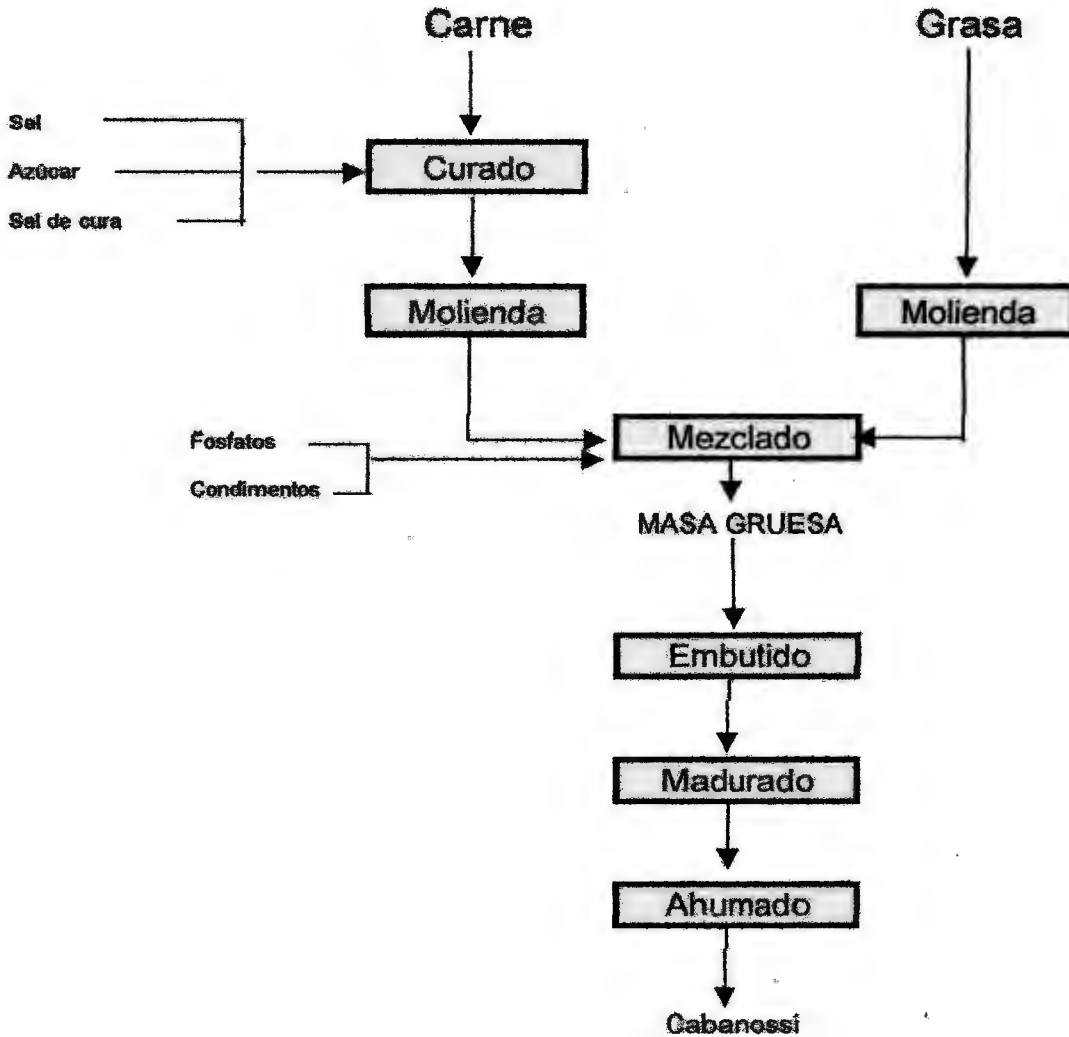
#### **3.4.1.3 Influencia del tipo de secado en la preferencia de Cabanossi**

Definido el tipo de masa de mayor aceptación, se realizaron pruebas para determinar la influencia del tipo de secado en la preferencia general de los consumidores. Para tal fin se elaboraron dos tipos de productos: el cabanossi secado en un ahumador artesanal y el cabanossi secado en túnel por aire caliente.

- a. **Cabanossi secado en un Ahumador Artesanal:** La masa embutida y madurada fue sometida a un proceso de coloreado en un ahumador artesanal por 2 horas a 50-55°C, para luego secarse en el mismo equipo a 60°C por 9,5 horas. Finalmente para efectuar un tratamiento térmico se incrementó la temperatura del ahumador a 80°C por 30 minutos. En el esquema experimental este proceso es definido como Pc.
- b. **Cabanossi secado en Túnel de Aire Caliente:** La masa embutida y madurada fue sometida a un proceso de coloreado en un ahumador artesanal por 2 horas a 50-55°C, para luego secarse en Túnel por aire caliente a 60°C por 9,5 horas. Finalmente para efectuar un tratamiento térmico se incrementó la temperatura del secador a 80°C por 30 minutos. En el esquema experimental este proceso es definido como Pd.

La evaluación sensorial de los dos procesos de secado se realizó según lo descrito en el ítem 3.3.3.a. y la mejor tecnología fue elegida para continuar con la investigación.

**FIGURA 5: FLUJO DE OPERACIONES PARA LA ELABORACION DE CABANOSI CON MASA GRUESA**



Fuente: Modificado de Kutas (1987)



### 3.4.2 Formulaciones con incorporación de Harina Texturizada de Soya Hidratada (HTSH) y determinación de la Zona de Formulación Factible

Una vez definido el Flujo de Procesamiento ( $P_2$  del esquema experimental) se procedió a desarrollar las siguientes etapas:

- Definición del Diseño Estadístico y Obtención de los Pseudocomponentes con Incorporación de Soya.
- Determinación de las Líneas de Restricción
- Determinación de la Zona de Formulación Factible

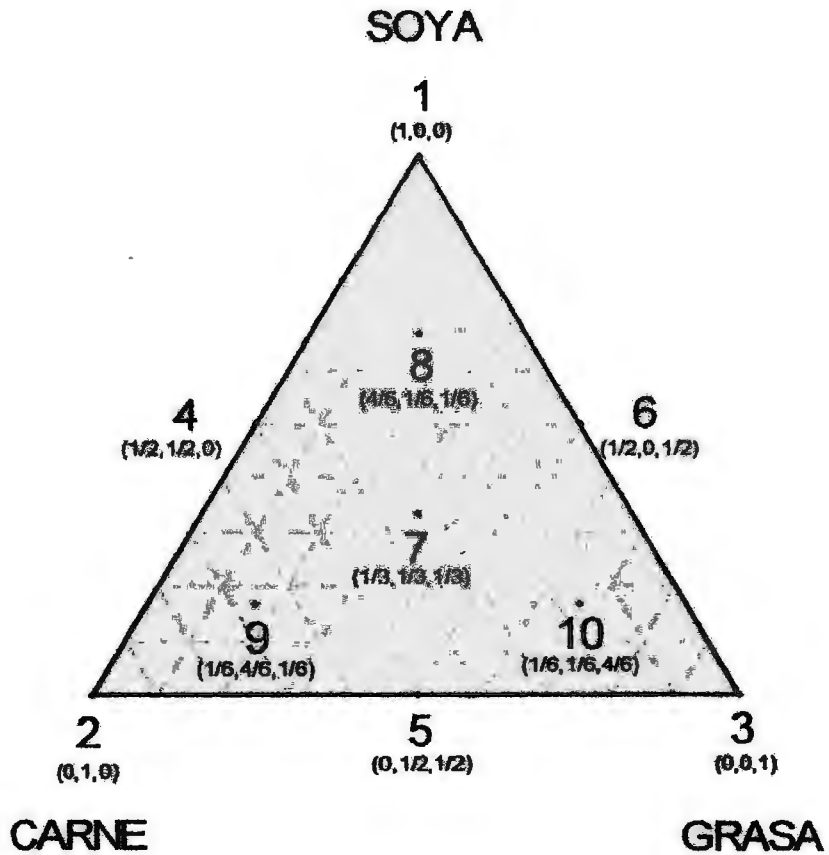
#### 3.4.2.1. Definición del Diseño Estadístico y Obtención de los Pseudocomponentes con Incorporación de Soya.

Se eligió el Diseño Simplex con Centroide Ampliado, ya que permite cubrir el área entera del triángulo simplex, sobre el cual la Superficie fue representada, con una combinación de diez tratamientos (Montgomery, 1991). Este diseño se muestra en el Cuadro 9 y la Figura 6.

**CUADRO 9: DISEÑO SIMPLEX CON CENTROIDE AMPLIADO PARA UNA MEZCLA DE SOYA, CARNE Y GRASA**

	SOYA	CARNE	GRASA
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	0,5	0,5	0
5	0,5	0	0,5
6	0	0,5	0,5
7	0,3333	0,3333	0,3333
8	0,6667	0,1667	0,1667
9	0,1667	0,6667	0,1667
10	0,1667	0,1667	0,6667

**FIGURA 6: GRAFICO DEL DISEÑO SIMPLEX CON CENTROIDE AMPLIADO  
PARA UNA MEZCLA DE SOYA, CARNE Y GRASA**



Como es evidente, no se puede lograr una mezcla con 100% de soya, 100% de carne o 100% de grasa por lo que el diseño definido anteriormente correspondió a un triángulo que tuvo la misma distribución, pero inscrito en otro triángulo que representó todo el universo de posibilidades de mezclas; es decir, se tuvo un diseño de mezclas con restricciones.

Las restricciones corresponden a los límites máximos y mínimos de cada uno de los componentes, los mismos que fueron definidos posteriormente. A las coordenadas iniciales del diseño se le llamó: Pseudocomponentes y a las coordenadas del triángulo inscrito: Componentes.

Los límites máximos y mínimos de cada componente fueron determinados en base a tres consideraciones:

- Las coordenadas del estándar: 0, 0, 75, 0,25 de soya, carne y grasa respectivamente.
- El rango de sustitución de soya, el cual fue establecido de 0 hasta un 10% más del porcentaje máximo de sustitución que la literatura reporta.
- El triángulo inscrito tuvo necesariamente que ser un triángulo equilátero de tal modo que se cumpla el principio que la suma de los componentes debe ser necesariamente igual a 1.

Las restricciones para Soya, se establecieron entre 0 y 40%. Para establecer el límite máximo se tubo en consideración los trabajos previos de Wijeratne (1990), Mendoza (1994), Hargarten *et al.* (1997) y Salvá (2000), quienes encontraron que un máximo de 30% de HTSH es utilizado en la elaboración de productos cárnicos; esto es, sin optimización, por lo que se estableció un margen de 10% considerando una posible optimización por encima del 30%. El límite máximo de Carne se estableció en 75%, ya que este valor es el porcentaje de carne que se emplea en la formulación del standard (formulación sin

soya). El mínimo de grasa se estableció en 25%, ya que es la cantidad de grasa que se emplea en la formulación del standard.

Una vez definidas las coordenadas de los pseudocomponente, así como, los límites de soya, carne y grasa, se establecieron ecuaciones que permitieron la transformación de pseudocomponentes a componentes. Para tal fin en el eje de las abscisas de un sistema cartesiano se establecieron dos valores: 0 y 1 y en el eje de las ordenadas los límites inferior y superior de los componentes, ya sea, soya, carne o grasa. Con estos dos puntos se definió las funciones respectivas.

Para elaborar las mezclas de los componente se usó soya bajo la forma de Harina Texturizada de Soya Hidratada (HTSH), para lo cual se siguió el proceso de rehidratación recomendado por Central Soya Company (1995). Así, fue usada una proporción de Harina:Agua de 1:2,5 respectivamente; el agua fue coloreada con 0.01% de carmín previamente y, la HTSH fue posteriormente congelada y molida. El análisis proximal de la HTSH fue realizado.

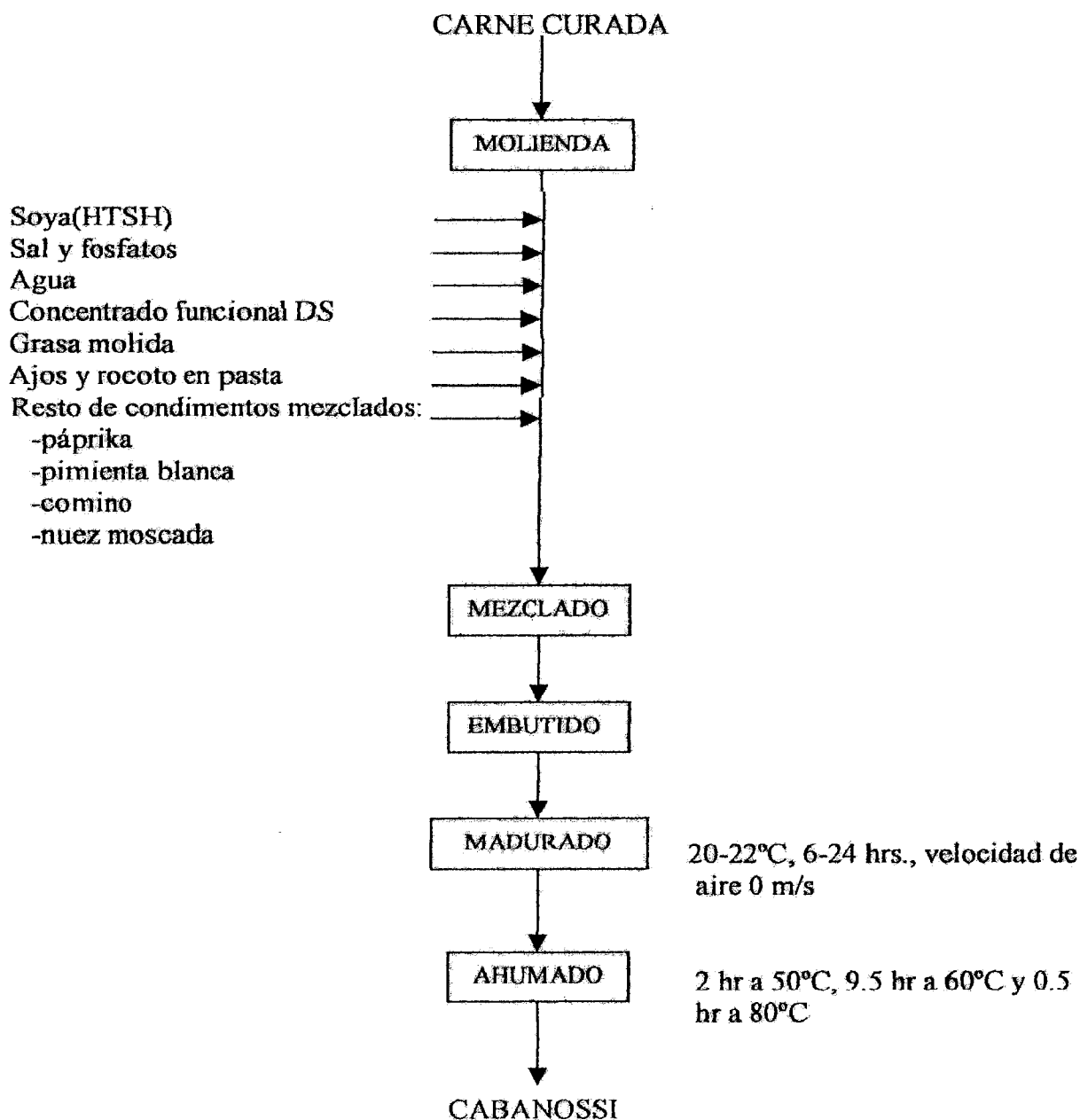
Con la finalidad de incrementar el ligado entre la HTSH y la masa, se adicionó 2.2% (calculado sobre la masa principal) de concentrado funcional de soya (Promine DS).

El flujo de elaboración seguido para la preparación de las 10 muestras (componentes) es el que se presenta en la Figura 7.

#### **3.4.2.2 Determinación de las Líneas de Restricción**

Se determinaron las líneas de restricción que delimitaron la Zona de formulación factible. Estas líneas estuvieron definidas por funciones de aceptabilidad sensorial, de textura instrumental e isoproteica.

**FIGURA 7: FLUJO DE ELABORACIÓN DE CABANOSI DE LAS DIEZ FORMULACIONES CON DIFERENTES PORCENTAJES DE SUSTITUCIÓN DE CARNE POR HARINA TEXTURIZADA DE SOYA (HTSH)**



### 3.4.2.2.1 Determinación de la línea de restricción de aceptabilidad sensorial

A los datos obtenidos mediante el análisis sensorial, detallado en 3.3.3.b, se aplicó un método de regresión múltiple utilizando el paquete estadístico MINITAB para obtener el Polinomio de Scheffe (Scheffe, 1958; Snee, 1971; Cornell and Ott, 1975; citados por Huor *et al.* 1980), ajustar el promedio de los tratamientos y predecir la respuesta sensorial, obteniéndose una función del tipo:

$$S = b_0 + b_1A' + b_2B' + b_3C' + b_{12}A'B' + b_{13}A'C' + b_{23}B'C'$$

Donde:

S	=	Puntaje sensorial ajustado
A', B' y C'	=	Pseudocomponentes de la mezcla
b	=	Coefficientes de la ecuación de regresión

La ecuación anterior fue expresada de la siguiente forma:

$$0 = (b_0 - S) + b_1A' + b_2B' + b_3C' + b_{12}A'B' + b_{13}A'C' + b_{23}B'C'$$

En forma semejante al procedimiento seguido por Torres *et al.* (1994), se estableció un rango sensorial aceptable mayor o igual al 75%. Este valor y otros dos valores (80 y 90%) fueron reemplazados en la función anterior, para observar el comportamiento de la función sensorial.

La función anterior fue expresada de la siguiente forma:

$$0 = k_1 + k_2A' + k_3B' + k_4C' + k_5A'B' + k_6A'C' + k_7B'C' \dots\dots\dots(1)$$

También fue considerada la restricción:

$$A' = 1 - B' - C' \dots\dots\dots(2)$$

Se reemplazó la ecuación (2) en la (1) y se obtuvo:

$$0 = Z_1 B'^2 + Z_2 B' + Z_3 \quad (\text{Función de Restricción Sensorial})$$

Donde:

$$B' = (-Z_2 \pm D) / 2 Z_1$$

$$D = \text{Discriminante} = \sqrt{Z_2^2 - 4 (Z_1)(Z_3)}$$

$$Z_1 = -k_5$$

$$Z_2 = (-k_5 - k_6 + k_7) C' + (-k_2 + k_3 + k_5)$$

$$Z_3 = -k_6 C'^2 + (-k_2 + k_4 + k_6) C' + (k_1 + k_2)$$

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7$  = Coeficientes de la función de restricción sensorial

A las ecuaciones anteriores se le asignó valores a  $C'$ ; obteniéndose valores de  $Z$ , para posteriormente hallar  $B'$ . Los valores de  $A'$  fueron encontrados mediante la relación:  $A' = 1 - B' - C'$ .

Los valores  $A'$ ,  $B'$  y  $C'$  fueron posteriormente transformados al Sistema Cartesiano XY, para poder ser graficados fácilmente mediante una computadora.

#### 3.4.2.2.2. Determinación de la Línea de Restricción de Textura Instrumental

A los datos obtenidos mediante el análisis de textura, detallado en 3.3.2, se aplicó un método de Regresión Múltiple, utilizando el paquete estadístico MINITAB para obtener el Polinomio de Scheffe (Scheffe, 1958; Snee, 1971; Cornell and Ott, 1975; citados por Huor *et al.* 1980) para ajustar el promedio de los tratamientos y predecir la textura instrumental, obteniéndose una función del tipo:

$$T = b_0 + b_1 A' + b_2 B' + b_3 C' + b_{12} A' B' + b_{13} A' C' + b_{23} B' C'$$

Donde:

- T = Puntaje de Textura Instrumental esperado, expresado en (Kg-s)
- A', B' y C' = Pseudocomponentes de la mezcla
- b = Coeficientes de la ecuación de regresión

La ecuación anterior fue expresada de la siguiente forma:

$$0 = (b_0 - T) + b_1A' + b_2B' + b_3C' + b_{12}A'B' + b_{13}A'C' + b_{23}B'C'$$

En forma semejante al procedimiento seguido por Torres *et al.* (1994), se impusieron Zonas de Restricción, estableciéndose un rango de textura aceptable mayor o igual al 75% de la textura del estándar (formulación sin agregado de soya). Previamente se evaluaron niveles de textura de 100, 90, 80 y 75%, respecto al estándar, para observar el comportamiento de la línea de restricción de textura instrumental, cada función fue obtenida reemplazando en el valor de textura T, de la ecuación anterior, los valores indicados anteriormente. Se obtuvo así la siguiente ecuación:

$$0 = k_1 + k_2A' + k_3B' + k_4C' + k_5A'B' + k_6A'C' + k_7B'C' \dots\dots\dots(1)$$

De igual forma que en el caso anterior, también se consideró la restricción:

$$A' = 1 - B' - C' \dots\dots\dots(2)$$

Se reemplazó la ecuación (2) en la (1) y se obtuvo:

$$0 = Z_1B^2 + Z_2B + Z_3 \text{ (Función de Restricción de Textura Instrumental)}$$

Donde:

$$B' = (-Z_2 \pm D) / 2 Z_1$$



$$\begin{aligned}
 D &= \text{Discriminante} = \sqrt{Z_2^2 - 4(Z_1)(Z_3)} \\
 Z_1 &= -k_5 \\
 Z_2 &= (-k_5 - k_6 + k_7)C' + (-k_2 + k_3 + k_5) \\
 Z_3 &= -k_6C'^2 + (-k_2 + k_4 + k_6)C' + (k_1 + k_2)
 \end{aligned}$$

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7$  = Coeficientes de la función de restricción de textura

A la ecuación anterior se le asignó valores a  $C'$ , obteniéndose valores de  $Z$ , para posteriormente, hallar  $B'$ . Los valores de  $A'$  fueron encontrados mediante la relación:  $A' = 1 - B' - C'$ .

Los valores  $A'$ ,  $B'$  y  $C'$  fueron posteriormente transformados al Sistema Cartesiano  $X, Y$  para poder ser fácilmente graficados mediante una computadora.

#### 3.4.2.2.3. Determinación de la Línea de Restricción Isoproteica

Para su determinación se siguió el método reportado por Torres *et al.* (1994) en el cual la cantidad de proteínas totales en las materias primas principales es producto de la suma del aporte de proteína de cada componente principal:

$$MA'X_1 + MB'X_2 + MC'X_3 = P \quad \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- M = Masa de materias primas principales, en gramos
- $A', B'$  y  $C'$  = Pseudocomponentes de las proporciones de soya (HTSH), carne y grasa respectivamente
- $X_1, X_2$  y  $X_3$  = % de proteínas sobre 100, de soya (HTSH), carne y grasa respectivamente
- P = Proteínas, en gramos

Se consideró adicionalmente que:

$$A' = 1 - B' - C' \quad \dots\dots\dots (2)$$

Reemplazando (2) en (1) se tuvo:

$$B' = \frac{(MX_1 - MX_3) C' - (MX_1 - P)}{(MX_2 - MX_1)} \quad \text{(Función de Restricción isoproteica)}$$

En la función anterior se reemplazó el contenido de proteínas P por tres porcentajes diferentes para encontrar el máximo porcentaje de proteína que satisfizo la función sensorial delimitando así una zona de formulación factible.

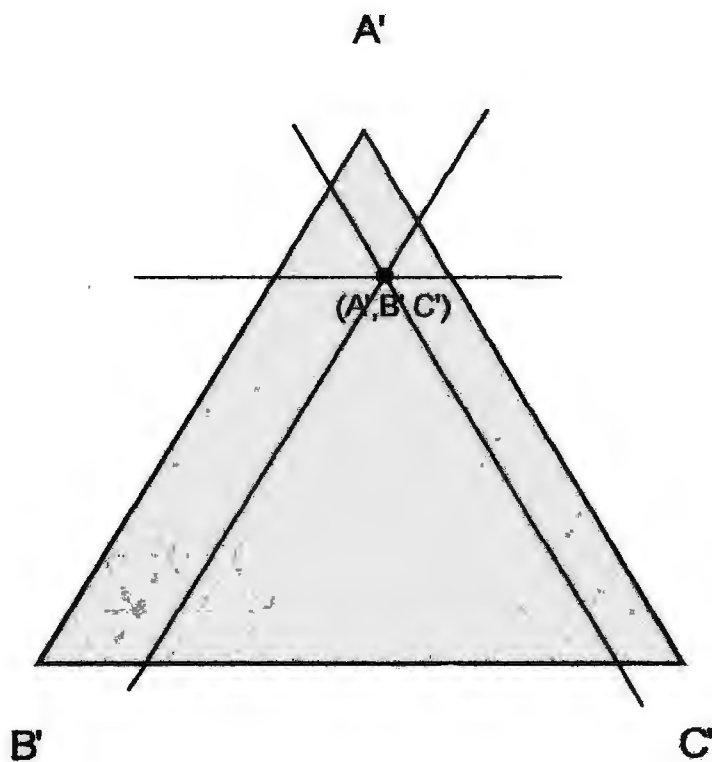
En la ecuación de la línea de restricción isoproteica se asignó valores a C' para hallar B' y, posteriormente A', mediante la relación  $A' = 1 - B' - C'$ .

Los valores de A', B' y C' fueron posteriormente transformados al sistema cartesiano XY para poder ser fácilmente graficados mediante una computadora.

### 3.4.2.3 Graficación de las Líneas de Restricción: de Aceptabilidad Sensorial, de Textura Instrumental e Isoproteica

Para efectos de graficar las líneas de restricción de aceptabilidad sensorial, de textura instrumental e isoproteica, se transformaron las coordenadas A', B' y C' al sistema cartesiano X,Y. En la Figura 8 se puede observar que un punto en el sistema de coordenadas A',B',C' en el triángulo simplex, quedó definido con sólo dos de las tres líneas de intersección que pasan por dicho punto, es así que se procedió a deducir las ecuaciones correspondientes a las líneas de intersección que definen los puntos A',B' y C'. Se obtuvo una ecuación que, conociendo la proporción de los componentes A' y C' permitieron hallar X. Así, se tuvo una función de la forma:

**FIGURA 8 :LINEAS DE INTERSECCION EN EL SISTEMA CARTESIANO XY  
QUE DEFINEN EL PUNTO A', B', C' EN EL TRIANGULO SIMPLEX**



$$X = (A' + bC') / a \dots\dots\dots(1)$$

Posteriormente se halló Y, de la relación:  $Y=A'$ , quedando la ecuación 1 como:

$$Y = -bC' + aX \dots\dots\dots(2)$$

La ecuación (2) es de la forma  $Y = f(C', X)$ ; como los valores de  $C'$  fueron conocidos, se simplificó a la forma  $Y = f(X)$ . En esta última ecuación se asignó valores a X y se halló Y.

Se obtuvieron así las coordenadas cartesianas X,Y. Después fue hallada una regresión de Y sobre X, generándose una función, la misma que fue graficada.

Las líneas que definen un punto, son paralelas a los lados del triángulo simplex y para su identificación en la deducción de las mismas, fueron llamadas: línea base, línea con pendiente positiva y línea con pendiente negativa.

#### **3.4.2.4 Obtención de la Zona de Formulación Factible**

La zona de formulación factible corresponde a la intersección de las restricciones impuestas, las cuales son: puntaje sensorial, textura instrumental y contenido proteico. Previamente la función sensorial fue linealizada para efectos de simplificación y optimizar así la sustitución de carne por soya, mediante el método de programación lineal.

#### **3.4.3 Determinación de la influencia de las fracciones de soya y carne sobre el costo total de cabanossi.**

Para determinar la influencia de las fracciones de soya y de carne sobre el costo total de cabanossi, se tomó nueve puntos y se obtuvo un gráfico tridimensional de costos totales en función de los costos de Soya y Carne. Los

nueve puntos que corresponden a nueve mezclas, estuvieron ubicados en la zona de formulación factible. Se mantuvo constante la grasa en 25%, de tal modo que ésta no influya en la determinación de los costos totales.

#### 3.4.4 Determinación del Costo Mínimo por Programación Lineal

La función objetivo a minimizar fue el costo de Cabanossi, función que dependió sólo de las fracciones de soya bajo la forma de Harina Texturizada de Soya HTSH (A') y carne (B'), ya que la fracción de grasa (C') se mantuvo constante en el mismo porcentaje del estándar (cero por ciento como pseudocomponente y 25% expresada como componente).

$$\text{Costo} = f(A, C) = \text{Mínimo}$$

Como la Programación Lineal requiere que las restricciones sean lineales, se procedió a linealizar la función sensorial, para lo cual se obtuvo la derivada correspondiente que determinó la pendiente para posteriormente hallar el intersepto del eje de las ordenadas en el punto de intersección ya sea de la línea de restricción sensorial o de la línea de restricción de textura instrumental.

El costo mínimo fue determinado analíticamente y gráficamente. Analíticamente, las funciones de restricción fueron:

$$Y = a_1 + b_1 X \dots \dots \dots \text{Sensorial linealizada} \quad Y = f(X)$$

$$Y = a_2 + b_2 X \dots \dots \dots \text{Isoproteica} \quad Y = f(X)$$

Las ecuaciones anteriores fueron transformadas a la forma  $A' = f(B')$  mediante la ecuación:

$$Y = 2(1 - B') - 1.732X \quad e \quad Y = A'$$

Las funciones resultantes fueron:

$$A' = a_3 + b_3B' \dots\dots\dots \text{Sensorial linealizada} \quad A' = f(B')$$

$$A' = a_4 + b_4B' \dots\dots\dots \text{Isoproteica} \quad A' = f(B')$$

El sistema de ecuaciones fue resuelto para hallar la intersección que define el costo mínimo. Los pseudocomponentes hallados: A', B' y C', fueron posteriormente transformados a componentes A, B y C mediante las ecuaciones de transformación definidas con anterioridad en el ítem 3.4.2.1. Se cuantificó el ahorro obtenido debido a la sustitución de carne por Harina Texturizada de Soya Hidratada (HTSH), para tal fin se comparó los costos del estandar frente a los costos del Cabanossi elaborado con el máximo porcentaje de sustitución de carne que las restricciones impuestas permitieron.

### 3.4.5 . Caracterización del producto final

El cabanossi elaborado con la formulación óptima fue sometido a los siguientes análisis:

- Humedad, proteína, grasa, carbohidratos y cenizas.
- Valor energético estimado

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Caracterización de las materias primas

#### 4.1.1 Carne de cerdo

Los resultados obtenidos en el análisis proximal de la carne magra de pierna de cerdo se reportan en el Cuadro 10. Como se puede observar, desde un punto de vista nutricional, tiene un alto porcentaje de proteínas, componente que junto a la grasa contribuyen en el aporte calórico. Los valores encontrados son similares a los indicados por Osborne y Voogt (1986) quienes encontraron en la carne magra de cerdo en promedio 70% de humedad, 20 % de proteína, 7% de grasa y 2,5 % de ceniza, y Kerchove (1996) quien reportó que la pierna de porcino contiene en promedio 70,45% de humedad, 18,95% de proteína y 10,10% de grasa.

**CUADRO 10: ANÁLISIS PROXIMAL DE LA CARNE DE CERDO**

	Porcentaje (b.h) *
Humedad	72,00
Proteína	18,80
Grasa	7,00
Ceniza	2,20
Total	100,00

\*Base húmeda

#### 4.1.2 Carne de vacuno

Los resultados obtenidos en el análisis proximal de la carne de vacuno se muestran en el Cuadro 11. Como se aprecia, aporta principalmente proteína y grasa: 20 y 5%, respectivamente, responsables del aporte calórico. Los valores

encontrados son similares a los reportados por Osborne y Voegt (1986) quienes señalan que la carne magra de vacuno contiene en promedio 73% de humedad, 21% de proteína, 5% de grasa y 1% de ceniza.

**CUADRO 11 : ANÁLISIS PROXIMAL DE LA CARNE DE VACUNO**

	Porcentaje (b.h) *
Humedad	74,00
Proteína	20,00
Grasa	5,00
Ceniza	1,00
Total	100,00

\*Base húmeda

#### 4.1.3 Harina Texturizada de Soya Hidratada (HTSH)

El análisis proximal de la Harina Texturizada de Soya Hidratada se muestra en el Cuadro 12. Como se puede observar tiene un alto contenido de carbohidratos y un nivel proteico importante, aunque inferior a la carne. Su aporte calórico se debe a su contenido de proteínas y carbohidratos principalmente. Los valores reportados en la literatura (Camacho *et al.*, 1976) expresados en el mismo porcentaje de humedad, para su comparación, fueron: Humedad: 74%, Proteína: 12,4%, Grasa: 0,26%, Cenizas: 2,03%, Carbohidratos: 11,31%. Al respecto, se puede observar que la HTSH usada en la presente investigación, tiene un mayor porcentaje proteico, pero menor porcentaje de carbohidratos y cenizas, así como un porcentaje semejante de grasa.

Por otro lado, Salvá (2000), reporta valores de proteína (15.18%) y de carbohidratos (9.51%) para harina texturizada de soya hidratada, los cuales son muy semejantes a los de la presente investigación, lo que indicaría que las diferencias encontradas con respecto a Camacho *et al.* (1976) son producto de la procedencia de la harina texturizada.



**CUADRO 12 : ANÁLISIS PROXIMAL DE HARINA TEXTURIZADA DE SOYA HIDRATADA (HTSH)**

	Porcentaje (b.h) *
Humedad	74,00
Proteína	15,20
Grasa	0,23
Carbohidratos	9,51
Ceniza	1.06
Total	100,00

\*Base húmeda

#### 4.1.4 Grasa

El análisis proximal de la grasa se muestra en el Cuadro 13. Como se visualiza tiene un alto porcentaje de lípidos (85%) y menores contenidos de agua (12%) y de proteínas (3%). Su aporte calórico está dado principalmente por su contenido de lípidos, contribuyendo las proteínas en menor medida.

**CUADRO 13: ANALISIS PROXIMAL DE GRASA**

	Porcentaje (b.h) *
Humedad	12.0
Proteína	3.0
Grasa	85.0
Ceniza	0.0
Total	100.0

\*Base Húmeda

#### **4.2. Influencia del tipo de masa en la preferencia de Cabanossi**

Los resultados de la evaluación sensorial de cabanossi elaborado con masa fina y gruesa se muestran en el Cuadro 14. Se aprecia la preferencia de los panelistas por el Cabanossi elaborado con masa gruesa, sin embargo el análisis estadístico, con un nivel de significancia del 5%, no muestra diferencias significativas entre ambas muestras, tal como se puede apreciar en el Anexo 1- Cuadro 1.1 (Tabla de significancia para pruebas de dos muestras).

Los resultados obtenidos se deberían a que los cabanossi comerciales más difundidos en nuestro medio son elaborados con masa gruesa. Cabe indicar que en las observaciones registradas en la Ficha Sensorial, los panelistas fundamentan su preferencia en que se puede apreciar mejor las partículas de carne.

#### **4.3. Influencia del tipo de secado en la preferencia de Cabanossi**

Los resultados de la evaluación sensorial del cabanossi ahumado y secado por aire caliente se muestran en el Cuadro 15. Como se observa, la preferencia es por el producto elaborado mediante el proceso de ahumado. El análisis estadístico, con un nivel de significancia del 5%, indica diferencias significativas entre ambas muestras, resultados que se pueden observar en el Anexo 1 – Cuadro 1 (Tabla de significancia para pruebas de dos muestras).

La inclinación del panel de degustación (65,9%) se fundamenta en el hecho de que el humo le imparte sabor y aroma a los productos, otorgándoles mejores características sensoriales. Al respecto, Weinacker y Wittner (1990), señalan que algunos componentes del humo tales como los carbonilos, fenoles y ácidos orgánicos volátiles, tienen una importante influencia sobre la aromatización de los productos cárnicos.

**CUADRO 14: RESULTADO DEL ANALISIS SENSORIAL DE CABANOSSI ELABORADO CON MASA GRUESA Y MEZCLA DE MASA FINA Y GRUESA**

Panelista	T1	T2
1		X
2		X
3		X
4		X
5	X	
6		X
7		X
8	X	
9		X
10		X
11	X	
12	X	
13	X	
14	X	
15	X	
16	X	
17	X	
18		X
19	X	
20		X
21	X	
22	X	
23		X
24		X
25	X	
26	X	
27	X	
28		X
29	X	
30	X	
31	X	
32	X	
33	X	
34		X
35		X
36	X	
37	X	
38	X	
39	X	
40		X
41		X
42	X	
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>16</b>

T1 = Tratamiento 1 = Masa gruesa

T2 = Tratamiento 2 = Mezcla de masa fina y masa gruesa

**CUADRO 15: RESULTADO DEL ANALISIS SENSORIAL DE CABANOSSI AHUMADO Y SECADO CON AIRE CALIENTE**

Panelista	T1	T2
1	X	
2		X
3		X
4		X
5		X
6		X
7	X	
8		X
9	X	
10		X
11		X
12		X
13		X
14		X
15	X	
16	X	
17		X
18	X	
19	X	
20	X	
21	X	
22		X
23		X
24		X
25		X
26		X
27		X
28	X	
29		X
30		X
31	X	
32	X	
33		X
34	X	
35		X
36		X
37		X
38	X	
39		X
40		X
41		X
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>27</b>

T1 = Tratamiento 1 = Deshidratado por secado

T2 = Tratamiento 2 = Deshidratado por ahumado

#### 4.4 Formulaciones con incorporación de Harina Texturizada de Soya Hidratada (HTSH) y determinación de la zona de formulación factible.

##### 4.4.1 Obtención de los componentes con incorporación de soya.

Definido el diseño estadístico y los pseudocomponentes en el ítem 3.4.2.1, se procedió a la transformación de los pseudocomponentes en componentes con la finalidad de determinar la composición de las formulaciones a elaborar. Para encontrar las ecuaciones de transformación se utilizó los siguientes límites establecidos para los componentes:

- Soya : entre 0 y 40%, bajo la forma de HTSH
- Carne: entre 35 y 75%
- Grasa: entre 25 y 65%

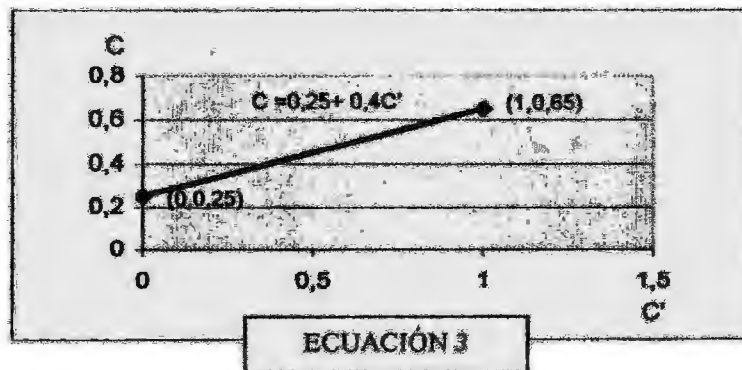
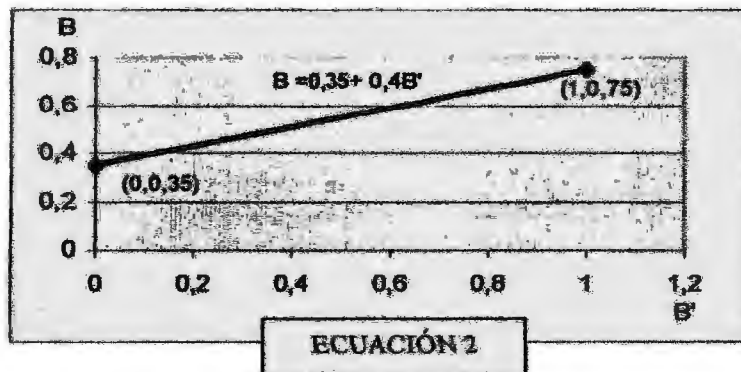
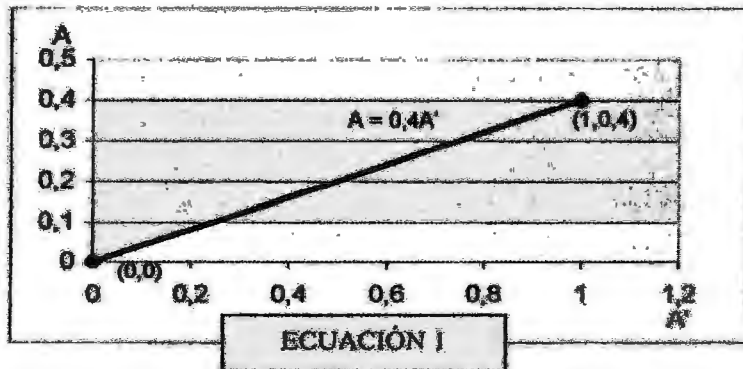
En la Figura 9 se muestran las ecuaciones de transformación de pseudocomponentes ( $A'$ ,  $B'$  y  $C'$ ) a Componentes ( $A$ ,  $B$ ,  $C$ ), las cuales fueron:

$$A = 0.4 A'; \quad B = 0.35 + (0.75-0.35)B'; \quad C = 0.25 + (0.65-0.25)C'$$

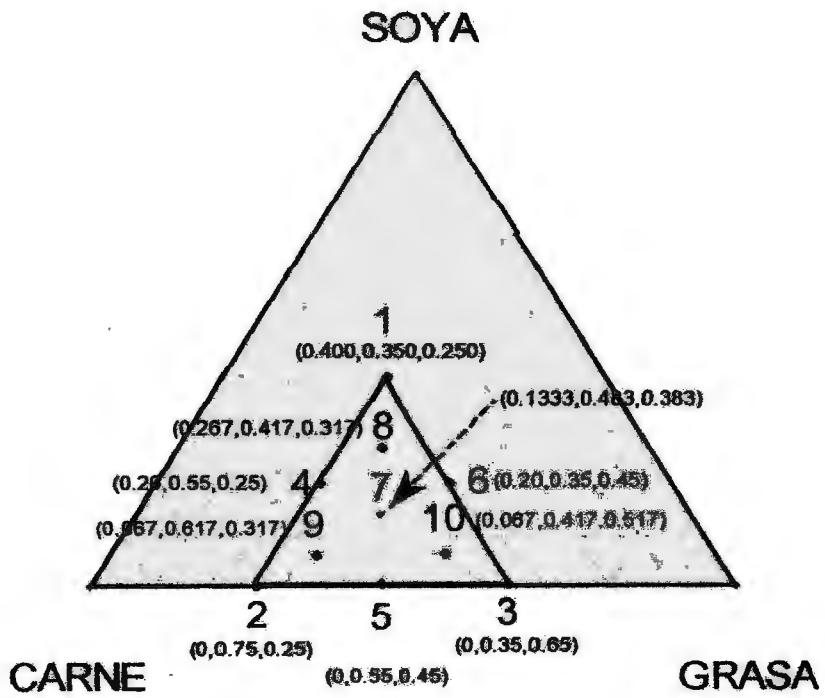
En la primera ecuación la pendiente corresponde al límite máximo de soya (40%); en la segunda, el intercepto corresponde al límite mínimo de carne y la pendiente a la diferencia entre el límite máximo (75%) y el mínimo (35%); y en la tercera el intercepto corresponde al límite mínimo de grasa y la pendiente corresponde a la diferencia entre el límite máximo(65%) y el mínimo(25%).

Los Componentes producto de la transformación antes indicada se muestran en la Figura 10 y Cuadro 16, donde se puede observar que el rango de soya (HTSH) está entre 0 y 40%, de carne entre 35 y 75% y de grasa entre 25 y 65%, el punto 2 representa la mezcla que define el estandar (Formulación sin incorporación de soya); asimismo, se observa que la distribución de los puntos es la misma que en la Figura 6, ya indicada, pero dentro de un triángulo inscrito.

**FIGURA 9: ECUACIONES DE TRANSFORMACIÓN DE PSEUDOCOMPONENTES (A',B',C') A COMPONENTES (A,B,C)**



**FIGURA 10: COORDENADAS DE LOS COMPONENTES**



**CUADRO 16 : TRANSFORMACION DE PSEUDOCOMPONENTES A COMPONENTES**

FORMULAC.	PSEUDOCOMPONENTES			COMPONENTES		
	A'	B'	C'	A	B	C
				0.4A'	0.36+0.4B'	0.26+0.4C'
F1	1,0000	0,0000	0,0000	0,4000	0,3500	0,2500
F2	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,7500	0,2500
F3	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,3500	0,6500
F4	0,5000	0,5000	0,0000	0,2000	0,5500	0,2500
F5	0,0000	0,5000	0,5000	0,0000	0,5500	0,4500
F6	0,5000	0,0000	0,5000	0,2000	0,3500	0,4500
F7	0,3333	0,3333	0,3333	0,1333	0,4833	0,3833
F8	0,6668	0,1668	0,1668	0,2667	0,4167	0,3167
F9	0,1668	0,6668	0,1668	0,0667	0,6167	0,3167
F10	0,1668	0,1668	0,6668	0,0667	0,4167	0,5167

21



En el Anexo 2 – Cuadro 2.1, se muestra a modo de ejemplo la transformación de pseudocomponentes a componentes, para el caso de la grasa.

#### 4.4.2 Determinación de las líneas de restricción

Los componentes determinados en el ítem 3.4.2.1 definieron las 10 formulaciones que se muestran en el Cuadro 17, con el detalle de los insumos empleados y la pérdida de peso después del proceso de ahumado.

##### 4.4.2.1 Determinación de la Línea de Restricción Sensorial

En el Cuadro 18 se presentan los resultados de la evaluación sensorial para encontrar su función de restricción. Como se puede observar, la formulación del estándar (F2) tuvo un puntaje medio de 7,7, mientras que las con máximo tenor de soya y grasa, correspondientes a las formulaciones F1 y F3, mostraron valores medios de 4,7 y 4,3, respectivamente. Estos valores, menores al límite inferior del puntaje sensorial establecido en 5,7; indicaron la desaprobación del panel sensorial de muestras con mucha soya (40%) o mucha grasa (65%).

La regresión múltiple aplicada a los valores observados (S) versus los pseudocomponentes (A', B' y C') determinó la siguiente función de restricción sensorial:

$$\hat{S} = -15963 + 15968 A' + 15971 B' + 15967 C' - 1,08 A'B' + 1,87A'C' + 0.72 B'C'$$

La función mostrada anteriormente presentó un coeficiente de regresión de 97.9%, indicativo de que los datos obtenidos del panel sensorial se ajustaron al Modelo de Scheffe en forma consistente. En el Cuadro 19 se presentan los valores ajustados por la función de regresión mostrada anteriormente mediante la cual se establecieron los valores esperados de S. En el Anexo 2 del Cuadro 2.2 se muestra el análisis de regresión del puntaje sensorial versus los pseudocomponentes A', B', C'.

**CUADRO 17: DIEZ FORMULACIONES ELABORADAS CON DIFERENTES  
PORCENTAJES DE INCORPORACION DE SOYA**

Ingredientes	FORMULACIONES									
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
SOYA	400,0	0,0	0,0	200,0	0,0	200,0	133,3	266,7	66,7	66,7
CARNE DE CERDO	175,0	375,0	175,0	275,0	275,0	175,0	241,7	208,3	308,3	208,3
CARNE DE RES	175,0	375,0	175,0	275,0	275,0	175,0	241,7	208,3	308,3	208,3
GRASA	250,0	250,0	650,0	250,0	450,0	450,0	383,3	316,7	316,7	516,7
Agua	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0
Páprika	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
Ajos	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
Pimienta blanca	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
Rocoto en pasta	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4
Comino	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Fosfato	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Nuez moscada	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Sal	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Concentrado funcional DS	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7
<b>TOTAL</b>	<b>1151,9</b>	<b>1151,9</b>	<b>1151,9</b>	<b>1151,9</b>	<b>1151,9</b>	<b>1151,9</b>	<b>1151,9</b>	<b>1151,9</b>	<b>1151,9</b>	<b>1151,9</b>
Residuo(después de embut.)	319,9	287,9	211,9	267,9	247,9	263,9	241,9	331,9	281,9	211,9
Después de embutir	832,0	864,0	940,0	884,0	904,0	888,0	910,0	820,0	870,0	940,0
Después de ahumar	530,0	594,0	718,0	588,0	684,0	666,0	654,0	584,0	626,0	700,0
Pérdida de peso después de ahumar(%)	36,3	31,3	23,6	33,5	24,3	25,0	28,1	28,8	28,0	25,5

**CUADRO 18: RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL PARA ENCONTRAR LA FUNCION DE RESTRICCIÓN SENSORIAL**

FORMULACIONES										
Panelista	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
1	7	*	*	8	5	*	*	*	*	4
2	6	8	*	*	7	8	*	*	*	*
3	3	*	*	*	*	*	7	5	*	6
4	2	*	3	3	*	*	*	*	7	*
5	6	7	*	*	*	*	3	*	4	*
6	4	*	6	*	*	4	*	6	*	*
7	*	*	*	*	3	4	*	*	8	6
8	*	*	4	5	6	*	5	*	*	*
9	*	6	4	*	8	*	*	3	*	*
10	*	*	*	*	9	*	7	6	5	*
11	*	8	4	*	*	*	*	*	7	6
12	*	*	5	*	*	5	7	*	*	4
13	*	9	*	5	*	*	*	7	*	6
14	*	8	*	8	*	3	4	*	*	*
15	*	*	*	7	*	6	*	7	8	*
Media	4,7	7,7	4,3	6,0	6,3	5,0	5,5	5,7	6,5	5,3

CUADRO 19: PUNTAJES SENSORIALES OBSERVADOS ( S ), AJUSTADOS (  $\hat{S}$  ) Y LA DIFERENCIA DE AMBOS (  $S-\hat{S}$  ), DE LAS DIEZ FORMULACIONES EMPLEADAS.

Formu.	A'	B'	C'	A'B'	A'C'	B'C'	S	S	S- $\hat{S}$
1	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	4,70	4,80	-0,10
2	0,00000	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	7,70	7,63	0,07
3	0,00000	0,00000	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	4,30	4,30	0,00
4	0,50000	0,50000	0,00000	0,25000	0,00000	0,00000	6,00	5,94	0,06
5	0,00000	0,50000	0,50000	0,00000	0,00000	0,25000	6,30	6,14	0,16
6	0,50000	0,00000	0,50000	0,00000	0,25000	0,00000	5,00	5,02	-0,02
7	0,33333	0,33333	0,33333	0,11111	0,11111	0,11111	5,50	5,58	-0,08
8	0,66667	0,16667	0,16667	0,11111	0,11111	0,02778	5,70	5,46	0,24
9	0,16667	0,66667	0,16667	0,11111	0,02778	0,11111	6,50	6,77	-0,27
10	0,16667	0,16667	0,66667	0,02778	0,11111	0,11111	5,30	5,36	-0,06

Con la finalidad de observar el comportamiento de las líneas de restricción sensorial, la ecuación anterior se expresó de la siguiente forma:

$$0 = (-15963 - \hat{S}) + 15968 A' + 15971 B' + 15967 C' - 1,08 A'B' + 1,87A'C' + 0,72 B'C'$$

Generalizando los coeficientes por constantes "K" se obtiene la ecuación:

$$0 = k_1 + k_2 A' + k_3 B' + k_4 C' - k_5 A'B' + k_6 A'C' + k_7 B'C'$$

Diferentes valores de  $k_1$  fueron hallados reemplazando los siguientes puntajes sensoriales (S):

- 7,63 (100% del estándar)
- 6,87 (90% del estándar)
- 6,10 (80% del estándar)
- 5,72 (75% del estándar).

Cada uno de los puntajes anteriores, definieron sus correspondientes líneas de restricción sensorial en base a las coordenadas  $A'$ ,  $B'$  y  $C'$ . Estos pseudocomponentes fueron hallados según lo descrito en el ítem 3.4.2.2.1 y se muestran en el Anexo 2 - Cuadros 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6.

#### **4.4.2.2. Determinación de la Línea de Restricción de Textura Instrumental**

Para la determinación de la Línea de Restricción de Textura Instrumental se tomó como base los resultados del análisis de textura que se muestran en el Cuadro 20 y los gráficos de textura, correspondientes a cada una de las 10 formulaciones, indicadas en el Anexo 3, donde se muestra gráficamente como fue monitoreada la fuerza (Kg) en función del tiempo (segundos), el área bajo la curva determinó la textura en Kg-s.

**CUADRO 20: RESULTADOS DEL ANALISIS DE TEXTURA INSTRUMENTAL DE 10 FORMULACIONES DE CABANOSSI**

Formulaciones	SOYA (HTSH) (%)	CARNE (%)	GRASA (%)	TEXTURA (Kg-s)
1	40	35	25	27,01
2	0	75	25	27,55
3	0	35	65	6,77
4	20	55	25	22,25
5	0	55	45	17,70
6	20	35	45	20,82
7	13,3	48,3	38,3	18,95
8	26,7	41,7	31,7	23,63
9	6,7	61,7	31,7	22,91
10	6,7	41,7	51,7	16,30

En el Cuadro 20, se puede observar que las formulaciones F1 y F2; así como, las F8 y F9 presentan valores de textura similares: 27,01; 27,55; 23,63 y 22,91 Kg-s, respectivamente; esto indicó que los mayores porcentajes de sustitución de HTSH en las formulaciones F1 (40%) y F8 (26.7%); respecto a las formulaciones F2 (0%) y F9 (6.7%), respectivamente, no tienen mayor influencia en la textura del producto, teniendo en cuenta iguales niveles de grasa (25% para F1 y F2 y 31.7% para F8 y F9). Al respecto, Egbert (1995) citado por Salvá (2000), señala que es importante considerar niveles de sustitución adecuados de proteínas vegetales texturizadas de soya, ya que un exceso endurecería al producto. Los resultados mostrados en la presente investigación se deberían a que la HTSH fue congelada y posteriormente molida para obtener una textura similar a la carne molida.

Por otro lado, las formulaciones F1 y F3, F4 y F5, F8 y F10 presentan valores de dureza diferentes: 27,01; 6,77; 22,25; 17,70; 23.63 y 16.30 Kg-s, respectivamente; indicando que los mayores porcentajes de sustitución de grasa en las formulaciones F3 (65%), F5 (45%), y F10 (51.7%); respecto a F1 (25%), F4 (25%) y F8 (31.7%), respectivamente, influyen considerablemente en la textura del producto, teniendo en cuenta iguales niveles de proteínas (35% para F1 y F3, 55% para F4 y F5 y, 41.7% para F8 y F10). Al respecto, Reagan *et al.*, 1983; así como Cross *et al.*, citados por Salvá (2000), observaron que al trabajar en productos cárnicos a los cuales se les incrementaba el tenor graso presentaban mayor sensibilidad a la penetración.

En el Anexo 2 – Cuadro 2.7, se muestra la regresión múltiple aplicada a los valores observados (T) versus los pseudocomponentes (A', B' y C'), lo que determinó la siguiente función de restricción de textura instrumental:

$$\hat{T} = -864 + 891 A' + 891 B' + 871 C' - 21,1 A' B' + 15,2 A' C' + 1,74 B' C'$$

La función mostrada anteriormente presentó un coeficiente de regresión de 99,8%, lo que indicó que los datos que se obtuvieron del análisis de textura instrumental se ajustaron al Modelo de Scheffe en forma consistente. Los valores observados de textura (T) fueron transformados a valores de textura ajustados ( $\hat{T}$ ), mediante la función de regresión mostrada anteriormente, los mismos que se reportan en el Cuadro 21.

La función de restricción de textura instrumental fue expresada de la siguiente forma:

$$0 = (-864 - \hat{T}) + 891 A' + 891 B' + 871 C' - 21,1 A' B' + 15,2 A' C' + 1,74 B' C'$$

El reemplazo de T por diferentes valores de textura instrumental, estableció diferentes funciones de restricción. Los valores de textura instrumental reemplazados fueron:

CUADRO 21: DIEZ FORMULACIONES CON SUS RESPECTIVOS VALORES OBSERVADOS(T)  
Y ESPERADOS( $\hat{T}$ ) DE TEXTURA INSTRUMENTAL

Formulac.	A'	B'	C'	A'B'	A'C'	B'C'	T	$\hat{T}$
F1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	27,01	26,93
F2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	27,55	27,51
F3	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	6,77	6,95
F4	0,500	0,500	0,000	0,250	0,000	0,000	22,25	21,96
F5	0,000	0,500	0,500	0,000	0,000	0,250	17,70	17,66
F6	0,500	0,000	0,500	0,000	0,250	0,000	20,82	20,74
F7	0,333	0,333	0,333	0,111	0,111	0,111	18,95	19,12
F8	0,667	0,167	0,167	0,111	0,111	0,028	23,63	23,98
F9	0,167	0,667	0,167	0,111	0,028	0,111	22,91	23,14
F10	0,167	0,167	0,667	0,028	0,111	0,111	16,30	15,89



- 27,51 Kg-s (100% del estándar)
- 24,76 Kg-s (90% del estándar)
- 22,01 Kg-s (80% del estándar)

Cada uno de los valores de textura anteriores, definieron sus correspondientes líneas de restricción, en base a las coordenadas A', B' y C'. Estos pseudocomponentes fueron encontrados teniendo en cuenta lo descrito en el ítem 3.4.2.2.2. y se muestran en el Anexo 2 - Cuadros 2.8, 2.9 y 2.10.

#### 4.4.2.3 Determinación de la Línea de Restricción Isoproteica

Teniendo en cuenta el análisis proximal de las materias primas reportados en los Cuadros 9, 10, 11 y 12 se encontró el porcentaje de proteínas que aporta cada componente en la masa principal, quedando de este modo definidas las siguientes variables:

M	=	100 g de masa principal
A', B' y C'	=	Pseudocomponentes
X <sub>1</sub>	=	0,152
X <sub>2</sub>	=	0,194
X <sub>3</sub>	=	0,030
P	=	Proteínas, en gramos

Valores que se reemplazaron en la ecuación:

$$MA'X_1 + MB'X_2 + MC'X_3 = P$$

Obteniendo:

$$15,2A' + 19,4B' + 3C' = P$$

Para que las mezclas se vean influenciadas solo por la fracción de soya (HTSH) y de carne, más no así por la fracción de grasa, esta última se hizo constante a un

nivel de 25%, que es el mismo porcentaje de grasa del estándar, la que expresada como pseudocomponente fue igual a 0 ( $C^* = 0$ ), por lo que la ecuación anterior, quedó bajo la forma:

$$15,2A^* + 19,4B^* = P$$

$$o \quad B^* = -0,7835 A^* + 0,0515 P$$

Se observó que por cada valor asignado a P, se halló una función isoproteica lineal en la cual cualquier mezcla definida sobre esta función tuvo el mismo nivel de proteínas.

Así, para niveles de proteína de 15 , 16 y 17% se tuvo las correspondientes funciones lineales:

$$B^* = -0,7835 A^* + 0,7725 \quad (15\% \text{ proteína})$$

$$B^* = -0,7835 A^* + 0,824 \quad (16\% \text{ proteína})$$

$$B^* = -0,7835 A^* + 0,8755 \quad (17\% \text{ proteína})$$

En las ecuaciones anteriores se asignaron valores a  $A^*$ , hallándose  $B^*$  para posteriormente encontrar  $C^*$  de la relación  $C^* = 1 - A^* - B^*$ . Los valores calculados se muestran en el Cuadro 22, que por ser lineal la función de restricción isoproteica, quedaron definidas con dos puntos.

**CUADRO 22: VALORES DE LOS PSEUDOCOMPONENTES  $A^*$ ,  $B^*$  Y  $C^*$  ENCONTRADOS PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE PROTEINA**

% PROTEINA	$A^*$ (HTSH)	$B^*$ (CARNE)	$C^*$ (GRASA)
15	0,000	0,773	0,228
	0,500	0,381	0,119
16	0,000	0,824	0,176
	0,500	0,432	0,068
17	0,000	0,876	0,125
	0,500	0,484	0,016

#### 4.5 Graficación de las líneas de restricción sensorial, de textura e isoproteica

En las Figuras 11, 12 y 13 se presentan la deducción de las ecuaciones y sus paralelas mediante las cuales se pudo establecer las líneas de restricción que definen los puntos A', B' y C' en un triángulo simplex, a saber :

$$Y = A' \dots\dots\dots (1)$$

$$Y = -2C' + \sqrt{3} X \dots\dots\dots (2)$$

$$Y = 2(1-B') - \sqrt{3} X \dots\dots\dots (3)$$

Asimismo, en la Figura 14, se muestran las tres ecuaciones deducidas en forma conjunta.

Al reemplazar la ecuación (1) en (2), se obtuvo "X" en función de A' y C' los cuales son conocidos, obteniendo:

$$X = (A' + 2 C') / \sqrt{3} \dots\dots (4)$$

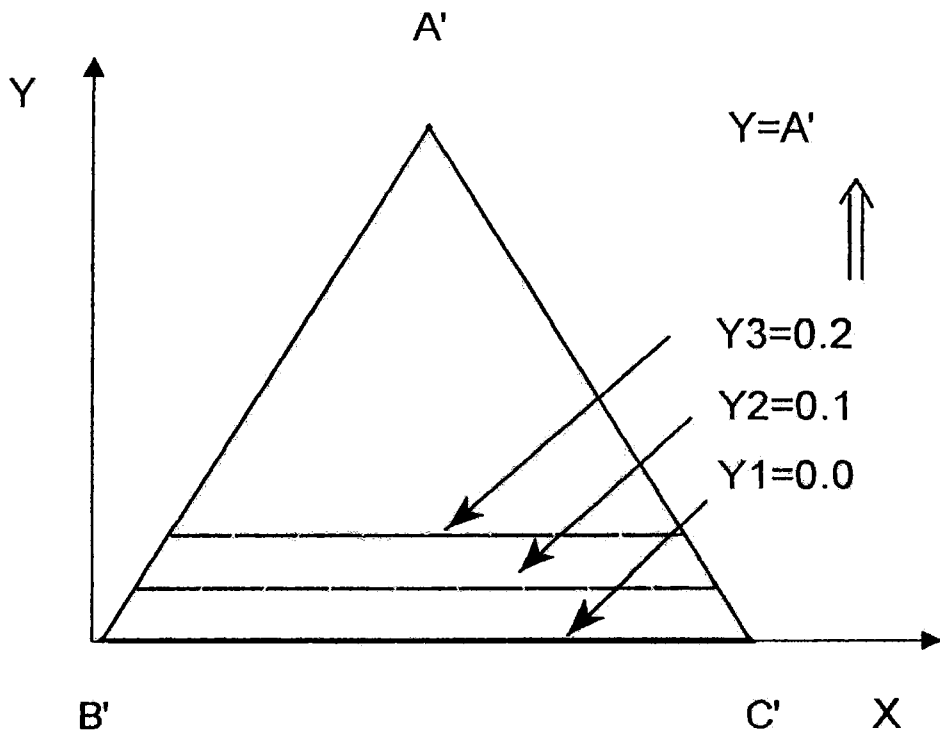
Como:  $A' = Y \dots\dots\dots (5)$ , se definió X e Y.

Mediante las ecuaciones 4 y 5 se transformó las coordenadas A', B' y C' en coordenadas XY, lo que se aplicó para encontrar las funciones de restricción sensorial, de textura e isoproteica. Estas mismas ecuaciones se usaron para definir los datos que se muestran en el Anexo 2 - Cuadro 2.2, y graficar el triángulo simplex, en un sistema cartesiano XY.

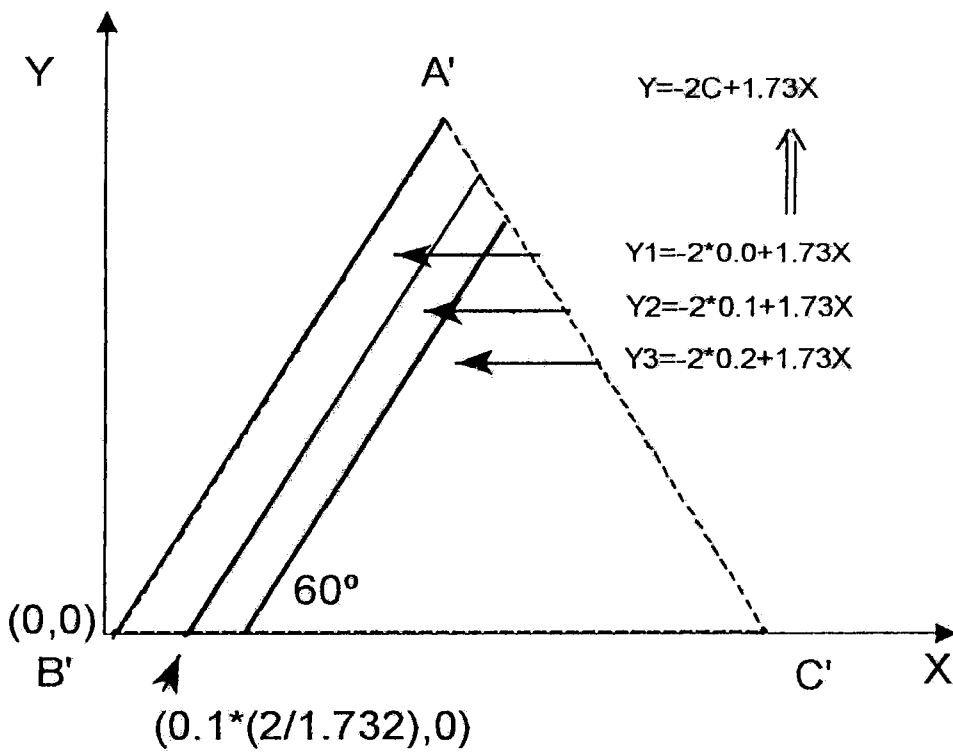
##### 4.5.1 Función de restricción sensorial en el Sistema Cartesiano XY

Los valores de A', B' y C' determinados en el ítem 4.4.2.1 fueron transformados a valores XY, mediante las ecuaciones establecidas en el ítem 4.5.

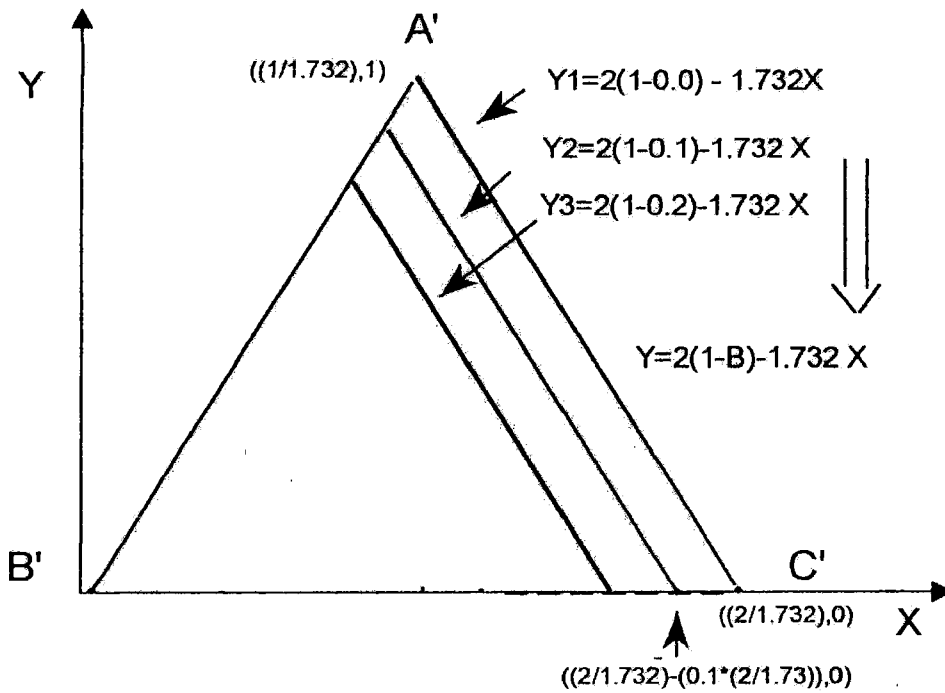
**FIGURA 11: DEDUCCIÓN DE LA ECUACION DE LA LÍNEA BASE DEL TRIÁNGULO Y SUS PARALELAS**



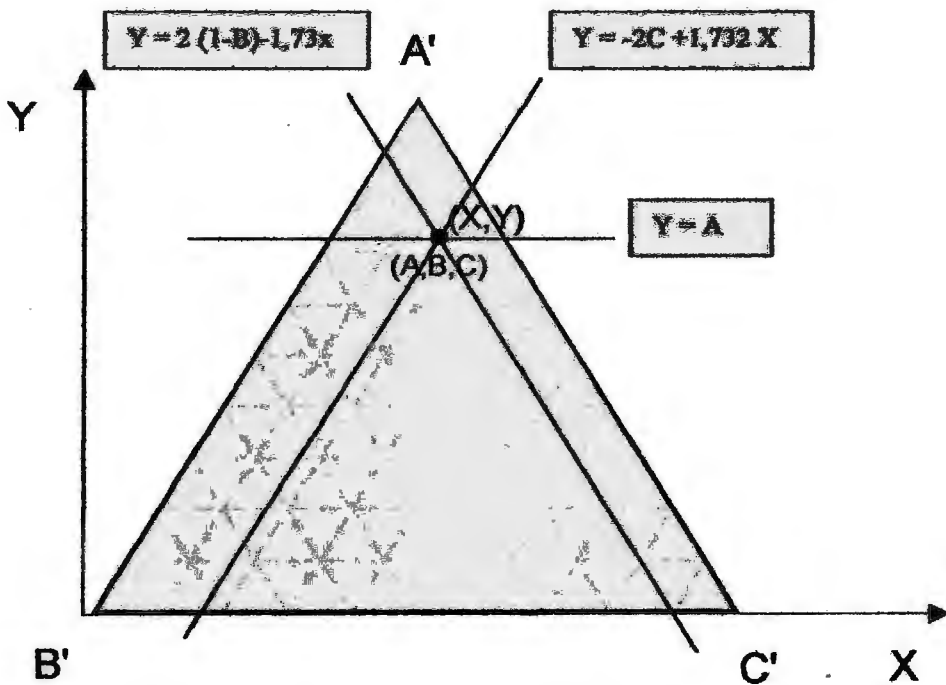
**FIGURA 12: DEDUCCIÓN DE LA ECUACIÓN DE LA LÍNEA CON PENDIENTE POSITIVA Y SUS PARALELAS**



**FIGURA 13: DEDUCCIÓN DE LA ECUACIÓN DE LA LÍNEA CON PENDIENTE NEGATIVA Y SUS PARALELAS**



**FIGURA 14: ECUACIONES QUE PERMITEN TRANSFORMAR LAS COORDENADAS A', B' Y C' A X, Y**



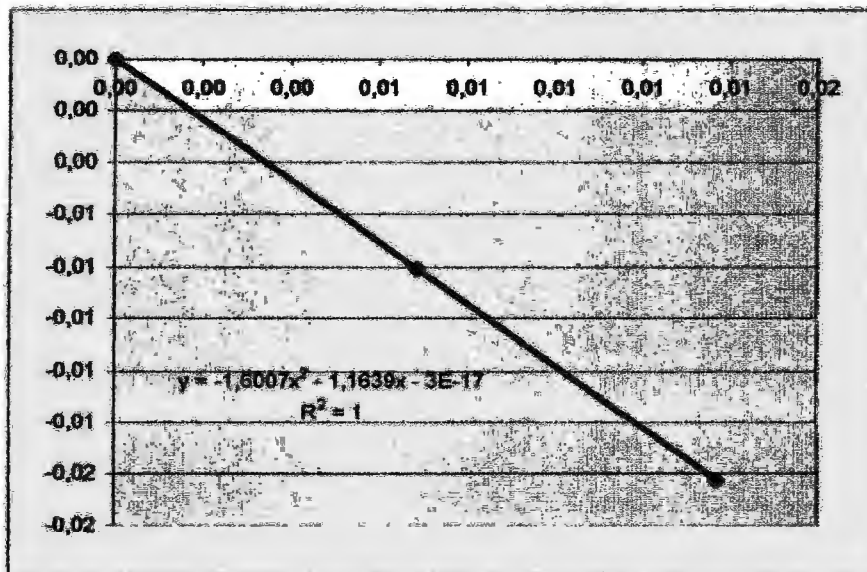
En el Cuadro 23, se muestran los valores  $A'$ ,  $B'$  y  $C'$  transformados a  $XY$ , para cada uno de los puntajes sensoriales establecidos y en las Figuras 15, 16, 17 y 18 los gráficos y funciones de regresión correspondiente a los puntajes sensoriales 7,63, 6,87, 6,10 y 5,72, respectivamente.

**CUADRO 23: VALORES XY HALLADOS EN BASE A  $A'$ ,  $B'$  Y  $C'$  PARA LA FUNCIONES A DIFERENTES PUNTAJES SENSORIALES**

PUNTAJE SENSORIAL	$A'$	$B'$	$C'$	X	Y
S = 7,63 (100%ST.)	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	-0.01	1.00	0.01	0.01	-0.01
	-0.02	1.00	0.02	0.01	-0.02
S = 6,87 (90% ST.)	0.26	0.74	0.00	0.15	0.26
	0.18	0.72	0.10	0.22	0.18
	0.09	0.71	0.20	0.28	0.09
	-0.01	0.71	0.30	0.34	-0.01
	-0.13	0.73	0.40	0.39	-0.13
S = 6,10 (80%ST.)	0.58	0.42	0.00	0.33	0.58
	0.50	0.40	0.10	0.41	0.50
	0.41	0.39	0.20	0.47	0.41
	0.31	0.39	0.30	0.52	0.31
	0.19	0.41	0.40	0.57	0.19
	0.06	0.44	0.50	0.61	0.06
	-0.08	0.48	0.60	0.65	-0.08
S = 5,72 (75% ST.)	0.68	0.32	0.00	0.39	0.68
	0.61	0.29	0.10	0.47	0.61
	0.52	0.28	0.20	0.53	0.52
	0.42	0.28	0.30	0.59	0.42
	0.30	0.30	0.40	0.63	0.30
	0.17	0.33	0.50	0.67	0.17
	0.02	0.38	0.60	0.70	0.02

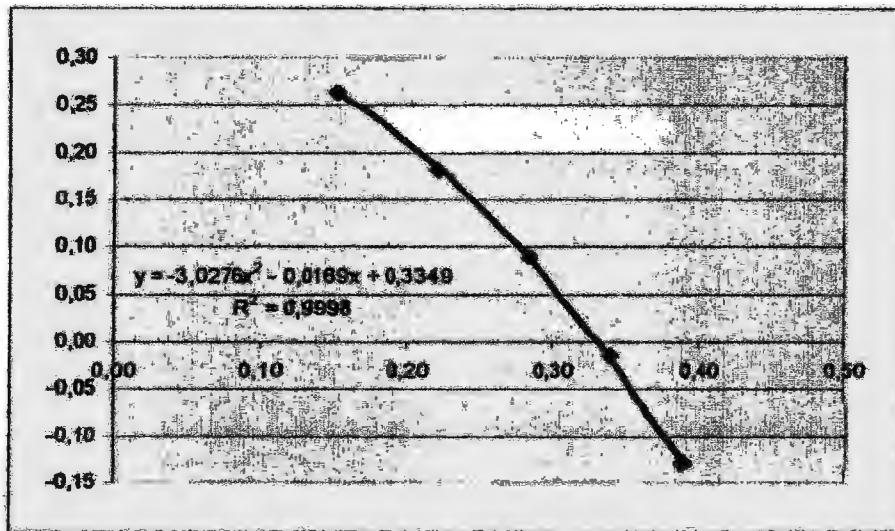


**FIGURA 15: GRAFICO Y FUNCIÓN DE REGRESIÓN  
CORRESPONDIENTE AL PUNTAJE SENSORIAL S = 7.63  
(100% DEL ESTANDAR)**



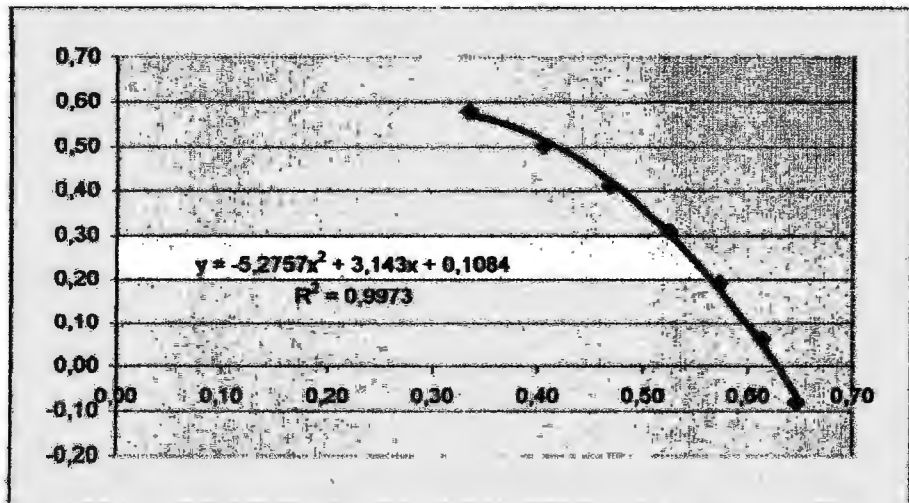
A'	B'	C'	X	Y
0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
-0,01	1,00	0,01	0,01	-0,01
-0,02	1,00	0,02	0,01	-0,02

**FIGURA 16: GRAFICO Y FUNCIÓN DE REGRESIÓN CORRESPONDIENTE AL PUNTAJE SENSORIAL S= 6,87 (90% DEL ESTANDAR)**



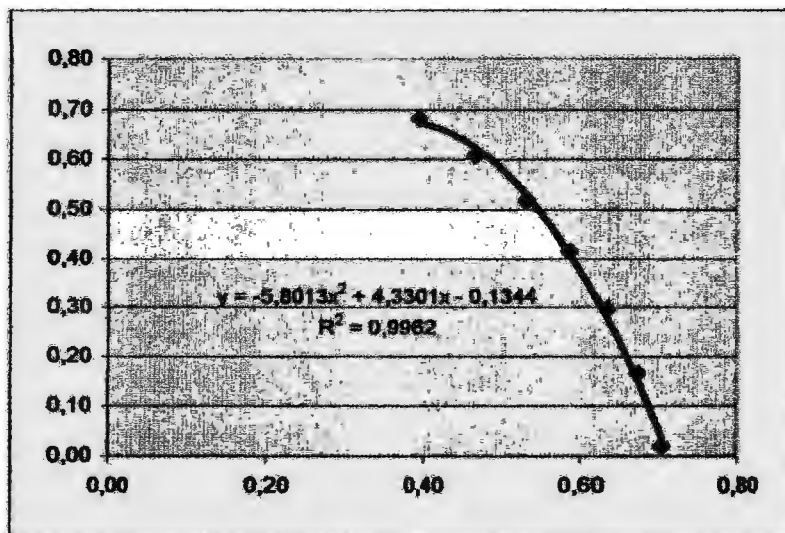
A'	B'	C'	X	Y
0,26	0,74	0,00	0,15	0,26
0,18	0,72	0,10	0,22	0,18
0,09	0,71	0,20	0,28	0,09
-0,01	0,71	0,30	0,34	-0,01
-0,13	0,73	0,40	0,39	-0,13

**FIGURA 17: GRÁFICO Y FUNCIÓN DE REGRESIÓN CORRESPONDIENTE AL PUNTAJE SENSORIAL S = 6,10 (80% DEL ESTANDAR)**



A'	B'	C'	X	Y
0,58	0,42	0,00	0,33	0,58
0,50	0,40	0,10	0,41	0,50
0,41	0,39	0,20	0,47	0,41
0,31	0,39	0,30	0,52	0,31
0,19	0,41	0,40	0,57	0,19
0,06	0,44	0,50	0,61	0,06
-0,08	0,48	0,60	0,65	-0,08

**FIGURA 18: GRÁFICO Y FUNCIÓN DE REGRESIÓN CORRESPONDIENTE AL PUNTAJE SENSORIAL S = 5,72 (75% DEL ESTANDAR)**



A'	B'	C'	X	Y
0,68	0,32	0,00	0,39	0,68
0,61	0,29	0,10	0,47	0,61
0,52	0,28	0,20	0,53	0,52
0,42	0,28	0,30	0,59	0,42
0,30	0,30	0,40	0,63	0,30
0,17	0,33	0,50	0,67	0,17
0,02	0,38	0,60	0,70	0,02

De las figuras antes indicadas se obtuvieron las funciones de restricción para cada uno de los puntajes sensoriales:

$$\begin{aligned}
 Y &= -1,6 X^2 - 1,16 X - 3 \times 10^{-17} \dots\dots\dots 7,63 \text{ (100\% ESTANDAR)} \\
 Y &= -3,03 X^2 - 0,02 X + 0,3349 \dots\dots\dots 6,87 \text{ (90\% ESTANDAR)} \\
 Y &= -5,28 X^2 + 3,14 X + 0,1084 \dots\dots\dots 6,10 \text{ (80\% ESTANDAR)} \\
 Y &= -5,80 X^2 + 4,33 X - 0,1344 \dots\dots\dots 5,72 \text{ (75\% ESTANDAR)}
 \end{aligned}$$

En la Figura 19 se presenta las líneas de restricción a diferentes puntajes sensoriales, graficadas en un triángulo simplex. Como se puede observar, la línea de restricción cuyo puntaje es 7,63, pasa por el origen donde se ubica el estándar y a medida que el puntaje disminuye, las líneas de restricción sensorial se alejan del estándar. Asimismo, se visualiza que el rango sensorial mayor o igual al 80% del estándar (porcentaje establecido en el ítem 3.4.2.2.1) define una zona de formulación factible entre esta línea y el estándar.

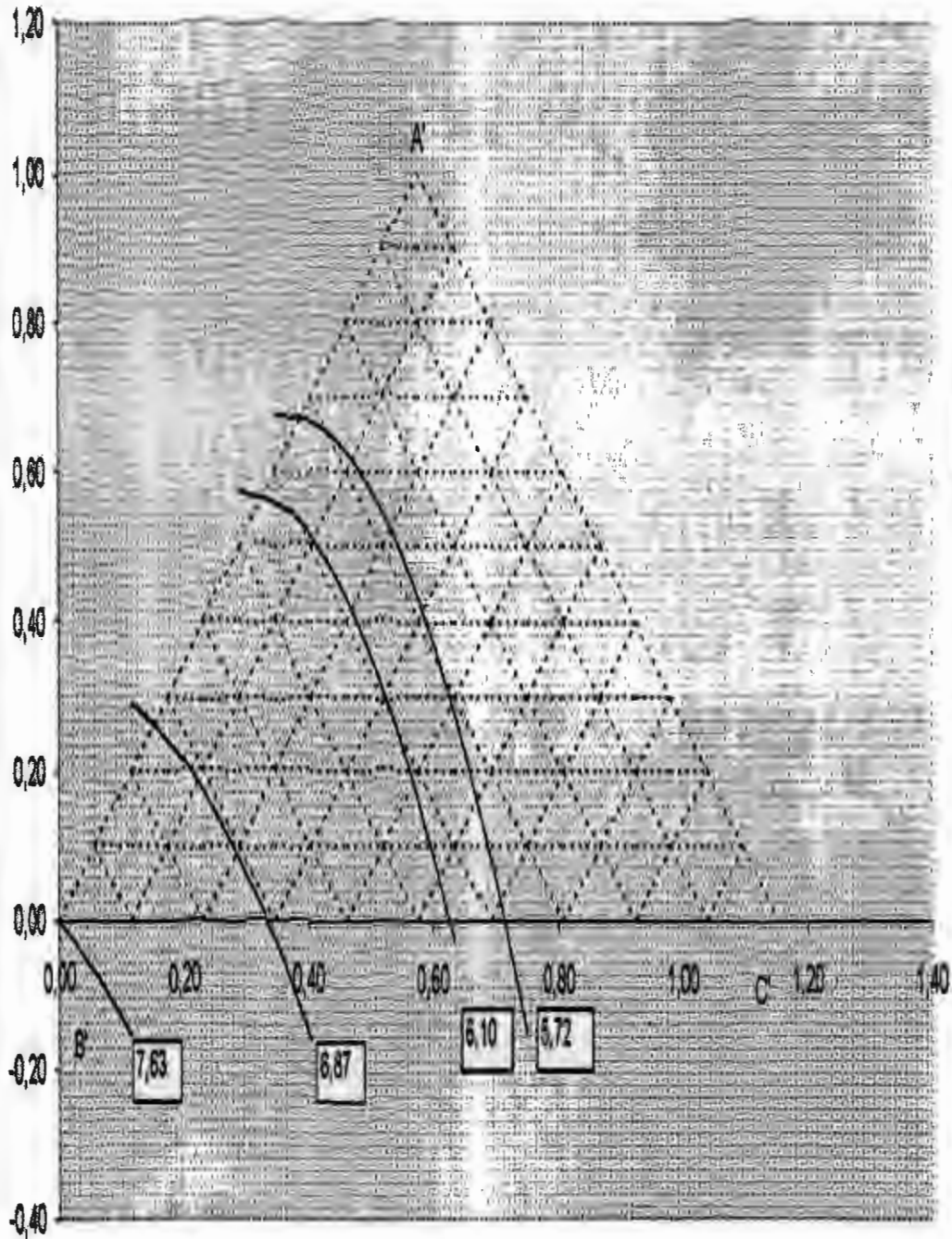
#### 4.5.2 Función de Restricción de Textura Instrumental en el Sistema Cartesiano XY

En el Cuadro 24, se muestran los valores A', B' y C' transformados a XY, para cada uno de los puntajes sensoriales establecidos y en las Figuras 20, 21 y 22 se muestran los gráficos y funciones de regresión correspondientes a valores de textura instrumental de 27,51 Kg-s, 24,56 Kg-s y 22,01 Kg-s, respectivamente.

Las funciones de restricción halladas para cada uno de los valores de textura instrumental fueron:

$$\begin{aligned}
 Y &= -4,3 X^2 - 1,27 X + 7 \cdot 10^{-16} \dots\dots\dots 27,5 \text{ (100\% ESTANDAR)} \\
 Y &= -6,39 X^2 - 0,383 X + 0,1785 \dots\dots\dots 24,76 \text{ (90\% ESTANDAR)} \\
 Y &= -34,01 X^2 + 13,56 X - 0,9507 \dots\dots\dots 22,01 \text{ (80\% ESTANDAR)}
 \end{aligned}$$

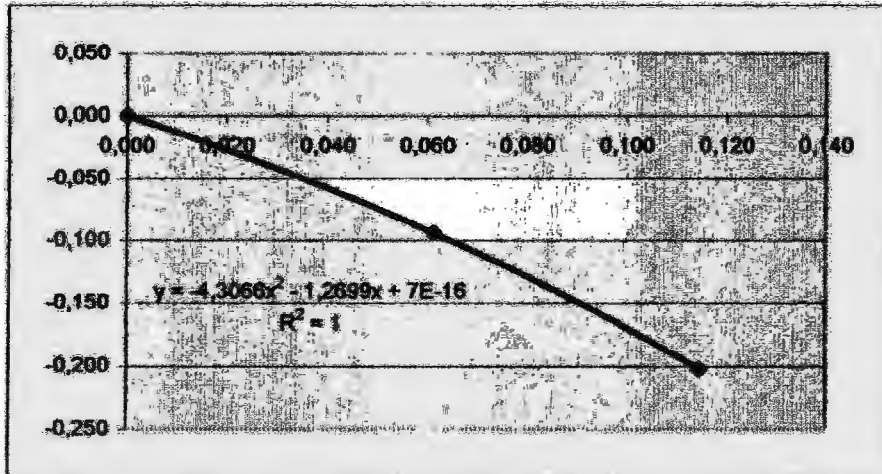
**FIGURA 19: LÍNEAS DE RESTRICCIÓN A DIFERENTES PUNTAJES SENSORIALES**



**CUADRO 24: VALORES XY CALCULADOS EN BASE A A', B' Y C'  
PARA LA FUNCION A DIFERENTES PUNTAJES DE  
TEXTURA INSTRUMENTAL.**

<b>TEXTURA</b>	<b>A'</b>	<b>B'</b>	<b>C'</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>27.51 KG-S (100%ST)</b>	0.00	1.00	0.00	0.000	0.000
	-0.09	0.99	0.10	0.061	-0.094
	-0.20	1.00	0.20	0.114	-0.202
<b>24.76 KG-S (90%ST)</b>	0.12	0.88	0.00	0.070	0.121
	0.02	0.88	0.10	0.129	0.023
	-0.09	0.89	0.20	0.178	-0.092
<b>22.01 KG-S (80%ST)</b>	0.38	0.62	0.00	0.22	0.38
	0.33	0.62	0.10	0.25	0.33
	0.26	0.64	0.15	0.26	0.26
	0.18	0.67	0.20	0.28	0.18
	0.11	0.69	0.25	0.29	0.11
	0.03	0.72	0.30	0.30	0.03
	-0.05	0.75	0.35	0.32	-0.05

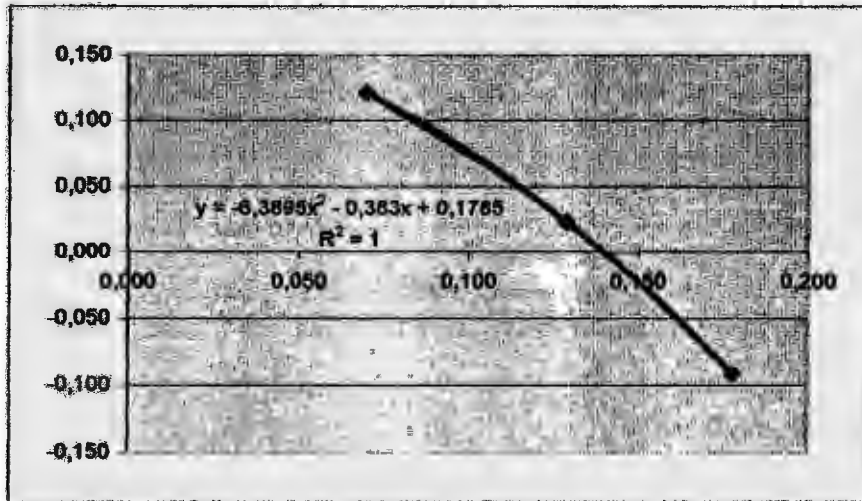
**FIGURA 20: GRÁFICO Y FUNCIÓN DE REGRESIÓN CORRESPONDIENTE AL VALOR DE TEXTURA INSTRUMENTAL T = 27,51 Kg-s (100% DEL ESTANDAR)**



A'	B'	C'	X	Y
0,00	1,00	0,00	0,000	0,000
-0,09	0,99	0,10	0,061	-0,094
-0,20	1,00	0,20	0,114	-0,202

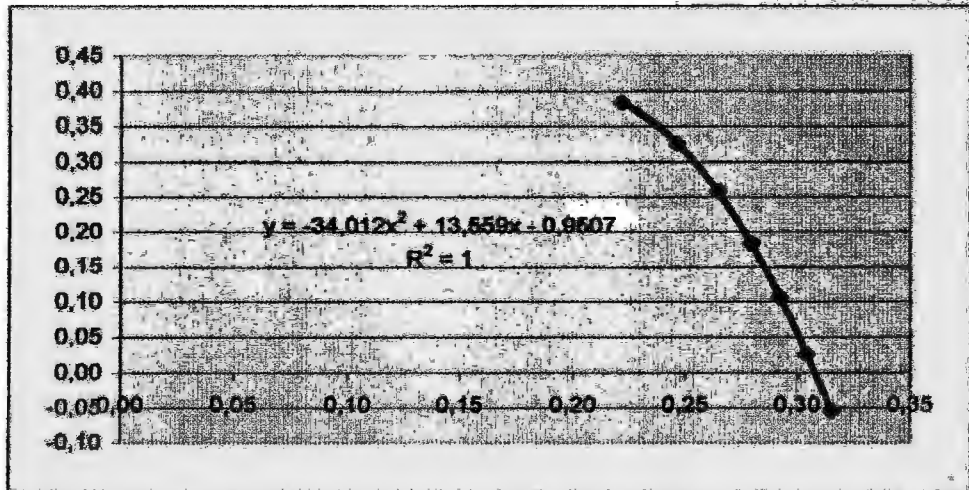


**FIGURA 21: GRAFICO Y FUNCIÓN DE REGRESIÓN CORRESPONDIENTE AL VALOR DE TEXTURA INSTRUMENTAL  $T = 24,76 \text{ Kg-s}$  (90% DEL ESTANDAR)**



A'	B'	C'	X	Y
0,12	0,88	0,00	0,070	0,121
0,02	0,88	0,10	0,129	0,023
-0,09	0,89	0,20	0,178	-0,092

**FIGURA 22: GRÁFICO Y FUNCIÓN DE REGRESIÓN CORRESPONDIENTE AL VALOR DE TEXTURA INSTRUMENTAL T = 22,01 Kg-s (80% DEL ESTANDAR)**



A'	B'	C'	X	Y
0,38	0,62	0,00	0,22	0,38
0,33	0,62	0,10	0,25	0,33
0,26	0,64	0,15	0,26	0,26
0,18	0,67	0,20	0,28	0,18
0,11	0,69	0,25	0,29	0,11
0,03	0,72	0,30	0,30	0,03
-0,05	0,75	0,35	0,32	-0,05

En la Figura 23 se muestra las líneas de restricción a diferentes valores de textura instrumental, graficadas en un triángulo simplex, donde la línea de restricción cuyo valor es 27.5 Kg-s, pasa por el origen donde se ubica el estándar y a medida que el puntaje disminuye, las líneas se alejan del estándar incrementando su pendiente. Asimismo, podemos observar que el rango de textura instrumental mayor o igual al 80% del estándar (porcentaje establecido en el ítem 3.4.2.2.2) define una zona de formulación factible entre esta línea y el estándar.

#### 4.5.3 Función de Restricción Isoproteica en el Sistema Cartesiano XY

En el Cuadro 25, se muestran los valores A', B' y C' transformados a XY, para cada uno de los porcentajes de proteína establecidos y en la Figura 24 las líneas de restricción isoproteicas a diferentes porcentajes de proteína. Se observa que a medida que el porcentaje de proteína se incrementa las líneas de restricción se acercan al estándar (vértice B'). Por otro lado, se puede deducir que la línea isoproteica que tenga un nivel de proteínas igual al estándar estaría ubicada fuera del triángulo, lo que nos indica que si se quiere una mezcla que tenga un nivel de proteínas igual al estándar (19.4%) se requiere mayor cantidad de HTSH que la cantidad de carne que se sustituye, esto se evita hidratando la Harina Texturizada de Soya al mismo porcentaje de proteína que la carne.

**CUADRO 25: VALORES X,Y HALLADOS EN BASE A A', B' Y C' PARA LAS FUNCIONES ISOPROTEICAS (15, 16 Y 17 % DE PROTEINA).**

PROTEINA (%)	A'	B'	C'	X	Y
15	0,000	0,773	0,228	0,263	0,000
	0,500	0,381	0,119	0,426	0,500
16	0,000	0,824	0,176	0,203	0,000
	0,500	0,432	0,068	0,367	0,500
17	0,000	0,876	0,125	0,144	0,000
	0,500	0,484	0,016	0,307	0,500

FIGURA 23: LÍNEAS DE TEXTURA INSTRUMENTAL A DIFERENTES PUNTAJES DE TEXTURA

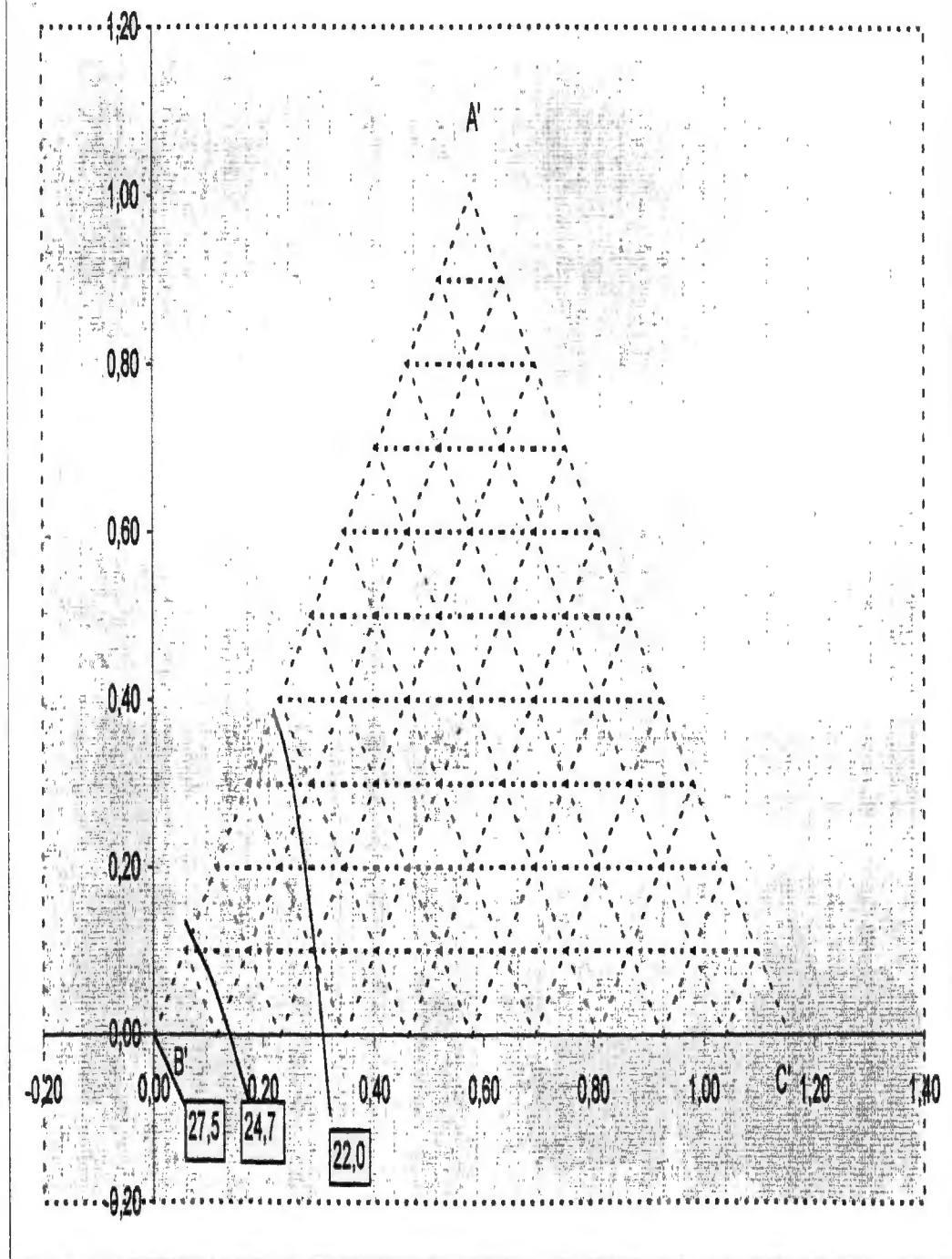
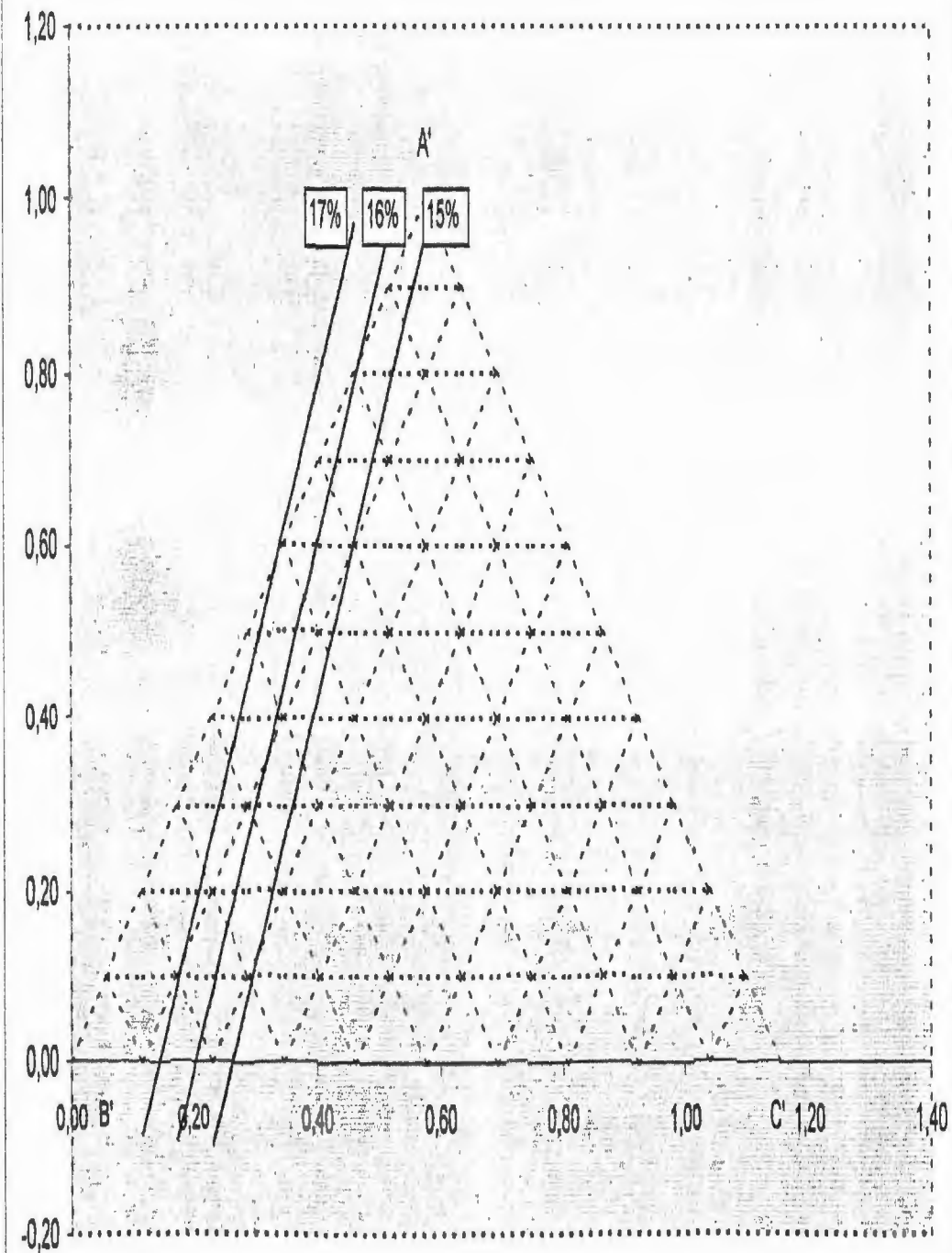


FIGURA 24: LINEAS DE RESTRICCIÓN ISOPROTEICAS A DIFERENTES PORCENTAJES DE PROTEINA



Las funciones de restricción encontradas para cada uno de los porcentajes de proteína fueron:

$$Y = 3.0547X - 0.8025 \dots\dots\dots 15 \% \text{ DE PROTEINA}$$

$$Y = 3.0547X - 0.6208 \dots\dots\dots 16 \% \text{ DE PROTEINA}$$

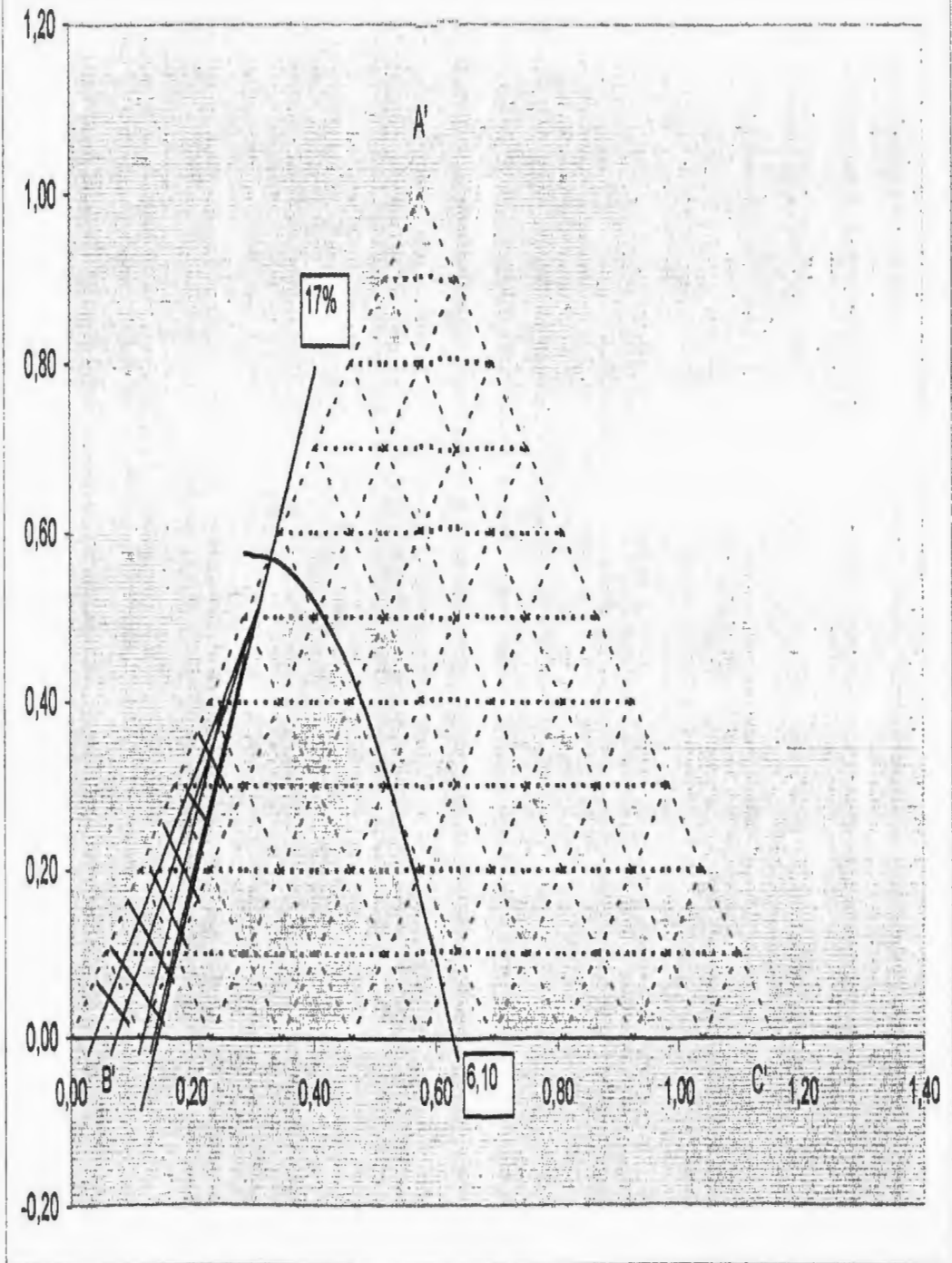
$$Y = 3.0547X - 0.4392 \dots\dots\dots 17 \% \text{ DE PROTEINA}$$

#### **4.5.4 Zona de Formulación Factible obtenida por las restricciones impuestas para Cabanossi**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las Figuras 19 y 23, donde se presentaron las líneas de restricción sensorial y de textura instrumental, respectivamente, en las que se pudo observar que para satisfacer las restricciones dadas al 80% del estandar y a cero de grasa (25% expresado como Componente), se tiene que sustituir diferentes porcentajes de carne por HTSH para la restricción sensorial y para la restricción de textura instrumental. Al tener que elegir entre la restricción sensorial o la de textura instrumental para que junto con la restricción isoproteica delimite la zona de formulación factible, se optó por tomar la línea de restricción sensorial ya que, los jueces no sólo evalúan textura sino también sabor y apariencia general, y además ellos son los que aceptan o rechazan el producto siendo los representantes del consumidor final.

En la Figura 25 se presenta la Zona de Formulación Factible (área achurada), obtenida por las restricciones sensorial e isoproteica. Se puede observar que cualquier mezcla diseñada con porcentajes de proteínas mayores o iguales al 17% y puntajes sensoriales mayores o iguales a 6.10 (80% del estandar) está ubicada dentro de la Zona de Formulación Factible.

FIGURA 25: ZONA DE FORMULACIÓN FACTIBLE OBTENIDA POR LAS RESTRICCIONES SENSORIAL E ISOPROTEICA



#### 4.6 Determinación de la influencia de las fracciones de soya y carne sobre el costo total de cabanossi.

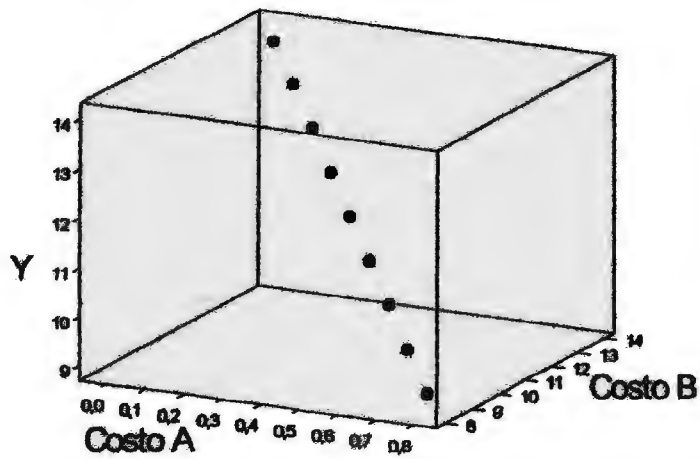
En el Cuadro 26 se reportan las nueve formulaciones tomadas y sus costos correspondientes y en la Figura 26 la influencia de las fracciones de harina texturizada de soya hidratada y carne sobre el costo total del cabanossi. Se observa que a medida que la fracción de soya aumenta, disminuye el costo total, sucede lo inverso en la carne, es decir que a medida que esta fracción aumenta el costo total también aumenta.

**CUADRO 26: INFLUENCIA DEL COSTO DE LAS FRACCIONES DE SOYA Y CARNE SOBRE EL COSTO TOTAL EN SOLES**

	HTSH (A)			CARNE (B)			COSTO TOTAL (S)
	Fracción	Costo Unitario	Costo Total	Fracción	Costo Unitario	Costo Total	
1	0,40	1,97	0,7880	0,60	13,9	8,340	9,1280
2	0,35	1,97	0,6895	0,65	13,9	9,035	9,7245
3	0,30	1,97	0,5910	0,70	13,9	9,730	10,3210
4	0,25	1,97	0,4925	0,75	13,9	10,425	10,9175
5	0,20	1,97	0,3940	0,80	13,9	11,120	11,5140
6	0,15	1,97	0,2955	0,85	13,9	11,815	12,1105
7	0,10	1,97	0,1970	0,90	13,9	12,510	12,7070
8	0,05	1,97	0,0985	0,95	13,9	13,205	13,3035
9	0,00	1,97	0,0000	1,00	13,9	13,900	13,9000



**FIGURA 26: INFLUENCIA DE LAS FRACCIONES DE HARINA TEXTURIZADA DE SOYA HIDRATADA (A) Y CARNE (B) SOBRE EL COSTO TOTAL DE CABANOSSI (Y).**



#### 4.7 Determinación del Costo Mínimo por Programación Lineal

Teniendo en cuenta la recomendación Haeussler y Paul (1992), que indica que para la determinación del costo mínimo por programación lineal requiere que las líneas de restricción sensorial e isoproteica sean lineales, se procedió a linealizar la función sensorial  $S = 6,10$  (80% del estándar).

##### 4.7.1 Linealización de la función sensorial

Para la linealización de la función sensorial se determinó previamente:

- a. El punto de intersección con la función isoprotéica
- b. La pendiente de la función sensorial linealizada
- c. Intercepto con el eje de las ordenadas

##### a. Punto de intersección con la función isoprotéica

La función sensorial se linealizó en el punto de intersección con la función isoproteica, para lo cual se tuvo que determinar previamente este punto mediante la resolución del sistema de ecuaciones:

$$Y = -5.28X^2 + 3.1400X + 0.1084 \quad \text{Sensorial}$$

$$Y = 3.0547X - 0.4392 \quad \text{Isoproteica}$$

El punto de intersección determinado fue: (0.3302,0.5695)

##### b. La pendiente de la función sensorial linealizada

La pendiente fue determinada mediante la derivación de la función sensorial y el reemplazo del valor de  $X(0.3302)$  en la misma:

$$Y' = -10.56X + 3.14 \quad \text{Derivada de la función sensorial}$$

$$Y' = -0.347 \quad \text{Pendiente de la función sensorial linealizada}$$

**c. Intercepción con el eje de las ordenadas**

El intercepción fue hallado de la siguiente forma:

$$a = Y - bX$$

$$a = A' - bB'$$

$$a = 0,5695 - (-0,347)(0,3302)$$

$$a = 0,684$$

La Función Sensorial Linealizada:  $Y = 0,684 - 0,347X$ , se muestra en la Figura 27. Se aprecia que la Función Sensorial Linealizada es tangente a la Función Sensorial en el punto de intersección con la Función Isoproteica (17% de proteína) y que este punto de intersección está sobre la Función Isolípida de cero por ciento de grasa (expresada como pseudocomponente) ó; lo que es lo mismo, 25% expresada como componente.

**4.7.2 Determinación del costo mínimo**

Se realizó analítica y gráficamente.

**a. Analíticamente**

Para la determinación del costo mínimo por Programación Lineal las funciones Sensorial Linealizada e Isoprotéica fueron expresadas a la forma  $A' = f(B')$  mediante la ecuación definida en el ítem 4.5.

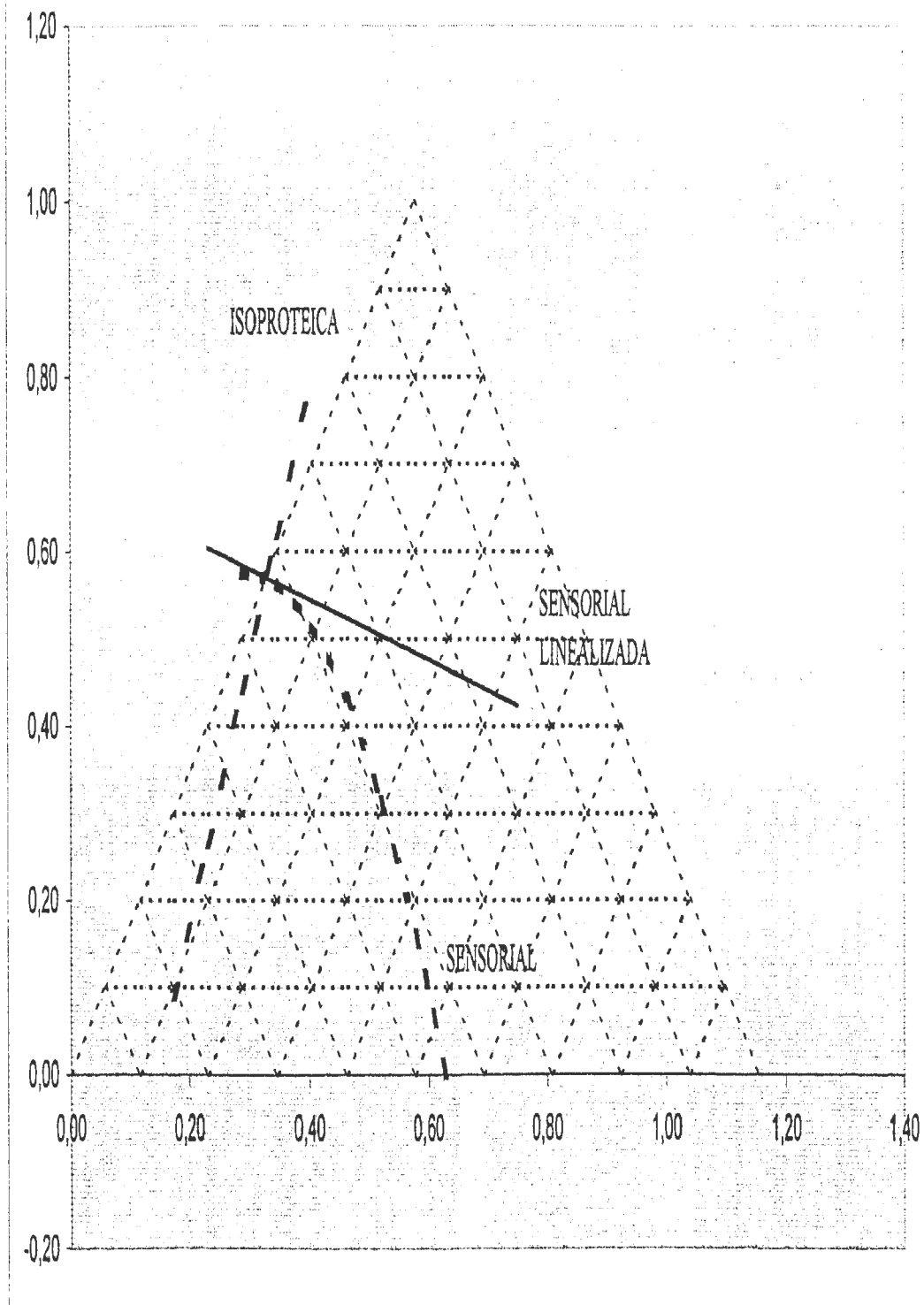
$$A' = 0.354 + 0.5011B'$$

Sensorial linealizada

$$A' = 1.118 - 1.2770B'$$

Isoproteica

FIGURA 27: FUNCIÓN SENSORIAL LINEALIZADA



La solución del sistema de ecuaciones determinó las fracciones de carne y soya (HTSH)

$$\begin{array}{ll} B' = 0,4297 & \text{Fracción de carne} \\ A' = 0,5693 & \text{Fracción de soya (HTSH)} \end{array}$$

Conociendo los costos unitarios de soya (HTSH): 1,97 S/./Kg y del promedio de las carnes de cerdo y vacuno: 13,9 S/./Kg se determinó el costo mínimo que satisfizo las restricciones de aceptabilidad sensorial e isoproteica impuestas:

$$0,5693 \text{ Kg de HTSH} * 1,97 \text{ S/./Kg} + 0,4297 \text{ Kg carne} * 13,9 \text{ S/./Kg} = \text{S/} 7,09$$

**b. Gráficamente**

Las funciones sensorial e isoproteica:

$$\begin{array}{ll} A' = 0.354 + 0.5011B' & \text{Sensorial linealizada} \\ A' = 1.118 - 1.2770B' & \text{Isoprotéica} \end{array}$$

fueron graficadas junto con la Función Costo, la que fue determinada sumando el costo de la fracción de soya(HTSH) más el costo de la fracción de carne:

$$(1,97 \text{ S/./Kg}) (A' \text{ Kg}) + (13.9 \text{ S/./Kg}) (B' \text{ Kg}) = \text{Costo (S/.)}$$

$$1,97 A' + 13,9 B' = C \quad \text{Función Costo}$$

Para mostrar el comportamiento de la Función Costo se asumió un costo total de 10 nuevos soles y se trazaron paralelas hasta que la Función Costo pase por la intersección de las Funciones Sensorial e Isoprotéica.

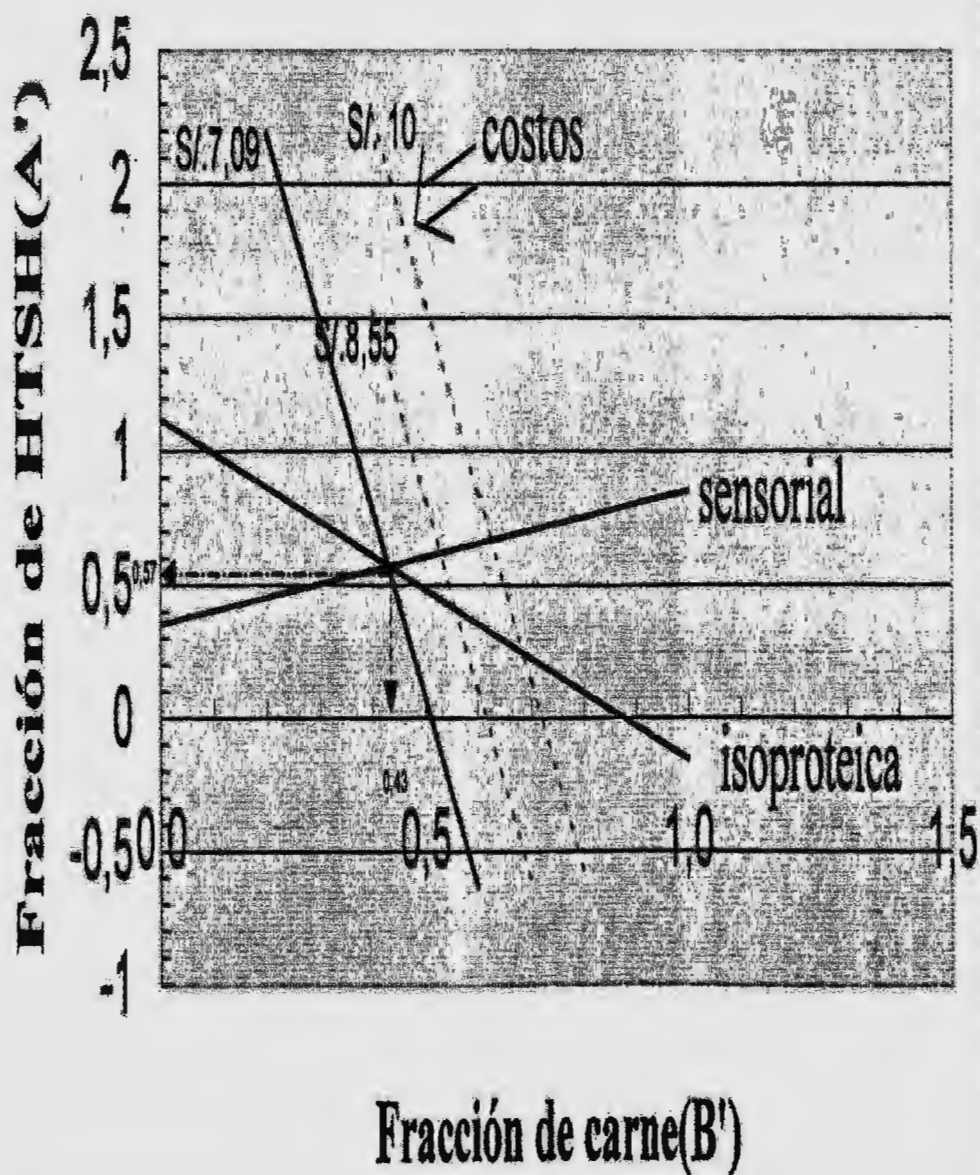
Como se aprecia en la Figura 28 los costos van disminuyendo a medida que la Función Costo se aproxima a la intersección donde se satisfizo las restricciones Sensorial e Isoprotéica; es decir, cuando las fracciones de carne y de soya (HTSH) son 0,43 y 0,57, respectivamente (expresadas como pseudocomponentes). Estas fracciones expresadas como componentes fueron: 0,522 y 0,228, respectivamente. La mezcla de costo mínimo fue: 22,8%, 52,2% y 25% para Harina Texturizada de Soya (HTSH), Carne de cerdo y vacuno (50/50) y grasa de cerdo, respectivamente.

Considerando un puntaje de aceptabilidad sensorial mayor o igual a 6.10 (80% sobre un máximo de 7,63 obtenido por el estandar elaborado sin soya), un porcentaje de proteínas mayor o igual al 14.3% (17% expresada sobre los pseudocomponentes) y un 25% de grasa incorporada, el límite máximo de sustitución de carne por Harina Texturizada de Soya HTSH (hidratada con 2.5:1; Harina:Agua) quedó establecido en 22.8% respecto a la masa principal de Cabanossi conformada por: HTSH, Carne y Grasa. Porcentajes similares son reportados por Protein Technologies Internacional (1998), quienes recomiendan la sustitución de carne por Harina Texturizada de Soya en niveles de hasta 20% para salchichas ahumadas. Asimismo, Santista Alimentos (1996) recomienda el uso de harina texturizada de soya como extensor de carne en niveles de hasta 20%. Sin embargo Wijeratne (1990), y Mendoza (1994), recomiendan niveles de sustitución de carne con 30% de harina texturizada de soya hidratada para hamburguesas y para chorizos tipo español, respectivamente.

#### **4.7.3 COMPARACION DE COSTOS DE CABANOSI CON SUSTITUCION DE 22.8% DE SOYA (HTSH) FRENTE AL ESTANDAR**

En el Cuadro 27 se presenta la comparación de costos de cabanossi elaborado con 22,8% de HTSH frente al obtenido sin sustitución (estándar). Como se observa el costo del producto elaborado con sustitución es menor, lo que genera un ahorro de 2,72 nuevos soles, por cada kilogramo de masa de

**FIGURA 28: DETERMINACIÓN DEL COSTO MÍNIMO POR PROGRAMACIÓN LINEAL**



cabanossi que se elabora. Este ahorro corresponde a un 24,62% del costo del estándar.

**CUADRO 27: COMPARACION DE COSTOS DE CABANOSSI CON SUSTITUCION DE 22.8% DE SOYA (HTSH) FRENTE AL ESTANDAR**

	Con sustitución			Sin Sustitución			Ahorro
	Kg	S//Kg	S/	Kg	S//Kg	S/	S/
<b>Soya</b>	0,228	1,97	0,449	0	1,97	0	-
<b>Carne</b>	0,522	13,9	7,256	0,75	13,9	10,425	-
<b>Grasa</b>	0,250	2,5	0,625	0,25	2,5	0,625	-
<b>Totales</b>	1,000	-	8,33	1,00	-	11,05	2,72

#### 4.8 Caracterización del producto final

En el Cuadro 28 se presentan los resultados del análisis proximal y valor energético estimado del Cabanossi elaborado con la formulación óptima: 22,8, 52,2 y 25% de: HTSH, carne y grasa, respectivamente. Como se puede observar tiene un elevado nivel de proteínas, grasa y presencia de carbohidratos aportado este último por la harina texturizada de soya. Presenta un coeficiente humedad/proteína de 1,93, por lo que estaría dentro de la Clasificación de Embutidos Secos, al respecto Guerrero y Arteaga (1990), señalan que los embutidos secos tienen un coeficiente humedad/proteína no mayor a 2,3. Respecto al contenido de humedad, se puede afirmar que está en el límite de la clasificación recomendada por Quiroga *et. al* (2001), quienes ubican a los embutidos semi-secos como productos que tienen un contenido de humedad entre 40 y 60% y a los secos entre 15 y 40%.

Respecto al valor energético estimado, se encontró que 100g de cabanossi aportan 408,42 Kcal, siendo un aporte elevado si lo comparamos con un producto cárnico de masa gruesa como el chorizo, que según Collazos (1996)



aporta 287 Kcal/100g, lo que se puede explicar no sólo por su composición química, sino también por el proceso de deshidratado en el que se pierde humedad y se concentra sus componentes que aportan calorías.

**CUADRO 28: ANALISIS PROXIMAL Y VALOR ENERGETICO  
ESTIMADO DE CABANOSSI CON 22,8% DE SUSTITUCION DE  
CARNE POR HARINA TEXTURIZADA DE SOYA**

	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Factor de conversión energético</b>	<b>Calorias Totales (KCal)</b>
<b>HUMEDAD</b>	39,98	-	-
<b>PROTEINAS</b>	20,48	4	81,92
<b>GRASA</b>	34,90	9	314,10
<b>CARBOHIDRATOS</b>	3,10	4	12,40
<b>CENIZA</b>	1,54	-	-
<b>TOTAL</b>	100,00	-	408,42

## **CONCLUSIONES**

1. El cabanossi con masa gruesa presentó una mayor preferencia de los panelistas respecto al elaborado con masa fina y gruesa, sin embargo, no se estableció diferencias significativas a un nivel de significancia del 5%.
2. El cabanossi deshidratado en ahumador presentó una mayor preferencia, respecto al deshidratado por túnel de aire caliente, mostrando diferencias significativas a un nivel de significancia del 5%.
3. Considerando un puntaje de aceptabilidad sensorial mayor o igual a 6,10), un porcentaje de proteínas mayor o igual al 14.3% y un 25% de grasa incorporada, el límite máximo de sustitución de carne por Harina Texturizada de Soya HTSH (hidratada con 2.5:1; Harina:Agua) se estableció en 22.8% respecto a la masa principal de Cabanossi.
4. La sustitución con 22,8% de carne por Harina Texturizada de Soya Hidratada en la masa principal de cabanossi, permitió un ahorro de 2,72 soles por Kg de masa.
5. El Método de Diseño de Mezclas permitió visualizar rápidamente el comportamiento del puntaje de aceptación sensorial, de textura instrumental y nivel de proteína influenciados por la interacción de las fracciones de harina texturizada de soya hidratada, carne de cerdo/vacuno y grasa de cerdo, utilizados en la mezcla para la elaboración de Cabanossi.
6. El Método de Diseño de Mezclas permitió agilizar la investigación, simular las condiciones necesarias y, partiendo de un número reducido de tratamientos, tener un manejo y control más adecuado de la información, obteniéndose ahorro de tiempo y dinero.

## **RECOMENDACIONES**

1. **Estudiar la influencia de otros extensores cárnicos, tales como: proteína de trigo, sachá inchi, tarwi, entre otros.**
2. **Realizar estudios de mercado para comercializar con éxito el cabanossi elaborado con harina texturizada de soya.**
3. **Evaluar el empleo de carnes de ovino, caprino o auquénidos en la elaboración de cabanossi.**

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ANZALDUA-MORALES, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la Teoría y la Práctica. Editorial Acribia. España.
2. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Editorial Board. USA.
3. AYALA, J. y PARDO, R. 1995. Optimización por diseños experimentales. CONCYTEC. Lima . Perú.
4. BIRD, K. 1974. Plant proteins-Progress and problems. *Food Technology* 28(3):31.
5. BREYER, B. and WOODWING, P. 1962. The emulsifying capacity of blood sera. *Clin. Chem. Acta* 5:647.
6. BOURGEOIS, C. y LE ROUX, P. 1986. Proteínas animales, extractos, concentrados y aislados en la alimentación humana. México.
7. CAMACHO, J. ; BERNAL E. y BOURGES, H. 1976. Diseño y evaluación nutricional de productos a base de carne extendida con soya. *Rev. Tecnol. Aliment. (Mex.)* 11:5-3.
8. CENTRAL SOYA COMPANY. 1995. Fichas Técnicas. Indiana. USA.
9. COCHRAN, W. Y COX, G. 1991. Diseños experimentales. Editorial Trillas. México.
10. CONOVER, W. 1980. Practical nonparametric statistics. Texas University. USA.
11. EGBERT, R. 1996. Productos de proteína de soya y sus usos en sistemas de carne procesada. *Soya Noticias* abril-junio.
12. FERNANDEZ, P.; BARRETO, G. Y JIMÉNEZ, F. 1995. Ingredientes no cárnicos empleados en el desarrollo de hamburguesas con reducido contenido en grasa. *Alimentación: Equipos y Tecnología* Vol. 2: 127-131. España.
13. FREY, W. 1983. Fabricación fiable de embutidos. Editorial Acribia. España.
14. GIRARD, J. 1992. Tecnología de la carne y los productos cárnicos. Editorial Acribia S.A. España.
15. GOMEZ, J. ; MENDEZ, I. ; CASTILLO, A. Y O'REILLY, F. 1978. Aplicaciones agronómicas de la metodología de superficie de respuesta. *Agrociencias* N°32. México.
16. GUERRERO, I. Y ARTEAGA, M. 1990. Tecnología de Carnes: Elaboración y preservación de productos cárnicos. Editorial Trillas. México.

17. HARGARTEN, P.; HALL, P.; TOLBERT, M. Y CAMPANO, S. 1997. Estudio sobre las contribuciones de las proteínas concentradas de soja, texturizadas y funcionales, en productos a base de carne de aves. *Revista La Alimentación Latinoamericana* N°220:54-57.
18. HAEUSSLER, E. Y PAUL, R. 1992. *Matemáticas para Administración y economía*. Editorial Iberoamerica. México.
19. HOOGENKAMP, H. 1995. *Proteína Vegetal: Valor tecnológico en alimentos cárnicos, avícolas y vegetarianos*. Protein Technologies International.
20. KUEHL, R. 2001. *Diseño de experimentos*. Tomson Editores S.A. México.
21. KUTAS, R. 1987. *Great sausage recipes and meat curing*. Macmillan Publishing Company New York USA.
22. LIADAKIS, G.; TZIA, C.; OREOPOULOU, V. and THOMOPOULOS, C. 1995. Protein isolation from tomato seed meal, extraction optimization. *Journal of Food Science*. Vol 60 (3). USA.
23. MENDOZA, M. 1994. Desarrollo de un producto cárnico extendido con soja texturizada. *La Industria Cárnica Latinoamericana* N°97: 33-37.
24. MENDOZA, M.; QUIROZ, M. Y PACHECO, O. 1998. *Tecnología de Productos Cárnicos*, en *Introducción a la Tecnología de Alimentos: Academia del Area de Plantas Pilotos de Alimentos*. Editorial Limusa. México.
25. MIKAMI, M. and SEKIKAWA, M. 1999. *Meat and Meat products*. In *Preservation Techniques of Meat and Meat Products*. JICA. Japan.
26. MINITAB USER'S GUIDE 2. 1998. MINITAB INC.
27. MONTGOMERY, D. 1991. *Diseño y análisis de experimentos*. Grupo Editorial Iberoamericano. México.
28. NIELSEN, M.; COULTER, S.; MORR, C. and ROSENAU, J. 1973. For factors response surface experimental design for evaluating the rol of processing variables upon protein denaturation in heated whey systems. *Journal of Dairy Science* 58(1).
29. PALTRINIERI, G. Y MEYER, M. 1996. *Elaboración de productos cárnicos*. Editorial Trillas. México.
30. PINTO, J. 1995. *Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la optimización del proceso de clarificación de jugo de manzana*. Tesis para optar el

Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

31. PRANDL, O.; FISCHER, A.; SCHIMIDHOFER, T. Y SINELL, H. 1994. Tecnología e higiene de la carne. Editorial Acribia. España.
32. PROTEIN TECHNOLOGIES INTERNATIONAL. 1998. Formulaciones recomendadas para SUPRO® estructurada.
33. QUIROGA, G. ; GARCIA, J. Y LOPEZ, J. 2001. Tecnología de Carne y Productos Cárnicos. Curso Taller FAO. Lima. Perú.
34. QUALITY REQUIREMENTS CZECHOSLOVAK STANDARD. 1977. Requirements for Kabanos Sausages. Czechoslovak.
35. RUSTOM, I.; LOPEZ-LEYVA, M. and NAIR, B. 1991. Optimization of extraction of peanut protein with water by response surface methodology. Journal of Food Science 56 (6). USA.
36. SABATE, J. 1996. Seminario taller de proteínas vegetales. Universidad Peruana Unión.
37. SALVA, B. 2000. Utilización de proteínas de soya y carragenina en salchichas tipo Huacho con bajo tenor graso. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria. La Molina. Perú.
38. SANTISTA ALIMENTOS. 1996. ALIPRO, Proteína texturizada de soya. Ficha técnica. Sao Paulo. Brazil.
39. SCHIFFNER, E.; OPPEL, K. Y LORTZING, D. 1996. Elaboración casera de carne y embutidos. Editorial Acribia. España.
40. SIPOS, E. 1995. Proteínas de soya en sistemas cárnicos. En: Proteína de soya en cárnicos. Asociación Americana de Soya. México.
41. SMITH, A. and CIRCLE, S. 1972. Soybeans: Chemistry and Technology. The Avi Publishing Company, Inc. Connecticut. USA.
42. SOFOS, J. and ALLEN, C. 1977. Effects of lean meat source and levels of fat and soy protein on the properties of wiener-type products. J. Food Sci. 42:875-878.
43. TAHA, H. 1998. Investigación de operaciones. Editorial Prentice Hall. México.
44. VENEGAS, D. Y VALLADARES, C. 1999. Clasificación de productos cárnicos. Revista Cubana de Alimentación y Nutrición. 13 (1): 63-67.

45. VILLARROEL, M.; UQUICHE, E. ; BRITO, G. Y CANCINO, M. 2000. Optimización de formulaciones para productos dietéticos de pastelería. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 50(1).
46. VISCOFAN. 2000. Hoja Técnica Naturin. España
47. TORRES, G.; GARRIDO, F. Y KAISER, S. 1994. Nuevas posibilidades de utilización de la carne de ovino. Desarrollo y Formulación de productos de cecinería. Alimentos N°2 Vol. 19. Pág. 5-14.
48. WEINACKER, K. Y BITTNER, S. 1990. Procesos de Ahumado y cocción. En Curso Teórico Práctico de Tecnología de Carne. Iowa State University y Protein Technologies International.
49. WIJERATNE, W. 1990. Propiedades funcionales de las proteínas de soya en un sistema de alimentos. Universidad de Illinois. USA.
50. [www.animex.com](http://www.animex.com). 2001. Sausage Kabanosy.
51. [www.braedt.com](http://www.braedt.com). 2001. Cabanossi
52. [www.protein.com/PTIWeb.nsf](http://www.protein.com/PTIWeb.nsf). 2001. Protein Technologies International.
53. YOUNG, S. 1989. Productos proteicos de soya en alimentos cárnicos y lácteos procesados. Asociación Americana de Soya. México.

## ANEXO 1

### **TABLAS DE SIGNIFICANCIA PARA LAS PRUEBAS SENSORIALES**



CUADRO 1-1: TABLA DE SIGNIFICANCIA PARA PRUEBAS DE DOS MUESTRAS

Número De Juicios	Prueba de “dos colas”			Prueba de “una cola”		
	Nivel de Probabilidad			Nivel de Probabilidad		
	5%	1%	0,1%	5%	1%	0,1%
36	25	27	29	24	26	28
37	25	27	29	24	27	29
38	26	28	30	25	27	29
39	27	28	31	26	28	30
40	27	29	31	26	28	31
41	28	30	32	27	29	31
42	28	30	32	27	29	32
43	29	31	33	28	30	32
44	29	31	34	28	31	33
45	30	32	34	29	31	34

Fuente: Anzaldúa-Morales (1994)

## ANEXO 2

**DETALLE DE LOS CALCULOS REALIZADOS PARA  
OBTENER LA ZONA DE FORMULACION FACTIBLE  
PARA LA SUSTITUCION DE CARNE POR HARINA  
TEXTURIZADA DE SOYA**

## CUADRO 2-1: DEDUCCIÓN DE LAS ECUACIONES DE TRANSFORMACIÓN DE PSEUDOCOMPONENTES A COMPONENTES

Se toma a la grasa, como un ejemplo ilustrativo del procedimiento seguido para la deducción de la ecuación de transformación de los pseudocomponentes a componentes. Esta tiene límites mínimo y máximo de 0.25 y 0.65 respectivamente y, bajo la forma de pseudocomponentes le corresponde límites mínimo y máximo de 0 y 1 respectivamente.

Si establecemos que en el eje de las abscisas se ubiquen los pseudocomponentes ( $C^*$ ) y en el eje de las ordenadas los componentes ( $C$ ), quedarán definidos los dos puntos siguientes: (0,0.25) y (1,0.65) que definen una recta, cuya pendiente se halla de la siguiente forma:

$$b = (Y_2 - Y_1) / (X_2 - X_1) = (0.65 - 0.25) / (1 - 0) = 0.4$$

Por otro lado se sabe que :  $a = Y - bX$ , ecuación en la que remplazando en el punto :

$$(0, 0.25), \text{ se tendrá : } a = 0.25 - 0.4 * 0$$

$$a = 0.25$$

Así se definió la ecuación:  $Y = 0.25 + 0.4X$

**CUADRO 2-2: ANALISIS DE REGRESION DEL PUNTAJE SENSORIAL (S)  
VERSUS LOS PSEUDOCOMPONENTES (A', B' Y C')**

Regression Analysis: S versus A', B', C', A'B', A'C', B'C'

The regression equation is

$$S = -15963 + 15968A' + 15971B' + 15967C' - 1,08A'B' + 1,87A'C' + 0,72B'C'$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-15963	13217	-1,21	0,314
A	15968	13217	1,21	0,314
B	15971	13217	1,21	0,313
C	15967	13217	1,21	0,314
AB	-1,079	1,113	-0,97	0,404
AC	1,866	1,113	1,68	0,192
BC	0,720	1,113	0,65	0,564

S = 0,2502

R-Sq = 97,9%

R-Sq(adj) = 93,6%

**Analysis of Variance**

Source	DF	SS	MS	F
Regression	6	8,5522	1,4254	22,77
Residual Error	3	0,1878	0,0626	
Total	9	8,7400		

**CUADRO 2.3: VALORES DE PSEUDOCOMPONENTES B' Y A', HALLADOS CUANDO SE ASIGNAN VALORES A C' PARA DETERMINAR LA FUNCION DE RESTRICCIÓN SENSORIAL  $S = 7,63$  (100% DEL ESTANDAR)**

C'	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	Z1	Z2	Z3	D2	D	B'	A'
0,00	-15971	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,92	-3,00	16,65	4,08	1,00	0,00
0,01	-15971	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,92	-2,99	16,61	4,08	1,00	-0,01
0,02	-15971	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,92	-2,98	16,57	4,07	1,00	-0,02
0,03	-15971	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,92	-2,98	16,53	4,07	0,99	-0,02
0,04	-15971	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,92	-2,97	16,50	4,06	0,99	-0,03
0,05	-15971	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,92	-2,96	16,47	4,06	0,99	-0,04
0,06	-15971	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,92	-2,95	16,43	4,05	0,99	-0,05
0,07	-15971	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,92	-2,95	16,40	4,05	0,99	-0,06
0,08	-15971	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,91	-2,94	16,38	4,05	0,99	-0,07
0,09	-15971	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,91	-2,94	16,35	4,04	0,99	-0,08
0,10	-15971	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,91	-2,93	16,32	4,04	0,98	-0,08

**CUADRO 2-4: VALORES DE LOS PSEUDOCOMPONENTES A' Y B' HALLADOS ASIGNANDO VALORES A C' PARA DETERMINAR LA LINEA DE RESTRICCION SENSORIAL S = 6.87 (90% DEL ESTANDAR)**

C'	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	Z1	Z2	Z3	D2	D	B'	A'
0,00	-15970	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,92	-2,00	12,33	3,51	0,74	0,26
0,10	-15970	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,91	-1,93	12,00	3,46	0,72	0,18
0,20	-15970	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,91	-1,90	11,84	3,44	0,71	0,09
0,30	-15970	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,90	-1,91	11,85	3,44	0,71	-0,01
0,40	-15970	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,89	-1,95	12,01	3,47	0,73	-0,13
0,50	-15970	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,89	-2,03	12,33	3,51	0,75	-0,25
0,60	-15970	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,88	-2,15	12,82	3,58	0,79	-0,39
0,70	-15970	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,87	-2,31	13,47	3,67	0,83	-0,53
0,80	-15970	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,86	-2,50	14,28	3,78	0,89	-0,69
0,90	-15970	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,86	-2,73	15,25	3,91	0,95	-0,85
1,00	-15970	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,85	-3,00	16,38	4,05	1,02	-1,02

**CUADRO 2-5: VALORES DE LOS PSEUDOCOMPONENTES A' Y B' HALLADOS ASIGNANDO VALORES A C' PARA DETERMINAR LA LINEA DE RESTRICCIÓN SENSORIAL S= 6,10 (80% DEL ESTANDAR)**

C'	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	Z1	Z2	Z3	D2	D	B'	A'
0,00	-15969	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,92	-1,00	8,01	2,83	0,42	0,58
0,10	-15969	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,91	-0,93	7,68	2,77	0,40	0,50
0,20	-15969	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,91	-0,90	7,52	2,74	0,39	0,41
0,30	-15969	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,90	-0,91	7,53	2,74	0,39	0,31
0,40	-15969	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,89	-0,95	7,69	2,77	0,41	0,19
0,50	-15969	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,89	-1,03	8,01	2,83	0,44	0,06
0,60	-15969	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,88	-1,15	8,50	2,92	0,48	-0,08
0,70	-15969	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,87	-1,31	9,15	3,02	0,53	-0,23
0,80	-15969	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,86	-1,50	9,96	3,16	0,60	-0,40
0,90	-15969	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,86	-1,73	10,93	3,31	0,67	-0,57
1,00	-15969	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,85	-2,00	12,06	3,47	0,75	-0,75

**CUADRO 2-6: VALORES DE LOS PSEUDOCOMPONENTES A' Y B' HALLADOS ASIGNANDO VALORES A C' PARA DETERMINAR LA LINEA DE RESTRICCION SENSORIAL S= 5,72 (75% DEL ESTANDAR)**

C'	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	Z1	Z	Z3	D2	D	B'	A'
0,00	-15968,72	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,92	-0,72	6,80	2,61	0,32	0,68
0,10	-15968,72	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,91	-0,65	6,47	2,54	0,29	0,61
0,20	-15968,72	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,91	-0,62	6,31	2,51	0,28	0,52
0,30	-15968,72	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,90	-0,63	6,32	2,51	0,28	0,42
0,40	-15968,72	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,89	-0,67	6,48	2,55	0,30	0,30
0,50	-15968,72	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,89	-0,75	6,80	2,61	0,33	0,17
0,60	-15968,72	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,88	-0,87	7,29	2,70	0,38	0,02
0,70	-15968,72	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,87	-1,03	7,34	2,82	0,44	-0,14
0,80	-15968,72	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,86	-1,22	8,75	2,96	0,51	-0,31
0,90	-15968,72	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,86	-1,45	9,72	3,12	0,58	-0,48
1,00	-15968,72	15968	15971	15967	-1,08	1,87	0,72	1,08	1,85	-1,72	10,85	3,29	0,67	-0,67



**CUADRO 2-7: ANALISIS DE REGRESION DE TEXTURA INSTRUMENTAL  
VERSUS LOS PSEUDOCOMPONENTES A', B', C'**

Regression Analysis: T versus A', B', C', A'B', A'C', B'C'

The regression equation is

$$T = -864 + 891 A' + 891 B' + 871 C' - 21,1 A'B' + 15,2 A'C' + 1,74 B'C'$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-863,9	217,2	-3,98	0,028
A	890,8	217,2	4,10	0,026
B	891,4	217,2	4,10	0,026
C	870,8	217,2	4,01	0,028
AB	-21,053	1,828	-11,53	0,001
AC	15,219	1,828	8,32	0,004
BC	1,737	1,828	0,95	0,412

S = 0,4110      R-Sq = 99,8%      R-Sq(adj) = 99,5%

**Analysis of Variance**

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	6	326,618	54,436	322,29	0,000
Residual Error	3	0,507	0,169		
Total	9	327,125			

**CUADRO 2-8: VALORES DE B' Y A', HALLADOS CUANDO SE ASIGNAN VALORES A C' PARA**

**DETERMINAR LA FUNCIÓN DE TEXTURA INSTRUMENTAL T = 27.51KG-S**

**(100% DEL ESTANDAR)**

C'	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	Z1	Z2	Z3	D2	D	B'	A'
0,00	-891	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-21,10	0,00	445,21	21,100	1,00	0,00
0,10	-891	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-20,34	-0,63	466,89	21,608	0,99	-0,09
0,20	-891	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-19,57	-1,57	515,40	22,702	1,00	-0,20
0,30	-891	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-18,81	-2,81	590,74	24,305	1,02	-0,32
0,40	-891	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-18,04	-4,35	692,89	26,323	1,05	-0,45
0,50	-891	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-17,28	-6,20	821,88	28,668	1,09	-0,59
0,60	-891	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-16,52	-8,35	977,69	31,268	1,13	-0,73
0,70	-891	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-15,75	-10,81	1160,32	34,063	1,18	-0,88
0,80	-891	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-14,99	-13,57	1369,78	37,011	1,23	-1,03
0,90	-891	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-14,22	-16,63	1606,06	40,076	1,29	-1,19
1,00	-891	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-13,46	-20,00	1869,17	43,234	1,34	-1,34

**CUADRO 2-9: VALORES DE B' Y A', HALLADOS CUANDO SE ASIGNAN VALORES A C' PARA**

**DETERMINAR LA FUNCIÓN DE TEXTURA INSTRUMENTAL  $T = 24,76 \text{ KG-S}$**

**(90% DEL ESTANDAR)**

C'	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	Z1	Z2	Z3	D2	D	B'	A'
0,00	-888,76	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-21,10	2,24	256,15	16,005	0,88	0,12
0,10	-888,76	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-20,34	1,61	277,84	16,668	0,88	0,02
0,20	-888,76	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-19,57	0,67	326,35	18,065	0,89	-0,09
0,30	-888,76	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-18,81	-0,57	401,68	20,042	0,92	-0,22
0,40	-888,76	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-18,04	-2,11	503,84	22,446	0,96	-0,36
0,50	-888,76	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-17,28	-3,96	632,82	25,156	1,01	-0,51
0,60	-888,76	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-16,52	-6,11	788,63	28,083	1,06	-0,66
0,70	-888,76	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-15,75	-8,57	971,26	31,165	1,11	-0,81
0,80	-888,76	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-14,99	-11,33	1180,72	34,362	1,17	-0,97
0,90	-888,76	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-14,22	-14,39	1417,01	37,643	1,23	-1,13
1,00	-888,76	891	891	871	-21,1	15,2	1,74	21,1	-13,46	-17,76	1680,12	40,989	1,29	-1,29

1

**CUADRO 2-11: DATOS QUE PERMITEN GRAFICAR EL TRIANGULO SIMPLEX EN EXCEL**

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y1	Y2	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,00	0,00										0,00												
0,05	0,10											0,10											
0,12	0,20	0,00										0,00	0,20										
0,17	0,30	0,10											0,10	0,30									
0,23	0,40	0,20	0,00										0,00	0,20	0,40								
0,29	0,50	0,30	0,10											0,10	0,30	0,50							
0,35	0,60	0,40	0,20	0,00										0,00	0,20	0,40	0,60						
0,40	0,70	0,50	0,30	0,10											0,10	0,30	0,50	0,70					
0,46	0,80	0,60	0,40	0,20	0,00										0,00	0,20	0,40	0,60	0,80				
0,52	0,90	0,70	0,50	0,30	0,10											0,10	0,30	0,50	0,70	0,90			
0,58	1,00	0,80	0,60	0,40	0,20	0,00										0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00		
0,64		0,90	0,70	0,50	0,30	0,10											0,10	0,30	0,50	0,70	0,90		
0,69			0,80	0,60	0,40	0,20	0,00											0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	
0,75				0,70	0,50	0,30	0,10												0,10	0,30	0,50	0,70	
0,81					0,60	0,40	0,20	0,00												0,00	0,20	0,40	0,60
0,87						0,50	0,30	0,10													0,10	0,30	0,50
0,92							0,40	0,20	0,00												0,00	0,20	0,40
0,95								0,30	0,10													0,10	0,30
1,04									0,20	0,00												0,00	0,20
1,10										0,10													0,10
1,15																							0,00

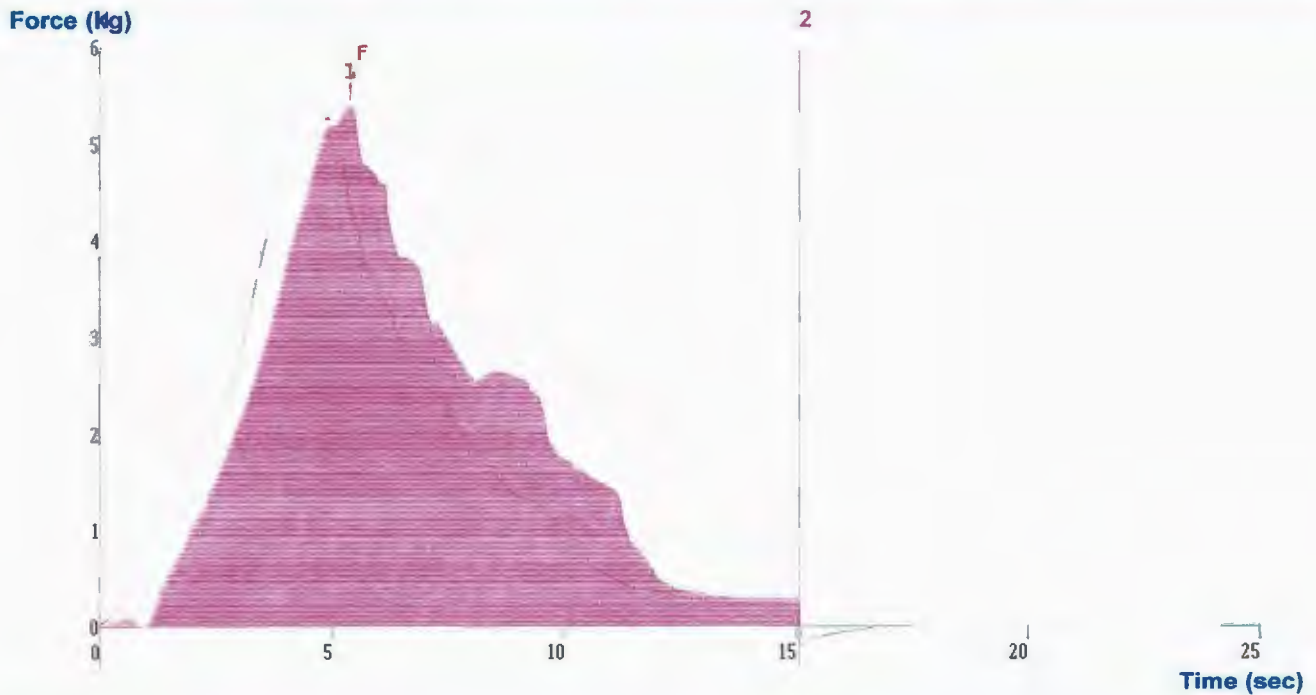
CONTINUACION DEL CUADRO 2-11

Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,10								
0,10	0,20							
0,10	0,20	0,30						
0,10	0,20	0,30	0,40					
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50				
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60			
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70		
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70		
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60			
0,10	0,20	0,30	0,40					
0,10	0,20	0,30						
0,10	0,20							
0,10	0,20							
0,10	0,20							
0,10								

## ANEXO 3

### **GRAFICO DEL ANALISIS DE TEXTURA INSTRUMENTAL**

Project Title: CABANOSSI  
TEXTURE EXPONENT<sup>32</sup> REPORT



## T.A SETTINGS

Test Mode: Compression  
Sequence Title: Return to Start (Set Dist)  
Pre-Test Speed: 2.0 mm/sec  
Test Speed: 2.0 mm/sec  
Post-Test Speed: 10.0 mm/sec  
Distance: 30.0 mm  
Trigger Force: 20.0 g

## PRODUCT PARAMETERS

Batch: 04-04-02  
Test Run on: 04-Abr-2002 16:11  
Test Run by: JILLIANA  
Points per second: 200  
: N/A  
Load Cell Capacity (g): 30000

## NOTES

Las muestras presentaban una temperatura de 5°C

## RESULTS

Test ID	Batch	Firmness kg Force 1	Toughness kgsec Area F-T 1:2
Start Batch 04-04-02	04-04-02		
FORMULACIÓN 1-1	04-04-02	5.399	30.106
FORMULACIÓN 1-2	04-04-02	5.434	27.246
FORMULACIÓN 1-3	04-04-02	4.282	26.775
End Batch 04-04-02	04-04-02		
Average	04-04-02 (F)	5.038	28.042
S.D.	04-04-02 (F)	.535	1.472
C.V.	04-04-02 (F)	10.616	5.248
End of Test Data			

